

**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
« 12 » 10 20 15 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ТЕОРИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА

(НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

Направление подготовки: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Профиль подготовки: Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов

Уровень высшего образования: бакалавриат

Нормативный срок обучения: 4 года

Форма обучения: очная

Смоленск – 2015 г.

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

Целью освоения дисциплины является подготовка обучающихся к производственно-технологической деятельности по направлению подготовки 13.03.02 «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 следующими профессиональными компетенциями:

ПК-6 – «способностью рассчитывать режимы работы объектов профессиональной деятельности»;

ПК-7 – «готовностью обеспечивать требуемые режимы и заданные параметры технологического процесса по заданной методике».

В результате изучения дисциплины студент должен:

Знать:

- обеспечение соблюдения заданных параметров технологического процесса и качество продукции» (ПК-6);

- теории автоматизированного электропривода, задачи анализа и синтеза замкнутых систем электропривода, в частности, электроприводов различных производственных механизмов (ПК-7).

Уметь:

– применять к замкнутым системам электроприводов различного типа, методы их синтеза и анализа с применением различных обратных связей и расчета статических и динамических характеристик электропривода в различных режимах работы (ПК-7);

Владеть:

– практическими навыками расчета статических характеристик, переходных процессов и нагрузочных диаграмм электроприводов с применением компьютерной техники, навыками работы с лабораторным электрооборудованием и измерительными приборами, обработки результатов измерений и оформления отчетов (ПК-6).

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Теория электропривода» относится к вариативной части цикла Б1 по направлению подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника».

В соответствии с учебным планом по направлению «Электроэнергетика и электротехника» дисциплина «Теория электропривода» базируется на следующих дисциплинах:

Б1.Б.13 Общая энергетика

Б1.В.ОД.4 Дискретные преобразования в электромеханических системах

Б1.В.ОД.8 Введение в электромеханику

Б1.В.ОД.11 Силовая электроника

Б1.В.ОД.12 Электрический привод

Б1.Б.12 Электрические машины

Б1.В.ОД.5 Элементы систем автоматики

Б1.В.ОД.6 Электромеханические системы

Б1.В.ОД.9 Теория автоматического управления

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

- Б1.В.ДВ.4.1 Силовые преобразователи энергии
- Б1.В.ДВ.4.2 Преобразовательная техника в электромеханических системах
- Б1.В.ДВ.8.1 Системы управления электроприводов
- Б1.В.ДВ.8.2 Регулирование координат электропривода
- Б1.В.ДВ.9.2 Типовые решения в технике электропривода

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:	Б1	Семестр
Часть цикла:	вариативная	
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.В.ДВ.7.1	
Часов (всего) по учебному плану:	180	7 семестр
Трудоемкость в зачетных единицах (ЗЕТ)	5	7 семестр
Лекции (ЗЕТ, часов)	1, 36	7 семестр
Практические занятия (ЗЕТ, часов)	0,5, 18	7 семестр
Лабораторные работы (ЗЕТ, часов)	0,5, 18	7 семестр
Курсовая работа (ЗЕТ, часов)	0,5, 18	7 семестр
Объем самостоятельной работы по учебному плану (ЗЕТ, часов всего)	1,5, 54	7 семестр
Экзамен (ЗЕТ, часов)	1,0, 36	7 семестр

Самостоятельная работа студентов

Вид работ	Трудоёмкость, ЗЕТ, час
Изучение материалов лекций (лж)	0.25,9
Подготовка к практическим занятиям (пз)	0.25,9
Подготовка к выполнению и защите лабораторных работ (лаб)	0.5, 18
Выполнение курсового проекта (работы)	0.5, 18
Всего:	1.5, 54
Подготовка к экзамену	1.0, 36

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	кр	СРС	в т.ч. интеракт.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Тема 1. Общие вопросы регулирования координат электропривода	14	6	2			6	
2	Тема 2. Регулирование момента в системе УП-Д	20	6	4	4		6	2
3	Тема 3. Регулирование скорости электропривода в системе УП-Д	21	6	4	5		6	4
4	Тема 4. Регулирование момента и скорости в других системах электроприводов	20	6	4	4		6	2
5	Тема 5. Регулирование положения	19	6	2	5		6	4
6	Тема 6 Многодвигательные электроприводы	14	6	2			6	
7	Курсовая работа	36				18	18	
всего 180 часов по видам учебных занятий (включая 36 часов на подготовку к экзамену)			36	18	18	18	54	12

Содержание по видам учебных занятий

Содержание лекций

Тема 1. Общие вопросы регулирования координат электропривода

Лекция №1. Основные задачи регулирования координат электропривода. Способы регулирования координат и их основные показатели.

Связь показателей регулирования с ЛАЧХ разомкнутого контура. Оценка точности автоматического регулирования координат частотным методом. Передаточные функции ошибки по заданию и возмущению. Связь требуемой точности в статических и астатических системах с ЛАЧХ разомкнутого контура.

Лекция №2. Оценка качества автоматического регулирования координат частотным методом. Связь показателей колебательности, быстродействия и перерегулирования с ЛЧХ разомкнутого контура.

Лекция №3. Метод последовательной коррекции с подчиненным регулированием координат. Суммарная некомпенсируемая постоянная времени T_{Σ} . Зависимость показателей регулирования от коэффициента $a = T_0 / T_{\Sigma}$. Настройка контура регулирования на технический оптимум.

Определение передаточной функции регулятора при последовательной коррекции. Принцип подчиненного регулирования координат. Зависимость величины некомпенсируемой постоянной от числа внутренних контуров регулирования. Настройка контура регулирования на симметричный оптимум. Показатели такого регулирования.

Обобщенная система управляемый преобразователь – двигатель (УП–Д). Система уравнений, параметры и структурные схемы системы УП–Д.

Тема 2. Регулирование момента в системе УП–Д

Лекция №4. Автоматическое регулирование момента в системе УП–Д с отрицательной обратной связью по моменту. Структурная схема, уравнения динамической и статической механических характеристик электропривода. Механические характеристики при автоматическом регулировании момента.

Лекция №5. Автоматическое регулирование момента в системе УП–Д с отрицательной обратной связью по моменту и положительной обратной связью по скорости. Уравнение статической характеристики. Критическая положительная связь по скорости. Механические характеристики в такой системе.

Анализ динамических свойств (точности, колебательности) электропривода по системе УП–Д с автоматическим регулированием момента.

Лекция №6. Последовательная коррекция контура регулирования момента в системе УП–Д. Статические механические характеристики электропривода с ПИ-регулятором момента. Динамические свойства контура при настройке на технический оптимум. Анализ статических и динамических ошибок регулирования момента по управлению и возмущению в системе УП–Д, оптимизированной методом последовательной коррекции. Влияние внутренней обратной связи по скорости на динамические характеристики. Расчет параметров контура регулирования тока в системе ТП–Д. Особенности последовательной коррекции контура регулирования момента (тока) в системе Г–Д.

Тема 3. Регулирование скорости электропривода в системе УП–Д

Лекция №7. Автоматическое регулирование скорости в системе УП–Д с отрицательной обратной связью по скорости. Уравнения динамической и статической механических характеристик. Статические характеристики и динамические свойства при различных коэффициентах обратной связи по скорости.

Лекция №8. Автоматическое регулирование скорости в системе УП–Д с отрицательной обратной связью по скорости и положительной обратной связью по моменту.

Лекция №9. Свойства электропривода по системе УП–Д при настройке контура скорости на технический оптимум. Статические характеристики электропривода при двухконтурной системе регулирования. Ошибки регулирования скорости по управляющему и возмущающему воздействиям в двухконтурной системе УП–Д с П-регулятором скорости. Графики переходных процессов. Расчет параметров контура регулирования скорости в двухконтурной системе ТП–Д. Свойства электропривода при настройке контура регулирования скорости в системе УП–Д на симметричный оптимум при интегрально-пропорциональном регуляторе скорости. Особенности управления асинхронным электроприводом по системе ПЧ–АД.

Тема 4. Регулирование момента и скорости в других системах электроприводов

Лекция №10. Регулирование момента электропривода постоянного тока в системе источник тока – двигатель (ИТ–Д). Механические характеристики. Регулирование скорости электропривода постоянного тока в системе (ИТ–Д) с обратной связью по скорости или напряжению на якоре, механические характеристики. Использование последовательной коррекции для регулирования тока возбуждения двигателя.

Лекция №11. Реостатное регулирование момента и скорости электроприводов постоянного и переменного тока в разомкнутой системе. Ступенчатый пуск при поддержании постоянства среднего значения пускового момента двигателя. Реостатное регулирование скорости и его показатели.

Лекция №12. Автоматическое регулирование координат асинхронного электропривода с импульсным регулятором в цепи выпрямленного тока ротора. Принципы построения замкнутых систем электропривода. Обратные связи для стабилизации скорости электропривода. Расчет статических механических характеристик асинхронного электропривода с импульсным регулятором в цепи выпрямленного тока ротора в замкнутой системе. Динамические свойства замкнутых систем асинхронного электропривода с импульсным регулятором в цепи выпрямленного тока ротора. Расчет переходных процессов.

Тема 5. Регулирование положения

Лекция №13. Точное позиционирование. Влияние отклонения параметров на точность позиционирования. Пути уменьшения ошибки позиционирования.

Автоматическое регулирование положения (пути) по отклонению. Трехконтурная система УП–Д для регулирования положения. Определение передаточной функции регулятора положения.

Лекция №14. Переходные процессы при точной остановке и отработке дозированных перемещений позиционным электроприводом с пропорциональным регулятором положения. Регулятор положения с параболической характеристикой.

Лекция №15. Понятие о следящем электроприводе. Ошибки следящего электропривода и пути их уменьшения.

Тема 6. Многодвигательные электроприводы

Лекция №16. Особенности многодвигательных электроприводов. Двухдвигательный электропривод с механической связью между двигателями. Способы выравнивания нагрузки двигателей. Использование двухдвигательного электропривода для получения специальных механических характеристик.

Лекция №17. Многодвигательный асинхронный электропривод с общим импульсным регулятором в роторной цепи. Особенности работы электропривода при отсутствии и наличии механической связи.

Лекция №18. Расчет статических характеристик двухдвигательного асинхронного электропривода с импульсным регулятором в цепи выпрямленного тока ротора. Расчет переходных процессов. Многодвигательный электропривод по системе электрического вала. Разновидности систем электрического вала: с уравнительными машинами, с преобразователем частоты и машинами двойного питания, с общим реостатом. Порядок пуска рассмотренных систем. Сравнительные достоинства и недостатки различных систем электрического вала.

Заключение. Основы выбора системы электропривода.

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. (Данилов П.Е. Основы теории электропривода. Часть вторая. Конспект лекций по курсу «Теория электропривода» [Текст]: конспект лекций / П.Е. Данилов. – 2-ое изд., испр. и доп. – Смоленск, 2014. – 152 с.).

Лабораторные занятия

Работа №8 «Каскадные схемы асинхронных электроприводов»
Работа №9 «Подчиненное регулирование координат электропривода по системе ТП-Д»
Работа №11 «Нагрузочные диаграммы и энергетика переходных процессов электропривода»
Работа №12 «Нагревание электродвигателей и определение допустимой по нагреву нагрузки»

Текущий контроль – устный опрос при проведении допуска к лабораторным работам, защита лабораторных работ.

Практические занятия проводятся в форме решения конкретных задач по всем разделам дисциплины.

Темы и задачи практических занятий:

1. Определить параметры контура регулирования тока (момента) в системе ТП-Д при настройке на технический оптимум и оценить точность регулирования момента. Рассчитать с помощью математической модели без учета ($\omega=0$) и с учетом внутренней обратной связи по скорости (ЭДС) двигателя графики $\omega(t)$ и $M(t)$ при пуске вхолостую; графики $\omega(t)$, $M(t)$ и динамическую механическую характеристику $\omega(M)$ при пуске двигателя под нагрузкой с $M_c=M_n$ и стопорении под действием $M_c=1,25M_{стоп}$. Сделать сравнительный анализ полученных результатов.

Технические данные двигателя и преобразователя: $P_n=8$ кВт; $U_n=220$ В; $I_n=41,7$ А; $\omega_n=1111$ рад/с; $k\Phi_n=1,82$ В·с; $E_{п\ макс}=310$ В (трехфазная мостовая схема с отдельным управлением группами вентиляторов; напряжение трансформатора $U_{2н}=230$ В); $u_{у\ макс}=10$ В.

Электрохимическая постоянная времени привода $T_m=0,12$ с; электромагнитная постоянная времени якорной цепи $T_\alpha=0,065$ с; расчетное сопротивление якорной цепи $R_p=R_{\Sigma}=0,888$ Ом.

2. Дополнить систему регулирования момента, рассчитанную в предыдущей задаче, контуром регулирования скорости, настроенным на технический оптимум; рассчитать параметры регулятора скорости; рассчитать и построить механическую характеристику, проходящую через точку $[M_c; \omega_c]$; определить ошибку в регулировании момента в процессе пуска двигателя при задании $u_{з\ макс}$ скачком, а также необходимое значение ЭДС преобразователя и вторичного напряжения

трансформатора. Рассчитать с помощью математической модели переходный процесс пуска с датчиком интенсивности. Данные для расчета: $M_c=133 \text{ Н}\cdot\text{м}$; $\omega_c=92,4 \text{ рад/с}$; $\beta=3,728 \text{ Н}\cdot\text{м}\cdot\text{с}$; $T_m=0,12 \text{ с}$; $T_\mu=0,01 \text{ с}$; $u_{\text{зсмакс}}=10 \text{ В}$; $a_c=a_T=2$; $k\Phi_n=1,82 \text{ В}\cdot\text{с}$; $k_{от}=0,08 \text{ В/А}$; $R_{\Sigma}=0,888 \text{ Ом}$; $k_{тп}=0,2 \text{ В}\cdot\text{с}$; $I_{\text{стоп}}=3 I_{\text{ян}}=3\cdot 41,7=125 \text{ А}$; $M_{\text{стоп}}=227,5 \text{ Н}\cdot\text{м}$; $J_\Sigma=0,447 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$.

3. Определить параметры каналов регулирования электромагнитного момента и потокосцепления ротора, построенных по подчиненному двухконтурному принципу в соответствии с «классической» системой векторного управления Transvektor (структура рис.3.24). Систему управления синтезировать для асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором 4А132М2У3. Настройку регуляторов системы осуществить на модульный оптимум. Оценить на модели точность регулирования скорости в диапазоне $D=10:1$ и на номинальной скорости при пуске машины под номинальной нагрузкой. Сделать анализ полученных результатов.

Технические данные двигателя: номинальная мощность $P_n=11 \text{ кВт}$; номинальный момент $M_n=36 \text{ Н}\cdot\text{м}$; номинальное линейное напряжение $U_n=380 \text{ В}$; номинальная частота $f_1=50 \text{ Гц}$; соединение обмоток Y ; число пар полюсов $p_n=1$; момент инерции $J=0,12 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$; активное сопротивление статора $r_1=0,039 \text{ Ом}$; активное сопротивление ротора, приведенное к статору, $r_2'=0,024 \text{ Ом}$; полная индуктивность статора $L_1=0,014 \text{ Гн}$; полная индуктивность статора $L_2=0,014 \text{ Гн}$; взаимная индуктивность $L_\mu=0,013 \text{ Гн}$.

Схема преобразователя частоты: «трехфазный неуправляемый выпрямитель – звено постоянного тока – трёхфазный транзисторный инвертор с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ)» выходного напряжения на несущей частоте $f_{\text{нес}}=1 \text{ кГц}$.

4. Рассчитать и построить механические характеристики асинхронного электропривода с импульсным регулятором в роторной цепи в разомкнутой системе при $R_{\text{доб}}=0$ и в замкнутой системе с обратной связью по скольжению.

Исходные данные. Двигатель типа МТФ012-6; технические данные при ПВ=40%: $U_c=380 \text{ В}$; $P_{\text{ном}}=2,2 \text{ кВт}$; $n_{\text{ном}}=890 \text{ об/мин}$; $\omega_{\text{ном}}=93,201 \text{ с}^{-1}$; $I_{1\text{ном}}=7,6 \text{ А}$; $I_{2\text{ном}}=11,5 \text{ А}$; $\cos\varphi=0,68$; КПД=64,0%; $E_{2k}=144 \text{ В}$; $M_{\text{макс}}=56 \text{ Н}\cdot\text{м}$; $J=0,029 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$; $\lambda=2,3$; $I_0=6,12 \text{ А}$; $\cos\varphi_0=0,14$; $R_{1д}=3,63 \text{ Ом}$; $x_{1\text{сд}}=2,51 \text{ Ом}$; $\sigma=1,075$; $R_{2д}=0,745 \text{ Ом}$; $x_{2\text{сд}}=0,59 \text{ Ом}$; $k_r=6,06$.

5. Рассчитать и построить графики переходных процессов $M(t)$ и $\omega(t)$ асинхронного электропривода с импульсным регулятором в цепи выпрямленного тока ротора для пуска под нагрузкой, а также для наброса и сброса нагрузки при работе на естественной характеристике.

Исходные данные для расчета. Тип двигателя МТН311-6 с расчетными параметрами: $E_{2m}=140,5 \text{ В}$; $\omega_{\text{син}}=104,72 \text{ 1/с}$; $R_1'=0,131 \text{ Ом}$; $x_{2\sigma}=0,281 \text{ Ом}$; $R_2=0,145 \text{ Ом}$.

Расчетные сопротивления двигателя были найдены путем пересчета действительных сопротивлений к «Г»-образной схеме замещения с учетом коэффициента рассеяния σ и приведения их к цепи выпрямленного тока ротора.

Функциональная схема электропривода с обратной связью по скольжению (рис.4.11); параметры схемы: $R=4,42 \text{ Ом}$; $L_d=0,005 \text{ Гн}$; $T_\Phi=0,01 \text{ с}$; $T_{\text{эф}}=0,0037 \text{ с}$;

$M_n=107 \text{ Н}\cdot\text{м}$; $M_c=1,16M_n=124,14 \text{ Н}\cdot\text{м}$; $J_\Sigma=0,225 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$.

6. Дополнить систему регулирования скорости, рассчитанную в задании 2, контуром регулирования положения; рассчитать параметры регулятора положения, определить допустимое значение начальной скорости и путь торможения при оптимальной настройке регулятора положения. Рассчитать с помощью математической модели переходный процесс торможения при регуляторе положения с коэффициентом $k_{\text{рпо}}$.

Данные для расчета: $M_c=133 \text{ Н}\cdot\text{м}$; $\omega_c=92,4 \text{ рад/с}$; $\beta=3,728 \text{ Н}\cdot\text{м}\cdot\text{с}$; $T_m=0,12 \text{ с}$; $T_\mu=0,01 \text{ с}$; $u_{\text{зсмакс}}=10 \text{ В}$; $a_c=a_T=2$; $k\Phi_n=1,82 \text{ В}\cdot\text{с}$; $k_{от}=0,08 \text{ В/А}$; $R_{\Sigma}=0,888 \text{ Ом}$; $k_{тп}=0,2 \text{ В}\cdot\text{с}$; $I_{\text{стоп}}=3 I_{\text{ян}}=3\cdot 41,7=125 \text{ А}$; $M_{\text{стоп}}=227,5 \text{ Н}\cdot\text{м}$; $J_\Sigma=0,447 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$; $k_{oc}=0,096 \text{ В}\cdot\text{с}$; $k_{pc}=5,18$.

7. Рассчитать статические характеристики двухдвигательного асинхронного электропривода

с общим импульсным регулятором в роторной цепи при отсутствии механической связи между ними, исходя из схемы замещения по цепи выпрямленного тока ротора (рис.6.9).

Исходные данные для расчета. Двигатели типа МТФ112-6; технические данные при ПВ=40%: $U_c=380$ В; $P_{ном}=5$ кВт; $n_{ном}=930$ об/мин; $\omega_{ном}=97,34$ с⁻¹; $I_{1ном}=14,4$ А; $I_{2ном}=15,7$ А; $\cos\varphi=0,70$; КПД=75,0%; $E_{2к}=216$ В; $M_{макс}=137$ Н·м; $J=0,068$ кг·м²; $I_0=12,3$ А; $\cos\varphi_0=0,105$; $R_{1д}=1,28$ Ом; $x_{1сд}=1,74$ Ом; $\sigma=1,08$; $R_{2д}=0,5$ Ом; $x_{2сд}=0,905$ Ом; $k_r=2,56$.

8. Рассчитать переходные процессы двухдвигательного асинхронного электропривода с общим импульсным регулятором при наличии механической связи с упругостью и зазором между двигателями, исходя из схемы замещения по цепи выпрямленного тока ротора (рис.6.9).

Исходные данные для расчета. Двигатели типа МТН311-6; технические данные при ПВ=40%: $U_c=380$ В; $P_{ном}=11$ кВт; $n_{ном}=940$ об/мин; $\omega_{ном}=98,39$ с⁻¹; $I_{1ном}=31,5$ А; $I_{2ном}=42$ А; $\cos\varphi=0,69$; КПД=78,0%; $E_{2к}=172$ В; $M_{макс}=314$ Н·м; $J=0,225$ кг·м²; $I_0=23,2$ А; $\cos\varphi_0=0,095$; $R_{1д}=0,51$ Ом; $x_{1сд}=0,645$ Ом; $\sigma=1,073$; $R_{2д}=0,124$ Ом; $x_{2сд}=0,241$ Ом; $k_r=4,2$.

Расчетные параметры: $M_{c1}=0,5M_n$; $M_{c2}=M_n$; $J_1=1$ кгм²; $J_2=2$ кгм²; $c_{12}=50$ Нм/рад; $\Delta\varphi_3=2\pi$; $L_d=0$; $R_d=0,05 \div 2,195$ Ом; $A=\infty$; $I_{dмакс}=4I_{дн}=218$ А.

Учебно-методическое и информационное обеспечение практических занятий: [7.1 – 7.3].

Текущий контроль – устный опрос по теме при подготовке к практическому занятию и при решении конкретных задач.

Курсовая работа «Расчет электропривода производственного механизма»

Целью курсовой работы является практическое закрепление студентами лекционного материала по дисциплине «Теория электропривода» путем решения комплексной задачи проектирования и расчета электропривода для механизма с определенной нагрузочной диаграммой.

Исходные данные для курсовой работы (задаются руководителем):

- кинематическая схема механизма с указанием числовых значений масс (моментов инерции) основных движущихся элементов, передаточного числа и КПД механических передач;
- график усилий (моментов), воздействующих на рабочий орган за цикл работы механизма;
- график скорости и ускорений рабочего органа за цикл работы механизма;
- требования, предъявляемые к электроприводу в отношении точности и качества регулирования его координат.

Содержание курсовой работы:

1. Расчет и построение нагрузочной диаграммы производственного механизма, предварительный выбор электродвигателя.
2. Расчет и построение нагрузочной диаграммы двигателя, проверка двигателя по условиям нагрева и допустимой перегрузки.
3. Выбор схемы и расчет параметров силового преобразователя.
4. Расчет и построение статических характеристик электропривода в разомкнутой системе.
5. Расчет и построение статических характеристик электропривода при автоматическом регулировании координат с учетом предъявляемых требований.
6. Определение статических и динамических ошибок регулирования координат, расчет и построение (качественное) графиков $\omega=f(t)$, $M=f(t)$ и $\omega=f(M)$ для случая пуска электропривода. Анализ полученных результатов.
7. Заключение.

Учебно-методическое и информационное обеспечение для выполнения курсовой работы: [7.1 – 7.3].

Текущий контроль – осуществляется руководителем на консультациях по теме курсовой работы, проводимых по расписанию.

Для **текущего контроля** используется проверка хода выполнения курсовой работы, защита лабораторных работ в соответствии с графиком, оценки по практическим занятиям.

Лабораторные работы в количестве 12 часов проводятся в интерактивной форме.

Промежуточная аттестация по дисциплине: экзамен

Изучение дисциплины заканчивается экзаменом. Экзамен 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, примеры решения задач и методические указания по самостоятельной работе при подготовке к практическим занятиям и лабораторным работам.

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-7.

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, лабораторные работы, самостоятельная работа студентов).
3. Закрепление теоретических знаний, умений и практических навыков, предусмотренных компетенциями, в ходе защит лабораторных работ, а также решения конкретных технических задач на практических занятиях, успешной сдачи экзамена.

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-7 преподавателем оценивается содержательная сторона и качество материалов, приведенных в отчетах студента по лабораторным работам, практическим занятиям, курсовой работе. Учитываются также ответы студента на вопросы по соответствующим видам занятий при текущем контроле – устных опросах, защитах лабораторных работ и курсовой работы, ответах на практических занятиях.

Принимается во внимание **знания** обучающимися:

- обеспечение соблюдения заданных параметров технологического процесса и качество продукции

- теории автоматизированного электропривода, задачи анализа и синтеза замкнутых систем электропривода, в частности, электроприводов различных производственных механизмов,

наличие **умения**:

- применять к замкнутым системам электроприводов различного типа, методы их синтеза и анализа с применением различных обратных связей и расчета статических и динамических характеристик электропривода в различных режимах работы

присутствие **навыка**:

- расчета статических характеристик, переходных процессов и нагрузочных диаграмм электроприводов с применением компьютерной техники, навыками работы с лабораторным электрооборудованием и измерительными приборами, обработки результатов измерений и оформления отчетов.

Критерии оценивания уровня сформированности компетенции в процессе выполнения и защиты лабораторных работ, курсовой работы, в результате выполнения заданий на практических занятиях.

Критерии оценивания уровня сформированности компетенций ПК-6, ПК-7 в процессе защиты лабораторных работ, как формы текущего контроля.

На защите соответствующих лабораторных работ задается 2 вопроса из примерного перечня:

1. Какова сущность метода последовательной коррекции с подчиненным регулированием координат?

2. Как определяется передаточная функция регулятора?

3. В чем заключается настройка контура регулирования на технический оптимум и каковы его динамические показатели?

4. В чем заключается настройка контура регулирования на симметричный оптимум и каковы его динамические показатели?

5. Каковы статические характеристики электропривода в однократноинтегрирующей двухконтурной системе ТП-Д?

6. Каковы статические характеристики электропривода в двухкратноинтегрирующей двухконтурной системе ТП-Д?

7. Для чего и когда используется фильтр в задающей цепи при настройке контура на симметричный оптимум?

8. Каким образом проявляется влияние внутренней обратной связи по ЭДС двигателя в динамических режимах?

9. Чем вызвано отличие нагрузочной диаграммы двигателя от нагрузочной диаграммы производственного механизма?

10. В каких случаях нагрузочная диаграмма двигателя практически совпадает с нагрузочной диаграммой производственного механизма?

11. При каких условиях нагрузочная диаграмма двигателя описывается отрезками экспонент?
12. Каким образом можно увеличить электромеханическую постоянную времени электропривода и как при этом изменится нагрузочная диаграмма двигателя?
13. Как определить потребление энергии из сети и потери энергии в якорной цепи двигателя за время переходного процесса?
14. Чему равны потери энергии в якорной цепи при пуске двигателя вхолостую и при динамическом торможении?
15. Какие допущения положены в основу одноступенчатой теории нагрева электродвигателей?
16. Какой физический смысл имеет постоянная времени нагрева двигателя? Остается ли она неизменной в различных режимах работы конкретного двигателя? Как определить ее величину?
17. С какими номинальными режимами работы изготавливаются серийные двигатели?
18. Что характеризуют собой коэффициенты термической и механической перегрузки?
19. Как определить допустимую по нагреву мощность двигателя с номинальным продолжительным режимом работы при кратковременном или повторно-кратковременном режиме эксплуатации?
20. Каким образом регулируется скорость холостого хода асинхронного двигателя в различных каскадных схемах?
21. Как рассчитываются статические механические характеристики асинхронного двигателя в различных каскадных схемах?

Полный ответ на один вопрос соответствует пороговому уровню сформированности компетенции на данном этапе ее формирования, полный ответ на один и частичный ответ на второй – продвинутому уровню; при полном ответе на два вопроса – эталонному уровню).

Критерии оценивания уровня сформированности компетенций ПК-6, ПК-7 в процессе защиты курсовой работы, как формы текущего контроля.

В процессе защиты курсовой работы студенту задается 2 вопроса из следующего примерного перечня:

1. Для чего необходимо регулирование координат электропривода? Какие ограничения накладываются на режимы работы двигателя?
2. Каким целям служит регулирование координат? Какие способы регулирования координат Вы знаете?
3. Охарактеризуйте основные показатели регулирования координат.
4. Какова связь требуемой точности регулирования в статических и астатических системах с ЛАЧХ разомкнутого контура?
5. Какова связь показателей регулирования: колебательности, быстродействия и перерегулирования с ЛЧХ разомкнутого контура?
6. В чем суть метода последовательной коррекции с подчиненным регулированием координат? Что представляет собой некомпенсируемая постоянная времени T_m ? Какова желаемая передаточная функция разомкнутого контура регулирования?
7. От чего зависит колебательность и быстродействие замкнутого контура регулирования? Как производится настройка контура регулирования на технический оптимум?
8. Как определяется передаточная функция регулятора? Почему ограничено применение ПИД-регулятора и более сложных регуляторов?
9. В чем заключается принцип подчиненного регулирования координат? Как изменяется некомпенсируемая постоянная при увеличении числа контуров регулирования?
10. Как настраивается контур регулирования на симметричный оптимум? Какие показатели регулирования при такой настройке?
11. Что представляет собой обобщенная система управляемый преобразователь – двигатель (УП–Д)? Какие уравнения, параметры и структурные схемы для системы УП–Д?

12. Изобразите структурную схему автоматического регулирования скорости в системе УП–Д с отрицательной обратной связью по скорости. Как влияет коэффициент обратной связи по скорости на статические характеристики и динамические свойства электропривода?

13. Нарисуйте структурную схему, напишите уравнения для системы УП–Д при настройке контура скорости на технический оптимум. От чего зависит жесткость статической механической характеристики при такой настройке?

14. Охарактеризуйте ошибки регулирования скорости по управляющему и возмущающему воздействиям в двухконтурной системе УП–Д с П-регулятором скорости. Нарисуйте графики переходных процессов при скачке и линейном нарастании задающего сигнала.

15. Какими свойствами обладает электропривод по системе УП–Д при настройке контура регулирования скорости на симметричный оптимум при интегрально-пропорциональном регуляторе скорости?

16. Изобразите схему замещения асинхронного двигателя в статическом режиме при частотном управлении и охарактеризуйте ее параметры.

17. С какой целью в системах частотного управления асинхронным электроприводом используется преобразование переменных от неподвижной системы координат к вращающейся системе и наоборот?

Полный ответ на один вопрос соответствует пороговому уровню сформированности компетенции на данном этапе ее формирования, полный ответ на один и частичный ответ на второй – продвинутому уровню; при полном ответе на два вопроса – эталонному уровню).

Критерии оценивания уровня сформированности компетенций ПК-6, ПК-7 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 экзамен, оцениваемый по принятой в НИУ «МЭИ» четырехбалльной системе: "отлично", "хорошо", "удовлетворительно", "неудовлетворительно". Экзамен по дисциплине 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 выполнившем 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 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 экзамена отказался его сдавать или нарушил правила сдачи экзамена (списывал, подсказывал, обманом пытался получить более высокую оценку и т.д.).

В зачетную книжку студента и приложение к диплому выносится оценка экзамена по дисциплине за 7 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 формированию и развитию теоретических знаний, предусмотренных компетенциями, закреплёнными за дисциплиной (примерные вопросы по лекционному материалу):

1. Для чего необходимо регулирование координат электропривода? Какие ограничения накладываются на режимы работы двигателя?
2. Каким целям служит регулирование координат? Какие способы регулирования координат Вы знаете?
3. Охарактеризуйте основные показатели регулирования координат.
4. Как выводится формула для определения суммарной ошибки замкнутого контура регулирования?
5. Какова связь требуемой точности регулирования в статических и астатических системах с ЛАЧХ разомкнутого контура?
6. Какова связь показателей регулирования: колебательности, быстродействия и перерегулирования с ЛЧХ разомкнутого контура?
7. В чем суть метода последовательной коррекции с подчиненным регулированием координат? Что представляет собой некомпенсируемая постоянная времени T_{μ} ? Какова желаемая передаточная функция разомкнутого контура регулирования?
8. От чего зависит колебательность и быстродействие замкнутого контура регулирования? Как производится настройка контура регулирования на технический оптимум?
9. Как определяется передаточная функция регулятора? Почему ограничено применение ПИД-регулятора и более сложных регуляторов?
10. В чем заключается принцип подчиненного регулирования координат? Как изменяется некомпенсируемая постоянная при увеличении числа контуров регулирования?

11. Как настраивается контур регулирования на симметричный оптимум? Какие показатели регулирования при такой настройке?

12. Что представляет собой обобщенная система управляемый преобразователь – двигатель (УП–Д)? Какие уравнения, параметры и структурные схемы для системы УП–Д?

13. Напишите уравнения и изобразите структурную схему и механические характеристики электропривода по системе УП–Д с отрицательной обратной связью по моменту.

14. Какие свойства приобретает электропривод по системе УП–Д с отрицательной обратной связью по моменту, если дополнительно ввести положительную обратную связь по скорости? Напишите уравнения и изобразите структурную схему и механические характеристики для этого случая.

15. Как влияет введение отрицательной обратной связи по моменту на динамические свойства электропривода по системе УП–Д?

16. Каким образом осуществляется последовательная коррекция контура регулирования момента в системе УП–Д? Изобразите структурную схему и статические механические характеристики электропривода.

17. Какими динамическими свойствами обладает контур момента в системе УП–Д при настройке на технический оптимум?

18. Как определить статические и динамические ошибки регулирования момента по управлению и возмущению в системе УП–Д, оптимизированной методом последовательной коррекции?

19. Как влияет внутренняя обратная связь по скорости на точность регулирования момента в системе УП–Д, оптимизированной методом последовательной коррекции?

20. Как рассчитываются параметры унифицированного контура регулирования тока в системе ТП–Д?

21. Каковы особенности последовательной коррекции контура регулирования момента (тока) в системе Г–Д? Напишите уравнения и изобразите структурную схему и механические характеристики электропривода по системе УП–Д с отрицательной обратной связью по моменту.

22. Какие свойства приобретает электропривод по системе УП–Д с отрицательной обратной связью по моменту, если дополнительно ввести положительную обратную связь по скорости? Напишите уравнения и изобразите структурную схему и механические характеристики для этого случая.

23. Как влияет введение отрицательной обратной связи по моменту на динамические свойства электропривода по системе УП–Д?

24. Каким образом осуществляется последовательная коррекция контура регулирования момента в системе УП–Д? Изобразите структурную схему и статические механические характеристики электропривода.

25. Какими динамическими свойствами обладает контур момента в системе УП–Д при настройке на технический оптимум?

26. Как определить статические и динамические ошибки регулирования момента по управлению и возмущению в системе УП–Д, оптимизированной методом последовательной коррекции?

27. Как влияет внутренняя обратная связь по скорости на точность регулирования момента в системе УП–Д, оптимизированной методом последовательной коррекции?

28. Как рассчитываются параметры унифицированного контура регулирования тока в системе ТП–Д?

29. Каковы особенности последовательной коррекции контура регулирования момента (тока) в системе Г–Д?

30. Изобразите структурную схему автоматического регулирования скорости в системе УП–Д с отрицательной обратной связью по скорости. Как влияет коэффициент обратной связи по скорости на статические характеристики и динамические свойства электропривода?

31. Нарисуйте структурную схему, напишите уравнения для системы УП–Д при настройке контура скорости на технический оптимум. От чего зависит жесткость статической механической характеристики при такой настройке?

32. Охарактеризуйте ошибки регулирования скорости по управляющему и возмущающему воздействиям в двухконтурной системе УП–Д с П-регулятором скорости. Нарисуйте графики переходных процессов при скачке и линейном нарастании задающего сигнала.

33. Как производится расчет параметров контура регулирования скорости в двухконтурной системе ТП–Д с П-регулятором скорости? Как рассчитываются и строятся механические характеристики?

34. Какими свойствами обладает электропривод по системе УП–Д при настройке контура регулирования скорости на симметричный оптимум при интегрально-пропорциональном регуляторе скорости?

Вопросы по приобретению и развитию практических умений, предусмотренных компетенциями, закрепленными за дисциплиной
(примеры вопросов к практическим занятиям, лабораторным работам)

1. Чем отличается нагрузочная диаграмма двигателя от нагрузочной диаграммы производственного механизма?

2. Какие методы проверки двигателей по нагреву Вы знаете?

3. Как проверяется двигатель по нагреву методом средних потерь?

4. Что характеризуют собой коэффициенты термической и механической перегрузки? Для чего они используются?

5. Какие ограничения накладываются на проверку двигателя методом эквивалентного тока? эквивалентного момента? эквивалентной мощности?

6. Какие двигатели проверяют по нагреву путем определения допустимого числа включений в час?

7. В каком порядке осуществляется выбор двигателя для продолжительного режима работы с переменной нагрузкой?

8. В каком порядке осуществляется выбор двигателя для кратковременного режима работы?

9. В каком порядке осуществляется выбор двигателя для повторно-кратковременного режима работы?

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

1. Общие вопросы регулирования координат электропривода

Основные задачи регулирования координат электропривода. Способы регулирования координат и их основные показатели.

Связь показателей регулирования с ЛАЧХ разомкнутого контура. Оценка точности автоматического регулирования координат частотным методом. Передаточные функции ошибки по заданию и возмущению. Связь требуемой точности в статических и астатических системах с ЛАЧХ разомкнутого контура.

Оценка качества автоматического регулирования координат частотным методом. Связь показателей колебательности, быстродействия и перерегулирования с ЛЧХ разомкнутого контура.

Метод последовательной коррекции с подчиненным регулированием координат. Суммарная некомпенсируемая постоянная времени T_{Σ} . Зависимость показателей регулирования от коэффициента $a=T_0/T_{\Sigma}$. Настройка контура регулирования на технический оптимум.

Определение передаточной функции регулятора при последовательной коррекции. Принцип подчиненного регулирования координат. Зависимость величины некомпенсируемой постоянной от числа внутренних контуров регулирования.

Настройка контура регулирования на симметричный оптимум. Показатели такого регулирования.

Обобщенная система управляемый преобразователь - двигатель (УП-Д). Система уравнений, параметры и структурные схемы системы УП-Д.

2. Регулирование момента в системе УП-Д

Автоматическое регулирование момента в системе УП-Д с отрицательной обратной связью по моменту. Структурная схема, уравнения динамической и статической механических характеристик электропривода. Механические характеристики при автоматическом регулировании момента.

Автоматическое регулирование момента в системе УП-Д с отрицательной обратной связью по моменту и положительной обратной связью по скорости. Уравнение статической характеристики. Критическая положительная связь по скорости. Механические характеристики в такой системе.

Последовательная коррекция контура регулирования момента в системе УП-Д. Статические механические характеристики электропривода с ПИ-регулятором момента. Динамические свойства контура при настройке на технический оптимум.

Определение передаточной функции регулятора тока при настройке контура тока в системе ТП-Д на технический оптимум.

Анализ статических и динамических ошибок регулирования момента по управлению и возмущению в системе УП-Д, оптимизированной методом последовательной коррекции. Влияние внутренней обратной связи по скорости на динамические характеристики электропривода.

Особенности последовательной коррекции контура регулирования момента (тока) в системе Г-Д.

3. Регулирование скорости электропривода в системе УП-Д

Автоматическое регулирование скорости в системе УП-Д с отрицательной обратной связью по скорости. Уравнения динамической и статической механических характеристик. Статические характеристики и динамические свойства при различных коэффициентах обратной связи по скорости.

Автоматическое регулирование скорости в системе УП-Д с отрицательной обратной связью по скорости и положительной обратной связью по моменту.

Свойства электропривода по системе УП-Д при настройке контура скорости на технический оптимум. Статические характеристики электропривода при двухконтурной системе регулирования.

Определение передаточной функции регулятора скорости при настройке двухконтурной системы ТП-Д на технический оптимум. Механические характеристики.

Ошибки регулирования скорости по управляющему и возмущающему воздействиям в двухконтурной системе УП-Д с П-регулятором скорости. Графики переходных процессов.

Свойства электропривода при настройке контура регулирования скорости в системе УП-Д на симметричный оптимум при интегрально-пропорциональном регуляторе скорости.

4. Регулирование момента и скорости в других системах электроприводов

Регулирование момента электропривода постоянного тока в системе источник тока - двигатель (ИТ-Д). Механические характеристики при индуктивно-емкостном источнике тока.

Регулирование скорости электропривода постоянного тока в системе (ИТ-Д) с обратной связью по скорости или напряжению на якоре, механические характеристики.

Реостатное регулирование момента и скорости электроприводов постоянного и переменного тока в разомкнутой системе. Ступенчатый пуск при поддержании постоянства среднего значения пускового момента двигателя. Реостатное регулирование скорости и его показатели.

Автоматическое регулирование координат асинхронного электропривода с импульсным регулятором в цепи выпрямленного тока ротора. Принципы построения замкнутых систем электропривода. Обратные связи для стабилизации скорости электропривода.

5. Регулирование положения

Точное позиционирование. Влияние отклонения параметров на точность позиционирования. Пути уменьшения ошибки позиционирования.

Автоматическое регулирование положения (пути) по отклонению. Трехконтурная система УП-Д для регулирования положения. Определение передаточной функции регулятора положения.

Переходные процессы при точной остановке и отработке дозированных перемещений позиционным электроприводом с пропорциональным регулятором положения. Регулятор положения с параболической характеристикой.

6. Многодвигательные электроприводы

Особенности многодвигательных электроприводов. Двухдвигательный электропривод с механической связью между двигателями. Способы выравнивания нагрузки двигателей. Использование двухдвигательного электропривода для получения специальных механических характеристик.

Многодвигательный асинхронный электропривод с общим импульсным регулятором в роторной цепи. Особенности работы электропривода при отсутствии и наличии механической связи.

Многодвигательный электропривод по системе электрического вала. Разновидности систем электрического вала: с уравнительными машинами, с преобразователем частоты и машинами двойного питания, с общим реостатом. Порядок пуска рассмотренных систем. Сравнительные достоинства и недостатки различных систем электрического вала.

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 «Теория электропривода», к выполнению и защите лабораторных работ, к выполнению курсовой работы заданий на самостоятельную работу (приложение к настоящей РПД).

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

а) Основная литература

1. Волченсков, В.И. Исследование трехфазных асинхронных двигателей с фазным ротором [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие. — Электрон. дан. — М. : МГТУ им. Н.Э. Баумана (Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана), 2009. — 42 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=52091 — Загл. с экрана.

2. Епифанов А. П. Электропривод [Электронный ресурс] : учебник / Епифанов А. П., Малайчук Л. М., Гущинский А. Г. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2012. — 400 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=3812 — Загл. с экрана.

3. Никитенко Г. В. Электропривод производственных механизмов [Электронный ресурс] : учебное пособие. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2013. — 224 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=5845 — Загл. с экрана.

4. Фролов, Ю.М. Сборник задач и примеров решений по электрическому приводу [Электронный ресурс] : учебное пособие / Ю.М. Фролов, Шелякин В. П. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2012. — 367 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=3185 — Загл. с экрана.

5. Фролов, Ю.М. Проектирование электропривода промышленных механизмов [Электронный ресурс] : учебное пособие / Ю.М. Фролов, В.П. Шелякин. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2014. — 447 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=44766 — Загл. с экрана.

б) дополнительная литература:

Учебные пособия:

1. Данилов П.Е. Основы теории электропривода. Часть вторая. Конспект лекций по курсу «Теория электропривода» [Текст]: конспект лекций / П.Е. Данилов. – 2-е изд. испр. и доп. – Смоленск, 2014. – 152 с.
2. Данилов П.Е. Теория электропривода. [Текст]: монография / П.Е. Данилов, В.А. Барышников, В.В. Рожков. – Смоленск, РИО филиала МЭИ в г. Смоленске, 2014. – 348 с.
3. Методические указания к выполнению расчетного задания по курсу «Электрический привод» [Текст]: методические указания / П.Е. Данилов, В.В. Рожков. – 2-ое изд., испр. – Смоленск: РИО филиала МЭИ в г. Смоленске, 2013. – 24 с.

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

1. Электронный сайт приборов и электронных компонентов [Электронный ресурс]: база данных содержит информацию о вакуумном выключателе. – Германия, 2007-2015. – Режим доступа: <http://forca.ru/v/sobi2Task,sobi2Details/catid,0/sobi2Id,49/> – Загл. с экрана.
2. Электронный сайт приборов и электронных компонентов [Электронный ресурс]: база данных содержит информацию о вакуумном контакторе. – Германия, 2007-2015. – Режим доступа: <http://forca.ru/spravka/spravka/kontaktory-vakuumnye-kvt2-1-14.html> – Загл. с экрана.
3. Электронный сайт приборов и электронных компонентов [Электронный ресурс]: база данных содержит информацию о вакуумных контакторах. – Санкт Петербург, 2006-2015. – Режим доступа: http://ecovacuum.ru/contactorkvt_6_400.html – Загл. с экрана.
4. Электронный сайт приборов и электронных компонентов [Электронный ресурс]: база данных содержит информацию о датчике напряжения. – Москва, 2004-2015. – Режим доступа: <http://www.sensorica.ru/pdf/lv25-p-sp20.pdf> – Загл. с экрана.
5. Электронный сайт приборов и электронных компонентов [Электронный ресурс]: база данных содержит информацию о датчике тока. – Москва, 2004-2015. – Режим доступа: <http://www.sensorica.ru/pdf/lt300-s-sp50.pdf> – Загл. с экрана.
6. Электронный сайт приборов и электронных компонентов [Электронный ресурс]: база данных содержит информацию о дросселях. – Москва, 2001-2015. – Режим доступа: <http://www.ielectro.ru/gelem390418.html> – Загл. с экрана.
7. Электронный сайт приборов и электронных компонентов [Электронный ресурс]: база данных содержит информацию о конденсаторах. – Москва, 2010-2015. – Режим доступа: <http://www.elcod.spb.ru/catalog/k75-40.pdf> – Загл. с экрана.
8. Электронный сайт приборов и электронных компонентов [Электронный ресурс]: база данных содержит информацию о конденсаторах. – Санкт Петербург, 2001-2015. – Режим доступа: <http://www.eandc.ru/catalog/detail.php?ID=8443> – Загл. с экрана.
9. Электронный сайт приборов и электронных компонентов [Электронный ресурс]: база данных содержит информацию о контакторе. – Германия, 2007-2015. – Режим доступа: <http://forca.ru/spravka/nizkovoltnoe-oborudovanie/nch8-kontaktor-chint.html> – Загл. с экрана.
10. Электронный сайт приборов и электронных компонентов [Электронный ресурс]: база данных содержит информацию о тиристорах. – Иркутск, 2009-2015. – Режим доступа: <http://www.fotorele.net/pdf/IGBT%20&%20SFRD.pdf> – Загл. с экрана.

11. Электронный сайт приборов и электронных компонентов [Электронный ресурс]: база данных содержит информацию о транзисторах. – Москва, 2005-2015. – Режим доступа: <http://www.fotorele.net/pdf/IGBT%20&%20SFRD.pdf> – Загл. с экрана.

12. Электронный сайт приборов и электронных компонентов [Электронный ресурс]: база данных содержит информацию о трансформаторах. – Москва, 2013-2015. – Режим доступа: <http://surz.ru/product/transformatory/23/index.php> – Загл. с экрана.

13. Электронный сайт, информационный портал [Электронный ресурс]: база данных содержит информацию о двигателе. – Краснодар, 2002-2015. – Режим доступа: <http://www.sez.ru/pdf/sez.pdf> – Загл. с экрана.

14. Электронный сайт, информационный портал [Электронный ресурс]: база данных содержит информацию о диодах. – Саранск, 1997-2015. – Режим доступа: http://www.moris.ru/~martin/spp/new_prod/dl%20dtu/dl%20tdu.htm – Загл. с экрана.

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Дисциплина предусматривает лекции 3 часа в неделю, практические занятия 1 час в неделю и лабораторные работы 1 час в неделю, выполняемые 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 объём выполненной на занятии работы и отмечает результат в рабочем журнале.

Оставшиеся невыполненными пункты задания практического занятия студент обязан доделать 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.

Лабораторные работы составляют важную часть профессиональной подготовки студентов. Они направлены на экспериментальное подтверждение теоретических положений и формирование учебных и профессиональных практических умений.

Выполнение студентами лабораторных работ направлено на:

обобщение, систематизацию, углубление, закрепление полученных теоретических знаний по конкретным темам дисциплин;

формирование необходимых профессиональных умений и навыков;

Дисциплины, по которым планируются лабораторные работы и их объемы, определяются рабочими учебными планами.

Методические указания по проведению лабораторных работ разрабатываются на срок действия РПД (ПП) и включают:

заглавие, в котором указывается вид работы (лабораторная), ее порядковый номер, объем в часах и наименование;

цель работы;

предмет и содержание работы;

оборудование, технические средства, инструмент;

порядок (последовательность) выполнения работы;

правила техники безопасности и охраны труда по данной работе (по необходимости);

общие правила к оформлению работы;

контрольные вопросы и задания;

список литературы (по необходимости).

Содержание лабораторных работ фиксируется в РПД в разделе 4 настоящей программы.

При планировании лабораторных работ следует учитывать, что наряду с ведущей целью - подтверждением теоретических положений - в ходе выполнения заданий у студентов формируются практические умения и навыки обращения с лабораторным оборудованием, аппаратурой и пр., которые могут составлять часть профессиональной практической подготовки, а также исследовательские умения (наблюдать, сравнивать, анализировать, устанавливать зависимости, делать выводы и обобщения, самостоятельно вести исследование, оформлять результаты).

Состав заданий для лабораторной работы должен быть спланирован с таким расчетом, чтобы за отведенное время они могли быть качественно выполнены большинством студентов.

Необходимыми структурными элементами лабораторной работы, помимо самостоятельной деятельности студентов, являются инструктаж, проводимый преподавателем, а также организация обсуждения итогов выполнения лабораторной работы.

Выполнению лабораторных работ предшествует проверка знаний студентов – их теоретической готовности к выполнению задания.

Помимо собственно выполнения работы для каждой лабораторной работы предусмотрена процедура защиты, в ходе которой преподаватель проводит устный или письменный опрос студентов для контроля понимания выполненных ими измерений, правильной интерпретации полученных результатов и усвоения ими основных теоретических и практических знаний по теме занятия.

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

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 с применением лекционного материала в форме презентаций (см. Приложение).

При проведении лабораторных работ предусматривается использование специальной лаборатории, оборудованной стендами для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Теория электропривода».

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 проводятся в специальной лаб. Б-105.

В основное оборудование указанной лаборатории входит оборудование, необходимое для проведения лабораторных работ по дисциплине «Теория электропривода».

Автор
д-р.техн.наук, профессор

П.Е. Данилов

Зав. кафедрой ЭМС
канд.техн.наук, доцент

В.В. Рожков.

Программа одобрена на заседании кафедры №3 от 12.10.2015 года, протокол № 3.

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- нен- ных	заме- нен- ных	но- вых	анну- лиро- ванн- ых					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10