

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

« 10 » 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:** 144 (4)  
(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 учебной дисциплины – формирование комплекса знаний, умений и навыков 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

- обобщенная электрическая машина;
- электромеханические свойства двигателей;
- переходные режимы электроприводов;
- регулирование координат электроприводов;
- основы теории нагрева и выбора мощности двигателей для производственных механизмов;
- энергетика 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-2.3	ИД-1ПК-2.3	<p>Знает: 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 предпроектного обследования и проектирования электромеханических и силовых преобразовательных устройств в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией; основные методы и принципы расчёта потерь энергии и энергетических показателей систем электропривода.</p>	<p>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</p>	Дифференцированный зачет
ПК-2.3	ИД-2ПК-2.3	<p>Умеет: производить анализ технических требований, предъявляемых к электроприводу, и на основании проведенного анализа принимать рациональные программные и технические средства предпроектного обследования и проектирования; применять основные подходы и методики расчета параметров и построения механических и электромеханических</p>	<p>Умеет применять основные подходы и 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>	Отчёт по практическому занятию

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		характеристики электропривода; рассчитывать потери электроэнергии в установившихся и переходных режимах работы электропривода.		
ПК-2.3	ИД-3ПК-2.3	Владеет: навыками применения современных методов расчета, программных и технических средств используемых в процессе предпроектного обследования и проектирования систем электропривода; навыками выбора мощности, типа электродвигателя и управляемого преобразователя для проектируемой системы электропривода в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией.	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	Защита лабораторной работы

### 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			
Дифференцированный зачет	9	9	
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	144	144	

### 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	
<b>6-й семестр</b>				
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	14
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	14
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-				



Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
кратковременном режиме работы. Выбор двигателей для работы в режимах S4-S8 и выбор преобразователей.				
Раздел 5. Энергетика электроприводов.	5	0	3	14
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.	4	2	2	12
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 $w_0 = \text{const}$ и $M_c = \text{const}$ . Тема 19. Переходные процессы электроприводов с линейной механической характеристикой при различных значениях $w_0$ и $M_c$ и различных режимах работы. Переходные процессы с линейной механической характеристикой при одно- и многоступенчатом пуске и в тормозных режимах в случае $w_0 = \text{const}$ и $M_c = \text{const}$ .				
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
--------	--

<b>№ п.п.</b>	<b>Наименование темы практического (семинарского) занятия</b>
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

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

## 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
<b>1. Основная литература</b>		
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

<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
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
<b>2.2. Периодические издания</b>		
	Не используется	
<b>2.3. Нормативно-технические издания</b>		
	Не используется	
<b>3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины</b>		
1	Электрический привод: методические указания по изучению курса и выполнению контрольных заданий. - Пермь: Издательство ПНИПУ, 2011.	20
<b>4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента</b>		
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.	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib3748">http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib3748</a>	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.	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib4324">http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib4324</a>	локальная сеть; свободный доступ
Основная литература	Васильев Е. М. Теория электропривода : учебное пособие / Е. М. Васильев. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2014.	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib3707">http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib3707</a>	локальная сеть; свободный доступ

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Основная литература	Трефилов В. А. Основы электропривода : учебное пособие / В. А. Трефилов. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2007.	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2645">http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2645</a>	локальная сеть; свободный доступ
Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов	Стотлбов Б. М. Методическое руководство к выполнению курсовой работы по дисциплине «Электропривод» / Б. М. Столбов. - Пермь: Издательство ПНИПУ, 2011.	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib4324">http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib4324</a>	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
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	<a href="http://lib.pstu.ru/">http://lib.pstu.ru/</a>
Электронно-библиотечная система Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
Электронно-библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	<a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>
Информационно-справочная система нормативно-технической документации "Техэксперт: нормы, правила, стандарты и законодательства России"	<a href="https://техэксперт.сайт/">https://техэксперт.сайт/</a>

## 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

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
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:** Электромеханика

**Квалификация выпускника:** Бакалавр

**Выпускающая кафедра:** Микропроцессорных средств автоматизации

**Форма обучения:** Очная

**Курс:** 3

**Семестр:** 6

**Трудоёмкость:**

Кредитов по рабочему учебному плану: 4 ЗЕ

Часов по рабочему учебному плану: 144 ч.

**Форма промежуточной аттестации:**

Дифференцированный зачет: 6 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 (6-го семестра учебного плана) и разбито на 6 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	Рубежный		Итоговый
	ТО	ОЛР	Т, РГР	Диф. зачет
<b>Усвоенные знания</b>				
<b>ИД-1ПК-2.3.</b> Знает: 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 предпроектного обследования и проектирования электромеханических и силовых преобразовательных устройств в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией; основные методы и принципы расчёта потерь энергии и энергетических показателей систем электропривода.	ТО		Т1 ... Т4	ТВ
<b>Освоенные умения</b>				
<b>ИД-2ПК-2.3.</b> Умеет: производить анализ технических требований, предъявляемых к электроприводу, и на основании проведенного анализа принимать рациональные программные и технические средства предпроектного обследования и проектирования; применять основные подходы и методики расчета параметров и построения механических и электромеханических характеристики электропривода; рассчитывать потери электроэнергии в установившихся и переходных режимах работы электропривода.			РГР	ПЗ
<b>Приобретенные владения</b>				



Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля			
	Текущий	Рубежный		Итоговый
	ТО	ОЛР	Т, РГР	Диф. зачет
<b>ИД-ЗПК-2.3.</b> Владеет: навыками применения современных методов расчета, программных и технических средств используемых в процессе предпроектного обследования и проектирования систем электропривода; навыками выбора мощности, типа электродвигателя и управляемого преобразователя для проектируемой системы электропривода в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией.		ОЛР1 ... ОЛР6		ПЗ

*С – собеседование по теме; ТО – коллоквиум (теоретический опрос); РГР – расчетно-графическая работа; ОЛР – отчет по лабораторной работе; Т/КР – рубежное тестирование (контрольная 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 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 тестового опроса студентов проводится по каждой теме. Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в

книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

Промер тестовых заданий:

1) Групповым электроприводом называется:

а) Система электропривода, в которой один электродвигатель посредством трансмиссий (системы шкивов и ремней) приводит в движение группу рабочих машин.

б) Система электропривода, в которой можно осуществлять регулирование скорости отдельных машин воздействием на электродвигатель.

в) Система электропривода, в которой каждая рабочая машина приводится в движение отдельным, связанным только с ней электродвигателем.

г) Система электропривода, в которой каждый рабочий орган одной машины приводится в движение отдельным электродвигателем.

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

а) Энергетическая часть электропривода.

б) Информационная часть электропривода.

в) Электродвигатель.

г) Ротор (якорь).

д) Электромеханический преобразователь.

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. Рубежный контроль**

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, освоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится в форме защиты лабораторных работ, рубежных контрольных работ (после изучения каждого раздела учебной дисциплины), выполнения расчетно-графических работ.

### **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. Рубежная контрольная работа**

Согласно РПД запланировано 4 рубежные контрольные работы (КР) после освоения студентами учебных разделов дисциплины. Первая КР1 по разделам №1 «Основы механики электропривода» №2 «Электромеханические свойства и характеристики электродвигателей постоянного и переменного тока.», вторая КР2 – по разделу №3 «Регулирование координат электропривода», третья КР3 – по разделам №4 «Нагрев и охлаждение электродвигателей, и выбор их по мощности» и №5 «Энергетика электроприводов», четвертая КР4 – по разделу №6 «Электромеханические переходные процессы».

Типовые задания к контрольным работам:

1.1) Изобразить графики механических характеристик основных производственных механизмов, какие силы и моменты, действуют в системе электропривода.

1.2) Привести математическое описание процессов преобразования энергии в двигателе постоянного тока независимого возбуждения и графики естественной и искусственных механических характеристик.

2.1) Назвать цели, задачи и способы регулирования координат электропривода и пояснить их основные показатели и характеристики.

2.2) Привести и пояснить уравнения и графики статических механических характеристик системы «Тиристорный преобразователь-двигатель» в различных режимах работы.

3.1) Назвать и пояснить номинальные режимы работы электродвигателей.

3.2) Привести и пояснить расчет энергии в установившихся режимах работы для нерегулируемого и регулируемого электропривода.

4.1) Привести и пояснить уравнения электромеханического переходного процесса пуска и торможения электропривода с линейной механической характеристикой при  $\omega_0 = \text{const}$  и  $M_c = \text{const}$ .

4.2) Изобразить и пояснить типовые схемы автоматического управления пуском, торможением и реверсированием двигателей постоянного и переменного тока.

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

### **2.2.3 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. Расчёт и построение переходного процесса пуска и торможения электропривода с двигателем постоянного тока независимого возбуждения.

### **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.