

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 05 » октября 20 23 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Электрический привод
(наименование)

Форма обучения: очная
(очная/очно-заочная/заочная)

Уровень высшего образования: бакалавриат
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

Общая трудоёмкость: 180 (5)
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
(код и наименование направления)

Направленность: Электроэнергетика и электротехника (общий профиль, СУОС)
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель дисциплины – освоение дисциплинарных компетенций по осуществлению анализа, расчета выбора систем электрического привода производственных механизмов, используемых в автоматизированных системах управления технологическими процессами в энергетике и промышленности, и на основе этого обеспечение подготовки бакалавров, способных самостоятельно и творчески решать задачи проектирования, исследования, наладки и эксплуатации современных электромеханических систем промышленных установок в любых отраслях народного хозяйства.

Задачи дисциплины:

- изучение общих физических закономерностей, свойственных системам электрического привода любого назначения и способов регулирования координат электроприводов;
- изучение информации о назначении, классификации, принципах устройства систем электрического привода и особенностях их работы;
- изучение электромеханических элементов и преобразовательных устройств систем электрического привода, используемых в автоматических системах управления;
- формирование умений обоснованного выбора электромеханических устройств и преобразователей для применения в автоматических системах управления;
- формирование навыков расчета параметров и характеристик электромеханических систем и выбора силовых элементов электроприводов при проектировании электромеханических систем управления.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- электромеханические свойства двигателей;
- переходные режимы электроприводов;
- регулирование координат электроприводов;
- основы теории нагрева и выбора мощности двигателей для производственных механизмов;
- энергетика электроприводов.
- автоматизация управления электроприводов.

1.3. Входные требования

Не предусмотрены

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
-------------	-------------------	---	--	-----------------

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-2.1	ИД-1ПК-2.1	Знает: схемотехнические решения электроприводов различного назначения и математическое описание электромеханических процессов, протекающих в них; устройство, основные понятия, принципы, режимы работы, электромеханические свойства и электрические схемы электроприводов, для осуществления сравнительного анализа и выбора электромеханических и силовых преобразовательных устройств; основные способы регулирования координат электроприводов.	Знает основы электроники, схемы, состав оборудования, режим работы электротехнических и электроэнергетических установок различного назначения	Экзамен
ПК-2.1	ИД-2ПК-2.1	Умеет: производить разработку электрических схем (функциональная схема, принципиальная схема, схема внешних подключений) проектируемого электропривода на основе выбранной элементной базы; рассчитывать параметры и строить механические и электромеханические характеристики электропривода; применять инженерные методы расчета и выбора элементов, входящих в состав проектируемой системы электропривода; рассчитывать потери электроэнергии в приводе в установившихся и переходных процессах работы электропривода.	Умеет проектировать схемы, электротехнические и электроэнергетические установки	Курсовой проект
ПК-2.1	ИД-3ПК-2.1	Владеет: навыками	Владеет навыками расчета	Защита

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		обработки и анализа результатов экспериментальных исследований электромеханических процессов, протекающих в электроприводах; навыками расчёта статических характеристик, переходных процессов, нагрузочных диаграмм и энергетических показателей электроприводов; навыками нахождения и устранения неисправностей в несложных электрических схемах электромеханических систем.	схем и режимов работы электронных и электротехнических установок	лабораторной работы
ПК-2.3	ИД-1ПК-2.3	Знает: состав и требования, предъявляемые к конструкторской документации на различных этапах проектирования систем электропривода; этапы, последовательность и особенности проектирования систем электропривода в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией; основные методы и принципы расчёта потерь энергии и энергетических показателей систем электропривода; основные методики синтеза и расчета параметров корректирующих элементов систем управления электропривода.	Знает состав, этапы, последовательность и особенности предпроектного обследования и проектирования объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией, соблюдая различные технические, энергоэффективные и экологические требования	Экзамен
ПК-2.3	ИД-2ПК-2.3	Умеет: производить анализ технических	Умеет применять основные подходы и	Отчёт по практическо

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		<p>требований, предъявляемых к проектируемому электроприводу, и на основании проведенного анализа принимать рациональные схемотехнические решения по его разработке; производить анализ регулировочных свойств системы электропривода; осуществлять синтез системы управления электропривода и производить расчет корректирующих элементов, обеспечивающих требуемые динамические характеристики.</p>	<p>методики, программные и технические средства предпроектного обследования и проектирования объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией, соблюдая различные технические, энергоэффективные и экологические требования</p>	<p>му занятию</p>
ПК-2.3	ИД-ЗПК-2.3	<p>Владеет: навыками применения современных методов и программных средств, используемых в процессе проектирования систем электроприводов; навыками выбора мощности и типа электродвигателя и управляемого преобразователя для системы электропривода.</p>	<p>Владеет навыками использования основных программных и технических средств предпроектного обследования и проектирования объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией, соблюдая различные технические, энергоэффективные и экологические требования</p>	<p>Курсовой проект</p>

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		6	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	63	63	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	27	27	
- лабораторные работы (ЛР)	18	18	
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	14	14	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	4	4	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	81	81	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36	36	
Дифференцированный зачет			
Зачет			
Курсовой проект (КП)	36	36	
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	180	180	

4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	
6-й семестр				
Введение.	1	0	0	0
Основные понятия, термины и определения. Предмет и задачи дисциплины. Взаимосвязь с предыдущими и последующими дисциплинами.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Раздел 1. Основы механики электропривода.	4	0	2	10
<p>Тема 1. Общая структура электропривода и его механическая часть. Обобщенная структурная блок-схема электропривода, его назначение, функции. Основные схемы электроприводов различного назначения. Типы электроприводов. Кинематическая схема. Силы и моменты, действующие в системе электропривода. Механические характеристики производственных механизмов.</p> <p>Тема 2. Приведение моментов инерции и моментов сопротивления к валу двигателя, уравнение движения электропривода. Приведение параметров к расчетной скорости и расчетные схемы механической части электропривода. Цели этих приведений. Уравнения движения и режимы работы электропривода как динамической системы.</p>				
Раздел 2. Электромеханические свойства и характеристики электродвигателей постоянного и переменного тока.	5	8	2	17
<p>Тема 3. Электромеханические механические свойства и характеристики двигателей постоянного тока независимого возбуждения (ДНВ). Основные характеристики ДНВ, определяющие их применение в производственных и коммунально-бытовых технологических процессах. Естественные и искусственные механические характеристики ДНВ. Уравнения и расчет характеристик. Расчет пусковых сопротивлений для якорной цепи ДНВ. Тормозные режимы ДНВ (рекуперативное, противовключение, динамическое). Расчет тормозных сопротивлений.</p> <p>Тема 4. Электромеханические свойства и характеристики двигателей постоянного тока последовательного возбуждения (ДПВ). Основные характеристики ДПВ, определяющие их применение в производственных и коммунально-бытовых технологических процессах. Естественные и искусственные механические характеристики ДПВ. Уравнения и расчет характеристик. Расчет пусковых сопротивлений для якорной цепи ДПВ. Тормозные режимы ДПВ (противовключение, динамическое торможение с независимым возбуждением и с самовозбуждением). Расчет тормозных сопротивлений.</p> <p>Тема 5. Электромеханические свойства и характеристики асинхронного двигателя (АД).</p>				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Основные характеристики АД, определяющие их применение в производственных и коммунально-бытовых технологических процессах. Параметры схемы замещения АД и основные математические соотношения для тока ротора, скольжения, электромагнитного момента, критического момента. Естественная и искусственные механические и электромеханические характеристики АД. Формула Клосса и расчет механических характеристик. Тормозные режимы АД (рекуперативное, противовключение, динамическое). Расчет пусковых сопротивлений для роторной цепи АД.				
Раздел 3. Регулирование координат электроприводов.	4	8	2	16
Тема 6. Понятие об управлении электроприводом и регулировании его координат. Цели и задачи регулирования координат (переменных). Основные способы регулирования координат, их показатели и характеристики. Понятие о системах “Управляемый преобразователь-двигатель” (УП-Д). Тема 7. Система “Генератор-Двигатель” (Г-Д). Принципиальная схема системы Г-Д, ее основные элементы. Статические механические характеристики, режимы работы. Регулирование скорости, торможение. Основные технико-экономические показатели. Тема 8. Система “Тиристорный преобразователь - двигатель” (ТП-Д). Принципиальная схема системы ТП-Д. Временная диаграмма выпрямленного напряжения. Статические механические характеристики с одним и двумя комплектами вентиля, режимы работы. Причины возникновения прерывистых и уравнивающих токов, их ограничение. Регулирование скорости, торможение. Основные технико-экономические показатели. Тема 9. Регулирование скорости электроприводов с двигателями постоянного тока. Регулирование скорости электроприводов с ДНВ и ДПВ введением добавочного сопротивления в цепь якоря, изменением подводимого к якорю напряжения, изменением магнитного потока. Основные показатели регулирования и области применения различных способов. Тема 10. Частотное регулирование скорости асинхронного электропривода. Законы частотного регулирования. Законы, обеспечивающие компенсацию падений напряжения на				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
сопротивлениях обмоток статора и ротора. Системы частотного регулирования с электромашинным и статическим преобразователем частоты. Тема 11. Регулирование скорости асинхронных двигателей (АД) при $\omega_0 = \text{const}$ и в каскадных схемах. Регулирование скорости АД изменением добавочного сопротивления в роторной цепи, изменением подводимого напряжения в системах с тиристорным регулятором напряжения (ТРН-АД). Регулирование скорости АД в каскадных схемах. Понятие об электрическом и электромеханическом каскадах. Основные показатели способов регулирования скорости АД и области применения. Тема 12. Электропривод переменного тока с вентильным двигателем. Понятие о вентильном двигателе. Назначение датчика положения ротора (ДПР), его принципиальное устройство и принцип действия. Статические механические характеристики вентильного двигателя. Алгоритм работы вентиля. Область применения вентильного двигателя.				
Раздел 4. Нагрев и охлаждение электродвигателей, и выбор их по мощности.	4	0	3	10
Тема 13. Нагревание и охлаждение двигателей при длительном, кратковременном и повторно-кратковременном режимах работы. Понятие о нагрузочных диаграммах механизмов и двигателей. Номинальные режимы работы электродвигателей (S1-S8). Нагревание и охлаждение электродвигателей при длительном (S1), кратковременном (S2) и повторно-кратковременном (S3) режимах работы. Тема 14. Методы проверки допустимой нагрузки электродвигателей. Расчёты и выбор двигателей и иного электрооборудования при проектировании электрических приводов. Предварительный выбор электродвигателей по мощности. Проверка допустимой нагрузки двигателей по методу средних потерь. Определение потерь и КПД в электродвигателе при номинальной и не номинальной нагрузке. Проверка допустимой нагрузки по методам эквивалентных величин (тока, момента, мощности). Тема 15. Выбор электродвигателей по мощности. Выбор электродвигателей по мощности для работы в режимах S1, S2, S3. Определение допустимого числа включений в час коротко-замкнутого асинхронного электродвигателя при повторно-кратковременном режиме работы. Выбор				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
двигателей для работы в режимах S4-S8 и выбор преобразователей.				
Раздел 5. Энергетика электроприводов.	2	0	3	8
Тема 16. Потери энергии в установившихся режимах работы электроприводов. Понятие об энергетике электроприводов. Потери энергии в установившемся режиме работы нерегулируемого и регулируемого электропривода. Основные математические соотношения, характеризующие потери энергии в электроприводах с двигателями постоянного и переменного тока. Тема 17. Потери энергии при переходных режимах электроприводов и способы уменьшения потерь энергии. Потери энергии при переходных режимах в нерегулируемом электроприводе. Потери энергии при переходных режимах в регулируемом электроприводе. Способы уменьшения потерь энергии.				
Раздел 6. Электромеханические переходные процессы.	2	2	2	8
Тема 18. Общие сведения о переходных режимах электроприводов, уравнение электромеханического переходного процесса. Понятие о переходных процессах электроприводов, факторы, влияющие на характер переходного процесса, классификация переходных процессов, методы анализа. Оптимальные переходные процессы. Уравнения электромеханического переходного процесса электропривода с линейной механической характеристикой $\omega_0 = \text{const}$ и $M_c = \text{const}$. Тема 19. Переходные процессы электроприводов с линейной механической характеристикой при различных значениях ω_0 и M_c и различных режимах работы. Переходные процессы с линейной механической характеристикой при одно- и многоступенчатом пуске и в тормозных режимах в случае $\omega_0 = \text{const}$ и $M_c = \text{const}$.				
Раздел 7. Автоматизация управления электроприводом в разомкнутых и замкнутых системах.	5	0	0	12
Тема 20. Принципы автоматизации режимов работы электроприводов в разомкнутых системах. Принципы автоматизации процессов пуска, торможения, реверса электродвигателей в разомкнутых системах. Типовые узлы систем автоматического управления пуском, торможением и реверсированием двигателей постоянного и переменного тока.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Тема 21. Замкнутые системы «Управляемый преобразователь двигатель» с различными обратными связями. Принципы построения и структурные схемы замкнутых систем. Системы Г-Д, ТП-Д, ТПЧ-АД с обратными связями по скорости, току и ЭДС. Принципиальные схемы и статические механические характеристики. Тема 22. Элементы проектирования автоматизированных электроприводов. Выбор системы электропривода. Унифицированные системы электроприводов (комплектный электропривод). Технические требования, технические условия, техническое задание. Номинальные параметры типового электрооборудования. Климатическое исполнение. Заключение.				
ИТОГО по 6-му семестру	27	18	14	81
ИТОГО по дисциплине	27	18	14	81

Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Синтез расчетной схемы и определение параметров механической части электропривода
2	Расчет параметров и характеристик электропривода с двигателем постоянного тока независимого возбуждения
3	Расчет параметров и характеристик электропривода переменного тока с асинхронным двигателем
4	Расчёт регулируемого электропривода производственной установки с двигателем постоянного тока в системе ТП-Д
5	Расчёт регулируемого электропривода производственной установки с двигателем переменного тока в системе ПЧ-АД
6	Расчёт потерь электроэнергии в установившихся и переходных режимах работы электропривода
7	Расчёт и построение переходного процесса пуска и торможения электропривода с двигателем постоянного тока независимого возбуждения

Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Исследование статических характеристик электропривода с двигателем постоянного тока независимого возбуждения
2	Исследование статических характеристик электропривода с трёхфазным асинхронным двигателем с фазным ротором

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
3	Исследование статических характеристик системы «Тиристорный преобразователь – двигатель постоянного тока»
4	Исследование статических характеристик системы «Преобразователь частоты с автономным инвертором напряжения асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором»
5	Исследование статических характеристик системы «Тиристорный регулятор напряжения (ТРН) – асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором»
6	Исследование электромеханических переходных процессов в электроприводе постоянного тока с двигателем независимого возбуждения

Тематика примерных курсовых проектов/работ

№ п.п.	Наименование темы курсовых проектов/работ
1	Расчёт регулируемого электропривода производственной установки (по вариантам)

5. Организационно-педагогические условия

5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

<p>Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установление связей с ранее освоенным материалом.</p> <p>Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.</p> <p>Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором обучающиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности обучающихся на достижение целей занятия.</p> <p>При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.</p>
--

5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1. Основная литература		
1	Васильев Е. М. Теория электропривода : учебное пособие / Е. М. Васильев. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2014.	27
2	Москаленко В. В. Электрический привод : учебник для вузов / В. В. Москаленко. - М.: Академия, 2007.	36
3	Трефилов В. А. Основы электропривода : учебное пособие / В. А. Трефилов. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2007.	73
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Ключев В. И. Теория электропривода : учебник для вузов / В. И. Ключев. - Москва: Энергоатомиздат, 1985.	77
2	Онищенко Г. Б. Электрический привод : учебник для вузов / Г. Б. Онищенко. - Москва: Академия, 2008.	35
3	Цылев П. Н. Электропривод и электрооборудование технологических объектов нефтегазовой отрасли : учебное пособие / П. Н. Цылёв. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2015.	40
4	Чиликин М. Г. Общий курс электропривода : учебник для вузов / М. Г. Чиликин, А. С. Сандлер. - Москва: Энергоиздат, 1981.	117
2.2. Периодические издания		
	Не используется	
2.3. Нормативно-технические издания		
	Не используется	
3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины		
1	Стотлбов Б. М. Методическое руководство к выполнению курсовой работы по дисциплине «Электропривод» / Б. М. Столбов. - Пермь: Издательство ПНИПУ, 2011.	20
2	Электрический привод: методические указания по изучению курса и выполнению контрольных заданий. - Пермь: Издательство ПНИПУ, 2011.	20
4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента		

1	Столбов Б. М. Электромеханические системы : учебно-методическое пособие / Б. М. Столбов. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2011.	3
2	Столбов Б. М. Теория электропривода / Б. М. Столбов. - Пермь: Издательство ПНИПУ, 2011.	20

6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Цылев П. Н. Электропривод и электрооборудование технологических объектов нефтегазовой отрасли : учебное пособие / П. Н. Цылёв. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2015.	http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib3748	локальная сеть; свободный доступ
Методические указания для студентов по освоению дисциплины	Столбов Б. М. Методическое руководство к выполнению курсовой работы по дисциплине «Электропривод» / Б. М. Столбов. - Пермь: Издательство ПНИПУ, 2011.	http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib4324	локальная сеть; свободный доступ
Методические указания для студентов по освоению дисциплины	Электрический привод: методические указания по изучению курса и выполнению контрольных заданий. - Пермь: Издательство ПНИПУ, 2011.	http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib4291	локальная сеть; свободный доступ
Основная литература	Васильев Е. М. Теория электропривода : учебное пособие / Е. М. Васильев. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2014.	http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib3707	локальная сеть; свободный доступ
Основная литература	Трефилов В. А. Основы электропривода : учебное пособие / В. А. Трефилов. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2007.	http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2645	локальная сеть; свободный доступ
Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов	Столбов Б. М. Теория электропривода / Б. М. Столбов. - Пермь: Издательство ПНИПУ, 2011.	http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib4666	локальная сеть; свободный доступ

6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)

Вид ПО	Наименование ПО
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567

6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	http://lib.pstu.ru/
Электронно-библиотечная система Лань	https://e.lanbook.com/
Электронно-библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru/
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	http://www.consultant.ru/
Информационно-справочная система нормативно-технической документации "Техэксперт: нормы, правила, стандарты и законодательства России"	https://техэксперт.сайт/

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Курсовой проект	Маркерная доска	1
Лабораторная работа	Лабораторный комплекс «Электрические машины и электропривод. АДКР-ГПТ 1,5 кВт»	1
Лабораторная работа	Лабораторный комплекс «Электрические машины и электропривод. АДФР-ГПТ 1,5 кВт»	1
Лабораторная работа	Лабораторный комплекс «Электромеханические системы, электрический привод, теория электропривода»	1
Лекция	Проектор, ноутбук, экран настенный, маркерная доска	1
Практическое занятие	Маркерная доска	1

8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«Пермский национальный исследовательский политехнический
университет»**

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине
«Электрический привод»

Приложение к рабочей программе дисциплины

Направление подготовки: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

**Направленность (профиль)
образовательной программы:** Автоматизированный электропривод и
робототехнические комплексы

Квалификация выпускника: «Бакалавр»

Выпускающая кафедра: Микропроцессорных средств автоматизации

Форма обучения: Очная

Курс: 3 **Семестр:** 6

Трудоёмкость:

Кредитов по рабочему учебному плану: 5 3Е
Часов по рабочему учебному плану: 180 ч.

Форма промежуточной аттестации:

Экзамен: 6 семестр

Курсовой проект: 6 семестр

Пермь 2023

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине, объекты оценивания и виды контроля

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра (6-го семестра учебного плана) и разбито на 4 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные и лабораторные занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируется компоненты компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения по дисциплине (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, сдаче отчетов по лабораторным работам, выполнения практических заданий и экзамена. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля					
	Текущий		Рубежный		Итоговый	
	С	ТО	ОЛР	Т/ОПЗ	КП	Экзамен
Усвоенные знания						
ИД-1ПК-2.1. Знает: схемотехнические решения электроприводов различного назначения и математическое описание электромеханических процессов, протекающих в них; устройство, основные понятия, принципы, режимы работы, электромеханические свойства и электрические схемы электроприводов, для осуществления сравнительного анализа и выбора электромеханических и силовых преобразовательных устройств; основные способы регулирования координат электроприводов.		ТО		T1 ... T4		ТВ
ИД-1ПК-2.3. Знает: состав и требования, предъявляемые к конструкторской документации на различных этапах проектирования систем электропривода; этапы, последовательность и особенности проектирования систем электропривода в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией; основные методы и принципы расчёта потерь энергии и энергетических показателей систем электропривода; основные методики синтеза и расчета параметров корректирующих элементов систем управления электропривода.						

Освоенные умения						
<p>ИД-2ПК-2.1. Умеет: производить разработку электрических схем (функциональная схема, принципиальная схема, схема внешних подключений) проектируемого электропривода на основе выбранной элементной базы; рассчитывать параметры и строить механические и электромеханические характеристики электропривода; применять инженерные методы расчета и выбора элементов, входящих в состав проектируемой системы электропривода; рассчитывать потери электроэнергии в приводе в установившихся и переходных процессах работы электропривода.</p> <p>ИД-2ПК-2.1. Умеет: производить анализ технических требований, предъявляемых к проектируемому электроприводу, и на основании проведенного анализа принимать рациональные схемотехнические решения по его разработке; производить анализ регулировочных свойств системы электропривода; осуществлять синтез системы управления электропривода и производить расчет корректирующих элементов, обеспечивающих требуемые динамические характеристики.</p>			ОЛР1 ... ОЛР6		КП	ПЗ
Приобретенные владения						
<p>ИД-2ПК-2.1. Владеть навыками обработки и анализа результатов экспериментальных исследований электромеханических процессов, протекающих в электроприводах; навыками расчёта статических характеристик, переходных процессов, нагрузочных диаграмм и энергетических показателей электроприводов; навыками нахождения и устранения неисправностей в несложных электрических схемах электромеханических систем.</p> <p>ИД-2ПК-2.3. Владеет: навыками применения современных методов и программных средств, используемых в процессе проектирования систем электроприводов; навыками выбора мощности и типа электродвигателя и управляемого преобразователя для системы электропривода.</p>			ОЛР1 ... ОЛР6	ОП31 ОП32	КП	ПЗ

С – собеседование по теме; ТО – коллоквиум (теоретический опрос); КЗ – кейс-задача (индивидуальное задание); ОЛР – отчет по лабораторной работе; Т/ОПЗ – рубежное тестирование / отчет по практическому заданию;; ТВ – теоретический вопрос; ПЗ – практическое задание; КЗ – комплексное задание экзамена, КП – курсовой проект.

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде экзамена, проводимая с учетом результатов текущего и рубежного контроля.

2. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения

Текущий контроль успеваемости имеет целью обеспечение максимальной эффективности учебного процесса, управление процессом формирования заданных компетенций обучаемых, повышение мотивации к учебе и предусматривает оценивание хода освоения дисциплины. В соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ предусмотрены следующие виды и периодичность текущего контроля успеваемости обучающихся:

- входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности обучаемого и его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины;

- текущий контроль усвоения материала (уровня освоения компонента «знать» заданных компетенций) на каждом групповом занятии и контроль посещаемости лекционных занятий;

- промежуточный и рубежный контроль освоения обучаемыми отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного или бланчного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), защиты отчетов по лабораторным работам, рефератов, эссе и т.д.

Рубежный контроль по дисциплине проводится на следующей неделе после прохождения модуля дисциплины, а промежуточный – во время каждого контрольного мероприятия внутри модулей дисциплины;

- межсессионная аттестация, единовременное подведение итогов текущей успеваемости не менее одного раза в семестр по всем дисциплинам для каждого направления подготовки (специальности), курса, группы;

- контроль остаточных знаний.

2.1. Текущий контроль усвоения материала

Текущий контроль усвоения материала в форме письменного выборочного теоретического опроса студентов по каждой теме. Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

2.2. Рубежный контроль

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится в форме защиты лабораторных работ, выполнения практических заданий и рубежного тестирования (после изучения каждого модуля учебной дисциплины).

2.2.1. Защита лабораторных работ

Всего запланировано 6 лабораторных работ. Типовые темы лабораторных работ приведены в РПД.

Защита лабораторной работы проводится индивидуально каждым студентом или группой студентов. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.2.2. Практические задания

Согласно РПД запланировано 2 рубежных практических задания (ПЗ) после освоения студентами учебных тем дисциплины, первое ПЗ по теме «Электромеханические механические свойства и характеристики двигателей постоянного тока независимого возбуждения (ДНВ)», второе ПЗ – по теме «Электромеханические свойства и характеристики асинхронного двигателя (АД)».

Типовое задание первого ПЗ:

Для электропривода постоянного тока с двигателем независимого возбуждения, тип и механические данные которого выдаются по вариантам

1. Изобразить структурную схему двигателя, определить его параметры и записать уравнения динамической механической характеристики двигателя.

2. Рассчитать и построить естественные статические электромеханическую и механическую характеристики в абсолютных единицах.

3. Рассчитать и построить искусственные реостатные характеристики.

4. Рассчитать и построить искусственные статические характеристики двигателя при ослаблении магнитного потока.

5. Рассчитать и построить искусственные статические характеристики при пониженном напряжении на якоре.

6. Рассчитать и построить механическую характеристику двигателя при динамическом торможении.

7. Рассчитать величину тормозного сопротивления, которое следует включить в цепь якоря для перевода двигателя в режим противовключения

8. Определить скорость двигателя при рекуперативном спуске груза и моменте двигателя, равном $1,5 M_n$.

9. Рассчитать и построить пусковую диаграмму двигателя при его пуске в 4 ступени. Определить пусковое сопротивление и сопротивление ступеней.

Типовое задание второго ПЗ:

Для электропривода переменного тока с асинхронным двигателем с фазным ротором, тип и технические данные которого выдаются по вариантам:

1. Изобразить структурную схему для области рабочих скольжений и определить ее параметры.

2. Рассчитать и построить естественные статические электромеханическую и механическую характеристики.

3. Рассчитать и построить реостатную характеристику двигателя.

4. Рассчитать и построить (на фоне естественной) искусственную механическую характеристику, соответствующую заданному напряжению и частоте.

5. Рассчитать и построить с учетом насыщения механическую характеристику в режиме динамического торможения.

6. Рассчитать пусковые характеристики и соответствующие им сопротивления при форсированном пуске в три ступени. Построить пусковую диаграмму.

Типовые шкала и критерии оценки результатов рубежной контрольной работы приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.3. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача всех лабораторных работ и практических заданий, положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

Промежуточная аттестация, согласно РПД, проводится в виде экзамена по дисциплине устно по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний и практические задания (ПЗ) для проверки усвоенных умений и приобретенных владений всех заявленных компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролирующие уровень сформированности *всех* заявленных компетенций. Форма билета представлена в общей части ФОС образовательной программы.

2.3.1. Типовые вопросы и задания для экзамена по дисциплине

Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:

1. Понятия об электроприводе его структурная блок-схема, назначение и функции отдельных блоков, типы электроприводов.

2. Уравнения движения электропривода и режимы его работы как динамической системы. Понятие жесткости механической характеристики.

3. Математическое описание процессов преобразования энергии в двигателе постоянного тока независимого возбуждения (ДНВ). Естественные и искусственные механические характеристики ДНВ

4. Понятия переходных режимов электроприводов. Уравнения электромеханического переходного процесса с линейной характеристикой при $\omega_0 = \text{const}$, $M_c = \text{const}$. Факторы, влияющие на переходный процесс.

5. Законы частотного регулирования скорости АД в разомкнутых системах. Законы с компенсацией падений напряжения в замкнутых системах.

6. Предварительный выбор двигателей по мощности и проверка допустимой нагрузки по методу средних потерь.

Типовые практические задания для контроля усвоенных умений и приобретенных владений:

1. Кабина, масса которой с грузом составляет $m = 1000$ кг, поднимается со скоростью $v = 0,65$ м/с. Двигатель при этом вращается со скоростью $\omega = 104$ 1/с. Определить суммарный момент инерции системы, приведенный к валу двигателя, если $(J_{дв} + J_б)$ составляет $0,04$ кг·м² (массой каната пренебречь).

2. Какое сопротивление необходимо включить в цепь якоря двигателя постоянного тока подъемной лебедки, чтобы скорость подъема груза массой $m = 800$ кг была $v = 0,5$ м/с. Паспортные данные двигателя: $P_n = 10$ кВт, $U_n = 220$ В, $I_n = 50$ А, $\omega_n = 104$ 1/с, $R_{я} = 0,1$ Ом. Радиус приведения механической передачи $r = 0,01$ м, а КПД передачи $\eta = 0,9$.

3. Двигатель постоянного тока независимого возбуждения имеет следующие паспортные данные: $P_n = 16$ кВт, $U_n = 220$ В, $I_n = 86$ А, $\omega_n = 72$ с⁻¹, $R_{я} = 0,21$ Ом. Как следует изменить напряжение, приложенное к якорю двигателя, чтобы его

механическая характеристика прошла через точку с координатами $\omega_H = 36 \text{ с}^{-1}$, $M_H = 200 \text{ Н}\cdot\text{м}$.

4. Асинхронный двигатель с фазным ротором работает с добавочным сопротивлением в цепи ротора со скоростью $n = 750 \text{ об/мин}$ и потребляет из сети мощность $P_1 = 55 \text{ кВт}$ суммарные потери в статоре $\Delta P_1 = 5 \text{ кВт}$. Число пар полюсов двигателя $p_n = 2$. Пренебрегая потерями в стали ротора и механическими потерями определить электромагнитную мощность $P_{эм}$, электрические потери в обмотках ротора ΔP_2 , мощность на валу двигателя P_B , момент на валу двигателя.

5. Асинхронный двигатель имеет следующие технические данные: $R_2 = 0,0174 \text{ Ом}$, $n_H = 705 \text{ об/мин}$ и работает на реостатной характеристике в точке с координатами $M = M_H$, $\omega = 63 \text{ с}^{-1}$. Определить добавочное сопротивление R_d в цепи ротора и скольжение в указанном режиме работы.

2.3.2. Шкалы оценивания результатов обучения на экзамене

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания путем выборочного контроля во время экзамена.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче экзамена для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.4. Курсовой проект

Тема курсового проекта «Расчёт регулируемого электропривода производственной установки (по вариантам)».

Целью курсового проекта является закрепление и углубление знаний по теории электрического привода, а так же развитие творческой инженерной инициативы, приобретение или закрепление навыков использования средств вычислительной техники, справочной и специальной технической литературы, навыков выполнения графической работы и оформления технической документации.

Предполагается, что при его выполнении студент должен овладеть навыками анализа исходных данных о режимах нагрузки, построения нагрузочных диаграмм механизма и электропривода, научиться правильно выбирать электрические машины и преобразовательные устройства с учетом требований технологического процесса и современных тенденций развития автоматизированного электропривода, обосновывать целесообразность применения разомкнутой или замкнутой систем исходя из заданных условий, рассчитывать параметры и выбирать элементы принятой системы, оценивать энергетические показатели спроектированной системы электропривода.

Проект включает такие разделы, как:

- а) расчет и построение нагрузочной диаграммы механизма;
- б) предварительный выбор типа и мощности электродвигателя;
- в) выбор редуктора;
- г) выбор преобразователя;

- д) расчет статических механических характеристик, на которых двигатель будет работать по заданной тахограмме работы механизма;
- е) расчет переходных процессов за цикл работы и построение нагрузочной диаграммы электропривода;
- ж) проверка предварительно выбранного двигателя по условиям нагрева;
- з) анализ динамических показателей разомкнутой системы электропривода и их оценка;
- и) синтез замкнутой системы электропривода и расчет параметров регуляторов и статических характеристик замкнутой системы;
- к) анализ динамических качеств замкнутой системы;
- л) расчет энергетических показателей спроектированной разомкнутой системы;
- м) заключение о рациональности спроектированной системы электропривода для заданной рабочей машины и заданных условий ее работы.

3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов и компетенций

3.1. Оценка уровня сформированности компонентов компетенций

При оценке уровня сформированности компетенций в рамках выборочного контроля при экзамене считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

Типовые критерии и шкалы оценивания уровня сформированности компонентов компетенций приведены в общей части ФОС образовательной программы.

3.2. Оценка уровня сформированности компетенций

Общая оценка уровня сформированности всех компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учетом результатов текущего и рубежного контроля в виде интегральной оценки по 4-х балльной шкале. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

Форма оценочного листа и требования к его заполнению приведены в общей части ФОС образовательной программы.

При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации в виде экзамена используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.