Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 02.09.2023 15:24:12
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

УТВЕРЖДЕНО
Декан Факультета урбанистики и
городского хозяйства
К.И. Лушин
«___»_____2022г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Основы теории электрической тяги»

Направление подготовки
13.03.03 Энергетическое машиностроение

Профиль
Автоматизированные энергетические установки

Квалификация (степень) выпускника
Бакалавр

Форма обучения
Очная

Москва
2022

1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является подготовка обучающихся к научно-исследовательской деятельности по направлению подготовки 13.03.03 энергетическое машиностроение посредством обеспечения этапов формирования компетенций, предусмотренных ФГОС, в части представленных ниже знаний, умений и навыков.

Задачами дисциплины является изучение понятийного аппарата дисциплины, основных теоретических положений и методов, привитие навыков применения теоретических знаний для решения практических задач.

2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина «Основы теории электрической тяги» относится к числу учебных дисциплин базового цикла основной образовательной программы бакалавриата.

Дисциплина «Основы теории электрической тяги» взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами и практиками ООП:

– Физика;
– Электротехника и электроника;
– Гибридные силовые энергоустановки.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения дисциплины (модуля) у обучающихся формируются следующие компетенции и должны быть достигнуты следующие результаты обучения как этап формирования соответствующих компетенций:

Код компетенции	В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ОПК-6	Способен проводить измерения электрических и неэлектрических величин применительно к объектам профессиональной деятельности	***Знать:*** основные физические явления и процессы, на которых основаны принципы действия объектов профессиональной деятельности и средств контроля и измерения, основные понятия и законы электрических машин. ***Уметь:*** на основе фундаментальных наук решать задачи управления и контроля рабочими

	профессиональной деятельности	процессами энергетических машин, аппаратов и установок, проводить различные расчеты элементов их конструкций ***Владеть*:** некоторыми экспериментальными методиками и техникой исследований энергетических машин, методикой расчета основных элементов энергетического оборудования, навыками измерения основных физических параметров, методикой расчета простейших механизмов и электрических цепей

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет **3** зачетных единицы, т.е. **108** академических часов (из них **54** часа – самостоятельная работа студентов).

Разделы дисциплины «Основы теории электрической тяги» изучаются на первом курсе во **втором** семестре.

Структура и содержание дисциплины «Основы теории электрической тяги» по срокам и видам работы отражены в Приложении 1.

Содержание разделов дисциплины

Второй семестр

Тема 1. Введение. Роль и значение городского электротранспорта. Значение и задачи курса. Сущность электрической тяги. Системы тока и напряжения, применяемые в электрической тяге.

Тема 2. Уравнение движения. Общие сведения о движении поезда. Уравнения движения поезда, его формы. Реализация сил тяги и торможения поезда. Ограничения тяговой и тормозной сил. Законы сцепления.

Тема 3. Электротяговые характеристики. Расчёт характеристик. Тяговые характеристики поезда. Способы их построения. Ограничения тяговых характеристик. Характеристики действующих сил поезда при тяговом режиме. Расчёт характеристик.

Тема 4. Регулирование скорости поезда изменением питающего двигатель напряжения. Характеристики ТЭД при изменении напряжения. Регулирование скорости поезда изменением поля ТЭД. Характеристики ТЭД при изменении поля.

Тема 5. Пуск поезда, условия пуска. Энергетические диаграммы различных систем пуска. Пусковые диаграммы поезда при реостатном пуске. Построение пусковых диаграмм.

5. Образовательные технологии

Методика преподавания дисциплины «Основы теории электрической тяги» и реализация компетентностного подхода в изложении и восприятии материала предусматривает использование следующих активных и интерактивных форм проведения групповых, индивидуальных, аудиторных занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся:

– подготовка к выполнению практических работ в аудиториях вуза;

– защита и индивидуальное обсуждение выполняемых этапов расчетного задания;

– обсуждение и защита рефератов по дисциплине;

– подготовка, представление и обсуждение презентаций на семинарских занятиях;

– организация и проведение текущего контроля знаний студентов в форме бланкового тестирования;

– использование интерактивных форм текущего контроля в форме аудиторного и внеаудиторного интернет-тестирования;

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, определен главной целью образовательной программы, особенностью контингента обучающихся и содержанием дисциплины «**Основы теории электрической тяги**».

Проведение занятий предусматривается также на сайте http://online.mospolytech.ru на основе разработанных кафедрой «Промышленная теплоэнергетика» электронных образовательных ресурсов (ЭОР) по всем темам дисциплины:

Дисциплина	Ссылка
Основы теории электрической тяги	https://online.mospolytech.ru/local/crw/course.php?id=3765

Разработанные ЭОР включают промежуточные и итоговые тесты.

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

В процессе обучения используются следующие оценочные формы самостоятельной работы студентов, оценочные средства текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций:

Во втором семестре

- подготовка и выступление на семинарском занятии с презентацией и обсуждением на тему «Современные тяговые электрические машины и их характеристики» (индивидуально для каждого обучающегося);

- выполнение расчетного задания (по индивидуальному заданию для каждого обучающегося);

Расчетная работа посвящена выполнению проектных расчетов тяговых электрических машин в объеме, предусматривающем реализацию теоретических и практических навыков, обучающихся по направлению.

Оценочные средства текущего контроля успеваемости включают контрольные вопросы и задания в форме бланкового и (или) компьютерного тестирования, для контроля освоения обучающимися разделов дисциплины, защита отчетов по лабораторным работам.

6.1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

6.1.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

В результате освоения дисциплины (модуля) формируются следующие компетенции:

Код компетенции	В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать
ОПК-6	Способен проводить измерения электрических и неэлектрических величин применительно к объектам профессиональной деятельности профессиональной деятельности

В процессе освоения образовательной программы данные компетенции, в том числе их отдельные компоненты, формируются поэтапно в ходе освоения обучающимися дисциплин (модулей) в соответствии с учебным планом и календарным графиком учебного процесса.

6.1.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, формируемых по итогам освоения дисциплины (модуля), описание шкал оценивания

Показателем оценивания компетенций на различных этапах их формирования является достижение обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю).

ОПК-6 - Способен проводить измерения электрических и неэлектрических величин применительно к объектам профессиональной деятельности профессиональной деятельности				
Показатель	**Критерии оценивания**			
	Оценка «неудовлетворительно» или отсутствие	**Оценка «удовлетворительно» или низкой**	**Оценка «хорошо» или повышенны**	**Оценка «отлично» или высокий уровень**

	сформированности компетенции	уровень освоения компетенции	й уровень освоения компетенции	освоения компетенции
знать: основные физические явления и процессы, на которых основаны принципы действия объектов профессиональной деятельности и средств контроля и измерения, основные понятия и законы электрической тяги.	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: основные физические явления и процессы, на которых основаны принципы действия объектов профессиональной деятельности и средств контроля и измерения, основные понятия и законы электрической тяги	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: основные физические явления и процессы, на которых основаны принципы действия объектов профессиональной деятельности и средств контроля и измерения, основные понятия и законы электрической тяги. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний: основные физические явления и процессы, на которых основаны принципы действия объектов профессиональной деятельности и средств контроля и измерения, основные понятия и законы электрической тяги, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: основные физические явления и процессы, на которых основаны принципы действия объектов профессиональной деятельности и средств контроля и измерения, основные понятия и законы электрической тяги, свободно оперирует приобретенными знаниями.
уметь: на основе фундаментальных наук решать	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие	Обучающийся демонстрирует	Обучающийся демонстрирует полное соответствие

задачи управления и контроля рабочими процессами энергетических машин, аппаратов и установок, проводить различные расчеты элементов их конструкций	решать задачи управления и контроля рабочими процессами энергетических машин, аппаратов и установок, проводить различные расчеты элементов их конструкций	следующих умений: решать задачи управления и контроля рабочими процессами энергетических машин, аппаратов и установок, проводить различные расчеты элементов их конструкций. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые ситуации.	частичное соответствие следующих умений: решать задачи управления и контроля рабочими процессами энергетических машин, аппаратов и установок, проводить различные расчеты элементов их конструкций. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	следующих умений: решать задачи управления и контроля рабочими процессами энергетических машин, аппаратов и установок, проводить различные расчеты элементов их конструкций. Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
владеть: некоторыми экспериментальными методиками и техникой исследований энергетических машин, методикой расчета основных	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет некоторыми экспериментальными методиками и техникой исследований энергетических машин, методикой расчета основных	Обучающийся владеет некоторыми экспериментальными методиками и техникой исследований энергетических машин, методикой расчета	Обучающийся частично владеет некоторыми экспериментальными методиками и техникой исследований энергетических машин,	Обучающийся в полном объеме владеет некоторыми экспериментальными методиками и техникой исследований энергетических машин, методикой

элементов энергетического оборудования, навыками измерения основных физических параметров, методикой расчета простейших механизмов и электрических цепей	элементов энергетического оборудования, навыками измерения основных физических параметров, методикой расчета простейших механизмов и электрических цепей	основных элементов энергетического оборудования, навыками измерения основных физических параметров, методикой расчета простейших механизмов и электрических цепей в неполном объеме, допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность владения навыками по ряду показателей, Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.	методикой расчета основных элементов энергетического оборудования, навыками измерения основных физических параметров, методикой расчета простейших механизмов и электрических цепей, навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	расчета основных элементов энергетического оборудования, навыками измерения основных физических параметров, методикой расчета простейших механизмов и электрических цепей, свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности.

Шкалы оценивания результатов промежуточной аттестации и их описание:

Форма промежуточной аттестации: экзамен.

Промежуточная аттестация обучающихся в форме экзамена проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю) методом экспертной оценки. По итогам промежуточной

аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».

К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Основы теории электрической тяги» (прошли промежуточный контроль, выполнили весь объем заданий на семинарских занятиях, выступили с докладом на семинарском занятии)

Шкала оценивания	Описание
Отлично	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Хорошо	Студент показывает достаточный уровень теоретических и практических знаний, свободно оперирует категориальным аппаратом. Умеет анализировать практические ситуации, но допускает некоторые погрешности. Ответ построен логично, материал излагается грамотно.
Удовлетворительно	Студент показывает знание основного лекционного и практического материала. В ответе не всегда присутствует логика изложения. Студент испытывает затруднения при приведении практических примеров.
Неудовлетворительно	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

Фонды оценочных средств представлены в приложениях к рабочей программе.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

Усольцев, А.А. Электрические машины. Учебное пособие. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — СПб. : НИУ ИТМО, 2013. — 416 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/40871 — Загл. с экрана.

в) программное обеспечение и интернет-ресурсы:

Microsoft Office 2007

Интернет-ресурсы включают учебно-методические материалы в электронном виде, представленные на сайте (http://lib.mami.ru/ebooks/ в разделе «Библиотека».

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Аудитории для проведения занятий лекционного и семинарского типа, практических занятий. 115280 г. Москва, ул. Автозаводская, д. 16. 115280 г. Москва, ул. Автозаводская, д. 16, стр. 4. АВ1401. Комплекты мебели для учебного процесса. Стенды по электроприводу.
АВ 1402. Универсальные стенды для проведения ЛР по ТОЭ, электротехнике и электронике.
АВ 1404. Универсальные стенды для проведения ЛР по «Электрические и электронные аппараты». «Электрические измерения»
АВ 1405. Универсальные стенды для проведения ЛР по электронике.
Компьютерные классы. АВ 1414, АВ1412. Комплекты мебели для учебного процесса. Компьютеры.
АВ 1415. Универсальные стенды для проведения ЛР по электротехнике и электронике.
АВ3306. Универсальные стенды для проведения ЛР по электротехнике и электронике, «Электрические машины».
АВ3310. Универсальные стенды для проведения ЛР по электротехнике и электронике.
Компьютерный класс. АВ3303. Комплекты мебели для учебного процесса. Компьтеры.
Лицензия № 61984214, 61984216, 61984217, 61984219, 61984213, 61984218, 61984215
Офисные приложения, Microsoft Office 2013 (или ниже) – MicrosoftOpenLicense
Лицензия № 61984042
Антивирусное ПО, KasperskyEndpointSecurity для бизнеса – Стандартный
Лицензии № 1752161117060156960164.

9. Методические рекомендации для самостоятельной работы студентов

Дисциплина предусматривает лекции и практические занятия. Курс завершается зачетом.

Успешное изучение курса требует посещения лекций, активной работы на практических занятиях, выполнения всех учебных заданий преподавателя, ознакомления с литературой.

Во время лекции студент должен вести краткий конспект.

Работа с конспектом лекций предполагает просмотр конспекта в тот же день после занятий. При этом рекомендуется помечать материалы конспекта, которые вызывают затруднения для понимания. При этом обучающийся должен стараться найти ответы на затруднительные вопросы, используя рекомендуемую литературу. Если ему самостоятельно не удалось разобраться в материале, необходимо сформулировать вопросы и обратиться за помощью к преподавателю на консультации или ближайшей лекции.

При подготовке к практическим занятиям необходимо просмотреть конспекты лекций и методические указания, рекомендованную литературу по данной теме; подготовиться к ответу на контрольные вопросы.

В ходе выполнения индивидуального задания практического занятия студент готовит отчет о работе (в программе MS Word или любом другом текстовом редакторе). В отчет заносятся результаты выполнения каждого пункта задания (схемы, диаграммы (графики), таблицы, расчеты, ответы на вопросы пунктов задания, выводы и т.п.).

Самостоятельная работа студентов (СРС) по дисциплине играет важную роль в ходе всего учебного процесса. Методические материалы и рекомендации для обеспечения СРС готовятся преподавателем и выдаются студенту.

10. Методические рекомендации для преподавателя

При проведении лекций используются наглядные пособия, раздаточный материал, электронные презентации, видеоматериал. Текущий контроль осуществляется с помощью тестирования, контрольных работ и устного опроса.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО с учетом рекомендаций ПрООП ВО по направлению подготовки 13.03.03 «Энергетическое машиностроение» и профилю «Автоматизированные энергетические установки»

Авторы

Доцент кафедры «Промышленная теплоэнергетика»
к.т.н., доцент В.Н. Чичерюкин

Программа обсуждена на заседании кафедры «Промышленная теплоэнергетика». Протокол от 26 мая 2022 г. № 11.

Согласовано:

Заведующий кафедрой «Промышленная теплоэнергетика»
к.т.н., доцент Л.А. Марюшин

Руководитель ООП И.Л. Савельев

Приложение 1

Структура и содержание дисциплины «Основы теории электрической тяги» по направлению подготовки 13.03.03 Энергетическое машиностроение (бакалавр)

	Раздел	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов, и трудоемкость в часах					Виды самостоятельной работы студентов					Формы аттестации	
				Л	П/С	Лаб	СРС	КСР	К.Р.	К.П.	РГР	Реферат	Т	Э	З
	Второй семестр	2													
Тема 1	Введение. Роль и значение городского электротранспорта. Значение и задачи курса. Сущность электрической тяги. Системы тока и напряжения применяемые в электрической тяге.	2	1	2											
	Семинар «Системы тока и напряжения применяемые в электрической тяге»	2	2-3		1										
Тема 2	Уравнение движения. Общие сведения о движении поезда. Уравнения движения поезда, его формы. Реализация сил тяги и торможения поезда. Ограничения тяговой и тормозной сил. Законы сцепления.	2	4-6	4			18				9	9			
	Семинар «Законы сцепления»	2	7		2										
Тема 3	Электротяговые характеристики. Расчёт характеристик. Тяговые характеристики поезда. Способы их построения. Ограничения тяговых характеристик. Характеристики	2	8-9	4			18				9	9			

	действующих сил поезда при тяговом режиме. Расчёт характеристик.														
	Семинар «Тяговые характеристики поезда»	2	10		2										
Тема 4	Регулирование скорости поезда изменением питающего двигатель напряжения. Характеристики ТЭД при изменении напряжения. Регулирование скорости поезда изменением поля ТЭД. Характеристики ТЭД при изменении поля.	2	11-13	4		5	18				9	9			
	Семинар «Регулирование скорости поезда»	2	14		2										
Тема 5	Пуск поезда, условия пуска. Энергетические диаграммы различных систем пуска. Пусковые диаграммы поезда при реостатном пуске. Построение пусковых диаграмм.	2	15-16	4		4	18				9	9			
	Семинар «Пусковые диаграммы поезда»	2	17		2										
	Форма аттестации	2	18											Э	
	Всего часов по дисциплине	2	108	18	9	9	54				36	36			

Приложение 2

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Направление подготовки: 13.03.03 Энергетическое машиностроение
ОП (профиль): «Автоматизированные энергетические установки»
Форма обучения: очная

Кафедра: «Промышленная теплоэнергетика»

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ

«Основы теории электрической тяги»

Москва
2022

Таблица 1
к приложению 2

Паспорт фонда оценочных средств

Основы теории электрической тяги					
ФГОС ВО **13.03.03 Энергетическое машиностроение**					
КОМПЕТЕНЦИИ		**Перечень компонентов**	**Технология формирования**	**Форма оценочного средства**	**Степени уровней освоения компетенций**
ИНДЕКС	**ФОРМУЛИРОВКА**				
ОПК-6	Способен проводить измерения электрических и неэлектрических величин применительно к объектам профессиональной деятельности профессиональной деятельности	***Знать:*** основные физические явления и процессы, на которых основаны принципы действия объектов профессиональной деятельности и средств контроля и измерения, основные понятия и законы электрических машин. ***Уметь:*** на основе фундаментальных наук решать задачи управления и контроля рабочими процессами энергетических машин, аппаратов и установок, проводить различные расчеты элементов их конструкций ***Владеть*:** некоторыми экспериментальными методиками и техникой исследований энергетических машин, методикой расчета основных элементов	Лекция, семинар, лабораторная работа	Зачёт, защита лабораторных работ, защита расчетной работы	Базовый уровень: способен демонстрировать знание теоретических основ рабочих процессов в энергетических машинах, аппаратах и установках при решении стандартных задач. Повышенный уровень: способен демонстрировать знание теоретических основ рабочих процессов в энергетических машинах, аппаратах и установках при решении нестандартных задач с последующим их анализом.

		энергетического оборудования, навыками измерения основных физических параметров, методикой расчета простейших механизмов и электрических цепей			

Приложение 3

Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Перечень практических работ по дисциплине

№ п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонд
1	Расчётные работы: «Расчёт характеристик тягового двигателя постоянного тока». «Выбор асинхронного двигателя по заданному графику нагрузки». «Спрямление пути и расчёт массы трогания состава».	Расчётные работы направлены на формирование умений и навыков по расчету характеристик электрических машин.	Результатом работ являются вычисления параметров электрических машин и их характеристик.

Приложение 4

Методические указания для расчетной работы «Расчёт характеристик тягового двигателя постоянного тока»

Двигатель постоянного тока параллельного возбуждения имеет следующие данные:

номинальная мощность $P_Н$;
напряжение питания $U_Н$;
номинальная частота вращения $n_Н$; сопротивление обмоток якоря $R_Я$;
сопротивление цепи возбуждения $R_В$.
Значения перечисленных параметров приведены в таблице исходных данных

Требуется определить потребляемый двигателем ток в режиме номинальной нагрузки $I_Н$; сопротивление пускового реостата $R_П$, при котором начальный пусковой ток в цепи якоря был бы равен $2{,}5 \cdot I_Н$; пусковой момент $M_П$; частоту вращения n_0 и ток I_0 на ХХ; изменение частоты вращения на ХХ.

Влиянием реакции якоря пренебречь (реакция якоря - влияние тока якоря на магнитное поле в машине).

Исходные данные

1. Потребляемая номинальная мощность

$$P_{1Н} = 1000 \cdot 100\% \cdot P_Н / \eta$$

2. Потребляемый номинальный ток

$$I_Н = P_{1Н} / U_Н$$

3. Ток в цепи обмотки возбуждения

$$I_В = U_Н / R_В$$

4. Номинальный ток якоря

$$I_{ЯН} = I_Н - I_В$$

5. Пусковой ток якоря при заданной кратности 2,5

$$I_{ЯП} = I_{ЯН} \cdot 2{,}5$$

6. Сопротивление цепи якоря при заданной кратности 2,5

$$R_{ЯЦ} = U_Н / I_{ЯП}$$

7. Сопротивление пускового реостата

$$R_П = R_{ЯЦ} - R_Я$$

8. ЭДС якоря в режиме номинальной нагрузки

$$E_Н = U_Н - I_{ЯН} \cdot R_Я$$

9. Константы $C_Е$ и $C_М$

$$C_E \cdot \Phi = E_H / n_H$$

$$C_M \cdot \Phi = C_E \cdot \Phi \cdot 60 / 2\pi$$

10. Пусковой момент

$$M_П = C_M \cdot \Phi \cdot I_{ЯП}$$

11. Номинальный момент на валу

$$M_{2H} = 9550\ P_H / n_H$$

12. Электромагнитная мощность

$$P_{ЭН} = E_H \cdot I_{ЯН}$$

Номинальный электромагнитный момент

$$M_{ЭН} = 9{,}55\ P_{ЭН} / n_H$$

13. Момент холостого хода

$$M_0 = M_{ЭН} - M_{2H}$$

14. Ток якоря на холостом ходу

$$I_{Я0} = M_0 / (C_M \cdot \Phi)$$

15. ЭДС якоря на холостом ходу

$$E_0 = U_H - I_{Я0} \cdot R_Я$$

16. Скорость вращения на холостом ходу

$$n_0 = E_0 / (C_E \cdot \Phi)$$

17. Изменение скорости на холостом ходу

$$\Delta n = 100\% \cdot (n_0 - n_H) / n_H$$

.

По двум точкам построить естественную механическую характеристику и искусственную характеристику при включении в цепь якоря реостата $R_П$.

Методические указания для выполнения курсовой работы «Выбор асинхронного двигателя по заданному графику нагрузки»

1. СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ. На двигатель действует циклически повторяющаяся нагрузка, заданная в виде ступенчатого графика **Mc(t/Tц)**, состоящего из десяти участков, где **Mc** - момент сопротивления на валу механизма, соединенного с двигателем посредством редуктора с передаточным отношением ***i***. Кроме того заданы **Tц** - время цикла и **Nco** - частота вращения вала механизма при холостом ходе. Требуется выбрать асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором, удовлетворяющий требованиям по устойчивости и допустимого нагрева, а также рассчитать количество электроэнергии, потребляемой из сети за время цикла.

2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ.

2.1. Используя таблицу 3, построить график **M**c(t) и определить эквивалентный момент сопротивления нагрузки механизма по выражению:

$$M_Э = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{10} M_{cj}^2 \cdot t_j}{T_ц}}, \qquad [\text{Н м}] \qquad (1)$$

в котором **tj** - время действия момента нагрузки Mcj на j-том участке из десяти участков за время Tц.

2.2. Произвести предварительный выбор электродвигателя по двум условиям: I. $Pн > Mэ \cdot Nco / 9550$, (2)

где Pн - номинальная мощность выбранного двигателя, [кВт];

II. $No = Nco \cdot i$, (3)

где No - синхронная частота вращения выбранного двигателя, [об/мин].

Записать паспортные данные выбранного электродвигателя:

Pн [кВт] - номинальная мощность; **Nн** [об/мин] - номинальная частота вращения; $\eta_н$ - номинальный КПД; λ**к** = Mк/Mн - кратность максимального момента.

2.3. Проверить выбранный двигатель на устойчивость по соотношению:

$$Mc.max / i < \lambda к \cdot Mн = Mк \qquad (4)$$

в котором **Mc max** - максимальное значение момента сопротивления из всех десяти участков; **Mк** - критический (максимальный) вращающий момент электродвигателя; номинальный момент **Mн** = 9550 **P**н / **N**н. Если условие (4) не выполняется, необходимо выбрать электродвигатель большей мощности, так, чтобы условие (4) выполнялось.

2.4. Рассчитать и построить механическую характеристику электродвигателя по формуле *Клосса*:

$$M = 2 Mк / (S/Sк + Sк/S) \qquad (5)$$

где **S** - скольжение, соответствующее вращающему моменту **M** двигателя; **Sк** - критическое скольжение, соответствующее критическому моменту **Mк** и определяемое по выражению: $Sк = Sн(\lambda к + \sqrt{\lambda к^2 - 1})$, в котором номинальное скольжение **S**н = (No - Nн) / No.

2.5. Для каждого значения момента сопротивления из всех десяти участков по механической характеристике (п. 2.4) найти соответствующее скольжение и построить графики: **S**(t) и **N**(t), где **N** = **N**o (1-**S**) - частота вращения ротора электродвигателя. Скольжение **S** для каждого из десяти участков также можно найти из формулы Клосса (5), если разрешить его относительно **S**:

$$S = \frac{Mк \cdot Sк}{M} - \sqrt{\frac{Mк^2 \cdot Sк^2}{M^2} - Sк^2} \quad . \qquad (7)$$

Начиная с этого пункта удобно пользоваться таблицей, которая будет заполняться в нижеследующих пунктах работы:

Участки цикла >	1	2	3	4 10
1. t_j , [мин]	t1	t2	t3	например, t1=0,1 Тц (из табл.3)
2. Mc, [Н · м]	Mc1	Mc2	Mc3	по заданию (табл. 1)
3. Mj, [Н · м]	M1	M2	M3	Mj = Mcj / i
4. Sj	S1	S2	S3	по графику п. 2.4 или по (7)
5. Nj, [об/мин]	N1	N2	N3	Nj = No (1 - Sj)
6. P2j, [кВт]	P21	P22	P23	P2j = Mj · Nj / 9550
7. η_j	η1	η2	η3	по графику п. 2.7
8. P1j [кВт]	P11	P12	P13	P1j = P2j / η_j

2.6. Проверить электродвигатель из условия допустимого нагрева по соотношению:

$$\sum_{j=1}^{10} (Sj / Sн) \cdot (t_j / Tц) \le 1 \ , \qquad (8)$$

в котором **S**j и **t**j - скольжение и время на j-том участке из десяти за время цикла. Электродвигатель считается окончательно выбранным, если соотношение (8) выполняется. В противном случае необходимо выбрать двигатель большей мощности, так чтобы соотношение (8) выполнялось.

2.7. Используя табличную зависимость (η/ηн) = *f*(P/Pн) из таблицы 4 для выбранного электродвигателя построить график **η**(P), где **P** - мощность на валу двигателя, кВт.

2.8. По данным п.п. 2.5 и 2.7 для каждого участка из десяти за время цикла найти мощность на валу электродвигателя и мощность потерь в электродвигателе по формулам:

$$\mathbf{P2}j = Mj \cdot Nj / 9550, \quad [кВт] \qquad (9);$$

$$\mathbf{P1}j = P2j / \eta_j \ , \quad [кВт] \qquad (10)$$

Результаты занести в таблицу пункта 2.5.

2.9. Для каждого участка из десяти за время цикла определить количество электроэнергии, получаемой из сети за время цикла по выражению:

$$A = \sum_{j=1}^{10} P_j \cdot t_j / 60, \quad [\text{кВт} \cdot \text{час}] \tag{11}$$

Таблица 1. (Первые две цифры варианта)

ЦИФРА	M_{C1}	M_{C2}	M_{C3}	M_{C4}	M_{C5}	M_{C6}	M_{C7}	M_{C8}	M_{C9}	M_{C10}
вар.	$H \cdot м$									
1	60	220	150	180	70	200	100	250	120	50
2	50	200	120	160	80	220	80	290	100	60
3	40	180	140	200	60	250	60	300	150	40
4	50	150	100	200	50	220	70	280	120	50
5	30	130	80	170	70	190	60	250	100	30
6	25	140	120	200	80	100	60	230	90	25
7	40	150	80	130	60	140	70	200	80	40
8	50	220	100	120	70	200	120	250	70	50
9	60	250	120	200	100	180	100	300	120	50
10	50	240	100	140	60	170	80	320	100	40
11	70	250	140	200	100	180	120	350	120	50
12	80	270	100	240	120	220	100	400	200	60
13	90	300	120	260	150	240	140	450	220	100
14	100	330	150	280	160	350	120	500	300	80
15	80	310	180	250	140	280	100	480	250	100
16	120	350	200	300	160	320	140	500	280	100
17	140	400	180	320	160	350	180	550	250	100
18	130	360	250	380	140	400	160	600	300	120
19	120	300	200	350	150	380	220	500	250	100
20	100	280	140	360	180	320	120	450	220	80
21	150	320	180	420	200	350	170	550	250	120
22	120	400	200	450	150	320	180	600	240	100
23	160	450	180	400	200	350	250	700	300	160
24	140	380	160	420	180	500	200	700	250	140
25	150	350	200	480	220	450	180	650	200	150
26	120	360	180	420	200	480	200	750	280	120
27	100	400	150	350	180	450	250	800	300	140
28	150	450	200	500	250	520	180	900	400	150
29	200	520	250	600	300	750	280	1000	500	200
30	180	600	300	500	250	800	200	1000	400	180

Таблица 2. (Вторые две цифры варианта)

ЦИФРА	**$T_Ц$**	**N_{MO}**	***i***	**ЦИФРА**	**$T_Ц$**	**N_{MO}**	***i***
вар.	*мин*	*об/мин*		**вар.**	*мин*	*об/мин*	
01	28	50	20	**02**	30	100	10
03	32	25	40	**04**	40	50	30
05	36	100	15	**06**	42	150	10
07	34	30	50	**08**	44	20	50
09	50	400	2,5	**10**	46	40	25
11	48	80	12.5	**12**	52	20	75
13	60	75	20	**14**	54	200	5
15	56	25	60	**16**	20	300	5
17	22	120	12,5	**18**	24	40	37,5
19	26	500	3	**20**	38	250	6
21	58	125	12	**22**	62	60	25
23	18	62.5	24	**24**	66	200	7.5
25	68	125	8	**26**	70	500	2
27	64	250	4	**28**	16	37.5	40
29	14	250	4	**30**	12	375	4

Таблица. 3.

$T1/T_Ц$	$T2/T_Ц$	$T3/T_Ц$	$T4/T_Ц$	$T5/T_Ц$	$T6/T_Ц$	$T7/T_Ц$	$T8/T_Ц$	$T9/T_Ц$	$T_{10}/T_Ц$
0,1	0,075	0,125	0,1	0,1	0,125	0,125	0,05	0,1	0,1

Таблица 4.

$\eta/\eta_н$	0,55	0,75	0,90	0,96	0,98	1,00	0,98	0,95	0,90	0,80	0,70
$P/P_н$	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0

Номинальные данные асинхронных короткозамкнутых электродвигателей серии 4А.

СИНХР. ЧАСТОТА N_O=**1000** ОБ/МИН					СИНХР. ЧАСТОТА N_O=**1500** ОБ/МИН				
	$P_н$	**$N_н$**	**$\eta_н$**	**$\lambda_к$**		**$P_н$**	**$N_н$**	**$\eta_н$**	**$\lambda_к$**
ТИП двиг.	*кВт*	*об/мин*	*%*		**ТИП двиг.**	*кВт*	*об/мин*	*%*	
4АА63А6У3	0.18	885	56	2.2	**4АА56В4У3**	0.18	1365	64	2.2
4АА63В6У3	0.25	890	59	2.2	**4АА63А4У3**	0.25	1380	68	2.2
4А71А6У3	0.37	910	64	2.2	**4АА63В4У3**	0.37	1365	68	2.2
4А71В6У3	0.55	900	67	2.2	**4А71А4У3**	0.55	1390	70	2.2
4А80А6У3	0.75	915	69	2.2	**4А71В4У3**	0.75	1390	72	2.2
4А80В6У3	1.1	920	74	2.2	**4А80А4У3**	1.1	1420	75	2.2
4А90L6У3	1.5	935	75	2.2	**4А80В4У3**	1.5	1415	77	2.2
4А100L6У3	2.2	950	81	2.2	**4А90L4У3**	2.2	1425	80	2.4
4А112МА6У3	3.0	955	81	2.5	**4А100S4У3**	3.0	1435	82	2.4
4А112МВ6У3	4.0	950	82	2.5	**4А100L4У3**	4.0	1430	84	2.4
4А132S6У3	5.5	965	85	2.5	**4А112М4У3**	5.5	1445	86	2.2
4А132М6У3	7.5	970	86	2.5	**4А132S4У3**	7.5	1455	87	3.0
4А160S6У3	11.0	975	86	2.0	**4А132М4У3**	11.0	1460	87	3.0
4А160М6У3	15.0	975	87	2.0	**4А160S4У3**	15.0	1465	88	2.3
4А180М6У3	18.5	975	88	2.0	**4А160М4У3**	18.5	1465	89	2.3
4А200М6У3	22.0	975	90	2.4	**4А180S4У3**	22.0	1470	90	2.3
4А200L6У3	30.0	980	91	2.4	**4А180М4У3**	30.0	1470	91	2.3