

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

« 09 » октября 20 23 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Электрические приводы мехатронных и робототехнических систем
(наименование)

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

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

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

Направление подготовки: 15.03.06 Мехатроника и робототехника
(код и наименование направления)

Направленность: Мехатроника и робототехника (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 электрического привода мехатронных и робототехнических систем, и на основе этого обеспечение подготовки бакалавров, способных самостоятельно и творчески решать задачи проектирования, исследования, наладки и эксплуатации современных роботизированных технологических процессов и производств.

Задачи дисциплины:

- изучение общих физических закономерностей, свойственных системам электрического привода 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 мехатронных и робототехнических системах;
- формирование умений обоснованного выбора электромеханических устройств и преобразователей для применения в мехатронных и робототехнических системах;
- формирование навыков расчета параметров и характеристик электромеханических систем и выбора силовых элементов электроприводов при проектировании мехатронных и робототехнических систем.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- механическая часть электропривода;
- электромеханические свойства двигателей;
- переходные режимы электроприводов;
- регулирование координат электроприводов;
- основы теории нагрева и выбора мощности двигателей;
- 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
ОПК-9	ИД-1ОПК-9	<p>Знает: основные схемотехнические решения электроприводов и математическое описание электромеханических процессов, протекающих в них; состав и требования, предъявляемые к конструкторской документации на различных этапах проектирования систем электропривода; устройство, основные понятия, принципы, закономерности, электромеханические свойства и характеристики, присущие системам электропривода, для осуществления сравнительного анализа и выбора электромеханических и силовых преобразовательных устройств.</p>	<p>Знает основы построения современного технологического оборудования производств мехатронных и робототехнических систем.</p>	Дифференцированный зачет
ОПК-9	ИД-2ОПК-9	<p>Умеет: осуществлять синтез системы управления электропривода и производить расчет корректирующих элементов, обеспечивающих требуемые динамические характеристики; рассчитывать параметры и строить механические и электромеханические характеристики электропривода; производить анализ регулировочных свойств системы электропривода; рассчитывать потери электроэнергии в установившихся и переходных процессах</p>	<p>Умеет внедрять компоненты технологического обеспечения машиностроительных производств в выбранной предметной области.</p>	Расчетно-графическая работа

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		работы электропривода.		
ОПК-9	ИД-3ОПК-9	Владеет: навыками нахождения и устранения неисправностей в несложных схемах электрического привода; навыками обработки и анализа результатов экспериментальных исследований электромеханических процессов, протекающих в электроприводах.	Владеет опытом внедрения и освоения технологического оборудования в области мехатроники и робототехники.	Защита лабораторной работы
ПКО-2	ИД-1ПКО-2	Знает основные способы и принципы расчёта: потерь энергии и энергетических показателей систем электропривода; корректирующих элементов для системы регулирования координат электропривода; механической части электропривода; переходных процессов в системах электропривода.	Знает способы расчета отдельных блоков и устройств мехатронных и робототехнических систем.	Дифференцированный зачет
ПКО-2	ИД-2ПКО-2	Умеет: применять методики и инструментарий для расчета и выбора элементов, входящих в состав проектируемого электрического привода; производить разработку электрических схем (функциональная схема, принципиальная схема, схема внешних подключений) проектируемого электропривода на основе выбранной элементной базы; производить анализ технических требований, предъявляемых к электроприводу, и на основании проведенного анализа принимать рациональные	Умеет применять методики и инструментарий проектирования отдельных блоков и устройств мехатронных и робототехнических систем.	Расчетно-графическая работа

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		схемотехнические решения по его проектированию;		
ПКО-2	ИД-3ПКО-2	Владеет: навыками использования стандартных средств измерительной и вычислительной техники при расчёте статических характеристик, переходных процессов, нагрузочных диаграмм и энергетических показателей электроприводов; навыками применения современных методов расчета и средств вычислительной техники, используемыми в процессе проектирования систем электроприводов; навыками выбора мощности и типа электродвигателя и управляемого преобразователя для системы электропривода.	Владеет навыками использования стандартных средств измерительной и вычислительной техники при проектировании и расчетах отдельных блоков и устройств мехатронных и робототехнических систем.	Отчёт по практическому занятию

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		8	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	54	54	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	24	24	
- лабораторные работы (ЛР)	16	16	
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	10	10	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	4	4	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	126	126	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен			
Дифференцированный зачет	9	9	
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
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	СРС
8-й семестр				
Введение.	1	0	0	0
Основные понятия, термины и определения. Предмет и задачи дисциплины. Обобщенные структуры и примеры современных приводов мехатронных и робототехнических систем. Примеры мехатронных и робототехнических систем, их классификации и требования к их электрическому приводу. Этапы развития теории автоматизированного привода. Перспективы развития мехатронных и робототехнических систем в России и за рубежом.				

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	4	20
<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> <p>Тема 3. Передачи мехатронных и робототехнических систем. Редукторы (цилиндрические, конические, червячные, планетарные), винтовые передачи (винт-гайка скольжения, винт-гайка качения), реечная передача, ременно-тросовая передача, передача цепная и зубчатый ремнем, волновая передача. Элементы передач (храповики, шарниры, муфты).</p>				
Раздел 2. Электромеханические свойства и характеристики электродвигателей постоянного и переменного тока	4	4	2	18
<p>Тема 4. Электромеханические свойства и характеристики двигателей постоянного тока (ДПТ). Основные характеристики ДПТ, определяющие их применение в мехатронных и робототехнических системах. Естественные и искусственные механические характеристики. Уравнения и расчет характеристик. Тормозные режимы ДПТ (рекуперативное, противовключение, динамическое).</p> <p>Тема 5. Электромеханические свойства и характеристики асинхронного двигателя (АД). Основные характеристики АД, определяющие их применение в мехатронных и робототехнических системах. Параметры схемы замещения АД и основные математические соотношения для тока ротора, скольжения,</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
<p>электромагнитного момента, критического момента. Естественная и искусственные механические и электромеханическая характеристики АД. Формула Клосса и расчет механических характеристик. Тормозные режимы АД (рекуперативное, противовключение, динамическое). Тема 6. Шаговый двигатель (ШД). Принцип работы. Особенности проектирования электроприводов с ШД. Достоинства и недостатки электроприводов с ШД.</p>				
Раздел 3. Регулирование координат электроприводов.	4	4	2	18
<p>Тема 7. 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 8. Система “Тиристорный преобразователь - двигатель” (ТП-Д). Принципиальная схема системы ТП-Д. Статические механические характеристики, режимы работы. Регулирование скорости, торможение. Основные технико-экономические показатели. Тема 9. Регулирование скорости электроприводов с двигателями постоянного тока. Основные показатели регулирования и области применения различных способов. Тема 10. Частотное регулирование скорости асинхронного электропривода. Законы частотного регулирования. Системы частотного регулирования со статическим преобразователем частоты. Тема 11. 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 вентилей. Область применения вентильного двигателя.</p>				
Раздел 4. Нагрев и охлаждение электродвигателей, и выбор их по мощности.	3	0	1	18
<p>Тема 12. Нагревание и охлаждение двигателей в различных режимах работы. Понятие о нагрузочных диаграммах механизмов и</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
<p>двигателей. Номинальные режимы работы электродвигателей (S1-S8). Нагревание и охлаждение электродвигателей при длительном (S1), кратковременном (S2) и повторно-кратковременном (S3) режимах работы.</p> <p>Тема 13. Методы проверки допустимой нагрузки электродвигателей.</p> <p>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).</p> <p>Тема 14. Выбор электродвигателей по мощности. Выбор электродвигателей по мощности для работы в режимах S1, S2, S3. Выбор преобразователей.</p>				
Раздел 5. Энергетика электроприводов.	2	0	1	16
<p>Тема 15. Потери энергии в установившихся режимах работы электроприводов.</p> <p>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.</p> <p>Тема 16. Потери энергии при переходных режимах электроприводов и способы уменьшения потерь энергии.</p> <p>Потери энергии при переходных режимах в нерегулируемом и регулируемом электроприводе. Способы уменьшения потерь энергии.</p>				
Раздел 6. Электромеханические переходные процессы.	3	4	0	18
<p>Тема 17. Общие сведения о переходных режимах электроприводов.</p> <p>Понятие о переходных процессах электроприводов, факторы, влияющие на характер переходного процесса, классификация переходных процессов, методы анализа.</p> <p>Оптимальные переходные процессы. Уравнения электромеханического переходного процесса электропривода с линейной механической характеристикой при $\omega_0 = \text{const}$ и $M_c = \text{const}$.</p> <p>Тема 18. Переходные процессы электроприводов с линейной механической характеристикой при</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
различных значениях ω_0 и M_c в различных режимах работы.				
Раздел 7. Автоматизация управления электроприводом в разомкнутых и замкнутых системах.	3	4	0	18
Тема 19. 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. Тема 20. Замкнутые системы «Управляемый преобразователь- двигатель» с различными обратными связями. Принципы построения и структурные схемы замкнутых систем ТП-Д, ТПЧ-АД с обратными связями по скорости, току и ЭДС. Принципиальные схемы и статические механические характеристики. Тема 21. Элементы проектирования автоматизированных электроприводов. Выбор системы электропривода. Технические требования, технические условия, техническое задание. Номинальные параметры типового электрооборудования. Климатическое исполнение.				
ИТОГО по 8-му семестру	24	16	10	126
ИТОГО по дисциплине	24	16	10	126

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

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
6	Расчёт потерь электроэнергии в установившихся и переходных режимах работы электропривода
7	Нагревание двигателей и выбор их по мощности.

Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Исследование статических характеристик электропривода с двигателем постоянного тока
2	Исследование статических характеристик электропривода с трёхфазным асинхронным двигателем
3	Исследование статических характеристик системы «Тиристорный преобразователь – двигатель постоянного тока»
4	Исследование статических характеристик разомкнутой системы «Преобразователь частоты - асинхронный двигатель»
5	Исследование замкнутой системы «Преобразователь частоты – асинхронный двигатель»
6	Исследование электромеханических переходных процессов в электроприводе постоянного тока

5. Организационно-педагогические условия

5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

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.

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.

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.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

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. Пермь : Изд-во ПНИПУ, 2014. 315 с. 19,75 усл. печ. л.	27
2	Москаленко В. В. Электрический привод : учебник для вузов. М. : Академия, 2007. 368 с.	36
3	Трефилов В. А. Основы электропривода : учебное пособие. Пермь : Изд-во ПГТУ, 2007. 157 с.	72
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Ключев В. И. Теория электропривода : учебник для вузов. Москва : Энергоатомиздат, 1985. 560 с.	77
2	Колганов А. Р., Лебедев С. К., Гнездов Н. Е. Электромеханотронные системы. Современные методы управления, реализации и применения : учебное пособие. Москва Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. 254 с.	3
3	Лукинов А.П. Проектирование мехатронных устройств : учебное пособие для вузов. Москва : Станкин, 1998. 125 с.	3
4	Подураев Ю. В. Мехатроника: основы, методы, применение : учебное пособие для вузов. 2-е изд., стер. М. : Машиностроение, 2007. 255 с.	2
2.2. Периодические издания		
	Не используется	
2.3. Нормативно-технические издания		
	Не используется	
3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины		
1	Электрический привод: методические указания по изучению курса и выполнению контрольных заданий. Пермь : Издательство ПНИПУ, 2011. URL: https://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib4291 (дата обращения: 18.11.2021).	20
4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента		

Не используется

6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Методические указания для студентов по освоению дисциплины	http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2645	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

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)
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
База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)	https://elibrary.ru/
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
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
«Электрические приводы мехатронных и робототехнических систем»
*Приложение к рабочей программе дисциплины***

Направление подготовки:	15.03.06 Мехатроника и робототехника	
Направленность (профиль) образовательной программы:	Робототехника в автоматизированном производстве; Сервисные роботы и робототехнические системы	
Квалификация выпускника:	Баклавр	
Выпускающая кафедра:	Информационные технологии и автоматизированные системы; Автоматика и телемеханика	
Форма обучения:	Очная	
Курс: 4	Семестр: 8	
Трудоёмкость:		
Кредитов по рабочему учебному плану:	5 ЗЕ	
Часов по рабочему учебному плану:	180ч.	
Форма промежуточной аттестации:		
Дифференцированный зачет:	8 семестр	

Пермь 2023

Фонд оценочных средств 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 (8-го семестра учебного плана) и разбито на 7 учебных разделов. В каждом разделе предусмотрены аудиторские лекционные, лабораторные и практические занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются 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 расчетно-графических работ и зачета. 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 ТО	Рубежный ОЛР	Итоговый Т/РГР	Итоговый Диф. зачет
Усвоенные знания				
ИД-1ОПК-9. Знает: основные схемотехнические решения электроприводов и математическое описание электромеханических процессов, протекающих в них; состав и требования, предъявляемые к конструкторской документации на различных этапах проектирования систем электропривода; устройство, основные понятия, принципы, закономерности, электромеханические свойства и характеристики, присущие системам электропривода, для осуществления сравнительного анализа и выбора электромеханических и силовых преобразовательных устройств.	ТО		T1 ... T3	ТВ
ИД-1ПКО-2. Знает основные способы и принципы расчёта: потерь энергии и энергетических показателей систем электропривода; корректирующих элементов для системы регулирования координат электропривода; механической части электропривода; переходных процессов в системах электропривода.				
Освоенные умения				
ИД-2 ОПК-9. Умеет: осуществлять синтез системы управления электропривода и производить расчет корректирующих элементов, обеспечивающих требуемые динамические характеристики; рассчитывать параметры и строить механические и электромеханические характеристики электропривода; производить анализ регулировочных свойств системы электропривода; рассчитывать потери электроэнергии в установившихся и переходных процессах работы электропривода.			РГР	ПЗ

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля			
	Текущий	Рубежный		Итоговый
	ТО	ОЛР	Т/РГР	Диф. зачет
ИД-2ПКО-2. Умеет: применять методики и инструментарий для расчета и выбора элементов, входящих в состав проектируемого электрического привода; производить разработку электрических схем (функциональная схема, принципиальная схема, схема внешних подключений) проектируемого электропривода на основе выбранной элементной базы; производить анализ технических требований, предъявляемых к электроприводу, и на основании проведенного анализа принимать рациональные схемотехнические решения по его проектированию.				
Приобретенные владения				
ИД-3ОПК-9. Владеет: навыками нахождения и устранения неисправностей в несложных схемах электрического привода; навыками обработки и анализа результатов экспериментальных исследований электромеханических процессов, протекающих в электроприводах. ИД-3ПКО-2. Владеет: навыками использования стандартные средств измерительной и вычислительной техники при расчёте статических характеристик, переходных процессов, нагрузочных диаграмм и энергетических показателей электроприводов; навыками применения современных методов расчета и средств вычислительной техники, используемыми в процессе проектирования систем электроприводов; навыками выбора мощности и типа электродвигателя и управляемого преобразователя для системы электропривода.		ОЛР1 ... ОЛР6		ПЗ

С – собеседование по теме; ТО – коллоквиум (теоретический опрос); ОЛР – отчет по лабораторной работе; Т/РГР – рубежное тестирование/расчетно-графическая работа; ТВ – теоретический вопрос; ПЗ – практическое задание.

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде диф. зачета, проводимая с учётом 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 бланочного 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 (ТО) 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, освоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится в форме защиты лабораторных работ, выполнения расчетно-графических работ и рубежного тестирования (после изучения нескольких разделов учебной дисциплины).

Пример тестовых заданий рубежного контроля:

1) Часть электропривода, которая предназначена для фиксации и обработки сигналов, поступающих от задающего устройства и датчиков обратной связи это:

а) Электродвигатель.

б) Ротор (якорь).

в) Информационная часть электропривода.

г) Электромеханический преобразователь.

д) Энергетическая часть электропривода.

2) Противовключением двигателя постоянного тока независимого возбуждения называется режим работы, когда:

а) Скорость двигателя ω будет больше скорости идеального холостого хода ω_0 .

б) Якорь двигателя отключается от сети и замыкается на тормозное сопротивление, а обмотка возбуждения остается подключенной к сети.

в) Двигатель включен для одного направления вращения и его якорь под действием внешнего момента или инерции вращается в ту же сторону.

г) Двигатель включен для одного направления вращения, а якорь его под действием внешнего момента или инерции вращается в противоположную сторону.

3) Какое уравнение асинхронного двигателя называют формулой Клосса?

а) Уравнение механической характеристики.

б) Уравнение электромеханической характеристики.

в) Уравнение естественной механической характеристики.

г) Уравнение критического момента.

4) Как влияет на величины пускового тока и пускового момента включение в цепь ротора асинхронного двигателя активного добавочного сопротивления?

а) Пусковой ток и пусковой момент уменьшаются.

б) Пусковой ток уменьшается, пусковой момент возрастает.

в) Пусковой ток уменьшается, пусковой момент не изменяется.

г) Пусковой ток и пусковой момент увеличиваются.

2.2.1. Защита лабораторных работ

Для оценивания навыков, как результата обучения по дисциплине, используется выполнение индивидуального задания в рамках лабораторных работ с оформлением и защитой отчета.

Типовые темы индивидуальных заданий по лабораторным работам:

1) Исследование статических механических характеристик, расчёт параметров и пускорегулировочных сопротивлений для электропривода с двигателем постоянного тока независимого возбуждения.

2) Анализ регулировочных свойств, расчёт и построение механических характеристик частотно-управляемого электропривода с асинхронным двигателем при различных законах частотного регулирования.

3) Изучение процессов нагрева и охлаждения электродвигателя постоянного тока независимого возбуждения при его работе в продолжительном, кратковременном и повторно-кратковременном режимах работы с постоянной нагрузкой.

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 Выполнение расчетно-графических работ

Для оценивания умений, как результата обучения по дисциплине, используется выполнение расчетно-графических работ. Типовые темы РГР:

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. Расчет процессов нагрева двигателей и выбор их по мощности.

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, расчетно-графических работ и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

2.3.1. Процедура промежуточной аттестации без дополнительного аттестационного испытания

Промежуточная аттестация проводится в форме диф. зачета. Диф. зачет по дисциплине основывается на результатах выполнения предыдущих индивидуальных заданий студента по данной дисциплине.

Критерии выведения итоговой оценки за компоненты компетенций при проведении промежуточной аттестации в виде диф. зачета приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.3.2. Процедура промежуточной аттестации с проведением аттестационного испытания

В отдельных случаях (например, в случае переаттестации дисциплины) промежуточная аттестация в виде диф. зачета по дисциплине может проводиться с проведением аттестационного испытания по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, практические задания (ПЗ) для проверки усвоенных умений и навыков всех заявленных компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролирующие уровень сформированности *всех* заявленных компетенций.

2.3.2.1. Типовые вопросы и задания для зачета по дисциплине

Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:

1. Понятия об электроприводе его структурная блок-схема, назначение и функции отдельных блоков, типы электроприводов.
2. Тормозные режимы работы двигателей постоянного тока независимого возбуждения.
3. Цели и задачи регулирования координат электропривода. Основные способы регулирования координат, их показатели и характеристики.

Типовые практические задания для контроля приобретенных умений и владений:

1. Рассчитать и построить график переходного процесса пуска и торможения электропривода с двигателем постоянного тока независимого возбуждения.
2. Рассчитать потери электроэнергии в установившихся режимах работы электропривода постоянного тока независимого возбуждения.
3. Составить расчетную схему и определить параметры механической части электропривода переменного тока с асинхронным двигателем.

2.3.2.2. Шкалы оценивания результатов обучения на диф.зачете

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

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

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 диф. зачете считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

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 диф. зачета используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.