

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Котова Лариса Анатольевна
Должность: Директор филиала
Дата подписания: 28.05.2026 12:37:11
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

Приложение 4

к ОПОП ВО 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
Электропривод и автоматика

Рабочая программа дисциплины

Системы управления электроприводов

Закреплена за подразделением **Кафедра электроэнергетики и электротехники (Новотроицкий филиал)**

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Образовательная программа 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника / Электропривод и автоматика

Квалификация **Бакалавр**

Форма обучения **заочная**

Общая трудоемкость **8 ЗЕТ**

Часов по учебному плану **288**

Виды контроля на курсах:

экзамен 4,5
курсовой проект 5
контрольная работа 4

Распределение часов дисциплины по курсам

Курс	4		5		Итого	
	уп	рп	уп	рп		
Лекции	6	6	6	6	12	12
Лабораторные			4	4	4	4
Практические	8	8	6	6	14	14
Итого ауд.	14	14	16	16	30	30
Контактная работа	14	14	16	16	30	30
Сам. работа	121	121	119	119	240	240
В том числе сам. работа в рамках ФОС		54		74		
Часы на контроль	9	9	9	9	18	18
Итого	144	144	144	144	288	288

Программу составил(и):

к.т.н., доцент, Лицин Константин Владимирович

Рабочая программа дисциплины

Системы управления электроприводов

Составлен на основании учебного плана:

13.03.02_22_Электроэнергетика и электротехника_ПрЭПиА_заоч.plx, утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника Электропривод и автоматика протокол от 26.11.2025 №58.

Рабочая программа одобрена на заседании

Кафедра электроэнергетики и электротехники (Новотроицкий филиал)

Протокол от 11.03.2026 г., №3.

Руководитель подразделения Мажирина Раиса Евгеньевна.

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ

1.1	Цель освоение дисциплины: сформировать у обучающихся широкое представление о системах управления электроприводами, о их физических основах и принципах управления.
1.2	Задачи: научить составлять электрические принципиальные, функциональные, монтажные схемы электропривода, определять их параметры, рассчитывать параметры различных режимов работы с использованием ЭВМ и уметь проектировать надежные и экономические силовые части электропривода.

2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Блок ОП:		Б1.В
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:	
2.1.1	Проектный подход в технике	
2.1.2	Электрические машины	
2.1.3	Теория электропривода	
2.1.4	Цифровая и аналоговая электроника	
2.1.5	Учебная практика по получению первичных профессиональных умений	
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:	

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 способы проектирования электроприводов в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией								
ПК-3: Способен эксплуатировать электромеханические системы и автоматизированные системы управления электроприводов								
Знать:								
ПК-3-31 возможности применяемых систем управления для обеспечения заданных технологических требований								
ПК-2: Способен проектировать системы электропривода и автоматизированные системы управления с использованием цифровых технологий								
Уметь:								
ПК-2-У1 выполнять проектирование электроприводов, соблюдая различные технические, энергоэффективные и экологические требования								
ПК-3: Способен эксплуатировать электромеханические системы и автоматизированные системы управления электроприводов								
Уметь:								
ПК-3-У1 применять методы и технические средства эксплуатационных испытаний и диагностики при эксплуатации электропривода								
ПК-2: Способен проектировать системы электропривода и автоматизированные системы управления с использованием цифровых технологий								
Владеть:								
ПК-2-В1 способами проектирования элементов электропривода и способами проверки правильности его работы								
ПК-3: Способен эксплуатировать электромеханические системы и автоматизированные системы управления электроприводов								
Владеть:								
ПК-3-В1 возможностью оценивать техническое состояние и остаточный ресурс оборудования								

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. Цели и задачи автоматического управления							

1.1	Основные цели автоматического управления, требования к системам автоматического управления электроприводов (САУ ЭП). Обобщенная структура автоматизированного электропривода; силовой и информационный каналы, система управления электропривода, система управления электроприводом; их состав и взаимодействие. Основные функции систем автоматического управления. Разомкнутые и замкнутые системы. /Лек/	4	2	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.1Л2.1 Э1 Э2 Э3			
1.2	Расчёт пусковых сопротивлений асинхронных двигателей с фазным ротором. Системы автоматического регулирования с обратной связью по скорости /Пр/	4	4	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.1Л2.1 Э1 Э2 Э3			
	Раздел 2. Принципы построения замкнутых систем автоматического управления электроприводов							
2.1	Электрический двигатель как объект управления, управляемые координаты, типовые управляющие и возмущающие воздействия. Задачи управления. Обратные связи и их назначение. Классификация замкнутых САУ ЭП: по принципу действия, по выходным регулируемым координатам, по виду управления, по выполняемым функциям. Структуры замкнутых систем управления электроприводов: одно- и многоконтурные структуры, параллельное и подчиненное регулирование. Принципы построения и оптимизации систем подчиненного регулирования координат. /Лек/	4	2	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.1Л2.1 Э1 Э2 Э3			

2.2	Общие принципы определения передаточных функций регуляторов в системах подчиненного регулирования. Определение передаточных функций регуляторов и расчет параметров однократноинтегрирующей и двухконтурной системы подчиненного регулирования электропривода постоянного тока с обратной связью по скорости. /Пр/	4	4	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.1Л2.1 Э1 Э2 Э3	Групповое занятие		
	Раздел 3. Автоматические системы управления скоростью электроприводов							
3.1	Требования к системам управления скоростью. Двигатель постоянного тока независимого возбуждения как объект управления. Математическое описание, структурная схема, характеристики. Система тиристорный преобразователь-двигатель постоянного тока (ТП-ДПТ). Функциональная схема. Математическое описание силовой цепи. /Лек/	4	2	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.1Л2.1 Э1 Э2 Э3			

3.2	<p>Самостоятельное изучение по темам: Двухконтурная структура регулируемого тиристорного электропривода постоянного тока с обратной связью по скорости. Структурная схема силовой цепи, параметры. Оптимизация контура тока по модульному оптимуму: методика, характеристики, показатели качества регулирования. Оптимизация контура скорости по модульному и симметричному оптимуму: методика, характеристики, показатели качества регулирования. Отработка контуром скорости возмущающих воздействий при настройке на модульный и симметричный оптимумы. Влияние ЭДС двигателя на процессы в контуре тока, способы компенсации влияния ЭДС и учета внутренней обратной связи по ЭДС при настройке. Особенности построения системы автоматического управления регулируемого электропривода (САУ РЭП), связанные со свойствами тиристорного преобразователя. Статические характеристики системы ТП-ДПТ с обратной связью по скорости. /Ср/</p>	4	67	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.1Л2.1Л3. 3 Л3.6 Э1 Э2 Э3	Групповое занятие		
3.3	Проведение экзамена /Экзамен/	4	9	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1			КМ1	

3.4	Система двухзонного регулирования скорости тиристорного электропривода постоянного тока. Функциональная схема. Математическое описание цепи обмотки возбуждения двигателя, структурные схемы, параметры. Оптимизация контура тока возбуждения двигателя с ПИ- и П-регулятором. Оптимизация контура ЭДС двигателя с ПИ- И- и П-регулятором. Типовые структуры двухзонного тиристорного электропривода постоянного тока. Примеры практической реализации. /Лек/	5	2	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.1Л2.1 Э1 Э2 Э3			
3.5	Асинхронный двигателя как объект управления. Математическое описание асинхронного двигателя в векторной форме: дифференциальные уравнения, системы координат и их взаимосвязь, схемы замещения, структурные схемы. Типовые системы управления частотно-регулируемых электроприводов: системы асинхронного электропривода с частотно-параметрическим, частотно-токовым скалярным и частотно-токовым векторным регулированием скорости. /Ср/	5	20	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.1Л2.1 Э1 Э2 Э3			
3.6	Моделирование процессов в разомкнутых системах скалярного управления частотно-регулируемых асинхронных электроприводов. Моделирование процессов в замкнутых системах скалярного управления частотно-регулируемых асинхронных электроприводов с обратной связью по скорости. /Пр/	5	6	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.1Л2.1 Э1 Э2 Э3	Групповое занятие		
3.7	Выбор и расчет элементов электропривода /Лаб/	5	2	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.1Л2.1Л3.4 Л3.5 Л3.6 Э1 Э2 Э3	Групповое занятие		Р2

3.8	Системы скалярного управления асинхронного частотно-регулируемого электропривода: разомкнутые системы, в том числе с коррекцией вольт-частотной характеристики; замкнутые системы с обратной связью по току статора и компенсацией падения напряжения на активном сопротивлении обмоток статора (IR–компенсация или компенсация нагрузки); замкнутые системы с обратной связью по току статора и компенсацией падения напряжения на активном сопротивлении обмоток статора и повышением жесткости статических характеристик (IR–компенсация и компенсация скольжения); замкнутые системы с обратной связью по скорости. /Лек/	5	2	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.1Л2.1 Э1 Э2 Э3			
3.9	Исследование свойств датчика интенсивности /Лаб/	5	2	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.1Л2.1Л3.4 Э1 Э2 Э3	Групповое занятие		РЗ
3.10	Структурная схема системы автоматического управления частотно-регулируемого асинхронного электропривода с векторным управлением. Статические характеристики асинхронного электропривода с векторным управлением. Функциональные схемы систем векторного управления с датчиком обратной связи и бездатчиковых систем, качественные показатели, области практического применения. Вопросы практической реализации систем асинхронного частотно-регулируемого электропривода. /Ср/	5	5	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.1Л2.1 Э1 Э2 Э3			РЗ
	Раздел 4. Подготовка к контрольным мероприятиям и выполняемым работам							
4.1	Объем часов самостоятельной работы на подготовку к КМ /Ср/	4	27	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.1Л2.1Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5 Л3.6 Л3.7 Э1 Э2 Э3		КМ1	

4.2	Объем часов самостоятельной работы на подготовку к ВР /Ср/	4	27	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.1Л2.1Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5 Л3.6 Л3.7 Э1 Э2 Э3			Р1
	Раздел 5. Автоматические системы управления положением механизмов							
5.1	Самостоятельное изучение по темам: Принципы построения систем управления положением. Позиционирование и слежение – основные режимы работы систем управления положением. Синтез систем управления положением, работающих в режиме позиционирования. Требования к электроприводу. Структурная схема. Настройка контура положения на модульный и линейный оптимум. Методики, характеристики, качественные показатели. Виды движений, отработка электроприводом малых, средних и больших перемещений. Реализация требуемого закона перемещения, параболический регулятор положения. Синтез систем управления положением, работающих в режиме слежения. Задача следящего управления. Требования к электроприводу. Оценка точности следящего электропривода. Понятия добротности по скорости и ускорению. Методы определения добротности. Методы повышения точности при отработке управляющих воздействий: повышение порядка астатизма, комбинированное управление. Ошибки системы при основном возмущении и пути их уменьшения. Влияние особенностей механизма на работу следящего электропривода. /Ср/	5	10	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.1Л2.1 Э1 Э2 Э3			
	Раздел 6. Адаптация в автоматических системах управления электроприводов							

6.1	Самостоятельное изучение по темам: Поисковые адаптивные системы. Критерии качества, методы поиска экстремума. Область применения и особенности организации поисковых систем управления электроприводов. Перспективы развития принципов адаптивного управления в электроприводе. /Ср/	5	10	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.1Л2.1 Э1 Э2 Э3			
Раздел 7. Микропроцессорные системы управления электроприводов								
7.1	Классификация цифровых электроприводов, функциональные схемы. Особенности цифровых систем управления: квантование сигналов по времени и уровню. Расчет цифровых контуров регулирования. Особенности реализации цифрового контура положения в системах управления положением механизма, учет эффектов квантования по времени и уровню. Особенности цифровой реализации электроприводов переменного тока, учет квантования по времени и уровню. /Лек/	5	2	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.1Л2.1 Э1 Э2 Э3			
7.2	Проведение экзамена /Экзамен/	5	9	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Э1 Э2 Э3		КМ2	
Раздел 8. Подготовка к контрольным мероприятиям и выполняемым работам								
8.1	Объем часов самостоятельной работы на подготовку к КМ /Ср/	5	27	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.1Л2.1Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5 Л3.6 Л3.7 Э1 Э2 Э3		КМ2	
8.2	Объем часов самостоятельной работы на подготовку к ВР /Ср/	5	47	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.1Л2.1Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5 Л3.6 Л3.7 Э1 Э2 Э3			Р2,Р3,Р4

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 (4 курс)	ПК-2-31;ПК-3-31	<p>Вопросы к экзамену: 1. Релейно-контакторные системы управления. Защиты асинхронных электроприводов. 2. Принципы построения систем управления электроприводами. Основные понятия и определения. 3. Управление нереверсивными тиристорными электроприводами. Фазовое управление преобразователем. 4. Релейно-контакторные системы управления. Защиты синхронных электроприводов. 5. Принципы построения систем управления электроприводами. Обратные связи и их назначение. 6. Управление нереверсивными тиристорными электроприводами. Синхронизация преобразователя с сетью. 7. Релейно-контакторные системы управления. Защиты электроприводов постоянного тока. 8. Управление нереверсивными тиристорными электроприводами. Статические и динамические характеристики преобразователей. 9. Релейно-контакторные системы управления. Выбор силовых аппаратов управления. Принципы построения систем управления электроприводами. Показатели качества регулирования. 10. Управление реверсивными тиристорными электроприводами. Совместное управление группами тиристоров. Элементная схема силовой цепи. Достоинства и недостатки. 11. Принципы управления, используемые в релейно-контакторных системах управления. 12. Управление многоместными тиристорными преобразователями. 13. Управление реверсивными тиристорными электроприводами. Раздельное управление группами тиристоров. Элементная схема силовой цепи. Достоинства и недостатки. 14. Принципиальные и монтажные схемы релейно-контакторных систем управления электроприводами. Особенности, назначение, область применения. 15. Принципы построения систем управления электроприводами. Многоконтурные системы с подчиненным регулированием координат электропривода. 16. Автоматические системы управления скоростью электроприводов постоянного тока. Математическое описание электродвигателя постоянного тока. 17. Принципы построения систем управления электроприводами. Основные типы регуляторов, применяемых в системах подчиненного регулирования координат. Схемы регуляторов, параметры элементов. 18. Автоматические системы управления скоростью электроприводов постоянного тока. Структурная схема разомкнутой системы «тиристорный преобразователь – двигатель» при стабилизации потока возбуждения, Определение коэффициентов и постоянных времени. 19. Принципы построения систем управления электроприводами. Принципы оптимизации в системах подчиненного регулирования. 20. Автоматические системы управления скоростью электроприводов постоянного тока. 21. Структурная схема разомкнутой системы «тиристорный преобразователь – двигатель» при управлении потоком возбуждения. 22. Принципы построения систем управления электроприводами. Порядок синтеза контуров в системах электропривода с подчиненным регулированием. 23. Принципы построения систем управления электроприводами. Тиристорный преобразователь как динамическое звено. 24. Типовые системы регулирования электроприводов постоянного тока. Синтез контура регулирования тока. 25. Типовые системы регулирования электроприводов постоянного тока. Синтез контура регулирования тока. 26. Управление реверсивными тиристорными электроприводами. Раздельное управление группами тиристоров. Элементная схема силовой цепи. Достоинства и недостатки. 27. Типовые системы регулирования электроприводов постоянного тока. Синтез контура регулирования скорости, настроенного на модульный оптимум. 28. Релейно-контакторные системы управления. Выбор силовых аппаратов управления. 29. Типовые системы регулирования электроприводов постоянного тока. Синтез контура регулирования скорости, настроенного на симметричный оптимум. 30. Управление нереверсивными тиристорными электроприводами. Фазовое управление преобразователем. 31. Типовые системы регулирования электроприводов постоянного тока. Ограничение тока якоря в двухконтурной системе регулирования скорости. 32. Принципиальные и монтажные схемы релейно-контакторных систем управления электроприводами.</p>
-----	------------------	-----------------	--

			<p>Особенности, назначение, область применения. 33. Типовые системы регулирования электроприводов постоянного тока. Синтез систем регулирования положения. 34. Автоматические системы управления скоростью электроприводов постоянного тока. Математическое описание электродвигателя постоянного тока. 35. Типовые системы регулирования электроприводов постоянного тока. Синтез систем регулирования положения. 36. Автоматические системы управления скоростью электроприводов постоянного тока. Структурная схема разомкнутой системы «тиристорный преобразователь – двигатель» при стабилизации потока возбуждения, Определение коэффициентов и постоянных времени. 37. Управление реверсивными тиристорными электроприводами. Раздельное управление группами тиристоров. Элементная схема силовой цепи. Достоинства и недостатки. 38. Автоматические системы управления скоростью электроприводов постоянного тока. 39. Структурная схема разомкнутой системы «тиристорный преобразователь – двигатель» при управлении потоком возбуждения. 40. Принципы построения систем управления электроприводами. Показатели качества регулирования. 41. Принципы построения систем управления электроприводами. Многоконтурные системы с подчиненным регулированием координат электропривода. 42. Релейно-контакторные системы управления. Выбор силовых аппаратов управления. 43. Принципы построения систем управления электроприводами. Основные типы регуляторов, применяемых в системах подчиненного регулирования координат. Схемы регуляторов, параметры элементов. 44. Принципы построения систем управления электроприводами. Принципы оптимизации в системах подчиненного регулирования. 45. Управление реверсивными тиристорными электроприводами. Раздельное управление группами тиристоров. Элементная схема силовой цепи. Достоинства и недостатки. 46. Принципиальные и монтажные схемы релейно-контакторных систем управления электроприводами. Особенности, назначение, область применения. 47. Принципы построения систем управления электроприводами. Порядок синтеза контуров в системах электропривода с подчиненным регулированием. 48. Автоматические системы управления скоростью электроприводов постоянного тока. Математическое описание электродвигателя постоянного тока. 49. Принципы построения систем управления электроприводами. Тиристорный преобразователь как динамическое звено. 50. Управление неререверсивными тиристорными электроприводами. Фазовое управление преобразователем. 51. Автоматические системы управления скоростью электроприводов постоянного тока. Структурная схема разомкнутой системы «тиристорный преобразователь – двигатель» при стабилизации потока возбуждения, Определение коэффициентов и постоянных времени. 52. Типовые системы регулирования электроприводов постоянного тока. Синтез контура регулирования тока. 53. Автоматические системы управления скоростью электроприводов постоянного тока. 54. Структурная схема разомкнутой системы «тиристорный преобразователь – двигатель» при управлении потоком возбуждения. 55. Типовые системы регулирования электроприводов постоянного тока. Синтез контура регулирования скорости, настроенного на модульный оптимум. 56. Управление неререверсивными тиристорными электроприводами. Статические и динамические характеристики преобразователя. 57. Типовые системы регулирования электроприводов постоянного тока. Синтез контура регулирования скорости, настроенного на симметричный оптимум. 58. Типовые системы регулирования электроприводов постоянного тока. Ограничение тока якоря в двухконтурной системе регулирования скорости. 59. Управление реверсивными тиристорными электроприводами. Раздельное управление группами тиристоров. Элементная схема силовой цепи. Достоинства и недостатки. 60. Типовые системы регулирования электроприводов постоянного тока. Синтез систем регулирования положения.</p>
--	--	--	--

КМ2	Экзамен (5 курс)	ПК-2-31;ПК-3-31	<p>Вопросы к экзамену (8 семестр): 1.Функциональная схема, уравнение электромеханической статической характеристики САУЭП с отрицательной ОС по скорости двигателя. 2 Структурная схема, передаточные функции по управляющему и возмущающему воздействиям, динамические свойства САУЭП с отрицательной ОС по скорости двигателя. 3.Функциональная схема, уравнение электромеханической статической характеристики САУЭП с положительной ОС по току двигателя. 4.Структурная схема, передаточные функции по управляющему и возмущающему воздействиям, динамические свойства САУЭП с ПОС по току двигателя. 5.Функциональная схема, уравнение электромеханической статической характеристики САУЭП с отрицательной ОС по напряжению двигателя. 6.Структурная схема, передаточные функции по управляющему и возмущающему воздействиям, динамические свойства САУЭП с отрицательной ОС по напряжению двигателя. 7.Функциональная схема и уравнение электромеханической характеристики САУЭП с отрицательной ОС по напряжению и положительной ОС по току двигателя. 8.Функциональная схема и уравнение электромеханической характеристики САУЭП с отрицательной ОС по ЭДС двигателя (с тахометрическим мостом). 9.Формирование статики и динамики в замкнутых системах с помощью ОС с отсечками. 10.Оптимальный вид переходных процессов при заданных ограничениях тока, скорости, напряжения и потерь в якоре двигателя. Формирование статики и динамики в замкнутых системах с помощью ОС с отсечками. 11.Оптимальный вид управляющего напряжения при поддержании постоянства тока (момента) в динамике. 12.Функциональная схема САУЭП с ОС по скорости (напряжению) и отсечкой по току (токоограничением). 13.Статические характеристики, динамические свойства и формирование напряжения управления в статике и динамике САУЭП. 14.Функциональная и структурная схема САУЭП с "упреждающим" токоограничением. 15.Статические характеристики, формирование напряжения управления при пуске САУЭП с "упреждающим" токоограничением. 16.Определение нелинейных систем. Методы линеаризации нелинейностей: кусочно-линейная аппроксимация, гармоническая линеаризация, линеаризация "в малом", техническая линеаризация. 17.Методы линеаризации нелинейностей: гармоническая линеаризация. 18.Метод гармонического баланса. 19.Порядок синтеза САУЭП с помощью ЛАЧХ. 20.Синтез САУЭП с помощью последовательной коррекции. 21.Синтез САУЭП с помощью параллельной коррекции. 22.Принцип модального управления. 23.Структурная схема САУ ТП-Д с модальным регулятором и её математическое описание. 24.Порядок синтеза системы с модальным управлением, исходя из заданной динамики. 25.Порядок синтеза системы с модальным управлением, исходя из заданной статики. 26.Система с модальным управлением при переменных состоянии. 27.Функциональная схема, статические характеристики систем стабилизации скорости ИТ-Д с суммирующим усилителем. 28.Анализ динамических свойств систем стабилизации скорости ИТ-Д с суммирующим усилителем. 29.Функциональная схема и статические характеристики систем стабилизации мощности ИТ-Д с суммирующим усилителем. 30.Понятие оптимального переходного процесса. 31.Порядок синтеза систем с подчиненным регулированием координат. 32.Настройка контуров регулирования на технический оптимум, динамика. 33.Настройка контура регулирования на симметричный оптимум, динамические свойства такого контура. 34.Настройка контура тока в системе ТП-Д с подчиненным регулированием координат. 35.Влияние внутренней отрицательной связи по ЭДС на динамику САУЭП с подчиненным регулированием координат и меры по устранению этого явления. 36.Анализ статики и динамики систем ТП-Д с контуром скорости, настроенным на технический оптимум. 37.Анализ статики и динамики системы ТП-Д с контуром скорости, настроенным на симметричный оптимум. 38.Принцип регулируемого статизма, статические и динамические характеристики. 39.Определение позиционного (ПЭП) и следящего (СЭП) электропривода,</p>
-----	------------------	-----------------	--

			основные показатели качества. 40.Функциональная схема ПЭП и СЭП с программным управлением. Схемы измерителей рассогласования с сельсинами и копирующим прибором. 41.Три режима управления ПЭП и СЭП. Структурная схема СЭП, передаточные функции регулятора положения, скоростной подсистемы и измерителя рассогласования. 42.Структурная схема СЭП: результирующие передаточные функции; точностные показатели следящих электроприводов. 43. Квазиустановившийся режим слежения: ошибки, добротность. 44.Оптимальная по быстродействию тахограмма ПЭП. 45.Структурная схема СЭП с типовой системой управления. 46.Настройка регулятора положения.
--	--	--	--

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	Контрольная работа	ПК-2-У1;ПК-2-В1;ПК-3-У1;ПК-3-В1	Контрольная работа содержит в себе следующие пункты: 1. Имитационная модель прямого пуска асинхронного двигателя 2. Построение имитационной модели векторной системы управления асинхронным двигателем с ориентацией по потокоцеплению ротора
P2	Лабораторная работа №1 Выбор и расчет элементов электропривода	ПК-2-У1;ПК-2-В1;ПК-3-У1;ПК-3-В1	1.Основные понятия об электроприводе (блок-схема, уравнение движения электропривода). 2. Для чего применяется задатчик интенсивности ЗИ? 3. Как определить время нарастания выходного напряжения до уровня входного? 4. Статическая устойчивость электропривода 5.Поясните принципы автоматического регулирования скорости с обратными связями по напряжению, току или скорости двигателя.
P3	Лабораторная работа №2 Исследование свойств задатчика интенсивности	ПК-2-У1;ПК-2-В1;ПК-3-В1;ПК-3-У1	1.Для чего служит задатчик интенсивности? 2.Чем реализуется темп нарастания напряжения задатчика? 3.Как ограничивается уровень выходного напряжения задатчика? 4.Что такое регулятор и какие функции он выполняет в замкнутой системе управления? 5.Какие существуют схемы ограничения выходного сигнала операционного усилителя и принцип их действия? 6.Как расчетным путем определить передаточную функцию регулятора?
P4	Курсовой проект	ПК-2-У1;ПК-2-В1;ПК-3-У1;ПК-3-В1	Курсовой проект включает в себя разработку следующих разделов: 1. Исходные данные; 2. Расчёт параметров схемы замещения электродвигателя; 3. Расчёт постоянных времени двигателя; 4. Синтез векторной САР скорости; 5. Синтез скалярной САР скорости.

5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (билеты, тесты и т.п.)

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский технологический университет
«МИСиС»

Новотроицкий филиал

Кафедра ЭиЭ

БИЛЕТ № 0

Дисциплина «Системы управления электроприводов»

Направление 13.03.02

Форма обучения очная

Форма проведения экзамена письменная

1. Принципы построения систем управления электроприводами. Основные понятия и определения.

2. Типовые системы регулирования электроприводов постоянного тока. Синтез систем регулирования положения.

Составил: доцент _____ К. В. Лицин

Зав. кафедрой ЭиЭ _____ Р.Е. Мажирина

Дистанционно экзамен может проводиться в электронной среде. Экзаменационный тест содержит 30 заданий. На решение отводится 30 минут. Разрешенные попытки - одна.

Образец заданий для экзамена:

1. В критерии регулирования скорости в электроприводах не входит...

- диапазон;
 - плавность;
 - стабильность;
 - резкость.
2. Диапазон регулирования скорости в электроприводах определяется отношением максимальной скорости вращения двигателя...
- к минимальной;
 - к средней;
 - к номинальной;
 - к текущей.
3. Плавность регулирования скорости в электроприводах характеризуется...
- отношением максимальной скорости к минимальной;
 - количеством ступеней скорости внутри диапазона регулирования;
 - стабильностью работы системы при изменении нагрузки;
 - диапазоном регулирования напряжения сети.
4. Коэффициент плавности регулирования скорости в электроприводах определяется как...
- разница между синхронной скоростью двигателя и скоростью ротора;
 - отношением момента нагрузки к моменту двигателя;
 - отношением двух соседних значений скоростей;
 - разницей между двумя соседними скоростями.
5. Плавность регулирования скорости в электроприводах растёт если...
- коэффициент плавности стремится к бесконечности;
 - коэффициент плавности стремится к нулю;
 - коэффициент плавности стремится к значению синхронной скорости;
 - коэффициент плавности стремится к единице.
6. Стабильность работы на заданной скорости в электроприводах зависит от...
- жёсткости механической характеристики;
 - плавности регулирования скорости;
 - диапазона регулирования скорости;
 - пускового момента двигателя.
7. Стабильность работы на заданной скорости в электроприводах характеризуется...
- изменением скорости при заданном отклонении момента двигателя;
 - изменением скорости при заданном отклонении момента нагрузки;
 - изменением момента нагрузки при заданном отклонении скорости;
 - изменением момента двигателя при заданном отклонении скорости.
8. Виды направления регулирования скорости в электроприводах не включают в се-бя...
- двухзонное;
 - однозонное вниз;
 - трехзонное;
 - однозонное вверх.
9. Допустимая нагрузка электропривода зависит от...
- частоты тока питающей сети;
 - напряжения питания;
 - диапазона регулирования скорости;
 - нагрева электродвигателя.
10. Способ, не относящийся к способам регулирования скорости двигателей постоянного тока, называется...
- изменение частоты тока питающей сети;
 - введение добавочного сопротивления в цепь якоря;
 - изменение магнитного потока двигателя;
 - изменение подводимого к якорю двигателя напряжения.
11. Регулирование скорости двигателя постоянного тока введением добавочного со-противления в цепь якоря приводит к...
- увеличению жёсткости механической характеристики;
 - снижению жёсткости механической характеристики;
 - сохранению жёсткости на постоянном уровне;
 - повышению стабильности работы двигателя.
12. Снижение жёсткости механической характеристики двигателя постоянного тока приводит к...
- повышению стабильности работы двигателя;

- сохранению стабильности работы двигателя на постоянном уровне;
 - снижению стабильности работы двигателя;
 - неконтролируемому колебанию стабильности работы двигателя.
13. Работа двигателя постоянного тока с добавочным сопротивлением в цепи якоря является не экономичным в связи с...
- большими эксплуатационными затратами на обслуживание добавочных сопротивлений;
 - необходимостью в высоко квалифицированном обслуживающем персонале;
 - высокой стоимостью добавочных сопротивлений;
 - значительными потерями энергии на дополнительное сопротивление.
14. Ток возбуждения двигателя постоянного тока регулируется...
- с помощью реостатов или регуляторов напряжения;
 - с помощью частотных преобразователей;
 - с помощью батарей конденсаторов;
 - с помощью дросселей.
15. Ослабление магнитного потока обмотки возбуждения двигателя постоянного тока приводит к...
- уменьшению скорости двигателя;
 - увеличению скорости двигателя;
 - стабилизации скорости на одном уровне;
 - экстремному торможению двигателя.
16. В систему «генератор - двигатель», позволяющую регулировать скорость двигателя постоянного тока изменением подводимого к якорю напряжения, не входит...
- асинхронный двигатель;
 - двигатель постоянного тока;
 - асинхронный генератор;
 - генератор постоянного тока.
17. К способам регулирования скорости асинхронного двигателя не относится...
- изменение напряжения;
 - смена числа пар полюсов;
 - реостатное регулирование;
 - смена полярности на обмотке якоря.
18. Регулирование скорости введением активного сопротивления в цепь ротора асинхронного двигателя...
- возможно только для асинхронного двигателя с фазным ротором;
 - возможно для всех асинхронных двигателей;
 - возможно только для асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором;
 - не возможно.
19. Синхронная скорость асинхронного двигателя с двумя парами полюсов равна...
- 3000;
 - 1500;
 - 1000;
 - 750.
20. При увеличении числа полюсов асинхронного двигателя в 2 раза его синхронная скорость...
- уменьшается в 2 раза;
 - не меняется;
 - увеличивается в 2 раза;
 - увеличивается в 4 раза.
21. При частотном способе регулирования скорости асинхронного двигателя вместе с ростом частоты необходимо...
- повышать сопротивление обмотки статора;
 - снижать нагрузку;
 - снижать напряжение;
 - повышать напряжение.
22. При регулировании скорости асинхронного двигателя за счет изменения напряжения питающей сети момент двигателя изменяется...
- пропорционально квадрату напряжения;
 - пропорционально напряжению;
 - обратно пропорционально квадрату напряжения;
 - обратно пропорционально напряжению.
23. Наибольшая допустимая температура нагрева двигателя ограничивается...
- температурой плавления обмоток;

- термической стойкостью его изоляции;
- механической стойкостью подшипников;
- уставкой тепловой отсечки теплового реле.

24. Нагрев двигателя обусловлен рядом факторов, в которые не входит...

- потери энергии в обмотках статора и ротора;
- потери на гистерезис и вихревые токи;
- потери электроэнергии в проводах питающей линии;
- трение в подшипниках.

25. Повышение температуры электродвигателя продолжается до тех пор, пока...

- электродвигатель включен в сеть электропитания;
- электродвигатель не достигнет скорости холостого хода;
- количество теплоты, отдаваемое поверхностью электродвигателя, не станет равным количеству теплоты, выделяемому электродвигателем;
- механическая мощность электродвигателя не станет равной электрической мощности, потребляемой из сети.

26. Предельно допустимое превышение температура обмотки двигателя над температурой окружающей среды определяется разностью между предельно допустимой температурой изоляции двигателя и стандартной температурой окружающей среды, которая равна...

- 20 °С;
- 24 °С;
- 30 °С;
- 40 °С.

27. Режимы работы электроприводов обозначаются буквой...

- D;
- G;
- S;
- W.

28. Одним из основных номинальных режимов работы электропривода не являются...

- продолжительный;
- кратковременный;
- повторно-кратковременный;
- повторно-кратковременный с пусками.

29. Температуру электродвигателя считают установившейся, если в течение часа работы двигателя она увеличивается не более чем на...

- 1 °С;
- 10 °С;
- 5 °С;
- 20 °С.

30. Установившееся значение температуры электродвигателя наступает через промежуток времени равный...

- ТН;
- 4ТН;
- 2ТН;
- 10ТН.

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

При оценке результатов выполнения контрольной работы используется бинарная система, которая предусматривает следующие результаты и критерии оценивания:

Результат оценивания	Критерии оценки
«зачтено»:	Выполнены все задания домашней работы, либо допущены незначительные ошибки при выполнении.
«не зачтено»:	Студент не выполнил или выполнил неправильно задания домашней работы.

При оценке результатов выполнения лабораторной работы используется бинарная система, которая предусматривает следующие результаты и критерии оценивания:

Результат оценивания	Критерии оценки
«зачтено»:	Выполнены все задания лабораторной работы, либо допущены незначительные ошибки при выполнении.
«не зачтено»:	Студент не выполнил или выполнил неправильно задания лабораторной работы.

При проведении экзамена в письменной форме критериями оценки являются

«Отлично»:	Все вопросы билета изложены полно (в рамках программы курса или лекционного курса) и точно. Способность самостоятельно мыслить, ясно и последовательно излагать содержание ответа, умение обобщать материал, делать выводы. Правильные ответы на дополнительные (проверочные) вопросы в рамках билета. Подробное изложение основных положений ответа в Листе устного опроса.
«Хорошо»:	Все вопросы или один из них в целом раскрыты, но изложены недостаточно полно (не менее, чем на 80 – 90 %), либо в ответе содержатся неточности (в именах, хронологии, в названии термина при понимании его сути и т.д.). Наличие достаточно подробных записей в Листе устного опроса.
«Удовлетворительно»:	Изложение каждого вопроса в не менее, чем на 60 %, грубые ошибки в периодизациях, классификациях, трактовке основных понятий и т.д. Незнание одного из вопросов может быть компенсировано другим вопросом (на усмотрение преподавателя) при соответствующей записи в Листе устного опроса. Непоследовательное изложение материала, неумение делать выводы.
«Неудовлетворительно»:	Отсутствие записей в Листе устного опроса, отказ от ответа, подмена одного вопроса другим, наличие шпаргалки. Изложение вопросов менее, чем на 60 %. Незнание основных понятий и положений темы. Неспособность связно изложить материал.

При проведении экзамена в форме компьютерного тестирования критериями оценки являются:

«Отлично»:	Получение более 90 % баллов по тесту при выполнении теста за регламентированное время
«Хорошо»:	Получение от 75 до 90 % баллов по тесту при выполнении теста за регламентированное время
«Удовлетворительно»:	Получение от 50 до 75 % баллов по тесту при выполнении теста за регламентированное время
«Неудовлетворительно»:	Получение менее 50 % баллов по тесту.

Оценка результатов защиты курсового проекта осуществляется по бальной системе («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»). Курсовой проект считается выполненной успешно, если при её оценивании получена оценка не ниже «удовлетворительно».

При проведении защиты в форме устного опроса критериями оценки являются

«Отлично»:	Работа содержит грамотно изложенную расчетную базу, характеризуется отсутствием ошибок в расчетах, логичным и последовательным изложением материала в пояснительной части. При защите работы студент показывает глубокие знания вопросов темы; свободно оперирует расчетными данными; легко отвечает на поставленные вопросы.
«Хорошо»:	Работа содержит грамотно изложенную расчетную базу, характеризуется отсутствием ошибок в расчетах, логичным и последовательным изложением материала в пояснительной части. При защите работы студент показывает знания вопросов темы; без особых затруднений отвечает на поставленные вопросы.
«Удовлетворительно»:	Работа содержит расчетную базу, характеризуется наличием отдельных ошибок в расчетах. При защите студент проявляет неуверенность, показывает слабое знание вопросов темы, не дает полного, аргументированного ответа на заданные вопросы.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Симаков Г.М	Цифровые устройства и микропроцессоры в автоматизированном электроприводе : учебное пособие		Новосибирск : НГТУ, 2013

6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
--	---------------------	----------	------------	-------------------

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Буканова Т.С.	Моделирование систем управления : учебное пособие		Йошкар-Ола : ПГТУ, 2017
6.1.3. Методические разработки				
	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	М.Н. Давыдкин	Системы управления электроприводов: Методические указания к курсовому проекту		НФ НИТУ МИСиС, 2013
Л3.2	М.Н. Давыдкин	Настройка регуляторов системы подчиненного регулирования: Методические указания к лабораторной работе		НФ НИТУ МИСиС, 2013
Л3.3	М.Н. Давыдкин	Система управления электроприводами переменного тока: Методические указания к лабораторным работам		НФ НИТУ МИСиС, 2014
Л3.4	М.Н. Давыдкин	ДВУХЗОННОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПОСТОЯННОГО ТОКА: методические указания		НФ НИТУ МИСиС, 2013
Л3.5	Давыдкин М.Н.	Исследование синхронного следящего электропривода: методические указания		Новотроицк: НФ НИТУ МИСиС, 2013
Л3.6	Алиев М. Т. , Буканова Т. С.	Микропроцессоры и микропроцессорные системы управления. 8-разрядные процессоры семейства AVR: лабораторный практикум		Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2016
Л3.7	Белый А.В.	Системы управления электроприводов: Методические указания для выполнения курсовой работы		, 2016
6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»				
Э1	Российская научная электронная библиотека		www.elibrary.ru	
Э2	НФ НИТУ МИСИС		www.nf.misis.ru	
Э3	КиберЛенинка		https://cyberleninka.ru/	
6.3 Перечень программного обеспечения				
П.1	Mathcad 14.0 University Classroom Perpetual			
П.2	Micro-Cap 12			
П.3	Microsoft Teams			
П.4	MATLAB & Simulink			
6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных				
И.1	https://online-electric.ru/ - Онлайн-Электрик			
И.2	https://new.fips.ru/ - Федеральный институт промышленной собственности			
И.3	http://window.edu.ru - Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам»			
И.4	http://electricalschool.info/electronica/994-analogovaja-i-cifrovaja-jelektronika.html - Школа для электриков			
7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ				
	Ауд.	Назначение	Вид	Оснащение

139	Учебная лаборатория (компьютерный класс) Кабинет курсового и дипломного проектирования, самостоятельной работы обучающихся	Ср	1 шт. - Экран Lumien Eco Picture 200x200 см; 1 шт. - Веб камера Logitech; 1 шт. - Проектор EPSON EB E-10; 1 шт. - Системный блок NORBELi5; 1 шт. - Монитор LCD Acer; 12 шт. - Компьютер в сборе; 1 шт. - Коммутатор D-Link 16порт; 12 шт. - Компьютерный стол; 7 шт. - Стол лабораторный; 12 шт. - Кресло компьютерное; 12 шт. - Рулонные шторы; 1 шт. - Сплит система; 8 шт. - Стул; 1 шт. - Доска ученическая.
-----	--	----	---

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 (работа в электронной информационно-образовательной среде НИТУ «МИСИС» (ЭИОС) и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности. Возможно проведение синхронной работы со студентами с использованием Microsoft Teams или Zoom. Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине на практических, лабораторных занятиях.