

407

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



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

Электротехнический факультет

Кафедра микропроцессорных средств автоматизации



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе
по техн. наук, проф.

Handwritten signature of N. V. Lobov

Н. В. Лобов
1» 09 2017 г.

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ
«ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПРИВОД»**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Программа академического бакалавриата

Направление: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Профиль программы бакалавриата:

Конструирование и технологии в электротехнике

Квалификация выпускника:

бакалавр

Выпускающая кафедра:

микропроцессорных средств автоматизации

Форма обучения:

очная

Курс: 4

Семестр(ы): 7

Трудоёмкость:

Кредитов по рабочему учебному плану:	5	ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану:	180	ч

Виды контроля:

Экзамен: 7 семестр
Зачёт: —

Курсовой проект: —
Курсовая работа: —

Пермь
2017

Учебно-методический комплекс дисциплины «Электрический привод» разработан на основании:

- федерального государственного образовательного стандарта высшего образования, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации «03» сентября 2015 г. номер приказа «955» по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», профиль «Конструирование и технологии в электротехнике»;
- компетентностной модели выпускника ОПОП по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», профиль «Конструирование и технологии в электротехнике», утвержденной «24» июня 2013 г. (с изменениями в связи с переходом на ФГОС ВО);
- базового учебного плана очной формы обучения по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», профиль «Конструирование и технологии в электротехнике», утвержденного «28» апреля 2016 г.

Рабочая программа согласована с рабочими программами дисциплин Основы кабельной техники, Расчет и конструирование силовых кабелей.

Разработчики

канд. техн. наук, доц.
(ученая степень, звание)

(подпись)

А.М. Костыгов
(инициалы, фамилия)

(ученая степень, звание)

(подпись)

Д.А. Даденков
(инициалы, фамилия)

Рецензент

д-р техн. наук, доц.
(ученая степень, звание)

(подпись)

В.П. Казанцев
(инициалы, фамилия)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры микропроцессорных средств автоматизации «06» сентября 2017 г., протокол № 1.

Заведующий кафедрой,
ведущей дисциплину

канд. техн. наук, доц.
(ученая степень, звание)

(подпись)

А.Б. Петроченков
(инициалы, фамилия)

Рабочая программа одобрена учебно-методической комиссией электротехнического факультета « 14 » 09 2017 г., протокол № 4.

Председатель учебно-методической комиссии
электротехнического факультета

канд. техн. наук, доц.
(ученая степень, звание)

(подпись)

А.Л. Гольдштейн
(инициалы, фамилия)

СОГЛАСОВАНО

Заведующий выпускающей кафедрой КТЭ,

д-р техн. наук, проф.
(ученая степень, звание)

(подпись)

Н. М. Труфанова
(инициалы, фамилия)

Начальник управления образовательных программ

канд. техн. наук, доц.
(ученая степень, звание)

(подпись)

Д.С. Репецкий
(инициалы, фамилия)

1 Общие положения

1.1 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.

В процессе изучения данной дисциплины студент расширяет и углубляет части следующих компетенций:

- Способность рассчитывать режимы работы объектов профессиональной деятельности (ПК-6)

1.2 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.

1.3 Предметом освоения дисциплины являются следующие объекты:

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

1.4 Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина «Электрический привод» относится к вариативной части блока 1 Дисциплины (модули) и является обязательной дисциплиной при освоении ОПОП по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», профиль подготовки «Конструирование и технологии в электротехнике».

В результате изучения дисциплины обучающийся должен освоить части указанных в пункте 1.1 компетенций и демонстрировать следующие результаты:

• знать:

- схемотехнические решения электроприводов различного назначения и математическое описание электромеханических процессов, протекающих в них;
- основные методы и принципы расчёта потерь энергии и энергетических показателей систем электропривода;
- основные способы регулирования координат электроприводов с электродвигателями постоянного и переменного тока;
- 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;

– электромеханические свойства и характеристики двигателей постоянного и переменного тока;

– основы механики электропривода;

– переходные процессы в системах электропривода;

– методы регулирования координат электропривода;

– термические процессы в системах электропривода при различных режимах работы;

• **уметь:**

– применять инженерные методы расчета и выбора элементов, входящих в состав разрабатываемой системы электропривода;

– производить разработку электрических схем (функциональная схема, принципиальная схема, схема внешних подключений) проектируемого электропривода на основе выбранной элементной базы;

– производить анализ технических требований, предъявляемых к проектируемому электроприводу, и на основании проведенного анализа принимать рациональные схемотехнические решения по его созданию;

– 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 приводе в установившихся и переходных процессах работы электропривода;

• **владеть:**

– навыками расчёта статических характеристик, переходных процессов, нагрузочных диаграмм и энергетических показателей электроприводов;

– навыками нахождения и устранения неисправностей в несложных электрических схемах электромеханических систем;

– навыками применения современных методов расчета, используемыми в процессе проектирования систем электроприводов;

– навыками выбора мощности и типа электродвигателя и управляемого преобразователя для системы электропривода;

– навыками обработки и анализа результатов экспериментальных исследований электромеханических процессов, протекающих в электроприводах.

В таблице 1.1 приведены предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций, заявленных в пункте 1.1.

Таблица 1.1– Дисциплины, направленные на формирование компетенций

Код	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины	Последующие дисциплины (группы дисциплин)
Профессиональные компетенции			
ПК-6	Способность рассчитывать режимы работы объектов профессиональной деятельности	Основы кабельной техники Расчет и конструирование силовых кабелей	-

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

Учебная дисциплина обеспечивает формирование части компетенции ПК-6.

2.1 Дисциплинарная карта компетенции ОПК-2

Код	Формулировка компетенции
ПК-6	Способность рассчитывать режимы работы объектов профессиональной деятельности

Код	Формулировка дисциплинарной части компетенции
ПК-6.Б1.В.14	Способность применять соответствующий физико-математический аппарат для расчета режимов работы систем электропривода и использовать методы анализа, теоретического и экспериментального исследования при разработке электрических схем проектируемого электропривода на основе выбранной элементной базы

Требования к компонентному составу компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
В результате освоения компетенции студент Знает: – схемотехнические решения электроприводов различного назначения и математическое описание электромеханических процессов, протекающих в них; – основные методы и принципы расчёта потерь энергии и энергетических показателей систем электропривода; – основные способы регулирования координат электроприводов с электродвигателями постоянного и переменного тока; – 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;	Лекции. Самостоятельная работа студентов по изучению теоретического материала.	Вопросы к экзамену Тестовые вопросы для текущего и рубежного контроля.
Умеет: – применять инженерные методы расчета и выбора элементов, входящих в состав разрабатываемой системы электропривода; – производить разработку электрических схем (функциональная схема, принципиальная схема, схема внешних подключений) проектируемого электропривода на	Лабораторные работы. Самостоятельная работа студентов по подготовке к лабораторным работам	Отчёты по лабораторным работам. Индивидуальное задание по тематике лабораторных работ. Индивидуальное задание по модулю.

основе выбранной элементной базы; – производить анализ технических требований, предъявляемых к проектируемому электроприводу, и на основании проведенного анализа принимать рациональные схемотехнические решения по его созданию; – осуществлять синтез системы управления электропривода и производить расчет корректирующих элементов, обеспечивающих требуемые динамические характеристики;		
Владеет: – навыками расчёта статических характеристик, переходных процессов, нагрузочных диаграмм и энергетических показателей электроприводов; – навыками нахождения и устранения неисправностей в несложных электрических схемах электромеханических систем; – навыками применения современных методов расчета, используемыми в процессе проектирования систем электроприводов; – навыками выбора мощности и типа электродвигателя и управляемого преобразователя для системы электропривода.	Лабораторные работы. Самостоятельная работа студентов по подготовке к лабораторным работам	Отчёты по лабораторным работам. Индивидуальное задание по тематике лабораторных работ. Индивидуальное задание по модулю.

3 Структура учебной дисциплины по видам и формам учебной работы

Объем дисциплины в зачетных единицах составляет 5 ЗЕ. Количество часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся указано в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Объём и виды учебной работы

№ п.п.	Виды учебной работы	Трудоёмкость, ч	
		семестр 7	всего
1	2	3	4
1	Аудиторная (контактная) работа	54	54
	Лекции (Л)	18	18
	Практические занятия (ПЗ)	–	–
	Лабораторные работы (ЛР)	32	32
	Контроль самостоятельной работы (КСР)	4	4
2	Самостоятельная работа студентов (СРС)	90	90
	Изучение теоретического материала (ИТМ)	29	29
	Индивидуальные задания по тематике лабораторных занятий (ИЗЛР)	32	32
	Индивидуальные задания по модулю (ИЗМ)	29	29
3	Итоговый контроль (промежуточная аттестация обучающихся) по дисциплине: <i>экзамен</i>	36	36
4	Трудоёмкость дисциплины, всего:		
	в часах (ч) в зачётных единицах (ЗЕ)	180 5	180 5

4 Содержание учебной дисциплины

4.1 Модульный тематический план

Таблица 4.1 – Тематический план по модулям учебной дисциплины

Номер учеб- ного мо- дуля	Номер раз- дела дисци- пли- ны	Номер темы дисциплины	Количество часов и виды занятий (очная форма обучения)							Трудоём- кость, ч / ЗЕ	
			аудиторная работа					итого- вый кон- троль	самостоя- тельная работа		
			всего	Л	ПЗ	ЛР	КСР				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1	1	Введение	0,5	0,5	–	–	–	–	–	–	0,5
		1	1	1	–	–	–	–	–	1	2
		2	1	1	–	–	–	–	–	1	2
	2	3	5	1	–	4	–	–	–	6	11
		4	0,5	0,5	–	–	–	–	–	1	1,5
		5	5	1	–	4	–	–	–	6	11
		6	–	–	–	–	–	–	–	2	2
			–	–	–	–	1	–	–	11	12
	Всего по модулю:		14	5	–	8	1	–	–	28	42/1,17
2	3	7	1	1	–	–	–	–	–	–	1
		8	1	1	–	–	–	–	–	–	1
		9	5	1	–	4	–	–	–	6	11
		10	–	–	–	–	–	–	–	1	1
		11	5	1	–	4	–	–	–	5	10
		12	4	–	–	4	–	–	–	6	10
		13	1	1	–	–	–	–	–	1	2
							1	–	8	9	
Всего по модулю:		18	5	–	12	1	–	–	27	45 / 1,25	
3	4	14	5	1	–	4	–	–	–	4	9
		15	1	1	–	–	–	–	–	1	2
		16	1	1	–	–	–	–	–	1	2
	5	17	1	1	–	–	–	–	–	1	2
		18	–	–	–	–	–	–	–	2	2
				–	–	–	1	–	–	5	6
Всего по модулю:		9	4	–	4	1	–	–	14	23 / 0,64	
4	6	19	1	1	–	–	–	–	–	1	2
		20	5	1	–	4	–	–	–	6	10
		21	–	–	–	–	–	–	–	1	1
4	7	22	1	1	–	–	–	–	–	1	2
		23	5	1	–	4	–	–	–	6	10
		24	–	–	–	–	–	–	–	1	1
			–	–	–	–	1	–	–	5	6
	Всего по модулю:		13	4	–	8	1	–	–	21	34/0,94
Промежуточная аттеста- ция			–	–	–	–	–	36	–	36 / 1	
Итого:			54	18	–	32	4	36	90	180 / 5	

4.2 Содержание разделов и тем учебной дисциплины

Модуль 1. Механическая часть электропривода и электромеханические свойства двигателей постоянного и переменного тока

Л – 5 часов, ЛР – 8 часов, СРС – 28 часов, КСР – 1 час

Введение.

Основные понятия, термины и определения. Предмет и задачи дисциплины. Взаимосвязь с предыдущими и последующими дисциплинами.

Раздел 1. Основы механики электропривода.

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.

Тема 2. Приведение моментов инерции и моментов сопротивления к валу двигателя, уравнение движения электропривода.

Приведение J , M_c , m , к расчетной скорости и расчетные схемы механической части электропривода. Цели этих приведений. Уравнения движения и режимы работы электропривода как динамической системы.

Раздел 2. Электромеханические свойства и характеристики электродвигателей постоянного и переменного тока.

Тема 3. Электромеханические механические свойства и характеристики двигателей постоянного тока независимого возбуждения (ДНВ).

Основные характеристики электродвигателей постоянного тока независимого возбуждения, определяющие их применение в производственных и коммунально-бытовых технологических процессах. Естественные и искусственные механические характеристики ДНВ. Уравнения характеристик. Расчет естественной и искусственных механических характеристик ДНВ. Расчет пусковых сопротивлений для якорной цепи ДНВ. Тормозные режимы ДНВ (рекуперативное, противовключение, динамическое). Расчет тормозных сопротивлений.

Тема 4. Электромеханические свойства и характеристики двигателей постоянного тока последовательного возбуждения (ДПВ).

Основные характеристики электродвигателей постоянного тока последовательного возбуждения, определяющие их применение в производственных и коммунально-бытовых технологических процессах. Естественные и искусственные механические характеристики ДПВ. Уравнения характеристик. Расчет естественной и искусственных механических характеристик ДПВ. Расчет пусковых сопротивлений для якорной цепи ДПВ. Тормозные режимы ДПВ (противовключение, динамическое торможение с независимым возбуждением и с самовозбуждением). Расчет тормозных сопротивлений.

Тема 5. Электромеханические свойства и характеристики асинхронного двигателя. (АД).

Основные характеристики асинхронных электродвигателей, 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 механическая и электромеханическая характеристики АД. Формула Клосса. Искусственные механические характеристики АД. Тормозные режимы АД (рекуперативное, противовключение, динамическое). Расчет естественной и искусственных механических характеристик АД. Расчет пусковых сопротивлений для роторной цепи АД.

Тема 6. Электромеханические свойства и характеристики синхронного двигателя. (СД).

Основные характеристики синхронных электродвигателей, определяющие их применение в производственных и коммунально-бытовых технологических процессах.

Модуль 2. Регулирование координат электропривода

Л – 5 часов, ЛР – 12 часов, СРС – 27 часов, КСР – 1 час

Раздел 3. Регулирование координат электроприводов

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 “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 9. Система “Тиристорный преобразователь - двигатель” (ТП-Д).

Принципиальная схема системы ТП-Д. Временная диаграмма выпрямленного напряжения. Статические механические характеристики с одним и двумя комплектами клапанов, режимы работы. Причины возникновения прерывистых и уравнивающих токов, их ограничение. Регулирование скорости, торможение. Основные технико-экономические показатели.

Тема 10. Регулирование скорости электроприводов с двигателями постоянного тока.

Регулирование скорости электроприводов с ДНВ и ДПВ введением добавочного сопротивления в цепь якоря, изменением подводимого к якору напряжения, изменением магнитного потока. Основные показатели регулирования и области применения различных способов.

Тема 11. Частотное регулирование скорости асинхронного электропривода.

Законы частотного регулирования. Законы, обеспечивающие компенсацию падений напряжения на сопротивлениях обмоток статора и ротора ($\Psi_1 = \text{const}$, $\Psi_{12} = \text{const}$, $\Psi_2 = \text{const}$). Системы частотного регулирования с электромашинным и статическим преобразователем частоты.

Тема 12. 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 13. 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 клапанов. Область применения вентильного двигателя.

Модуль 3. Нагрев, охлаждение электродвигателей и энергетика электроприводов

Л – 4 часа, ЛР – 4 часа, СРС – 14 часов, КСР – 1 час

Раздел 4. Нагрев и охлаждение электродвигателей, и выбор их по мощности.

Тема 14. 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 15. Методы проверки допустимой нагрузки электродвигателей.

Расчеты 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 ненормальной нагрузке. Проверка допустимой нагрузки по методам эквивалентных величин (тока, момента, мощности).

Тема 16. 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 двигателей для работы в режимах S4-S8 и выбор преобразователей.

Раздел 5. Энергетика электроприводов

Тема 17. 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 18. 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.

Модуль 4. Переходные процессы и автоматизация управления в системах электроприводов

Л – 4 часа, ЛР – 8 часов, СРС – 21 часов, КСР – 1 час

Раздел 6. Электромеханические переходные процессы.

Тема 19. 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 20. 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 $M_c = \text{const}$. Переходные процессы при $\omega_0 = \text{const}$ и $M_c = f(\omega)$, методы расчета. Уравнения переходных процессов электропривода с линейной механической характеристикой при $\omega_0 = f(t)$ и $M_c = \text{const}$.

Тема 21. Переходные процессы электропривода с двигателем независимого возбуждения при изменении магнитного потока и в системах “преобразователь-двигатель” при $\omega_0 = f(t)$.

Переходные процессы электропривода с ДНВ при изменении магнитного потока. Получение математических соотношений для расчета приращений скорости в относительных единицах. Переходные процессы при пуске двигателя в системе “преобразователь-двигатель”.

Раздел 7. Автоматизация управления электроприводом в разомкнутых и замкнутых системах

Тема 22. 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 23. 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 24. 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.

4.3 Перечень тем практических занятий

Не предусмотрены.

4.4 Перечень тем лабораторных работ

Таблица 4.2 – Темы лабораторных работ

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы лабораторной работы
1	2	3
1	3	Исследование статических характеристик электропривода с двигателем постоянного тока независимого возбуждения
2	5	Исследование статических характеристик электропривода с трёхфазным асинхронным двигателем с фазным ротором
3	9	Исследование статических характеристик системы «Тиристорный преобразователь – двигатель постоянного тока»
4	11	Исследование статических характеристик системы «Преобразователь частоты с автономным инвертором напряжения асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором»
5	12	Исследование статических характеристик системы «Тиристорный регулятор напряжения (ТРН) – асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором»
6	14	Исследование процессов нагрева и охлаждения двигателя при продолжительном, кратковременном и повторно-кратковременном режимах работы с постоянной нагрузкой.
7	20	Исследование электромеханических переходных процессов в электроприводе постоянного тока с двигателем независимого возбуждения
8	23	Исследование замкнутой системы «Преобразователь частоты – асинхронный двигатель»

4.5. Курсовой проект (курсовая работа)

Курсовой проект не предусмотрен.

4.6. Реферат

Реферат не предусмотрен.

4.7. Расчетно-графические работы

Расчетно-графические работы не предусмотрены.

5 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. Изучение дисциплины осуществляется в течение одного семестра, график изучения дисциплины приводится п.7.

5. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь издаваемые в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

5.1 Виды самостоятельной работы студентов

Таблица 5.1 – Виды самостоятельной работы студентов (СРС)

Номер темы дисциплины	Вид самостоятельной работы студентов	Трудоёмкость, часов
1	Самостоятельное изучение теоретического материала.	1
2	Самостоятельное изучение теоретического материала.	1
3	Самостоятельное изучение теоретического материала.	2
	Индивидуальные задания по тематике лабораторных работ.	4
4	Самостоятельное изучение теоретического материала.	1
5	Самостоятельное изучение теоретического материала.	2
	Индивидуальные задания по тематике лабораторных работ.	4
6	Самостоятельное изучение теоретического материала.	2
	Индивидуальное задание на выполнение СРС по модулю 1.	11
9	Самостоятельное изучение теоретического материала.	2
	Индивидуальные задания по тематике лабораторных работ.	4
10	Самостоятельное изучение теоретического материала.	1
11	Самостоятельное изучение теоретического материала.	1
	Индивидуальные задания по тематике лабораторных работ.	4
12	Самостоятельное изучение теоретического материала.	2
	Индивидуальные задания по тематике лабораторных работ.	4
13	Самостоятельное изучение теоретического материала.	1
	Индивидуальное задание на выполнение СРС по модулю 2.	8
14	Индивидуальные задания по тематике лабораторных работ.	4
15	Самостоятельное изучение теоретического материала.	1
16	Самостоятельное изучение теоретического материала.	1
17	Самостоятельное изучение теоретического материала.	1
18	Самостоятельное изучение теоретического материала.	2
	Индивидуальное задание на выполнение СРС по модулю 3.	5
19	Самостоятельное изучение теоретического материала.	1
20	Самостоятельное изучение теоретического материала.	2
	Индивидуальные задания по тематике лабораторных работ.	4
21	Самостоятельное изучение теоретического материала.	1
22	Самостоятельное изучение теоретического материала.	1
23	Самостоятельное изучение теоретического материала.	2
	Индивидуальные задания по тематике лабораторных работ.	4
24	Самостоятельное изучение теоретического материала.	1
	Индивидуальное задание на выполнение СРС по модулю 4.	5
	Итого: в ч / в ЗЕ	90 / 2,5

5.2 Изучение теоретического материала

Тематика вопросов, изучаемых самостоятельно:

Модуль 1.

Тема 1. Механические характеристики производственных механизмов.

Тема 2. Уравнения движения и режимы работы электропривода как динамической системы.

Тема 3. Расчет естественной и искусственных механических характеристик ДНВ. Расчет пусковых сопротивлений для якорной цепи ДНВ. Расчет тормозных сопротивлений.

Тема 4. Расчет пусковых сопротивлений для якорной цепи ДПВ. Расчет тормозных сопротивлений.

Тема 5. Расчет естественной и искусственных механических характеристик АД. Расчет пусковых сопротивлений для роторной цепи АД.

Тема 6. Основные характеристики синхронных электродвигателей, определяющие их применение в производственных и коммунально-бытовых технологических процессах.

Модуль 2.

Тема 9. Временная диаграмма выпрямленного напряжения. Причины возникновения прерывистых и уравнивающих токов, их ограничение. Основные технико-экономические показатели.

Тема 10. Регулирование скорости электроприводов с ДНВ и ДПВ введением добавочного сопротивления в цепь якоря, изменением подводимого к якору напряжения, изменением магнитного потока. Основные показатели регулирования и области применения различных способов.

Тема 11. Законы, обеспечивающие компенсацию падений напряжения на сопротивлениях обмоток статора и ротора ($\Psi_1 = \text{const}$, $\Psi_{12} = \text{const}$, $\Psi_2 = \text{const}$).

Тема 12. 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 13. Статические механические характеристики вентильного двигателя. Алгоритм работы вентиля.

Модуль 3.

Тема 15. Определение потерь и КПД в электродвигателе при номинальной и ненормальной нагрузке. Проверка допустимой нагрузки по методам эквивалентных величин (тока, момента, мощности).

Тема 16. Определение допустимого числа включений в час короткозамкнутого асинхронного электродвигателя при повторно-кратковременном режиме работы. Выбор двигателей для работы в режимах S4-S8 и выбор преобразователей.

Тема 17. Основные математические соотношения, характеризующие потери энергии в электроприводах с двигателями постоянного и переменного тока.

Тема 18. Потери энергии при переходных режимах в нерегулируемом электроприводе. Потери энергии при переходных режимах в регулируемом электроприводе. Способы уменьшения потерь энергии.

Модуль 4.

Тема 19. Уравнения электромеханического переходного процесса электропривода с линейной механической характеристикой $\omega_0 = \text{const}$ и $M_C = \text{const}$.

Тема 20. Переходные процессы при $\omega_0 = \text{const}$ и $M_C = f(\omega)$, методы расчета. Уравнения переходных процессов электропривода с линейной механической характеристикой при $\omega_0 = f(t)$ и $M_C = \text{const}$.

Тема 21. Переходные процессы электропривода с ДНВ при изменении магнитного потока. Получение математических соотношений для расчета приращений скорости в относительных единицах. Переходные процессы при пуске двигателя в системе "преобразователь-двигатель".

Тема 22. Типовые узлы систем автоматического управления пуском, торможением и реверсированием двигателей постоянного и переменного тока.

Тема 23. Системы Г-Д, ТП-Д, ТПЧ-АД с обратными связями по скорости, току и ЭДС. Принципиальные схемы и статические механические характеристики.

Тема 24. Выбор системы электропривода. Унифицированные системы электроприводов (комплектный электропривод). Технические требования, технические условия, техническое задание. Номинальные параметры типового электрооборудования. Климатическое исполнение.

5.3 Темы индивидуальных заданий по тематике лабораторных работ

Модуль 1.

1) ИЗЛР-1. Исследование статических механических характеристик, расчёт параметров и пускорегулировочных сопротивлений для электропривода с двигателем постоянного тока независимого возбуждения. Обработка результатов экспериментов, подготовка отчёта и ответов на контрольные вопросы.

2) ИЗЛР-2. Исследование статических механических характеристик, расчёт пускорегулировочных сопротивлений для электропривода с асинхронным электродвигателем. Обработка результатов экспериментов, подготовка отчёта и ответов на контрольные вопросы.

Модуль 2.

3) ИЗЛР-2. Расчёт и построение статических электромеханических и механических характеристик регулируемого электропривода постоянного тока, выполненного по системе «тиристорный преобразователь – двигатель». Анализ регулировочных свойств и энергетики установившихся режимов двигателя постоянного тока независимого возбуждения при питании от тиристорного преобразователя. Обработка результатов экспериментов, подготовка отчёта и ответов на контрольные вопросы.

4) ИЗЛР-4. Анализ регулировочных свойств, расчёт и построение механических характеристик частотно-управляемого электропривода с асинхронным двигателем при различных законах частотного регулирования. Обработка результатов экспериментов, подготовка отчёта и ответов на контрольные вопросы.

5) ИЗЛР-5. Анализ регулировочных свойств, расчёт и построение механических характеристик электропривода переменного тока, выполненного по системе «тиристорный регулятор напряжения – асинхронный двигатель». Обработка результатов экспериментов, подготовка отчёта и ответов на контрольные вопросы.

Модуль 3.

6) ИЗЛР-6. Изучение процессов нагрева и охлаждения электродвигателя постоянного тока независимого возбуждения при его работе в продолжительном, кратковременном и повторно-кратковременном режимах работы с постоянной нагрузкой. Обработка результатов экспериментов, подготовка отчёта и ответов на контрольные вопросы.

Модуль 4.

7) ИЗЛР-7. Расчёт и исследование электромеханических переходных процессов в электроприводе постоянного тока с двигателем независимо возбуждения при различных режимах его работы. Обработка результатов экспериментов, подготовка отчёта и ответов на контрольные вопросы.

8) ИЗЛР-8. Анализ регулировочных свойств, расчёт, построение и исследование статических и динамических характеристик замкнутой системы «Преобразователь частоты – асинхронный двигатель». Обработка результатов экспериментов, подготовка отчёта и ответов на контрольные вопросы.

5.4 Типовые темы индивидуальных заданий по модулям дисциплины:

Модуль 1.

ИЗМ-1. Синтез расчетной схемы и определение параметров механической части электропривода (3 ч).

ИЗМ-2. Расчет параметров и характеристик электропривода с двигателем постоянного тока независимого возбуждения (4 ч).

ИЗМ-3. Расчет параметров и характеристик электропривода переменного тока с асинхронным двигателем (4 ч).

Модуль 2.

ИЗМ-4. Расчёт регулируемого электропривода производственной установки с двигателем постоянного тока в системе ТП-Д (8 ч).

Модуль 3.

ИЗМ-5. Расчёт потерь электроэнергии в установившихся и переходных режимах работы электропривода (5 ч).

Модуль 4.

ИЗМ-6. Расчёт и построение переходного процесса пуска и торможения электропривода с двигателем постоянного тока независимого возбуждения (5 ч).

5.5 Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при которой учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установления связей с ранее освоенным материалом.

При проведении лабораторных занятий преследуются следующие цели: закрепление и углубление знаний, умений и навыков в области проектирования электромеханических систем, развитие творческой инженерной инициативы, закрепление навыков использования справочной и специальной технической литературы, навыков выполнения графической работы и оформления технической документации.

Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при которой учащиеся 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 учащихся на достижение целей занятия.

6 Фонд оценочных средств дисциплины

6.1 Текущий контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

Текущий контроль освоения дисциплинарных частей компетенций проводится в следующих формах:

- опрос для анализа усвоения материала предыдущей лекции.

6.2 Рубежный и промежуточный контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

Рубежный контроль освоения заданных частей компетенций проводится по результатам выполнения различных индивидуальных заданий по видам самостоятельной работы по дисциплине. Средствами контроля являются индивидуальные задания на выполнение запланированных видов самостоятельной работы и формы представления результатов выполненной работы.

Объектами рубежного контроля являются компоненты заявленных дисциплинарных частей компетенций. Рубежный контроль освоения дисциплинарных компетенций проводится в течении и по окончании модулей дисциплины в следующих формах:

Контрольные, тестовые работы (модуль 1, 2, 3, 4);

Защита отчётов и индивидуальных заданий по лабораторным работам (модуль 1, 2, 3, 4);

Защита отчётов по индивидуальным заданиям по модулю (модуль 1, 2, 3, 4).

6.3 Итоговый контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

6.3.1 Зачёт

Не предусмотрен.

6.3.2 Экзамен

Экзамен по дисциплине проводится в устной форме по билетам. Билет содержит два теоретических вопроса (выборочно из разных модулей).

Экзаменационная оценка выставляется с учётом результатов рубежной аттестации.

Фонды оценочных средств, включающие типовые задания, контрольные работы, тесты и методы оценки, критерии оценивания, перечень контрольных точек и таблица планирования результатов обучения, контрольные задания к экзамену, позволяющие оценить результаты освоения данной дисциплины, входят в состав РПД в виде приложения.

6.4 Виды текущего, рубежного и итогового контроля освоения элементов и частей компетенций

Таблица 6.1 – Виды контроля освоения элементов и частей компетенций

Контролируемые результаты освоения дисциплины (ЗУВы)	Вид контроля					
	ТТ	РТ	КР	ИЗМ	ЛР	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7
В результате освоения дисциплины студент Знает:						
– схемотехнические решения электроприводов различного назначения и математическое описание электромеханических процессов, протекающих в них;	+	+				+
– основные методы и принципы расчёта потерь энергии и энергетических показателей систем электропривода;	+	+				+
– основные способы регулирования координат электроприводов с электродвигателями постоянного и переменного тока;	+	+				+
– 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;	+	+				+
– электромеханические свойства и характеристики двигателей постоянного и переменного тока;	+	+				+
– основы механики электропривода;	+	+				+
– переходные процессы в системах электропривода;	+	+				+
– методы регулирования координат электропривода;	+	+				+
– термические процессы в системах электропривода при различных режимах работы;	+	+				+

1	2	3	4	5	6	7
Умеет:						
– применять инженерные методы расчета и выбора элементов, входящих в состав разрабатываемой системы электропривода;			+	+	+	
– производить разработку электрических схем (функциональная схема, принципиальная схема, схема внешних подключений) проектируемого электропривода на основе выбранной элементной базы;			+	+	+	
– осуществлять синтез системы управления электропривода и производить расчет корректирующих элементов, обеспечивающих требуемые динамические характеристики;			+	+	+	
– производить анализ технических требований, предъявляемых к проектируемому электроприводу, и на основании проведенного анализа принимать рациональные схемотехнические решения по его созданию;			+	+	+	
– рассчитывать параметры и строить механические и электромеханические характеристики электропривода;			+	+	+	
– производить анализ регулировочных свойств системы электропривода;			+	+	+	
– рассчитывать потери электроэнергии в приводе в установившихся и переходных процессах работы электропривода;			+	+	+	
Владеет:						
– навыками расчёта статических характеристик, переходных процессов, нагрузочных диаграмм и энергетических показателей электроприводов;				+	+	
– навыками нахождения и устранения неисправностей в несложных электрических схемах электромеханических систем;				+	+	
– навыками применения современных методов расчета, используемыми в процессе проектирования систем электроприводов;				+	+	
– навыками выбора мощности и типа электродвигателя и управляемого преобразователя для системы электропривода;				+	+	
– навыками обработки и анализа результатов экспериментальных исследований электромеханических процессов, протекающих в электроприводах.				+	+	

Примечание:

ТК – текущий контроль (контроль знаний по теме);

РТ – рубежное тестирование по модулю (контроль знаний по модулю);

КР – рубежная контрольная работа по модулю (оценка умений);

ИЗМ – индивидуальное задание по модулю (оценка умений и владений);

ЛР – выполнение лабораторных работ с подготовкой отчёта (оценка умений и владений).

[illegible]

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

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1	2	3
1 Основная литература		
1	Москаленко В.В.. Электрический привод : учебник для вузов / В. В. Москаленко. — М. : Академия, 2007. — 368 с.	36
2	Ильинский Н.Ф. Основы электропривода : учебное пособие для вузов / Н.Ф.Ильинский ; Московский энергетический институт. — 3-е изд., стер. — М. : Изд-во МЭИ, 2007. — 221 с.	7
3	Онищенко Г.Б. Электрический привод : учебник для вузов / Г. Б. Онищенко. — 3-е изд., испр. и доп. — Москва : Академия, 2013. — 288 с.	2
2 Дополнительная литература		
2.1 Учебные и научные издания		
1	Ильинский Н.Ф. Электропривод: энерго- и ресурсосбережение: учебное пособие для вузов / Н.Ф. Ильинский, В.В. Москаленко. — Москва : Академия, 2008. — 202 с.	30
2	Белов М.П. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов : учебник для вузов / М. П. Белов, В. А. Новиков, Л. Н. Рассудов. — 3-е изд., испр. — М. : Академия, 2007. — 575 с.	5
2.2 Периодические издания		
2.3 Нормативно-технические издания		
2.4 Официальные издания		
2.5 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины		
1	Электронная библиотека Научной библиотеки Пермского национального исследовательского политехнического университета [Электронный ресурс : полнотекстовая база данных электрон. документов изданных в Изд-ве ПНИПУ]. — Электрон. дан. (1 912 записей). — Пермь, 2014- . — Режим доступа: http://elib.pstu.ru/ . — Загл. с экрана.	
2	Лань [Электронный ресурс : электрон.-библ. система : полнотекстовая база данных электрон. документов по гуманит., естеств., и техн. наукам] / Изд-во «Лань». — Санкт-Петербург : Лань, 2010- . — Режим доступа: http://e.lanbook.com/ . — Загл. с экрана.	
3	Консультант Плюс [Электронный ресурс : справочная правовая система : документы и комментарии : универсал. информ. ресурс]. — Версия Проф, сетевая. — Москва, 1992- . — Режим доступа: Компьютер. сеть Науч. б-ки Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, свободный	

Основные данные об обеспеченности на _____
(дата составления рабочей программы)

основная литература ☒ обеспечена ☐ не обеспечена

дополнительная литература ☒ обеспечена ☐ не обеспечена

Зав. отделом комплектования
научной библиотеки  Н.В. Тюрикова

Данные об обеспеченности на _____
(дата составления рабочей программы)

основная литература ☐ обеспечена ☐ не обеспечена

дополнительная литература ☐ обеспечена ☐ не обеспечена

Зав. отделом комплектования
научной библиотеки _____ Н.В. Тюрикова

8.3. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

8.3.1 Перечень программного обеспечения, в том числе компьютерные обучающие и контролирующие программы

Не предусмотрены.

8.4 Аудио- и видео-пособия

Не предусмотрены.

9 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

9.1 Специализированные лаборатории и классы

Таблица 9.1 Специализированные лаборатории и классы

№ п.п.	Помещения			Площадь, м ²	Количество посадочных мест
	Название	Принадлежность (кафедра)	Номер аудитории		
1	2	3	4	5	6
1	Лаборатория электромеханических систем	Кафедра МСА	07	71	20

9.2 Основное учебное оборудование

Таблица 9.2 Учебное оборудование

№ п.п.	Наименование и марка оборудования (стенда, макета, плаката)	Кол-во, ед.	Форма приобретения / владения (собственность, оперативное управление, аренда и т.п.)	Номер аудитории
1	2	3	4	5
1	Лабораторный комплекс для изучения и исследования электрических машин и электрического привода	4	Оперативное управление	07

Лист регистрации изменений

№ п.п.	Содержание изменения	Дата, номер протокола заседания кафедры. Подпись заведующего кафедрой
1	2	3
1		
2		
3		
4		