

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:

ФИО: Котова Лариса Анатольевна

Должность: Директор филиала

Дата подписания: 21.08.2024 10:38:01

Уникальный программный ключ:

10730ffe6b1ed036b744b6e9d97700b86e5c04a7

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»
Новотроицкий филиал

Рабочая программа дисциплины (модуля)

Теория электропривода

Закреплена за подразделением Кафедра электроэнергетики и электротехники (Новотроицкий филиал)

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Профиль Электропривод и автоматика

Квалификация **Бакалавр**

Форма обучения **заочная**

Общая трудоемкость **5 ЗЕТ**

Часов по учебному плану	180	Формы контроля на курсах: экзамен 3 курсовой проект 3
в том числе:		
аудиторные занятия	38	
самостоятельная работа	133	
часов на контроль	9	

Распределение часов дисциплины по курсам

Курс	3		Итого	
	уп	рп		
Лекции	18	18	18	18
Лабораторные	8	8	8	8
Практические	12	12	12	12
Итого ауд.	38	38	38	38
Контактная работа	38	38	38	38
Сам. работа	133	133	133	133
Часы на контроль	9	9	9	9
Итого	180	180	180	180

Программу составил(и):

к.п.н., зав.каф., Мажирин Р.Е.

Рабочая программа

Теория электропривода

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника (приказ Минобрнауки России от 05.03.2020 г. № 95 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, 13.03.02_24_Электроэнергетика и электротехника_ПрЭПиА_заоч.plx
Электропривод и автоматика, утвержденного Ученым советом ФГАОУ ВО НИТУ "МИСиС" в составе соответствующей
ОПОП ВО 30.11.2023, протокол № 49

Утверждена в составе ОПОП ВО:

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, Электропривод и автоматика, утвержденной Ученым советом ФГАОУ ВО
НИТУ "МИСиС" 30.11.2023, протокол № 49

Рабочая программа одобрена на заседании

Кафедра электроэнергетики и электротехники (Новотроицкий филиал)

Протокол от 06.03.2024 г., №3

Руководитель подразделения к.п.н., доцент Мажирин Р.Е.

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ

1.1	Цели освоения дисциплины: обучение методами анализа и синтеза современных разомкнутых и замкнутых электромеханических систем.
1.2	Задачи: научить составлять расчетные схемы системы электропривода, определять их параметры, рассчитывать параметры различных режимов работы с использованием ЭВМ и уметь проектировать надежные и экономические электропривода.

2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Блок ОП:		Б1.В
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:	
2.1.1	Теоретические основы электротехники	
2.1.2	Физика	
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:	
2.2.1	Компьютерное моделирование электроприводов	
2.2.2	Математическое моделирование систем автоматики	
2.2.3	Общая энергетика	
2.2.4	Проектирование электротехнических устройств	
2.2.5	САПР устройств электроники	
2.2.6	Силовая электроника	
2.2.7	Системы управления электроприводов	
2.2.8	Электрические и электронные аппараты	
2.2.9	Электроснабжение и автоматизация электроэнергетических систем	
2.2.10	Элементы систем автоматики	
2.2.11	Автоматизация металлургического производства	
2.2.12	Автоматизация технологических процессов	
2.2.13	Автоматизированный электропривод в технологиях	
2.2.14	Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов	
2.2.15	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.16	Преддипломная практика	
2.2.17	Программное обеспечение контроллеров	
2.2.18	Промышленные сети	

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

ПК-2: Способен проектировать системы электропривода и автоматизированные системы управления с использованием цифровых технологий
Знать:
ПК-2-31 методики проектирования современных электроприводов
ОПК-3: Способен осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования для решения задач в профессиональной области, использовать методы анализа и моделирования электрических цепей и электрических машин
Знать:
ОПК-3-31 методы анализа и моделирования систем ТП-Д, ПЧ-АД, ПЧ-СД
ПК-2: Способен проектировать системы электропривода и автоматизированные системы управления с использованием цифровых технологий
Уметь:
ПК-2-У1 применять методы проектирования электроприводов на практике
ОПК-3: Способен осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования для решения задач в профессиональной области, использовать методы анализа и моделирования электрических цепей и электрических машин
Уметь:
ОПК-3-У1 оптимизировать структуру электропривода

ПК-2: Способен проектировать системы электропривода и автоматизированные системы управления с использованием цифровых технологий

Владеть:

ПК-2-В1 практическими навыками при проектировании электроприводов

ОПК-3: Способен осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования для решения задач в профессиональной области, использовать методы анализа и моделирования электрических цепей и электрических машин

Владеть:

ОПК-3-В1 навыками анализа и моделирования различных систем электропривода

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Формируемые индикаторы компетенций	Литература и эл. ресурсы	Примечание	КМ	Выполняемые работы
	Раздел 1. Общие сведения об электроприводе							
1.1	Определение "электропривода". Структурная схема электропривода. Классификация электроприводов. Перспективные направления в приводе. /Лек/	3	2	ОПК-3-31 ПК-2-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.2 Л2.3Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Э1		КМ1	Р1
1.2	Схема обобщенной двухполусной машины и система уравнений, описывающих её. Выдача задания на курсовое проектирование. /Пр/	3	2	ОПК-3-У1 ПК-2-У1	Л1.2 Л1.3Л3.2 Л3.3 Л3.4 Э1		КМ1	Р1
1.3	Общие требования к электроприводе. Классификация электроприводов по виду движения, типу двигателей и т.п. Показатели работы электропривода. Преобразования координат. Линейные, фазные преобразования координат. /Ср/	3	10	ОПК-3-31 ОПК-3-У1 ОПК-3-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1 Л1.3Л2.2 Л2.3Л3.2 Л3.3 Л3.4 Э1		КМ1	Р1
	Раздел 2. Механическая часть электромеханических систем							
2.1	Расчетная схема одномассовой системы. Типовые статические нагрузки. Основное уравнение движения электропривода. Статический режим работы электропривода. Понятие об жесткости механических характеристик. Понятие об устойчивости установившегося движения. /Лек/	3	2	ОПК-3-31 ПК-2-31	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.2 Л2.3Л3.2 Л3.3 Л3.4 Э1		КМ1	Р1

2.2	Приведение моментов статической нагрузки, моментов инерции и упругих элементов. /Пр/	3	2	ОПК-3-У1 ПК-2-У1	Л1.1 Л1.3Л2.1 Л2.3Л3.2 Л3.3 Л3.4 Э1		КМ1	Р1
2.3	Исследование механических переходных процессов в одномассовых системах. /Лаб/	3	2	ОПК-3-В1 ПК-2-В1	Л1.1 Л1.3Л2.2Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Э1		КМ1	Р1
2.4	Структурная схема и передаточная функция одномассовой системы. Расчетная схема многомассовой системы. Преобразование двухмассовой системы к одномассовой системе. Уравнение движения для многомассовых систем. Анализ основного уравнения. Графический и аналитический методы определения устойчивости. Механические переходные процессы в многомассовых системах. Графические методы расчетов механических переходных процессов. Выполнение курсового проекта. /Ср/	3	20	ОПК-3-31 ОПК-3-У1 ОПК-3-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.2 Л2.3Л3.2 Л3.3 Л3.4 Э1		КМ1	Р1
Раздел 3. Электромеханическая часть электропривода								
3.1	Статические характеристики двигателя постоянного тока независимого возбуждения (ДПТ НВ). Тормозные режимы работы электропривода с ДПТ НВ. Способы регулирования скорости ДПТ НВ. Статические характеристики асинхронного двигателя (АД) в двигательном и тормозных режимах работы. Частотное регулирование скорости асинхронного двигателя. /Лек/	3	2	ОПК-3-31 ПК-2-31	Л1.1 Л1.3Л2.2 Л2.3Л3.2 Л3.3 Л3.4 Э1		КМ1	Р1
3.2	Расчет структурных схем электропривода постоянного и переменного тока. /Пр/	3	2	ОПК-3-У1 ПК-2-У1	Л1.1 Л1.3Л2.1 Л2.3Л3.2 Л3.3 Л3.4 Э1		КМ1	Р1
3.3	Исследование электропривода с двигателем постоянного тока независимого возбуждения. Исследование электропривода с асинхронным двигателем /Лаб/	3	2	ОПК-3-В1 ПК-2-В1	Л1.1 Л1.3Л2.1Л3.2 Л3.3 Л3.4 Э1		КМ1	Р1

3.4	<p>Расчет характеристик двигателя постоянного тока независимого возбуждения. Статические характеристики двигателя постоянного тока последовательного возбуждения (ДПТ ПВ). Тормозные режимы работы электропривода. Методы расчета пусковых диаграмм двигателя постоянного тока независимого и последовательного возбуждений. Способы регулирования скорости электропривода с ДПТ ПВ с шунтированием и без шунтирования. Расчет характеристик асинхронного двигателя. Методы расчет пусковых диаграмм асинхронного двигателя с фазным ротором. Динамическое торможение асинхронного двигателя с самовозбуждением. Характеристики АД при питании от источника напряжения и от источника тока. Регулирование скорости асинхронного двигателя асинхронного двигателя. Регулирование скорости асинхронного двигателя введением противо-ЭДС в цепь ротора. Энергетические диаграммы для различных режимов работы каскадов. Статические характеристики АД в каскадных схемах. Расчет характеристик динамического торможения АД. Электропривод с синхронным двигателем. Уравнение угловой характеристики. Тормозные режимы синхронного привода. Способы регулирования скорости синхронного двигателя. Выполнение курсового проекта. /Ср/</p>	3	20	<p>ОПК-3-31 ОПК-3-У1 ОПК-3-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1</p>	<p>Л1.1 Л1.3Л2.2 Л2.3Л3.2 Л3.3 Л3.4 Э1</p>		КМ1	Р1
	Раздел 4. Динамические характеристики электропривода							

4.1	Механические переходные процессы. Расчеты электромеханических переходных процессов. Пуск двигателей постоянного тока в системе ТП-Д от задатчика интенсивности. Переходные процессы асинхронного привода. /Лек/	3	4	ОПК-3-31 ПК-2-31	Л1.3Л2.3Л3.2 Л3.3 Л3.4 Э1		КМ1	Р1
4.2	Расчет переходных процессов в электроприводе постоянного и переменного тока. Расчет пуска от задатчика интенсивности. Расчет пуска в системах с форсировкой (на примере системы Г-Д). /Пр/	3	2	ОПК-3-У1 ПК-2-У1	Л1.3Л3.2 Л3.3 Л3.4 Э1		КМ1	Р1
4.3	Исследование переходных процессов в двигателе постоянного тока. /Лаб/	3	2	ОПК-3-В1 ПК-2-В1	Л1.3Л3.2 Л3.3 Л3.4 Э1		КМ1	Р1
4.4	Причины возникновения переходных процессов. Электромеханическая постоянная времени и ее физический смысл. Аналитические методы расчетов механических переходных процессов. Переходные процессы при $M, M_c = \text{const}$ и при $M_c = \text{const}, M$ линейно зависящей от скорости. Динамическая характеристика электропривода. Влияние электромагнитной инерции на переходные процессы в ЭП. Электромагнитная постоянная времени. Причины возникновения колебаний во время переходных процессов. Электромагнитные переходные процессы. Выполнение курсового проекта. Использование форсировки возбуждения генератора в системе Г-Д. Переходные процессы в ДПТ НВ при регулировании скорости током возбуждения. Особенности динамических характеристик асинхронного короткозамкнутого двигателя. Исследование переходных процессов в асинхронном двигателе. Переходные процессы синхронного привода. /Ср/	3	20	ОПК-3-31 ОПК-3-У1 ОПК-3-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.3Л2.3Л3.2 Л3.3 Л3.4 Э1		КМ1	Р1

	Раздел 5. Регулирование координат электропривода							
5.1	Регулирование момента (тока) электропривода постоянного тока независимого возбуждения в замкнутой системе ТП-Д. Последовательная коррекция контура регулирования тока на примере системы ТП - Д. Коррекция контура регулирования скорости. Двухконтурная система регулирования скорости электропривода постоянного тока. Настройка контура скорости на модульный оптимум. Настройка контура скорости на симметричный оптимум. Система ПЧ-АД с положительной обратной связью по скорости. Частотное регулирование скорости асинхронного двигателя. Частотное регулирование скорости синхронного двигателя. /Лек/	3	6	ОПК-3-31 ПК-2-31	Л1.3Л2.3Л3.2 Л3.3 Л3.4 Э1		КМ1	Р1
5.2	Расчет параметров регуляторов(тока, скорости и положения) при последовательной коррекции в системе ТП-Д /Пр/	3	2	ПК-2-У1	Л1.3Л3.2 Л3.3 Л3.4 Э1		КМ1	Р1
5.3	Исследование системы ТП-Д. Исследование системы ПЧ-АД. /Лаб/	3	2	ОПК-3-В1 ПК-2-В1	Л1.3Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Э1		КМ1	Р1

5.4	<p>Понятие о методах синтеза систем электропривода. Требования к регулированию координат ЭП. Связь показателей регулирования с ЛАЧХ разомкнутого контура регулирования. Общие вопросы регулирования координат. Стандартные настройки регулируемого электропривода. Введение обратной связи (положительной и отрицательной) по току. Регулирование скорости электропривода постоянного тока независимого возбуждения в замкнутой системе ТП-Д с отрицательной обратной связью по скорости. Трехконтурная система регулирования скорости электропривода постоянного тока. Регулирование момента асинхронного двигателя в разомкнутой и замкнутой системах. Регулирование скорости асинхронного двигателя при изменении подводимого напряжения к статору. Система ТРН-АД. Характеристики АД при питании от источника напряжения и от источника тока. Частотное регулирование скорости асинхронного двигателя в замкнутой системе ПЧ-АД, построенной по принципу ЧНУ без стабилизации и со стабилизацией потока. Асинхронный двигатель в системе стабилизации потока с отрицательной обратной связью по потоку; с отрицательной обратной связью по ЭДС; с положительной обратной связью по току статора. Механические характеристики для каждого случая. Влияние коэффициента усиления на вид статических характеристик. Понятие о частотно-токовом управлении асинхронного двигателя. Регулирование положения. Точное позиционирование электропривода (точный останов). Выполнение курсового проекта. /Ср/</p>	3	30	<p>ОПК-3-31 ОПК-3-У1 ОПК-3-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1</p>	<p>Л1.3Л2.3Л3. 2 Л3.3 Л3.4 Э1</p>		КМ1	Р1
-----	---	---	----	---	---	--	-----	----

Раздел 6. Энергетика электропривода								
6.1	Энергетические режимы работы электропривода. Баланс мощностей и энергетические характеристики электропривода. Потери энергии в переходных и установившихся режимах работы электропривода. Общие сведения о выборе электродвигателей. Выбор двигателей по нагрузочной диаграмме. Классификация режимов работы электропривода. Выбор двигателей и проверка для длительного режима работы. Выбор двигателей и проверка для кратковременного и повторно - кратковременного режимов работы. /Лек/	3	2	ОПК-3-31 ПК-2-31	Л1.3Л2.3Л3.2 Л3.3 Л3.4 Э1		КМ1	Р1
6.2	Выбор и проверка двигателя в различных режимах работы. Расчет энергетических показателей электропривода. Оценка потерь энергии при пуске, торможении и номинальном режимах работы. /Пр/	3	2	ОПК-3-У1 ПК-2-У1	Л1.3Л2.3Л3.2 Л3.3 Л3.4 Э1		КМ1	Р1
6.3	Определение допустимого числа включений асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором. Выбор двигателя для следящего привода. Выбор двигателя для приводов с пиковой нагрузкой. Потери энергии при переходных процессах в системах ТП-Д. Потери энергии в вентильных преобразователях. Завершение выполнения и защита курсового проекта. /Ср/	3	33	ОПК-3-31 ОПК-3-У1 ОПК-3-В1 ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.3Л2.3Л3.2 Л3.3 Л3.4 Э1		КМ1	Р1

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

5.1. Контрольные мероприятия (контрольная работа, тест, коллоквиум, экзамен и т.п), вопросы для самостоятельной подготовки

Код КМ	Контрольное мероприятие	Проверяемые индикаторы компетенций	Вопросы для подготовки
КМ1	Экзамен	ОПК-3-31;ПК-2-31	Вопросы к экзамену 1. Определение “электропривода”. Классификация электроприводов по характеристике движения, по количеству двигателей, по степени управляемости и т.д. Перспективные направления в приводе. 2. Основное уравнение движения электропривода одномассовой системы для постоянного момента инерции. 3. Приведение моментов статической нагрузки, моментов инерции и жесткостей.

			<ol style="list-style-type: none">4. Виды моментов, действующих в электроприводе: движущие и тормозные. Типовые статические нагрузки: активные – нагрузки грузоподъемных механизмов, упругих тел; реактивные – нагрузки сухого, вязкого и смешанного трения, а также вентиляторная нагрузка.5. Механические переходные процессы. Причины возникновения переходных процессов. Электромеханическая постоянная времени и ее физический смысл.6. Понятие о динамической механической характеристике.7. Структурная схема и передаточные функции электропривода постоянного тока без учета цепи обмотки возбуждения.8. Структурная схема и передаточные функции электропривода постоянного тока с учетом цепи обмотки возбуждения.9. Тормозные режимы работы электропривода с двигателем постоянного тока с независимым возбуждением.10. Регулирование скорости двигателя постоянного тока независимого возбуждения.11. Особенности переходных процессов в системе ТП – Д. Пуск двигателей постоянного тока от задатчика интенсивности. Определение постоянной задатчика интенсивности.12. Особенности переходных процессов в системе Г - Д. Использование форсировки возбуждения генератора. Определение коэффициента форсировки при пуске в системе Г-Д.13. Схема замещения асинхронного двигателя и вывод уравнения электромеханической и механической характеристики двигателя.14. Структурная схема асинхронного двигателя и область ее применения.15. Обобщенная теория машин применительно к асинхронному двигателю.16. Линейные (для статора и ротора) и фазные преобразования координат для асинхронного двигателя.17. Статические характеристики асинхронного двигателя в двигательном и тормозных режимах работы.18. Динамическое торможение асинхронного двигателя с независимым возбуждением и с самовозбуждением.19. Регулирование скорости асинхронного двигателя20. Влияние различных законов управления на вид механических характеристик.21. Переходные процессы в асинхронном приводе.22. Структурная схема синхронного двигателя.23. Особенности переходных процессов в синхронном приводе.24. Общие сведения о регулировании координат. Отличие регулирования координат от изменения. Регулирование по задающему воздействию, отклонению и по возмущению. Основные показатели способов регулирования координат.25. Понятие о методах синтеза систем электропривода: методом последовательной и параллельной коррекции.26. Стандартные настройки регулируемого электропривода: настройка на модульный оптимум и настройка на симметричный оптимум.27. Регулирование момента (тока) электропривода постоянного тока независимого возбуждения в замкнутой системе ТП - Д. Введение обратной связи (положительной и отрицательной) по току.28. Последовательная коррекция контура регулирования тока (момента) в системе ТП - Д.29. Регулирование скорости электропривода постоянного тока независимого возбуждения в замкнутой системе ТП – Д с отрицательной обратной связью по скорости.30. Двухконтурная система регулирования скорости электропривода постоянного тока. Настройка контура скорости на модульный оптимум.31. Трехконтурная система регулирования скорости электропривода постоянного тока.32. Настройка контура скорости на симметричный оптимум.33. Регулирование положения по отклонению на примере электропривода постоянного тока независимого возбуждения с обратной связью.
--	--	--	--

			34. Регулирование момента асинхронного двигателя. Система ПЧ – АД с положительной обратной связью по скорости. 35. Регулирование скорости в замкнутой системе ПЧ - АД.
5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)			
Код работы	Название работы	Проверяемые индикаторы компетенций	Содержание работы
P1	Курсовой проект	ОПК-3-У1;ОПК-3-В1;ПК-2-У1;ПК-2-В1	<p>Курсовой проект имеет целью освоение и закрепление знаний по теории электропривода; освоение распространенных методов расчетов электроприводов.</p> <p>Задачами проектирования являются: развитие практических навыков по расчету электромеханических систем; умений самостоятельно применять приобретенные знания при решении конкретных инженерных задач; расширением практики пользования учебной и справочной литературой; углублением навыков по выполнению и составлению технической документации.</p> <p>Объект для проектирования электропривода: механизм передвижения тележки мостового крана с повторно-кратковременным режимом работы. Нагрузка механизма изменяется в течение цикла, включает в себя разгон до рабочей скорости, выполнение работы на этой скорости, торможение и возврат в исходное положение. В процессе работы механизма возникает необходимость регулирования скорости, ограничения предельных значений момента, ограничения ускорения рабочего органа.</p> <p>Тема курсового проекта: Разработка реверсивного электропривода постоянного тока.</p> <p>Исходные данные на проектирование включают следующие данные: масса механизма, масса груза, скорость движения с грузом (без груза), допустимое ускорение с грузом (без груза) и др.</p> <p>Расчетно-пояснительная записка курсового проекта должна содержать:</p> <p>Титульный лист Задание на курсовой проект Содержание Введение Расчетная часть, в которую входит: Описание рабочей машины Требования, предъявляемые к электроприводу Расчет упрощенной нагрузочной диаграммы и предварительный расчет мощности двигателя Выбор электродвигателя и редуктора Расчет приведенных статических моментов и моментов инерции Предварительная проверка двигателя по нагреву Разработка замкнутой системы электропривода Проверка электропривода по производительности; по нагреву и по перегрузочной способности Заключение Список использованных источников Приложения</p>
5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)			
<p>Экзаменационный билет по дисциплине включает в себя два теоретических вопросы и задачу по темам, изложенным в 4 разделе данной РПД. Билеты хранятся на кафедре и утверждены ее заведующим.</p> <p>Примеры задач на экзамен:</p> <p>Задача 1 Для двигателя постоянного тока с независимым возбуждением с номинальными данными: $P_{ном}=9$ кВт; $U_{ном}=220$ В; $I_{ном}=48$ А; $n_{ном}=900$ об/мин; $R_{\Sigma}=0,348$ Ом. Рассчитать пусковые сопротивления для нормальных условий пуска. Число ступеней выбрать самостоятельно. Построить пусковую диаграмму при снижении напряжения на 15%.</p> <p>Задача 1. Для асинхронного двигателя с фазным ротором со следующими номинальными данными: $P_{ном}=30$ кВт; $U_{ном}=380$ В; $n_{ном}=725$ об/мин; $I_{ном}=71,6$ А; $r_1=0,136$ Ом; $x_1=0,225$ Ом; $I_2_{ном}=74,3$ А; $E_2_{ном}=257$ В; $r_2=0,0593$ Ом; $x_2=0,174$ Ом; коэффициент трансформации напряжения $k_e=1,41$ рассчитать и построить механические и электромеханические характеристики при номинальном напряжении сети и при снижении напряжения на 20 %. Сделать вывод о возможности работы асинхронного двигателя при пониженном напряжении.</p>			

Задача 2. Для асинхронного двигателя с фазным ротором со следующими номинальными данными: $R_{ном}=22$ кВт; $U_{ном}=380$ В; $n_{ном}=965$ об/мин; $I_{ном}=55$ А; $r_1=0,19$ Ом; $x_1=0,31$ Ом; $I_2_{ном}=61$ А; $E_2_{ном}=225$ В; $r_2=0,066$ Ом; $x_2=0,23$ Ом; коэффициент трансформации напряжения $k_e=1,6$ рассчитать и построить естественные механическую и электромеханическую характеристики и определить величину пускового сопротивления для обеспечения нормальных условий пуска без нагрузки.

Задача 3. Асинхронный двигатель с $n_{ном}=585$ об/мин и $f_{1ном}=50$ Гц работает в сети с $f_2=60$ Гц. Построить механические характеристики привода, если при номинальных параметрах привода $M_{кр}/M_{ном}=2,8$. Определить возможность работы с номинальной нагрузкой.

Задача 4. Составить линеаризованные структурные схемы преобразования энергии при питании асинхронного двигателя типа МТКН 411-6 от сети и от источника тока. $R_{ном}=27$ кВт; $U_{1ном}=380$ В; $n_{ном}=915$ об/мин; КПД 82,5 %; $\cos\Phi_{Ином}=0,82$; $M_{кр}=765$ Н*М; $r_1=0,219$ Ом; $x_1=0,271$ Ом; $r_2'=0,328$ Ом; $x_2'=0,346$ Ом; $J=1,9$ кг*м². Ток холостого хода $I_0=30,8$ А.

Задача 5. Для электропривода, работающего в системе Г-Д построить механическую характеристику, проходящую через точку $n_c=600$ об/мин; $M_c=0,78 \cdot M_{ном}$. Данные двигателя П-71: $R_{ном}=32$ кВт; $U_{ном}=220$ В; $I_{ном}=218$ А; $n_{ном}=1500$ об/мин; $R_{я}+R_{дп}=0,074$ Ом. Данные генератора П-82: $R_{ном}=35$ кВт; $U_{ном}=230$ В; $I_{ном}=152$ А; $n_{ном}=1450$ об/мин; $R_{я}+R_{дп}=0,0863$ Ом; $R_{овд}=27,2$ Ом; $I_{овд.ном}=6,76$ А.

Задача 6. Определить величину пускового активного сопротивления, включаемого в цепь статора асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором для уменьшения пускового тока. Двигатель имеет следующие номинальные данные: $R_{ном}=16$ кВт; $U_{ном}=380$ В; $I_{ном}=39,6$ А; $n_{ном}=685$ об/мин; $M_{кр}/M_{ном}=3,3$; $M_{пуск}/M_{ном}=3,1$; $I_{пуск}/I_{ном}=4,8$; $\cos\Phi_{Ином}=0,76$; $\cos\Phi_{пуск}=0,71$; $r_1=0,271$ Ом.

Задача 7. Для двигателя постоянного тока с независимым возбуждением типа ДП-31 с номинальными данными: $R_{ном}=8,5$ кВт; $U_{ном}=220$ В; $I_{ном}=47$ А; $n_{ном}=870$ об/мин; $R_{ясум}=0,423$ Ом определить величину добавочного сопротивления, включаемого в цепь якоря для осуществления динамического торможения. Оценить время динамического торможения. Ток в якорной цепи при этом не должен превысить допустимое значение.

Компьютерное тестирование

Электрическим электроприводом называется:

- электромеханическая система, управление которой осуществляется с применением микропроцессорной техники
- любая система, преобразующая электроэнергию в механическую энергию
- техническая система, предназначенная для приведения в движение рабочих органов машин и управления технологическими процессами и состоящая из передаточного, двигательного, преобразовательного, управляющего и информационного устройств
- техническая система, преобразующая электроэнергию в какой-либо другой вид энергии
- техническая система, в состав которой входит хотя бы один электродвигатель

В каком ответе правильно указаны устройства, входящие в состав электропривода?

- электродвигательное устройство и рабочий механизм
- электродвигательное устройство, рабочий механизм, управляющее устройство
- преобразующее устройство, электродвигательное устройство
- преобразующее устройство, электродвигательное устройство, передаточное устройство, рабочий механизм

В электрический канал электропривода входят:

- преобразователь
- двигатель
- передаточное устройство
- система управления
- все перечисленные элементы

В электрический канал электропривода не входят:

- преобразователь
- двигатель
- передаточное устройство
- система управления
- все перечисленные элементы

Какой вид электропривода нельзя назвать современным:

- вентильный электропривод
- шаговый электропривод
- электропривод на основе асинхронного двигателя с фазным ротором
- электропривод с микропроцессорным управлением
- электропривод по схеме каскад Шербиуса

Групповой электропривод – это электропривод, имеющий...
один электродвигатель
два электродвигателя
несколько электродвигателей

При работе электрического двигателя в режиме генератора электромагнитный момент является?
вращающим
тормозящим
нулевым
активным
реактивным

Если соотношение электромагнитного момента двигателя и момента статического сопротивления $M_d > M_c$, то:
электродвигатель тормозится
электродвигатель неподвижен
электродвигатель вращается с постоянной частотой вращения
электродвигатель разгоняется
электродвигатель втягивается в синхронизм

При ускорении электропривода значение динамического момента будет:
 $M_{дин} > 0$
 $M_{дин} = 0$
 $M_{дин} < 0$
 $M_{дин} > M_c$
 $M_{дин} < M_c$

При замедлении электропривода динамический момент принимает:
 $M_{дин} > 0$
 $M_{дин} > M_{ном}$
 $M_{дин} < M_{ном}$
 $M_{дин} > M_c$
 $M_{дин} < 0$

Активный момент сопротивления на валу двигателя в электроприводе характеризуется тем, что:
момент сопротивления линейно зависит от частоты вращения двигателя
момент сопротивления является квадратичной функцией частоты вращения
момент сопротивления не зависит ни от величины скорости, ни от направления вращения двигателя
момент сопротивления не зависит от величины скорости, но зависит от направления вращения
момент сопротивления носит случайный характер

Активные моменты могут быть как движущими и.....
тормозными
вращающими
ускорительными
не подвижными
нет правильного ответа

Реактивные моменты всегда направлены
перпендикулярно
против движение
не имеет направление
может иметь любое направление
нет правильного ответа

Рабочей точкой на механической характеристике электродвигателя называется
точка пересечения механической характеристики двигателя с осью ординат
точка пересечения механической характеристики двигателя с осью абсцисс
точка, соответствующая номинальному моменту двигателя
точка, соответствующая номинальной частоте вращения двигателя
точка пересечения механической характеристики двигателя с характеристикой нагрузки

Механическая мощность электропривода определяется как:
произведение частоты вращения на магнитный поток двигателя
произведение электромагнитного момента на частоту вращения двигателя
произведение напряжения сети на частоту вращения двигателя
произведение электромагнитного момента на ток главной цепи двигателя
произведение напряжения сети на ток главной цепи двигателя

Лебедка поднимает груз массой 7500 кг со скоростью 1,1 м/с. Двигатель при этом вращается со скоростью 680 об/мин. Определить приведенный момент инерции привода, если $J_{дв}=1,2 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$; $J_б=4 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$; $D_б=0,35 \text{ м}$.

1,231

3,02

117,1

3,34

правильный ответ отсутствует

Определить, что происходит с двигателем, если момент, развиваемый двигателем равен $125 \text{ Н}\cdot\text{м}$, а момент рабочей машины $M_{рм}=1290 \text{ Н}\cdot\text{м}$. Передаточное число редуктора 12. КПД механизма 0,86.

скорость двигателя увеличивается

двигатель движется с постоянной скоростью

скорость двигателя уменьшается

Жесткость механической характеристики – это

степень изменения скорости при изменении момента

степень изменения тока при изменении момента

степень изменения момента при изменении скорости

степень изменения момента при изменении потока

степень изменения тока при изменении потока

Механическая характеристика двигателя постоянного тока последовательного возбуждения

мягкая

жесткая

абсолютно жесткая

абсолютно мягкая

Механическая характеристика синхронного двигателя является:

мягкой

абсолютно мягкой

жесткой

абсолютно жесткой

Определить момент, развиваемый двигателем равен, необходимый для обеспечения разгона, если момент рабочей машины $M_{рм}=300 \text{ Н}\cdot\text{м}$. Передаточное число редуктора 8. КПД механизма 0,6.

62,5 Н*м

22,5 Н*м

80 Н*м

37,5 Н*м

На сколько изменится M_c , приведенный к валу двигателя, если применить редуктор с КПД, повышенным на 10 % ?

увеличится на 0,9

уменьшится на 1,11

уменьшится на 0,9

увеличится на 1,11

скорость двигателя равна нулю

недостаточно данных

Как изменится время переходного процесса, если момент инерции рабочего органа увеличится вдвое?

уменьшится в два раза

не изменится

увеличится в два раза

не достаточно данных

Механическая характеристика электропривода это зависимость:

напряжения от тока главной цепи

частоты вращения от напряжения

частоты вращения от потока возбуждения

частоты вращения от электромагнитного момента

частоты вращения от тока главной цепи

Какие характеристики можно получить при плавном регулировании

естественную

искусственные

физические

выше перечисленные
нет правильного ответа

Тормозные режимы двигателя предназначены для:
поддержания постоянства скорости при активном Мс
удержания в неподвижном состоянии механизма, подверженного действию активного Мс
уменьшения скорости при остановке
аварийного останова электропривода
все ответы правильные

Какой тормозной режим является самым экономичным?
динамическое торможение
торможение противовключением
генераторное торможение
динамическое и генераторное торможение

Как называется основная характеристика двигателя?
внешняя характеристика
механическая характеристика
регулирующая характеристика

Перегрузочная способность двигателя определяется как:
отношение пускового момента к номинальному
отношение максимального момента к номинальному
отношение пускового тока к номинальному

Чем характеризуется плавность регулирования
числом устойчивых скоростей
числом устойчивых моментов
числом устойчивых сил
устойчивостью по всем характеристикам
нет правильного ответа

Какой физический закон лежит в основе принципа действия двигателя постоянного тока?
закон Ома
закон Кирхгофа
закон электромагнитной индукции
закон Джоуля-Ленца
закон электромагнитных сил

Значение тока короткого замыкания двигателя постоянного тока независимого возбуждения при уменьшении потока
значительно уменьшается
остаётся постоянным
увеличивается
не зависит от потока
правильный ответ отсутствует

Как изменяется частота вращения двигателя постоянного тока независимого возбуждения при обрыве обмотки возбуждения?
частота вращения резко уменьшается
частота вращения резко возрастает
двигатель останавливается
частота вращения не изменяется
для ответа на вопрос не хватает данных.

Что произойдет с работающим двигателем постоянного тока при изменении направления тока в цепи якоря?
двигатель остановится
ничего в работе двигателя не изменится
направление вращения изменится на противоположное
двигатель пойдет в разнос

При постоянном напряжении питания двигателя постоянного тока параллельного возбуждения магнитный поток возбуждения уменьшился. Как изменится частота вращения?
увеличится
останется постоянной
уменьшится.

В каком случае двигатель независимого возбуждения может пойти в разнос (резко возрастает частота вращения)?

при обрыве цепи якоря на холостом ходу
при обрыве цепи возбуждения
при уменьшении добавочного сопротивления в цепи якоря

Какой физический закон лежит в основе принципа действия двигателя постоянного тока?

закон Ома
закон Кирхгофа
закон электромагнитной индукции
закон Джоуля-Ленца
закон электромагнитных сил

Значение тока короткого замыкания двигателя постоянного тока независимого возбуждения при уменьшении потока значительно уменьшается
остаётся постоянным
увеличивается
не зависит от потока
правильный ответ отсутствует

Как изменяется частота вращения двигателя постоянного тока независимого возбуждения при обрыве обмотки возбуждения?

частота вращения резко уменьшается
частота вращения резко возрастает
двигатель останавливается
частота вращения не изменяется
для ответа на вопрос не хватает данных

Что произойдет с работающим двигателем постоянного тока при изменении направления тока в цепи якоря?

двигатель остановится
ничего в работе двигателя не изменится
направление вращения изменится на противоположное
двигатель пойдет в разнос

При постоянном напряжении питания двигателя постоянного тока параллельного возбуждения магнитный поток возбуждения уменьшился. Как изменится частота вращения?

увеличится
останется постоянной
уменьшится

При реостатном пуске асинхронного двигателя пусковой момент:

уменьшается
стремится к нулю
возрастает
остаётся без изменения
меняется мало

Почему пусковой момент асинхронного двигателя при введении реостата в фазный ротор увеличивается?

увеличивается индуктивное сопротивление ротора
увеличивается активное сопротивление ротора
увеличивается активная составляющая роторного тока
уменьшается роторный ток

Как изменится перегрузочная способность асинхронного двигателя при введении реостата в цепь ротора?

уменьшится
не изменится
увеличится
для ответа недостаточно данных

Как изменится ток, потребляемый асинхронным двигателем из сети, при уменьшении подведенного напряжения и неизменном моменте нагрузки на валу?

для ответа недостаточно данных
увеличится
уменьшится
не изменится

Как ввести асинхронный двигатель в режим генераторного торможения?

увеличить активное сопротивление ротора
уменьшить число пар полюсов обмотки статора
понизить подведенное напряжение

понизить частоту подведенного напряжения

Как изменится ток в обмотке ротора асинхронного двигателя при увеличении механической нагрузки на валу?

увеличится

не изменится

уменьшится

С какой целью на роторе синхронного двигателя иногда размещают дополнительную короткозамкнутую обмотку?

для увеличения вращающего момента

для запуска двигателя

для регулирования скорости вращения

При регулировании частоты вращения магнитного поля n_1 асинхронного двигателя были получены следующие величины: 1500; 1000; 750 об/мин. Каким способом осуществлялось регулирование частоты вращения?

изменением частоты питающего напряжения

изменением числа пар полюсов

изменением сопротивления статора

изменением сопротивления ротора

Чему равна механическая мощность в асинхронном двигателе при неподвижном роторе ($s=1$)?

$P_{\text{мех}}=0$

$P_{\text{мех}}>0$

$P_{\text{мех}}<0$

Укажите необходимые и достаточные условия возникновения вращающего момента в асинхронной машине.

наличие токов в обмотках статора

наличие потока рассеяния

замкнутая цепь обмотки ротора

неравенство скоростей вращения магнитного поля статора и ротора

наличие вращающегося магнитного поля

5.4. Методика оценки освоения дисциплины (модуля, практики. НИР)

Оценка курсового проекта является комплексной. При этом учитываются следующие факторы: актуальность выбранной темы; логичность методики расчета; свободное владение методикой расчета; культура оформления пояснительной записки; самостоятельность выводов. Все это суммируется в итоговую оценку.

Оценка результатов защиты курсового проекта осуществляется по бальной системе («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»).

Оценка «отлично» выставляется, когда работа содержит грамотно изложенную расчетную базу, характеризуется отсутствием ошибок в расчетах, логичным и последовательным изложением материала в пояснительной части. При защите работы обучающийся показывает глубокие знания вопросов темы; свободно оперирует расчетными данными; легко отвечает на поставленные вопросы.

Оценка «хорошо» выставляется, когда работа содержит грамотно изложенную расчетную базу, характеризуется отсутствием ошибок в расчетах, логичным и последовательным изложением материала в пояснительной части. □ При защите работы обучающийся показывает знания вопросов темы; без особых затруднений отвечает на поставленные вопросы.

Оценка «удовлетворительно» выставляется, когда работа содержит расчетную базу, характеризуется наличием отдельных ошибок в расчетах. При защите обучающийся проявляет неуверенность, показывает слабое знание вопросов темы, не дает полного, аргументированного ответа на заданные вопросы.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется, когда работа не содержит расчетную базу, не отвечает требованиям, изложенным в методических указаниях, имеет значительные ошибки в расчетах. При защите обучающийся затрудняется отвечать на поставленные вопросы по теме, не знает теории вопроса, при ответе допускает существенные ошибки.

Прохождение контрольного мероприятия по защите курсового проекта считается выполненным успешно, если при его оценивании получена оценка не ниже «удовлетворительно».

Критерии оценивания ответа на экзамене

Оценка «отлично» выставляется, когда обучающийся демонстрирует системные теоретические знания, владеет терминологией, делает аргументированные выводы и обобщения, приводит примеры, показывает свободное владение монологической речью и способность быстро реагировать на уточняющие вопросы.

Оценка «хорошо» выставляется, когда обучающийся демонстрирует прочные теоретические знания, владеет терминологией, делает аргументированные выводы и обобщения, приводит примеры, но при этом делает несущественные ошибки, которые быстро исправляет самостоятельно или при незначительной коррекции преподавателем.

Оценка «удовлетворительно» выставляется, когда обучающийся неглубокие теоретические знания, проявляет слабо сформированные навыки анализа явлений и процессов, недостаточное умение делать аргументированные выводы и приводить примеры, показывает не достаточно свободное владение терминологией, логичностью и последовательностью изложения, делает ошибки, которые может исправить только при коррекции преподавателем.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется, когда обучающийся демонстрирует незнание теоретических основ предмета, не умеет делать аргументированные выводы и приводить примеры, не владеет терминологией, проявляет отсутствие логичности и последовательностью изложения, делает ошибки, которые не может исправить даже при коррекции преподавателем.

Прохождение контрольного мероприятия по сдаче экзамена считается выполненным успешно, если при его оценивании получена оценка не ниже «удовлетворительно».

При поведении экзамена в форме компьютерного тестирования критериями оценки являются:

«отлично»: получение от 70 до 100 % баллов по тесту при выполнении теста за регламентированное время

«хорошо»: получение от 51 до 69 % баллов по тесту при выполнении теста за регламентированное время

«удовлетворительно»: получение от 31 до 50 % баллов по тесту при выполнении теста за регламентированное время

«неудовлетворительно»: получение ниже 30 % баллов по тесту при выполнении теста за регламентированное время

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год, эл. адрес
Л1.1	Онищенко Г.Б.	Электрический привод: учебник		Москва: ИЦ «Академия», 2008,
Л1.2	Жуловян В.В.	Основы электромеханического преобразования энергии : учебник		Новосибирск: НГТУ, 2014, http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=435979
Л1.3	Онищенко Г.Б.	Теория электропривода: учебник		Москва: ИНФРА-М, 2017,

6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год, эл. адрес
Л2.1	Кисаримов Р.А.	Электропривод: справочник		Москва: ИП "РадиоСофт", 2011,

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год, эл. адрес
Л2.2	Москаленко В.В.	Электрический привод: учебник		Москва: Высшая школа, 1991,
Л2.3	Данилов П.Е., Барышников В. А., Рожков Р.Р.	Теория электропривода : учебное пособие		Москва , Берлин : Директ-Медиа, 2018, http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=480141

6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год, эл. адрес
Л3.1	Сенигов П.Н., Карпеш М.А.	Электрический привод: лабораторный практикум		Челябинск: ООО «Учебная техника», 2005, https://lms.misis.ru ; www.nf.misis.ru
Л3.2	Мажирина Р.Е.	Расчет и исследование разомкнутых и замкнутых систем электропривода: практикум по решению задач		Орск: ОГТИ, 2009,
Л3.3	Мажирина Р.Е.	Электрический привод: практикум		Орск: ОГТИ, 2007,
Л3.4	Сост. Р.Е.Мажирина	Теория электропривода: методические указания к курсовому проектированию		Орск: ОГТИ, 2003,

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Э1	LMS MOODLE	http://moodle-nf.misis.ru/
----	------------	---

6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	Microsoft Office 2010 Russian Academic OPEN 1 License No Level
П.2	MATLAB & Simulink
П.3	Mathcad 14.0 University Classroom Perpetual
П.4	SimInTech
П.5	Scilab

6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

И.1	http://window.edu.ru/window/catalog - единое окно доступа к образовательным ресурсам;
И.2	http://matlab.exponenta.ru/ - подробные авторские руководства по продуктам MathWorks

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
101	Учебная лаборатория электротехники и электропривода	Комплект учебной мебели на 24 места для обучающихся, комплекты лабораторного оборудования для исследования и наладки электрических цепей, комплект учебного оборудования для изучения электрических приводов, лабораторные стенды для изучения основ автоматизации производства, программирования промышленных контроллеров и управления технологическими объектами, лабораторные стенды для изучения программирования микроконтроллеров ПМ-ЛМ, лабораторные стенды "Автоматика на основе программируемого контроллера SiemensS7, лабораторные стенды для изучения основ цифровой техники "Основы цифровой техники", лабораторные стенды для изучения силовой электроники и преобразователь техники "Преобразователь техники", осциллограф FLK-123/001, осциллограф GOS-620 FG, типовой комплект учебного оборудования "Программирование микроконтроллеров "ПМ-ЛМ на 4 рабочих мест, тормозвоздушная паяльная станция lukey-852d+.

139	Учебная лаборатория (компьютерный класс) Кабинет курсового и дипломного проектирования, самостоятельной работы обучающихся	Комплект учебной мебели на 24 места для обучающихся, 12 стационарных компьютеров для обучающихся, 1 стационарный компьютер для преподавателя (все с выходом в интернет), проектор, экран настенный, коммутатор, доска аудиторная меловая, веб камера Logitech, колонки, доступ к ЭИОС Университета МИСИС через личный кабинет на платформе LMS Canvas и Moodle, лицензионные программы MS Office, MS Teams, антивирус Dr.Web.
-----	--	---

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

В процессе изучения дисциплины выделяют два вида самостоятельной работы: - аудиторная; - внеаудиторная. Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под руководством преподавателя. Внеаудиторная самостоятельная работа - планируемая учебная работа обучающимся, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа, не предусмотренная программой учебной дисциплины, раскрывающей и конкретизирующей ее содержание, осуществляется обучающимся инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов. Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует источники для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные обучающимися работы и т.п. Виды заданий для внеаудиторной самостоятельной работы, их содержание и характер могут иметь вариативный и дифференцированный характер, учитывать индивидуальные особенности обучающегося. Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов online и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности. Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине на практических, лабораторных занятиях.