

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
СТАРООСКОЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. А.А. УГАРОВА
(филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования
«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»
СТИ НИТУ «МИСИС»

Рабочая программа утверждена
решением Ученого совета
СТИ НИТУ «МИСИС»
от «23» июня 2026 г.
протокол № 38

Рабочая программа дисциплины

Электрические машины и привод

Закреплена за кафедрой	<u>Кафедра автоматизированных и информационных систем управления</u> <u>им. Ю.И. Ерёмченко</u>
Направление подготовки	15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств
Профиль	Автоматизация технологических процессов и производств (горно-металлургическое производство)
Квалификация	<u>Бакалавр</u>
Форма обучения	<u>Очная</u>
Общая трудоемкость	5 ЗЕТ

Часов по учебному плану	<u>180</u>
в том числе:	
аудиторные занятия	<u>51</u>
самостоятельная работа	<u>84</u>
контроль	<u>45</u>

Формы контроля в семестрах:
экзамен 5

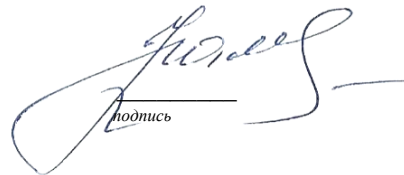
Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр Вид занятий	5		Итого	
	УП	РП	УП	РП
Лекции	17	17	17	17
Лабораторные	34	34	34	34
Контактная работа	51	51	51	51
Сам. работа	84	84	84	84
Часы на контроль	45	45	45	45
Итого:	180	180	180	180

Год набора 2026

Программу составил:
доцент каф. АИСУ им. Ю.И. Ерёменко, кандидат
педагогических наук, доцент Гамбург Клавдия
Соломоновна

Должность, уч. ст., уч. зв. ФИО полностью


подпись

Рабочая программа дисциплины

Электрические машины и привод

наименование

Разработана в соответствии с ОС ВО НИТУ МИСИС:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» по направлению подготовки
15.03.04 АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ (приказ от 25.11.2021 г.
№ 465 о.в.)

Составлена на основании учебного плана 2026 года набора:

15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств. Профиль Автоматизация
технологических процессов и производств (горно-металлургическое производство), утвержденного
Ученым советом СТИ НИТУ «МИСИС» **23.06.2026 г., протокол № 38.**

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

Автоматизированные и информационные системы управления им. Ю.И. Ерёменко

Протокол от **«22» июня 2026 г.** № 6.

И. о. зав. кафедрой АИСУ им. Ю.И.
Ерёменко


подпись

Д.А.Полещенко

«22» июня 2026 г.

Руководитель ОПОП ВО
И. о. зав. кафедрой АИСУ им. Ю.И.
Ерёменко, кандидат технических наук,
доцент


подпись

Д.А.Полещенко

«22» июня 2026 г.

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ	
Цель дисциплины – формирование у обучающихся знаний, умений и навыков в области эксплуатации, проектирования и испытания электрических машин и приводов на их основе, необходимых для понимания роли электромеханических преобразователей и трансформаторов в современном автоматизированном производстве.	
Задачи дисциплины: получение обучающимися основных знаний в области эксплуатации, проектирования и испытания электрических машин и приводов на их основе для решения практических задач.	

2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	
Цикл (раздел) ОП:	Б1.В. ДВ
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:
2.1.1	Математика
2.1.2	Физика
2.1.3	Информатика
2.1.4	Материалы электронной техники
2.1.5	Электротехника
2.2	Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее:
2.2.1	Электрооборудование промышленных предприятий
2.2.2	Технологические объекты автоматизации

3. ИНДИКАТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ, СОВМЕЩЕННЫЕ С РЕЗУЛЬТАТАМИ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ	
УК-1:Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, умение анализировать процессы и системы с использованием соответствующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов, применять системный подход для решения поставленных задач	
Знать:	УК-1-31 параметры электрических машин, других устройств, входящих в силовую часть электроприводов
ОПК-11: Способен проводить научные эксперименты с использованием современного исследовательского оборудования и приборов, оценивать результаты исследований	
Уметь:	ОПК-11-У1 эксплуатировать электрические машины; снимать механические, электромеханические, рабочие характеристики; проводить испытания электрических машин, определять параметры различных режимов работы, характеристики машин.
ПК-1:Способность: применять методы и средства измерения эксплуатационных характеристик, контроля технического состояния и диагностики средств и систем автоматизации; настройки и обслуживания системного, инструментального и прикладного программного обеспечения данных средств и систем; составлять и оформлять типовую техническую документацию; выполнять работы по наладке, настройке, регулировке, опытной проверке, регламентному техническому, эксплуатационному обслуживанию оборудования, средств и систем автоматизации, средств и систем специального программного обеспечения; Готовность: участвовать в приемке, внедрении, освоении, испытаниях, ремонте, диагностике средств и систем автоматизации и их технического оснащения; составлять заявки на оборудование и запасные части и подготавливать техническую документацию на ремонт.	
Знать:	ПК-1-31 справочную, нормативную базы данных, стандарты и регламенты, методическую литературу в области электрических машин и привода на их основе; ПК-1-32 методы анализа, обработки информации эксплуатационных исследований электрических машин.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ						
Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр	Количество часов	Компетенции	Литература и электронные ресурсы	Примечание
	Раздел 1. Общие вопросы					
1.1	Общие вопросы электромеханического и электрического преобразования энергии. Физические законы, лежащие в основе преобразования электрической и механической энергии. Области применения электромеханического преобразования энергии. Общие понятия об электрических машинах.	5	1	УК-1-31 ПК-1-31 ПК-1-32	Л1.1 Л.1.2 Л.1.3 Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л.3.1 Л.3.2 Л.3.3	

	Классификации электрических машин. /Лек/				Э1, Э2	
1.2	Проработка лекционного материала. Самостоятельное изучение литературы. /Ср/	5	10	УК-1-31 ПК-1-31, ПК-1-32	Л1.1 Л.1.2 Л.1.3 Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л.3.1 Л.3.2 Л.3.3 Э1, Э2	
	Раздел 2. Трансформаторы	5				
2.1	Классификации трансформаторов. Однофазный трансформатор. Конструкция, принцип действия однофазного трансформатора. Характеристики и параметры трансформатора. Режимы работы и опыты. Трёхфазный трансформатор. Схемы и группы соединения обмоток. Специальные трансформаторы. /Лек/	5	2	УК-1-31 ПК-1-31, ПК-1-32	Л1.1 Л.1.2 Л.1.3 Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л.3.1 Л.3.2 Л.3.3 Э1, Э2	
2.2	Исследование однофазного двухобмоточного трансформатора /Лр/	5	5	ОПК-11	Л1.1 Л.1.2 Л.1.3 Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л.3.1 Л.3.2 Л.3.3 Э1, Э2	Лаборатория электрических машин и привода 1/520
2.3	Проработка лекционного материала. Самостоятельное изучение литературы. Подготовка к лабораторной работе. Выполнение отчета и защита лабораторной работы. /Ср/	5	10	УК-1-31 ПК-1-31, ПК-1-32 ОПК-11	Л1.1 Л.1.2 Л.1.3 Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л.3.1 Л.3.2 Л.3.3 Э1, Э2	
	Раздел 3. Коллекторные машины. Электрические машины постоянного тока.	5				
3.1	Классификация машин постоянного тока (МПТ). Конструкция машин постоянного тока, особенности, схемы включения обмоток возбуждения. Принцип действия генератора. Самовозбуждение ГПТ. Основные характеристики и параметры ГПТ. Двигатели постоянного тока (ДПТ). Принцип действия. Механические, электромеханические, рабочие характеристики. Схемы замещения. Расчёт параметров. Пуск, регулирование скорости вращения, торможение ДПТ. Реакция якоря в МПТ. Коммутация в МПТ /Лек/	5	2	УК-1-31 ПК-1-31, ПК-1-32	Л.1.2 Л.1.3 Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л.3.1 Л.3.2 Л.3.3 Э1, Э2	
3.2	Исследование генератора постоянного тока с независимым возбуждением (ГПТНВ) /Лр/	5	5	ОПК-11	Л1.1 Л.1.2 Л.1.3 Л2.1 Л2.2 Л2.3	Лаборатория электрических машин и привода 1/520

					Л.3.1 Л.3.2 Л.3.3 Э1, Э2	
3.3	Проработка лекционного материала. Самостоятельное изучение литературы. /С/р/	5	7	УК-1-31 ПК-1-31 ПК-1-32 ОПК-11	Л1.1 Л.1.2 Л.1.3 Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л.3.1 Л.3.2 Л.3.3 Э1, Э2	
	Раздел 4. Бесколлекторные машины. Электрические машины переменного тока.	5				
4.1	Классификация машин переменного тока. Конструкция статора. Асинхронные двигатели (АД). Понятие о скольжении. Принцип действия АД. Основные характеристики. Пуск, регулирование скорости вращения, торможение АД. /Лек/	5	2	УК-1-31 ПК-1-31 ПК-1-32	Л1.1 Л.1.2 Л.1.3 Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л.3.1 Л.3.2 Л.3.3 Э1, Э2	
4.2	Исследование способов регулирования скорости вращения асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором. /Лр/	5	5	ОПК-11	Л1.1 Л.1.2 Л.1.3 Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л.3.1 Л.3.2 Л.3.3 Э1, Э2	Лаборатория электрических машин и привода 1/520
4.3	Синхронные машины. Классификация синхронных машин (СМ). Конструкция СМ. Синхронный генератор (СГ). Основные характеристики СГ. Реакция якоря. Векторные диаграммы СМ. /Лек/	5	2	УК-1-31 ПК-1-31 ПК-1-32	Л1.1 Л.1.2 Л.1.3 Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л.3.1 Л.3.2 Л.3.3 Э1, Э2	
4.4	Синхронные двигатели (СД). Особенности конструкции СД. Основные характеристики СД. Пуск, регулирование скорости вращения, торможение СД. Синхронный компенсатор. /Лек/	5	1	УК-1-31 ПК-1-31 ПК-1-32	Л1.1 Л.1.2 Л.1.3 Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л.3.1 Л.3.2 Л.3.3 Э1, Э2	
4.5	Исследование синхронного генератора /Лр/	5	4	ОПК-11	Л1.1 Л.1.2 Л.1.3 Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л.3.1 Л.3.2 Л.3.3 Э1, Э2	Лаборатория электрических машин и привода 1/520
4.6	Проработка лекционного материала. Самостоятельное изучение литературы.	5	20	УК-1-31 ПК-1-31	Л1.1 Л.1.2	

	Подготовка к лабораторным работам. Оформление и защита лабораторной работы /Ср/			ПК-1-32 ОПК-11	Л.1.3 Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л.3.1 Л.3.2 Л.3.3 Э1, Э2	
	Раздел 5. Машины постоянного и переменного тока специального применения и малых мощностей	5				
5.1	Вентильные двигатели постоянного тока. Исполнительные ДПТ, униполярные машины. Тахогенераторы. Асинхронные машины синхронной связи, линейные и исполнительные двигатели. Синхронные машины с постоянными магнитами, реактивные двигатели, гистерезисные, шаговые двигатели. Машины малых мощностей и микромашины /Лек/	5	1	УК-1-31 ПК-1-31 ПК-1-32	Л1.1 Л.1.2 Л.1.3 Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л.3.1 Л.3.2 Л.3.3 Э1, Э2	
	Проработка лекционного материала. Самостоятельное изучение литературы. /Ср/	5	10	УК-1-31 ПК-1-31 ПК-1-32 ОПК-11	Л 1.1 Л 1.2 Л 1.3 Л 2.1 Л 2.2 Л 2.3 Л 3.1 Л 3.2	
	Раздел 6. Общая характеристика автоматизированного электропривода	5				
6.1	Классификация электрических преобразовательных устройств в электроприводе. Основные уравнения электропривода /Лек/	5	2	УК-1-31 ПК-1-31 ПК-1-32	Л1.1 Л.1.2 Л.1.3 Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л.3.1 Л.3.2 Л.3.3 Э1, Э2	
6.2	Проработка лекционного материала. Самостоятельное изучение литературы. /Ср/	5	10	УК-1-31 ПК-1-31 ПК-1-32 ОПК-11	Л1.1 Л.1.2 Л.1.3 Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л.3.1 Л.3.2 Л.3.3 Э1, Э2	
	Раздел 7. Системы автоматического регулирования по системе ТП-Д	5				
7.1	Существующие способы регулирования двигателей постоянного тока в зависимости от способов соединения ОЯ с ОВ и требований технологии /Лек/	5	2	УК-1-31 ПК-1-31 ПК-1-32	Л1.1 Л.1.2 Л.1.3 Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л.3.1 Л.3.2 Л.3.3 Э1, Э2	
7.2	Исследование способов регулирования скорости двигателей постоянного тока с независимым возбуждением ДПТНВ /Лр/	5	5	ОПК-11	Л1.1 Л.1.2 Л.1.3 Л2.1 Л2.2	Лаборатория электрических машин и привода 1/520

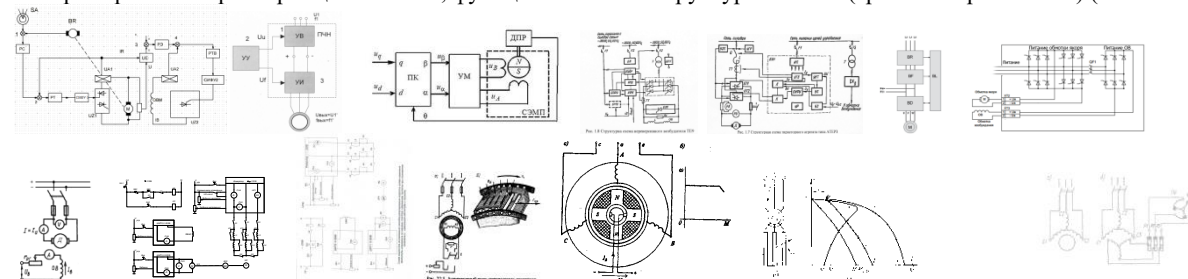
					Л2.3 Л.3.1 Л.3.2 Л.3.3 Э1, Э2	
7.3	Проработка лекционного материала. Самостоятельное изучение литературы. Подготовка к лабораторным работам. Оформление и защита лабораторной работы /Ср/	5	7	УК-1-31 ПК-1-31 ПК-1-32 ОПК-11	Л1.1 Л.1.2 Л.1.3 Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л.3.1 Л.3.2 Л.3.3 Э1, Э2	
	Раздел 8. Регулирование скорости вращения ротора в машинах переменного тока	5				
8.1	Обзор существующих способов регулирования скорости вращения ротора. Частотное регулирование. /Лек/	5	2	УК-1-31 ПК-1-31 ПК-1-32	Л1.1 Л.1.2 Л.1.3 Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л.3.1 Л.3.2 Л.3.3 Э1, Э2	
8.2	Частотное регулирование скорости ротора АДК и СД /Лр/	5	10	ОПК-11	Л1.1 Л.1.2 Л.1.3 Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л.3.1 Л.3.2 Л.3.3 Э1, Э2	Лаборатория электрических машин и привода 1/520
8.3	Проработка лекционного материала. Самостоятельное изучение литературы. Подготовка к лабораторным работам. Оформление и защита лабораторной работы /Ср/	5	7	УК-1-31 ПК-1-31, ПК-1-32 ОПК-11	Л1.1 Л.1.2 Л.1.3 Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л.3.1 Л.3.2 Л.3.3 Э1, Э2	
8.4	Подготовка к защите домашнего задания /Ср/	5	4	УК-1-31 ПК-1-31, ПК-1-32 ОПК-11	Л1.1 Л.1.2 Л.1.3 Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л.3.1 Л.3.2 Л.3.3 Э1, Э2	
	Часы на контроль/Контроль/	5	45	УК-1-31 ПК-1-31, ПК-1-32 ОПК-11	Л1.1 Л.1.2 Л.1.3 Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л.3.1 Л.3.2 Л.3.3 Э1, Э2	

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

5.1. Вопросы для самостоятельной подготовки к экзамену

1. Классификация электрических машин, их преимущества, направления развития. Номинальные параметры. (УК-1-31, ПК-1-31, ПК-1-32)
2. Принцип действия трансформатора, устройство, преобразование параметров. (УК-1-31, ПК-1-31, ПК-1-32)
3. Опыты холостого хода и короткого замыкания трансформатора: схемы замещения и определяемые параметры. (УК-1-31, ПК-1-31, ПК-1-32)
4. Работа трансформатора под нагрузкой. Уравнение токов. Уравнение электрического равновесия токов и напряжений обмоток трансформатора. (УК-1-31, ПК-1-31, ПК-1-32,)
5. Электрическая схема замещения трансформатора. Приведенный трансформатор. (УК-1-31, ПК-1-31, ПК-1-32,)
6. Векторная диаграмма однофазного трансформатора при RL-нагрузке и RC-нагрузке (аналитические зависимости и порядок построения). (УК-1-31, ПК-1-31, ПК-1-32)
7. Потери мощности и КПД трансформатора. Оптимальная нагрузка трансформатора. (УК-1-31, ПК-1-31, ПК-1-32,)
8. Внешняя характеристика трансформатора. (УК-1-31, ПК-1-31, ПК-1-32)
9. Трёхфазный трансформатор: конструкция, (маркировка выводов обмоток), основные схемы включения обмоток и группы соединений. (УК-1-31, ПК-1-31, ПК-1-32)
10. Параллельная работа трансформаторов (условия включения на параллельную работу). (УК-1-31, ПК-1-31, ПК-1-32)
11. Сварочный трансформатор. Способы регулирования сварочного тока. (УК-1-31, ПК-1-31, ПК-1-32)
12. Автотрансформаторы. Измерительные трансформаторы тока и напряжения. ((УК-1-31, ПК-1-31, ПК-1-32)
13. Устройство машин постоянного тока. Назначение конструктивных элементов. ((УК-1-31, ПК-1-31, ПК-1-32,)
14. Принцип действия машин постоянного тока. ЭДС и электромагнитный момент машин. ((УК-1-31, ПК-1-31, ПК-1-32)
15. Процесс самовозбуждения машин постоянного тока: принципы самовозбуждения. (УК-1-31, ПК-1-31, ПК-1-32)
16. Расчет магнитной цепи машины постоянного тока. (УК-1-31, ПК-1-31, ПК-1-32)
17. Коммутация в машинах постоянного тока. Способы улучшения коммутации. Реакция якоря (УК-1-31, ПК-1-31, ПК-1-32)
18. Характеристики генераторов постоянного тока. ((УК-1-31, ПК-1-31, ПК-1-32)
19. Внешние характеристики генераторов различных способов возбуждения. (УК-1-31, ПК-1-31, ПК-1-32)
20. Двигатели постоянного тока независимого и параллельного возбуждения: схемы включения, механической характеристики (УК-1-31, ПК-1-31, ПК-1-32)
21. Регулирование угловой скорости вращения двигателей постоянного тока независимого возбуждения. Механические характеристики регулирования. (УК-1-31, ПК-1-31, ПК-1-32)
22. Пуск двигателей постоянного тока. Особенности пуска двигателей различных схем соединения. (УК-1-31, ПК-1-31, ПК-1-32)
23. Двигатели постоянного тока последовательного и смешанного возбуждения: схемы соединения, механические характеристики, особенности. (УК-1-31, ПК-1-31, ПК-1-32)
24. Тормозные режимы двигателей постоянного тока Тормозные механические характеристики. (УК-1-31, ПК-1-31)
25. Потери и КПД машин постоянного тока. (УК-1-31, ПК-1-31, ПК-1-32)
26. Саморегулирование двигателей постоянного тока. (УК-1-31, ПК-1-31, ПК-1-32)
27. Механические характеристики двигателей постоянного тока. Уравнение механической характеристики. (УК-1-31, ПК-1-31, ПК-1-32)
28. Бесколлекторные машины переменного тока. (УК-1-31, ПК-1-31, ПК-1-32)
29. Устройство трёхфазного асинхронного двигателя, назначение конструктивных элементов. (УК-1-31, ПК-1-31, ПК-1-32)
30. Принцип действия асинхронного двигателя. Скольжение. (УК-1-31, ПК-1-31, ПК-1-32)
31. Работа асинхронного двигателя при вращающемся роторе. (УК-1-31, ПК-1-31, ПК-1-32)
32. Электрическая схема замещения трехфазного асинхронного двигателя при вращающемся роторе. (УК-1-31, ПК-1-31, ПК-1-32)
33. ЭДС обмотки трехфазного асинхронного двигателя. (УК-1-31, ПК-1-31, ПК-1-32)
34. Энергетическая диаграмма асинхронного двигателя. Потери и КПД асинхронного двигателя. (УК-1-31, ПК-1-31, ПК-1-32)
35. Механические характеристики трехфазного асинхронного двигателя (УК-1-31, ПК-1-31, ПК-1-32)
36. Пусковые свойства асинхронного двигателя с КЗ и фазным ротором. (УК-1-31, ПК-1-31, ПК-1-32)
37. Рабочие характеристики трехфазного асинхронного двигателя. (УК-1-31, ПК-1-31, ПК-1-32)
38. Регулирование скорости вращения трехфазного асинхронного двигателя. (УК-1-31, ПК-1-31, ПК-1-32)
39. Тормозные режимы асинхронного двигателя. (УК-1-31, ПК-1-31, ПК-1-32)
40. Основные свойства трехфазного асинхронного двигателя. (УК-1-31, ПК-1-31, ПК-1-32)
41. Работа трехфазного асинхронного двигателя при вращающемся и заторможенном роторе. (УК-1-31, ПК-1-31)
42. Однофазный асинхронный двигатель. Механическая характеристика. (УК-1-31, ПК-1-31, ПК-1-32)
43. Вращающееся и пульсирующее магнитное поле и его МДС. (УК-1-31, ПК-1-31, ПК-1-32)
44. Устройство синхронных машин, назначение конструктивных элементов. (УК-1-31, ПК-1-31, ПК-1-32)
45. Способы возбуждения синхронных машин. (УК-1-31, ПК-1-31, ПК-1-32, ПК-5.2-31, ПК-5.8-31)
46. Реакция якоря синхронных машин. (УК-1-31, ПК-1-31, ПК-1-32, ПК-5.2-31, ПК-5.8-31)
47. Характеристики синхронного генератора. (УК-1-31, ПК-1-31, ПК-1-32, ПК-5.2-31, ПК-5.8-31)
48. Векторные диаграммы явнополюсного и неявнополюсного синхронного генератора. (УК-1-31, ПК-1-31, ПК-1-32)
49. Параллельная работа синхронного генератора. (УК-1-31, ПК-1-31, ПК-1-32)
50. Угловые характеристики синхронного генератора и синхронного двигателя. (УК-1-31, ПК-1-31, ПК-1-32)

51. У-образные характеристики синхронных машин. (УК-1-31, ПК-1-31, ПК-1-32, ПК-5.2-31, ПК-5.8-31)
52. Способы пуска синхронных двигателей. (УК-1-31, ПК-1-31, ПК-1-32)
53. Рабочие и механические характеристики синхронного двигателя. (УК-1-31, ПК-1-31, ПК-1-32)
54. Преимущества и недостатки синхронных двигателей (УК-1-31, ПК-1-31, ПК-1-32)
55. Синхронный компенсатор: назначение, особенности конструкции, векторные диаграммы. (УК-1-31, ПК-1-31, ПК-1-32)
56. Регулирование скорости вращения синхронных двигателей. (УК-1-31, ПК-1-31, ПК-1-32)
57. Двигатели постоянного тока малой мощности. (УК-1-31, ПК-1-31, ПК-1-32)
58. Микромашины. (УК-1-31, ПК-1-31, ПК-1-32)
59. Универсальный коллекторный двигатель. (УК-1-31, ПК-1-31, ПК-1-32)
60. Исполнительный двигатель постоянного тока. (УК-1-31, ПК-1-31, ПК-1-32)
61. Принцип действия гистерезисного двигателя. (УК-1-31, ПК-1-31, ПК-1-32)
62. Индукторная синхронная машина. Устройство и принцип действия (УК-1-31, ПК-1-31, ПК-1-32)
63. Шаговый двигатель. (УК-1-31, ПК-1-31, ПК-1-32)
64. Основные уравнения электропривода. (УК-1-31, ПК-1-31, ПК-1-32)
65. Основные понятия об автоматизированном электроприводе. (УК-1-31, ПК-1-31, ПК-1-32)
66. Область применения автоматизированного электропривода. (УК-1-31, ПК-1-31, ПК-1-32)
67. Электромеханические свойства сложных систем АЭП. (УК-1-31, ПК-1-31, ПК-1-32)
68. Примеры некоторых принципиальных, функциональных и структурных схем (третий вопрос билета) (ПК-1-У1)



5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине

По дисциплине предусмотрено: выполнение и защита одного домашнего задания [Л3.1]; выполнение и защита лабораторных работ [Л 3.2] .

Лабораторные работы:

1. Исследование однофазного двухобмоточного трансформатора (ОПК-11, ПК-1-У1) [Л 3.2]
2. Исследование машины постоянного тока с независимым возбуждением (МПТНВ) (ОПК-11, ПК-1-У1) [Л 3.2]
3. Исследование способов регулирования скорости асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором (ОПК-11, ПК-1-У1) [Л 3.2]
4. Исследование синхронного генератора. (ОПК-11, ПК-1-У1) [Л 3.2]

Домашнее задание по индивидуальным вариантам на тему: «Расчёт и выбор силовой части АЭП». (УК-1-31, ПК-1-31, ПК-1-32, ОПК-11, ПК-1-У1, ОПК-11, ПК-1-У1) [Л 3.1].

Перечень вопросов для защиты лабораторных работ (ОПК-11, ПК-1-У1) [Л 3.2]

Лабораторная работа 1.

1. Устройство и принцип действия однофазного трансформатора.
2. Опыт х.х. и определяемые параметры.
3. Опыт короткого замыкания и определяемые параметры.
4. Внешняя характеристика трансформатора
5. Потери и КПД трансформатора.
6. Векторная диаграмма и аналитические зависимости для её построения.
7. Схема замещения трансформатора.
8. Связь ЭДС и магнитного потока трансформатора.
9. Что такое приведенный трансформатор?
10. Закон полного тока для трансформатора.
11. Уравнение электрического равновесия трансформатора.
12. Уравнения МДС и токов однофазного трансформатора.
13. Как определить начала и концы обмоток трансформатора?
14. Схемы и группы соединений обмоток трансформатора.
15. Как определяются приведенные параметры вторичной обмотки?
16. Способы охлаждения трансформаторов.

17. Каков результат включения трансформатора в сеть постоянного напряжения?
18. Конструктивное отличие обмоток высокого и низкого напряжений, обозначения их выводов.
19. Какими потерями пренебрегают при опытах короткого замыкания и холостого хода и почему?
20. Какое назначение измерительных трансформаторов?
21. Как определить опытным путём напряжение короткого замыкания?
22. Почему в технической характеристике трансформатора указывается полная номинальная мощность?
23. Какими параметрами определяется качество трансформаторного масла?
24. Как изменится магнитный поток трансформатора при уменьшении нагрузки, сечения магнитопровода, частоты питающей сети, индукции стали?
25. Как изменится ток холостого хода трансформатора при условиях п.24?
26. Регулирование напряжения трансформаторов (принципы РБВ и РПН).
27. Трансформаторы специального назначения.
28. Условия включения трансформаторов на параллельную работу.
29. Какие преимущества трёхобмоточного трансформатора?
30. Как регулируют ток сварочных трансформаторов?

Лабораторная работа 2.

1. Какую роль играет ОВ в ДПТ?
2. Виды соединения ОВ с ОЯ?
3. Какие виды потерь возникают из-за щёточно-коллекторного узла?
4. Что является основным конструктивным недостатком ДПТ?
5. Во сколько раз пусковой ток в ДПТ больше тока номинального?
6. Какой из режимов работы машины постоянного тока с последовательным соединением ОВ не существует?
7. Что создают полюса постоянных магнитов, расположенные на статоре ДПТ?
8. Какой способ соединения ОЯ с ОВ обеспечивает максимальный КПД?
9. Что такое механическая характеристика МПТ?
10. В реальных условиях при работе двигателей вхолостую ($M = 0$) в обмотке якоря существует небольшой ток холостого хода I_{xx} . Чем он обусловлен?
11. Какое уравнение описывает механическую характеристику МПТ?
12. Какое уравнение описывает электромеханическую характеристику МПТ?
13. Напишите уравнение жёсткости. Что геометрически означает жесткость характеристики?
14. Как меняется скорость вращения вала двигателя при уменьшении напряжения питающей сети?
15. В какой зоне изменение питающего напряжения позволяет регулировать скорость вращения вала ДПТ?:
16. За счёт чего реализуется регулирование скорости ДПТ магнитным потоком?
17. При регулировании скорости ДПТ магнитным потоком, электромагнитный момент двигателя будет уменьшаться, а мощность?
18. При каком способе регулирования скорости ДПТ мощность уменьшается пропорционально уменьшению скорости вращения ω ?
19. Почему не допускается уменьшение магнитного потока в 2-3 раза?
20. Назовите режимы работы машин постоянного тока.

Лабораторная работа 3.

1. Устройство статора и ротора АД и принцип его работы.
2. Частота вращения магнитного поля и способы её регулирования. Как влияет на неё частота сети?
3. Что называется скольжением АД? Пояснить соответствующую формулу. Область изменения скольжения асинхронной машины:
 - а) в двигательном режиме;
 - б) в режиме электромагнитного торможения;
 - в) генераторном режиме.
4. Почему в момент пуска ток в двигателе во много раз больше номинального? Какие нежелательные явления возникают в сети при протекании по ней больших пусковых токов?
5. Проанализировать кривую $n(M)$ и пояснить процесс пуска АД. Указать на графике критический, пусковой и номинальный моменты.
6. Для каких целей в асинхронном электродвигателе с двойной беличьей клеткой наружную клетку выполняют из стержней с малой площадью поперечного сечения?
7. Пояснить способ уменьшения пускового тока двигателя при переключении обмоток статора с «треугольника» на «звезду». Преимущества этого способа, учитывая изменения тока, мощности и момента.
8. Как используются активные и реактивные сопротивления для улучшения пускового режима двигателя?
9. Для каких целей у асинхронного двигателя применяют ротор с глубокими пазами?
10. Как влияет скольжение на ЭДС и частоту тока, потери ротора?
11. Как определить потери в стали при известных: P_{2H} , P_n , η_H ?
12. Каков физический смысл электрического эквивалента механической нагрузки?
13. Сравните ток Х.Х. АД и трансформатора одинаковой мощности.
14. Пояснить процесс нагрузки АД по его СЛС.
15. Какие преимущества тиристорного индукционно – динамического торможения АД.
16. Координаты характерных точек механической характеристики АД.
17. Определите синхронную и номинальную частоты вращения АД типа 4А180Л8У3 при $s_n=2,5\%$.
18. Определите частоту тока ротора АД по условиям П.17.
19. Почему в суммарных потерях не учитываем магнитные потери ротора?
20. Как изменится $M_{пуск}$ и ток I_1 при переключении обмоток статора с Δ на Y ?
21. Принципиальная электрическая схема стенда исследования АД.

22. Приведите рабочие характеристики асинхронного двигателя с к.з. ротором.
23. Приведите регулировочные механические характеристики асинхронного двигателя.
24. Устройство и назначение сельсинов.
25. Как получить пусковой момент в однофазном двигателе?
26. Какая величина скольжения АД при торможении противоток включением?
27. Как определить электромагнитную мощность АД ?
28. Используя СЛС асинхронного двигателя, объясните процесс нагрузки и саморегулирования.
29. Почему при частотном регулировании частоты вращения АД одновременно с частотой тока необходимо изменять напряжение?
30. Закон полного тока для магнитной цепи АД.
31. Как обеспечить номинальные параметры режима работы АД?
32. На каком участке магнитной цепи АД его МДС наибольшая?
33. Какие бывают типы обмоток статора АД?
34. Какие параметры необходимы для построения развёрнутой схемы трёхфазной двухслойной обмотки статора?
35. Какое влияние обмоточного коэффициента на ЭДС статора?
36. Как определяется шаг обмотки статора?
37. Как защитить АД от аварийных режимов работы?
38. Что определяет магнитная характеристика АД?
39. Как можно увеличить критическое скольжение АД с к.з. ротором?
40. Как переходить из двигательного режима в тормозные режимы работы АД?
41. Какие значения $\cos\phi$ и КПД при холостом ходе асинхронного двигателя?
42. Как определяется величина момента нагрузки АД опытным путем?
43. Определить момент нагрузки для АД с паспортными данными П.17 при частоте вращения 720 об/мин. (считая механическую характеристику на данном участке линейной).
44. Какие условия необходимы для получения в расточке статора кругового вращающегося магнитного поля?
45. Почему регулирование частоты вращения изменением скольжения осуществляется при постоянном моменте нагрузки?
46. Как изменится частота тока ротора при увеличении нагрузки?

Лабораторная работа 4.

1. Конструктивные особенности СД.
2. Принцип действия СД.
3. Особенности пуска и регулирования СД.
4. Как влияет ток возбуждения СД на $\cos\phi$.
5. Как зависит электромагнитный момент СД от угла θ ?
6. Приведите схемы возбуждения СД.
7. В чём отличие СД от синхронного компенсатора?
8. Потери энергии в СД.
9. Явление реакции якоря.
10. Способы повышения $\cos\phi$ в электрических сетях.
11. Конструктивные отличия СД с неявнополюсным индуктором от АД с фазным ротором.
12. Векторные диаграммы СД.
13. Физический смысл коэффициента мощности и способы его повышения.
14. Почему СД нуждается в специальных способах пуска.
15. Преимущества и недостатки СД по сравнению с АД.
16. Способы регулирования скорости СД.
17. Отличие угловых характеристик явно и неявнополюсных СД.
18. Поясните процесс нагрузки и саморегулирования СД с помощью его СЛС
19. Чем определяется мощность СД?
20. Чем определяется угол $\theta_{кр}$? Его физический смысл?
21. Приведите принципиальную электрическую схему включения синхронного двигателя в работу.

Пример задания для выполнения домашнего задания

Тема: «Расчёт и выбор силовой части АЭП».

1 Выбор ДПТ НВ

По заданным значениям моментов и времени и с учетом изменения нагрузки, показанной на заданной диаграмме построить временную диаграмму моментов для заданного механизма. Определить, какие моменты на данной диаграмме являются не изменяющимися за соответствующие промежутки времени, а какие меняют свое значение.

Определить продолжительность включения по формуле (1) и по результату указать режим работы, например, S1.

$$ПВ = \frac{\sum t_{\text{раб}}}{T_{\text{цикла}}} * 100\% ; \quad (1)$$

Определить эквивалентный момент по формуле (2).

$$M_{\text{экв}} = \sqrt{\frac{\sum (M_i^2 \cdot t_i)}{\sum t_{\text{раб}} + \alpha \cdot \sum t_{\text{пауз}}}} \cdot N^*_{\text{м}}; \quad (2)$$

где M_i , $N_{\text{м}}$ - момент в определенный промежуток времени; t_i , с - продолжительность данного промежутка времени; $\sum t_{\text{раб}}$, с - суммарное время работы двигателя; $\sum t_{\text{пауз}}$, с - суммарное время пауз в работе; α - коэффициент, учитывающий продолжительность включения двигателя.

Коэффициент α выбирается из таблицы 1.

Таблица 1

ПВ	15	25	40	60	75
α	0,2	0,4	0,6	0,8	0,9

Найти необходимую эквивалентную мощность в Вт, исходя из значений эквивалентного момента и заданной скорости вращения якоря $n_{\text{зад}}$, по формуле (3).

$$P_{\text{э}} = M_{\text{э}} \cdot \frac{\pi \cdot n}{30}, \text{ Вт} \quad (3)$$

Искомую номинальную мощность двигателя в кВт принять, с учётом коэффициентов запаса, равной (формула (4)):

$$P_{\text{ном}} = (1,1 - 1,3) \cdot P_{\text{э}}, \text{ кВт} \quad (4)$$

Определить способ соединения ОЯ и ОВ и отобразить его графически.

Используя источник информации, ссылка на который обязательна, выбрать электродвигатель постоянного тока и обозначить его основные технические характеристики (тип, номинальную мощность P_n , кВт, номинальную скорость вращения $n_{\text{ном}}$, об/мин, максимальную скорость вращения n_{max} , об/мин; сопротивление обмотки якоря R_a , А и обмотки возбуждения R_b , А; номинальный ток двигателя $I_{\text{ном}}$, А; напряжение U, В, КПД, %).

После выбора двигателя и определения всех его номинальных данных необходимо построить естественную механическую характеристику выбранного двигателя (прямая 1 на рис.2).

Так как она прямолинейна, то для её построения достаточно найти две точки с координатами $\{M_{\text{ном}}; n_{\text{ном}}\}$ и $\{M_{\text{min}}; n_{\text{max}}\}$, используя формулы (5 – 8).

$$\omega_{\text{ном}} = \frac{\pi n_{\text{ном}}}{30}; \quad \text{сек}^{-1} \quad (5)$$

$$M_{\text{ном}} = \frac{P_{\text{ном}}}{\omega_{\text{ном}}}; \quad \text{Нм} \quad (6)$$

$$\omega_{\text{max}} = \frac{\pi n_{\text{max}}}{30}; \quad \text{сек}^{-1} \quad (7)$$

$$M_{\text{min}} = \frac{P_{\text{ном}}}{\omega_{\text{max}}}; \quad \text{Нм} \quad (8)$$

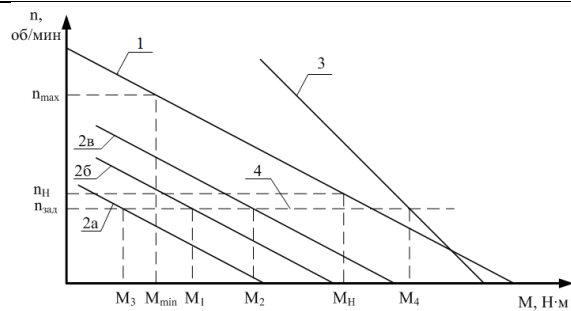


Рис.2 - Естественная и искусственные механические характеристики ДПТ

Для определения требуемой зоны регулирования необходимо провести прямую, соответствующую заданной скорости вращения вала двигателя (прямая 4 на рис.2), и отметить на ней заданные в условии моменты. Затем необходимо выбрать и обосновать способы регулирования скорости вращения вала двигателя. В первой зоне регулирования, характеристики, при уменьшении напряжения на якоре, сохраняют свою жесткость, т.к. согласно формуле (9) скорость холостого хода n_0 при этом снижается, а приращение скорости Δn остаётся неизменным.

$$n = n_0 - \Delta n, \text{ об/мин}$$

или

$$n = \frac{U_a}{c\Phi} - \frac{\Sigma R_a M_2}{c\Phi^2}, \text{ об/мин} \quad (9)$$

где: U_a, B – напряжение на якоре; c – безразмерный конструктивный коэффициент; $\Phi, \text{ Веб}$ – суммарный магнитный поток машины; $\Sigma R_a, \text{ Ом}$ – суммарное сопротивление цепи якоря; $M_2, \text{ Нм}$ – момент на валу. Следовательно, для построения искусственных характеристик в этом случае достаточно через требуемые точки провести прямые, параллельные естественной (прямые 2а, 2б и 2в на рис. 2). Во второй зоне регулирование осуществляется за счет ослабления магнитного потока, создаваемого обмоткой возбуждения. Т.к. согласно формуле 1.9 и скорость холостого хода n_0 , и приращение скорости Δn при этом увеличиваются, то жесткость искусственных характеристик падает. Характеристики прямолинейны, но не параллельны естественной характеристике. Для построения искусственной характеристики во второй зоне (прямая 3 на рис.2), учитывая, что $P = \text{const}$ по всей характеристике, вначале нужно определить его значение по формуле (10), используя соответствующие координаты.

$$P' = M_1 \cdot \frac{\pi \cdot n_{зад}}{30}, \text{ Вт} \quad (10)$$

Затем, задавая произвольное, но близкое к нулю, значение момента, найти еще одну точку с координатами $\{M'; n'\}$, рассчитав значение скорости по формуле (11).

$$n' = \frac{30 \cdot P'}{M' \cdot \pi}, \text{ об/мин} \quad (11)$$

2. Выбор тиристорного преобразователя

Использование тиристорного преобразователя (ТП) является одним из самых современных способов создания быстродействующего регулируемого электропривода постоянного тока.

Реверсивным тиристорным преобразователем (РТП) называется преобразователь, через который ток может протекать в обоих направлениях. Поскольку тиристоры пропускают ток только в одном направлении, то для изменения направления тока нагрузки необходимо использовать две группы вентилях, каждая из которых проводит ток в своем направлении. Эти группы вентилях чаще всего собираются по трехфазной мостовой или трехфазной нулевой схеме.

Для управления ТП в настоящее время применяют главным образом безинерционные системы импульсно-фазового управления (СИФУ) с пилообразным или синусоидальным опорным напряжением. Достоинством синусоидальной формы опорного напряжения является линейность результирующей характеристики ТП. Однако диапазон регулирования угла α составляет менее 180° , и сохранение строго синусоидальной формы опорного

напряжения представляет значительные трудности. Поэтому чаще в ТП применяется пилообразное опорное напряжение.

Для выбора ТП необходимо знать значения тока и напряжения в цепи якоря и в цепи возбуждения электродвигателя. Рассчитать ток в цепи якоря по формуле (12)

$$I_a = \frac{P_{ном}}{\eta \cdot U_{ном}}, \text{ A} \quad (12)$$

Рассчитать ток в цепи обмотки возбуждения по формуле (13)

$$I_B = \frac{U_B}{R_{ОВ}}, \text{ A} \quad (13)$$

В цепь якоря подбирают РТП, т.к. в процессе регулирования необходимо менять направление вращения вала, в цепь обмотки возбуждения – нереверсивный ТП.

Следует иметь в виду, что в некоторых случаях тиристорный агрегат может включать в себя оба преобразователя.

По каталогам известных фирм-производителей (ссылка на источник информации обязательна) выбрать РТП, исходя из условий (формулы (14), (15), и нереверсивный ТП – из условий (формулы (16), (17):

$$I_{ТП} > I_a \quad (14)$$

$$U_{ТП} > U_{ном} \quad (15)$$

$$I_{ТП} > I_B \quad (16)$$

$$U_{ТП} > U_B \quad (17)$$

Аргументировать свой выбор, отобразить, по возможности, внешний вид выбранных ТП, обозначить их основные технические характеристики и функциональные возможности.

Указать, какие задачи управления электродвигателем реализуют данные тиристорные преобразователи.

Привести схемы подключения ТП к обмоткам электродвигателя, описать особенности работы данных схем.

3 Выбор асинхронного двигателя

Для выбора двигателя с мощностью, соответствующей заданной нагрузке, возможно использовать несколько методов. В данном случае предлагается использовать метод эквивалентных моментов.

По заданным значениям моментов и времени и с учетом изменения нагрузки, показанной на заданной диаграмме построить временную диаграмму моментов для заданного механизма. Определить, какие моменты на данной диаграмме являются не изменяющимися за соответствующие промежутки времени, а какие меняют свое значение.

Определить продолжительность включения по формуле (18) и по результату указать режим работы, например, S₁.

$$ПВ = \frac{\sum t_{раб}}{T_{цикла}} * 100\%; \quad (18)$$

где: $\sum t_{раб}$, с – сумма рабочих времен; $T_{цикла}$, с – время цикла работы механизма.

Определить эквивалентный момент по формуле (19).

$$M_{экв} = \sqrt{\frac{\sum (M_i^2 * t_i)}{\sum t_{раб} + \alpha * \sum t_{пауз}}} * H^*_{М}, \quad (19)$$

где M_i , Нм – момент в определенный промежуток времени; t_i , с – продолжительность данного промежутка времени; $\sum t_{раб}$, с – суммарное время работы двигателя; $\sum t_{пауз}$, с – суммарное время пауз в работе; α – коэффициент, учитывающий продолжительность включения двигателя.

Коэффициент α нужно выбрать из таблицы 2.

Таблица 2

ПВ	15	25	40	60	75
α	0,2	0,4	0,6	0,8	0,9

Найти необходимую эквивалентную мощность в Вт, исходя из эквивалентного момента и заданной скорости вращения якоря n_2 по формуле (20)

$$P_3 = M_3 \cdot \frac{\pi \cdot n_2}{30}, \text{ Вт} \quad (20)$$

Определить заданное скольжение, используя формулу (21)

$$s_{зад} = \frac{n_1 - n_2}{n_1} \cdot 100\%, \quad (21)$$

где: n_1 , об/мин – синхронная скорость; n_2 , об/мин – заданная скорость вращения ротора.

Искомую номинальную мощность двигателя в кВт вычислить с учётом коэффициентов запаса по формуле (22)

$$P_{ном} = (1,1-1,3) \cdot P_3, \text{ кВт} \quad (22)$$

Из полученного интервала мощностей (результат из формулы (22) и синхронной скорости n_1 , об/мин выбрать электродвигатель переменного тока, указать его основные технические характеристики и пусковые свойства (тип АДК, $P_{ном}$, кВт; $n_{ном}$, об/мин или n_1 , об/мин; U , В; КПД, %; $\cos \varphi$; S_k , %; $S_{ном}$, %; m_k ; m_n ; m_m ; i_n). Ссылка на источник информации обязательна.

Охарактеризовать выбранный электродвигатель.

Построить естественную характеристику (см. рис. 3), используя формулы 24 -28: ¹

$$M_i = \frac{2M_{max}}{\frac{s_k}{s_i} + \frac{s_i}{s_k}}, \quad (23)$$

где: M_i , Нм – текущий момент на валу двигателя; M_{max} , Нм – максимальный (критический) момент, развиваемый данным двигателем; s_i , % – скольжение, соответствующее текущему моменту; s_k , % – критическое скольжение.

$$M_{max} = m_k \cdot M_{ном}, \text{ Нм} \quad (24)$$

$$M_{ном} = \frac{P_{ном}}{\omega_{ном}}, \text{ Нм} \quad (25)$$

$$\omega_{ном} = \frac{\pi n_{ном}}{30}, \text{ с}^{-1} \quad (26)$$

$$M_{m.доп} = m_m \cdot M_{ном}, \text{ Нм} \quad (27)$$

$$M_n = m_n \cdot M_{ном}, \text{ Нм} \quad (28)$$

где: M_n , Нм – пусковой момент выбранного двигателя; $M_{m.доп}$, Нм – максимально допустимый при запуске двигателя момент (он может быть равен номинальному, но всегда меньше критического); M_{max} , Нм - критический момент или максимальный момент, развиваемый двигателем.

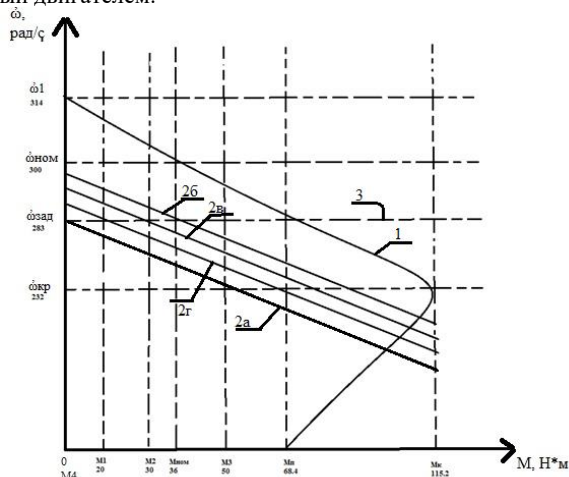


Рис. 2. Естественная и искусственные механические характеристики АД

Для определения требуемой зонности регулирования, вынести в большем масштабе рабочую часть естественной характеристики на отдельный график (прямая 1 на рис. 2.), затем провести прямую, соответствующую заданному скольжению (прямая 5), на которой отметить заданные в условии моменты.

Для построения искусственных характеристик необходимо через полученные на прямой 5 точки провести прямые, параллельные естественной характеристике. В зависимости от того, как будут расположены искусственные характеристики на графике, определить зонность регулирования и выбрать способ регулирования скорости электродвигателя, наиболее целесообразный в данном случае.

Рабочие части искусственных характеристик – прямолинейны, т.к. частотное регулирование, не зависимо от способа регулирования, позволяет сохранить жёсткость рабочей части искусственных механических характеристик.

Для выбора способа регулирования во второй зоне необходимо определить величину превышения напряжения на искусственной характеристике, соответствующей максимальному моменту.

Учитывая, что отношения амплитуд и частот на разных характеристиках приблизительно равны, воспользуемся отношением (формула (29))

$$U_{\max} = U_{\text{ном}} \frac{f_{\max}}{f_{\text{ном}}}, \text{ В} \quad (29),$$

где: $U_{\max}$, В – максимальная требуемая амплитуда напряжения; $U_{\text{ном}}$, В – номинальное значение напряжения питающей сети; $f_{\max}$, Гц – максимальная выходная частота; $f_{\text{ном}}$, Гц – частота питающей сети.

Определяем, удовлетворяется ли условие $U_{\max, \text{доп}} \leq 1,005 U_{\text{ном}}$.

В зависимости от выполнения данного условия выбирается соответствующий закон частотного регулирования или, другими словами, выбирается соотношение между амплитудой и частотой выходного напряжения.

4. Выбор частотного преобразователя

При выборе ПЧ необходимо учитывать мощность двигателя, а также максимальную и минимальную частоты вращения ротора для выбранного способа регулирования.

Мощность частотного преобразователя должна быть равна или больше мощности электродвигателя, а напряжение частотного преобразователя должно соответствовать номинальному напряжению электродвигателя.

Для определения максимальной частоты, которую должен обеспечить на выходе частотный преобразователь, необходимо определить во сколько раз изменится скорость для максимального момента искусственной характеристики по сравнению со скоростью для такого же момента на естественной.

По формуле (30) следует определить скорость вращения ротора электродвигателя:

$$n_{2 \text{ ест.}} = (1 - s_2) \cdot n_{\text{ном}}, \text{ об/мин} \quad (30)$$

где s_2 - величина скольжения (отн. ед.) на естественной характеристике, соответствующая значению максимального момента для заданной скорости на искусственной характеристике.

Соответственно, при скольжении s_2 , скорость ротора равна $n_{2 \text{ ест.}}$.

По формуле (31) вычислить, во сколько раз увеличилась скорость ротора для искусственной характеристики:

$$k = \frac{n_2}{n_{2 \text{ ест.}}} \quad (31)$$

Так как скорость вращения ротора прямо пропорциональна частоте питающей сети, то вычислить, как увеличилась частота питающей сети, можно, воспользовавшись формулой (32):

$$f' = f_{\text{сети}} \cdot k, \text{ Гц} \quad (32)$$

Если полученная частота не удовлетворяет условию $f' \leq 70 \text{ Гц}$, то потери на намагничивание статора будут значительно сокращать срок службы двигателя.

Для определения минимальной частоты, которую должен обеспечить на выходе частотный преобразователь, необходимо определить во сколько раз изменится скорость для минимального момента искусственной характеристики по сравнению со скоростью для такого же момента на естественной (на естественной характеристике двигатель работает при частоте питающей сети, равной 50 Гц).

Вычислить, во сколько раз уменьшилась скорость ротора для искусственной характеристики:

$$k_1 = \frac{n_1}{n_2} \quad (33)$$

Вычислить, как уменьшилась частота питающей сети (формула 2.16):

$$f'_1 = \frac{f_{\text{сети}}}{k}, \text{ Гц} \quad (34)$$

Если полученная частота не удовлетворяет условию $f'_1 \geq 20 \text{ Гц}$, то потери на нагрев обмоток ротора будут значительно сокращать срок

По каталогам известных фирм-производителей выбрать частотный преобразователь, исходя из следующих условий:

- мощность преобразователя:

$$P \geq 1,8 \cdot P_{\text{ном.дв.}}, \text{ кВт} \quad (34)$$

- полученный диапазон регулируемых частот;

- заданное напряжение;

- номинальный ток:

$$I_{\text{ном}} = \frac{P_{\text{ном. дв.}}}{U_{\text{ном. дв.}} \cdot \sqrt{3} \cdot \eta_{\text{дв.}} \cdot \cos \varphi}, \text{ A} \quad (35)$$

Указать фирму-производителя (ссылка на источник информации обязательна), аргументировать свой выбор, привести технические характеристики выбранного преобразователя частоты. Указать способ регулирования для проектируемого привода.

5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)

Экзаменационный билет включает в себя 2 теоретических вопроса из установленного перечня контрольных вопросов, используемых при формировании экзаменационных билетов при оценке знаний обучающихся на экзамене по темам, изложенным в разделах 1-8 данной РПД, и принципиальной, функциональной, структурной и т.п. схемы. Пример экзаменационного билета:

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
СТАРООСКОЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. А.А. УГАРОВА**

(филиал) федерального государственного образовательного учреждения
высшего образования «Национальный исследовательский
технологический университет МИСИС»

**Кафедра «АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ им. Ю.И.
Ерёменко»**

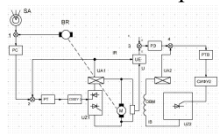
15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Профиль – Автоматизация технологических процессов и производств (горно-металлургическое
производство)

Дисциплина «Электрические машины и привод»

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

1. Устройство и принцип действия однофазного трансформатора.
2. Механическая характеристика асинхронной машины.



- 3.

«___» _____ 2025 г.

Экзаменатор _____ **К.С. Гамбург**

Утверждено на заседании кафедры АИСУ им. Ю.И. Ерёменко

Протоколом № ___ от _____ 202__ г.

И.о. зав. кафедрой АИСУ им. Ю.И. Ерёменко _____ Д. А. Полещенко

Билеты в бумажном виде хранятся на кафедре АИСУ им. Ю.И. Ерёменко и утверждены ее заведующим (или заместителем зав. кафедрой).

5.4. Методика оценки освоения дисциплины

Формой промежуточной аттестации является экзамен в 5 семестре.

Критерии оценивания выполнения и защиты лабораторных работ:

«Зачтено»

Лабораторная работа выполнена; отчёт по работе оформлен в соответствии предъявляемым требованиям; при ответе на вопросы по теме лабораторной работы студент демонстрирует знание основных теоретических положений работы и умение их применять на практике.

«Не зачтено»

Лабораторная работа не выполнена, либо отчёт по работе отсутствует или его оформление не соответствует предъявляемым требованиям, либо при ответе на вопросы по теме лабораторной работы студент демонстрирует незнание основных теоретических положений работы и неумение их применять на практике.

Критерии оценивания экзаменационного билета:

«Отлично»

Обучающийся дает аргументированные, исчерпывающие ответы на все вопросы по билету, а также на дополнительные вопросы экзаменатора.

«Хорошо»

Обучающийся дает аргументированные ответы на все вопросы по билету, а также дополнительные вопросы экзаменатора, но допускает незначительные неточности. «Удовлетворительно» Обучающийся дает неполные ответы на основные вопросы и на дополнительные вопросы экзаменатора, допуская ошибки. Недостаточное понимает сущность излагаемых вопросов. «Неудовлетворительно» Обучающийся не разобрался в сути поставленных вопросов и дал неверные ответы. Критерии оценивания домашнего задания: «Зачтено» Домашнее задание выполнено без ошибок, либо с не принципиальными ошибками. «Незачтено» Задание не выполнено, либо выполнено не полностью, либо в решении допущены существенные ошибки, не исправленные после замечаний преподавателя. Порядок, определяющий процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих уровень сформированности компетенций, определен в Положении «О текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся, текущем контроле посещения обучающимися аудиторных занятий в НИТУ «МИСиС» П 239.09-18, выпуск 2». Порядок, определяющий процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих уровень сформированности компетенций, определен в Положении «О текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся, текущем контроле посещения обучающимися аудиторных занятий в НИТУ «МИСиС» П 239.09-18, выпуск 2».

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ				
6.1. Рекомендуемая литература				
6.1.1. Основная литература				
Об озн аче ние	Авторы, составите ли	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л 1.1	Жуловян В.В.	Электрические машины: электромеханическое преобразование энергии: Учебное пособие для вузов	ЭБС ЮРАЙТ URL: https://urait.ru/book/elektricheskie-mashiny-elektromehaniicheskoe-preobrazovanie-energii-453145	Москва : Издательство Юрайт, 2020. —
Л 1.2	Копылов, И. П.	Проектирование электрических машин в 2 ч. Часть 1 : учебник для академического бакалавриата	ЭБС ЮРАЙТ URL: https://urait.ru/bcode/426171	Москва : Издательство Юрайт, 2018. —
Л 1.3	Копылов, И. П.	Проектирование электрических машин в 2 ч. Часть 2 : учебник	ЭБС ЮРАЙТ URL: https://urait.ru/bcode/426170	Москва : Издательство Юрайт, 2018. —

		для академичес кого бакалавриа та		
6.1.2. Дополнительная литература				
Обозначени е	Авторы, составител и	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л 2.1	Копылов, И. П.	Электрические машины в 2 т. Том 1 : учебник для вузов	ЭБС ЮРАЙТ URL: https://urait.ru/bcode/451783	Москва : Издательство Юрайт, 2020. —
Л 2.2	Копылов, И. П.	Электрические машины в 2 т. Том 2 : учебник для вузов	ЭБС ЮРАЙТ URL: https://urait.ru/bcode/451784	Москва : Издательство Юрайт, 2020. —
Л 2.3	Тюков, В.А.	Электромеханически е системы : учебное пособие	ЭБС «Университетская библиотека онлайн» URL: http://biblioclub.ru/index.php ?page=book&id=438454	Новосибирск : Новосибирский государственны й технический университет, 2015. —.
6.1.3. Методические разработки				
Обозначение	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л 3.1	Гамбург К.С.	Методическое пособие для выполнения домашнего задания по дисциплине «Электрические машины и привод» для студентов напр. 15.03.04		
Л 3.2	Гамбург К.С.	Методическое пособие для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Электрические машины и привод» для студентов напр. 15.03.04		
Л.3.3	Гамбург К.С.	МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОФОРМЛЕНИЮ ДОМАШНИХ ЗАДАНИЙ, КУРСОВЫХ РАБОТ/ПРОЕКТОВ И ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ	НТБ СТИ НИТУ «МИСиС»	Старый Оскол: СТИ НИТУ «МИСиС», 2020. —
6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»				
Э 1	Бесплатная электронная библиотека онлайн «Единое окно к образовательным ресурсам» [Электронный ресурс]: http://window.edu.ru			
Э 2	LMS Moodle [Электронный ресурс]			
6.3. Перечень программного обеспечения				

П 1	Microsoft Windows
П 2	Microsoft Office
П 3	7- Zip (свободно распространяемое программное обеспечение)
П 4	Kaspersky Endpoint Security
П5	PTC Mathcad Express (свободно распространяемое программное обеспечение)
6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных	
И 1	Министерство энергетики РФ [Электронный ресурс]: minenergo.gov.ru/
И 2	eLIBRARY.RU - НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ БИБЛИОТЕКА [Электронный ресурс]: https://elibrary.ru/
И 3	Росстандарт [Электронный ресурс]: https://www.rst.gov.ru/

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ	
7.1	Аудитория №520 «Лаборатория электропривода и электрических машин» Перечень основного оборудования, учебно-наглядных пособий: Экран настенный; Лабораторный стенд «Электропривод» - 5 шт.; Лабораторный стенд «Электрические машины» - 5 шт.; Комплект учебной мебели на 25 посадочных мест.
7.2	Аудитория № 306 «Кабинет для самостоятельной работы» Перечень основного оборудования, учебно-наглядных пособий: проектор; доска; экран настенный; компьютер – 6 шт.; комплект учебной мебели на 20 человек.

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ
Для успешного освоения дисциплины обучающемуся необходимо: 1.Посещать все виды занятий. 2.Своевременно зарегистрироваться на рекомендованные электронные ресурсы. 3.При возникновении любых вопросов по содержанию курса и организации работы своевременно обращаться к преподавателю. 4.Отчеты по лабораторным работам и домашнему заданию рекомендуется выполнять с использованием MS Office. 5.Активно работать с научными базами в сети Интернет. 6.Качественное освоение дисциплины возможно только при систематической самостоятельной работе, что поддерживается системой текущей аттестации. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ Оценка качества подготовки обучающихся проводится с целью контроля освоения обучающимися совокупности компетенций (частей компетенций) на этапе изучения данной дисциплины. Освоение компетенций характеризуются определенными знаниями, умениями и навыками, опытом профессиональной деятельности, которые оцениваются как в процессе изучения дисциплины (текущий контроль успеваемости), так и по завершении изучения дисциплины при проведении промежуточной аттестации обучающихся. Для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестаций обучающихся сформированы оценочные средства. Текущий контроль успеваемости Текущий контроль успеваемости обучающихся по дисциплине проводится в форме: - лабораторные работы (5). - домашнее задание По результатам выполнения лабораторных работ и домашнего задания обучающиеся оформляют отчеты [Л.3.1] Более подробная информация по лабораторным работам приведена в [Л.3.2], по домашнему заданию – в [Л.3.1]. Промежуточная аттестация Учебным планом ОПОП ВО по дисциплине предусматривается промежуточная аттестация в форме экзамена в 5 семестре. Промежуточная аттестация проводится с целью оценки качества освоения обучающимися содержания дисциплины. При проведении промежуточной аттестации обучающийся демонстрирует знания, умения и навыки, приобретенные в процессе изучения дисциплины, которые характеризуют результат освоения совокупности компетенций (частей компетенций) на этапе изучения данной дисциплины.

Результаты обучения по дисциплине, характеризующие освоение совокупности компетенций (части компетенций), при проведении промежуточной аттестации оцениваются по четырех балльной системе.

Система оценивания результатов освоения дисциплины

Порядок, определяющий процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих уровень сформированности компетенций, определен в Положении «О текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся, текущем контроле посещения обучающимися аудиторных занятий в НИТУ МИСиС П 239.09- 18, выпуск 2».