

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ:

Директор института энергетики и  
автоматизированных систем

С.И. Лукьянов

« 28 » сентября 2016 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Электрический привод

Направление подготовки

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Направленность программы

Электропривод и автоматика

Уровень высшего образования - бакалавриат

Программа подготовки – академический бакалавриат

Форма обучения

Заочная

Институт  
Кафедра  
Курс

Энергетики и автоматизированных систем  
Автоматизированного электропривода и мехатроники  
3

Магнитогорск  
2016 г.

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, утвержденного приказом МОиН РФ от 3 сентября 2015 г. № 955.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры автоматизированного электропривода и мехатроники «27» сентября 2016 г., протокол № 2.

Зав. кафедрой А.А. Николаев /

Рабочая программа одобрена методической комиссией института энергетики и автоматизированных систем «28» сентября 2016 г., протокол № 1.

Председатель С.И. Лукьянов /

Рабочая программа составлена: профессор каф. АЭПиМ, к.т.н., профессор

В.И. Косматов /

Рецензент: зам. начальника ЦЭТЛ ОАО «ММК» по электроприводу, к.т.н.

А.Ю. Юдин /





## 1 Цели освоения дисциплины

Целью преподавания дисциплины «Электрический привод» является формирование у студентов знаний в области современного электропривода, что позволит им успешно решать теоретические и практические задачи в их профессиональной деятельности.

Для достижения поставленной цели необходимо:

- создать у студентов правильное представление о сущности происходящих в электрических приводах процессов преобразования энергии и о влиянии требований рабочих машин и технологий на выбор типа и структуры электропривода;
- научить студентов самостоятельно выполнять простейшие расчеты по анализу движения электроприводов, определению их основных параметров и характеристик, оценке энергетических показателей работы и выборе двигателя и проверке его по нагреву;
- научить студентов самостоятельно проводить элементарные лабораторные исследования электрических приводов.

## 2 Место дисциплины в структуре ООП подготовки бакалавра

Дисциплина «Электрический привод» изучается в 5, 6 семестре.

Дисциплина входит в профессиональный цикл дисциплин и базируется на знаниях, полученных при изучении дисциплин «Математика», «Физика», «Теоретические основы электротехники», «Электрические машины» и дисциплин «Прикладная механика» в объеме настоящей образовательной программы.

Изучение дисциплины является базой для последующих дисциплин профессионального цикла «Теория электропривода», «Системы управления электроприводов» и прохождения производственной практики.

## 3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
Код и содержание компетенции: ПК-6, способностью рассчитывать режимы работы объектов профессиональной деятельности	
Знать:	<ul style="list-style-type: none"><li>- назначения и классификацию современных электрических приводов, электромеханические свойства электроприводов;</li><li>- математическое описание статических и динамических режимов работы электропривода;</li><li>- современные системы ТП-Д, ПЧ-АД, СД. Основы проектирования электроприводов</li></ul>
Уметь:	<ul style="list-style-type: none"><li>- проводить расчеты по основным режимам электроприводов;</li><li>- использовать методы расчета и выбора элементов систем электроприводов;</li><li>- иметь навыки проведения пуско-наладочных работ</li></ul>
Владеть:	<ul style="list-style-type: none"><li>- методиками расчета и выбора элементов систем электроприводов;</li><li>- методами испытания и правилами эксплуатации электроприводов;</li><li>- практическими навыками при проектировании и наладки электроприводов</li></ul>

#### 4 Структура и содержание дисциплины (для заочной формы обучения)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц 180 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 29,8 акад. часов
- аудиторная – 26 акад. часов;
- внеаудиторная работа – 3,8 акад. часа
- самостоятельная работа – 141,5 акад. часов
- подготовка к экзамену – 8,7 акад. часа

Форма аттестации: экзамен

Раздел/ тема дисциплины	Курс	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
1. Раздел. Электропривод как система								
1.1. Тема. Определение понятия электропривод. Блок-схема электропривода	3	0,5	-	-	2	Работа с библиографическими материалами	-	ПК-6 3
1.2. Тема. Классификация электроприводов. История развития электропривода	3	0,5	-	-		Подбор учебников, учебных пособий и методических указаний	Проверка реферата	ПК-6 3





Раздел/ тема дисциплины	Курс	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
4.1. Тема. Принцип действия. Основные уравнения и основные соотношения для двигателей постоянного тока последовательного и смешанного возбуждения	3	0,5	-	-	10	Выполнение расчетно-графической работы №3 «Электромеханические свойства электроприводов с двигателями последовательного возбуждения	Проверка и оценка РГР №3	ПК-6 з, у, в
4.2. Тема. Характеристики и режимы электроприводов. Номинальные режимы. Допустимые значения координат. Расчет и построение электромеханических и механических характеристик.	3	0,5	-	-	-	-	-	-
<b>Итого по разделу</b>		<b>1</b>	-	-	<b>10</b>	РГР №3	Проверка и оценка РГР №3	ПК-6 з, у, в
5. Раздел. Физические процессы в электроприводах с асинхронными и синхронными двигателями								
5.1. Тема. Схемы включения и основные соотношения для асинхронных двигателей. Электромеханические и механические характеристики асинхронных	3	1	4/2и	-	20	Выполнение расчетно-графической работы №4 «Электромеханические свойства электроприводов с	Проверка и оценка РГР №4  Проверка отчета по	ПК-6 з, у, в



Раздел/ тема дисциплины	Курс	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
двигателей. Искусственные механические характеристики асинхронных двигателей. Пусковые и тормозные режимы асинхронных двигателей						двигателями переменного тока»  Выполнение лабораторной работы №2	лабораторной работе №2	
5.2. Тема. Синхронный электропривод – принцип работы, механическая и угловая характеристики. Регулирование скорости	3	1	-	-	-			ПК-6 з, у, в
<b>Итого по разделу</b>		<b>2</b>	<b>4/2и</b>	<b>-</b>	<b>20</b>	Выполнение РГР №4 Выполнение ЛР №2	Проверка и оценка РГР №4 и ЛР №2	ПК-6 з, у, в
6. Раздел. Электрическая часть силового канала электропривода								
6.1. Тема. Структура силового канала электропривода. Преобразователи электрической энергии в электроприводе. Выпрямители, инверторы, источники тока. Принцип действия преобразователей, схемы, техническая реализация	3	0,5	-	-	10	Подготовка к тестированию	Оценка ответов по тестам	ПК-6 з
6.2. Тема. Система тиристорный преобразователь-двигатель постоянного тока. Система преобразователь частоты – двигатель переменного тока	3	1	4/2и	-	5	Выполнение лабораторных работ №3, 4	Проверка и оценка отчета по лабораторным работам №3, 4	ПК-6 з



Раздел/ тема дисциплины	Курс	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
8.1. Тема. Основные этапы инженерного проектирования электроприводов: постановка и анализ задачи проектирования, поиск возможных решений, выбор двигателя, выбор механической передачи, выбор преобразователя	3	0,5	-	-	5		Опорный конспект лекций	ПК-6 3
8.2. Тема. Нагрузочные диаграммы механизма и двигателя. Тепловая модель двигателя, стандартные режимы. Проверка двигателей по нагреву и перегрузке. Элементы теории надежности	3	0,5	-	-	5			ПК-6 3, у, в
<b>Итого по разделу</b>		<b>1</b>	<b>2/2и</b>	<b>-</b>	<b>10</b>			
Тема. Расчет переходных процессов в электроприводах постоянного и переменного тока без учета электромагнитной инерции	3	-	-	-	10	Выполнение расчетно-графической работы №5	Проверка и оценка РГР №5	ПК-6 3, у, в
Тема. Разработка системы тиристорный преобразователь – двигатель (ТП-Д)	3	-	-	-	14,5	Выполнение расчетно-графической работы №6	Проверка и оценка РГР №6	ПК-6 3, у, в

Раздел/ тема дисциплины	Курс	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
Тема. Разработка силовой части системы частотный преобразователь – асинхронный двигатель (ПЧ-АД)	3	-	-	-	10	Выполнение расчетно-графической работы №7	Проверка и оценка РГР №7	ПК-6 з, у, в
<b>Итого по дисциплине</b>		<b>10</b>	<b>16/8и'</b>	<b>-</b>	<b>141,5</b>		<b>Экзамен</b>	

## **5 Образовательные технологии**

Для реализации предусмотренных видов учебной работы в качестве образовательных технологий в преподавании дисциплины «Электрический привод» используются традиционная и модульно - компетентностная технологии.

Передача необходимых теоретических знаний и формирование основных представлений по курсу «Электрический привод» происходит с использованием мультимедийного оборудования (аудитории 227,123).

Лекции происходят в традиционной форме, в форме лекций-консультаций и проблемных лекций. Теоретический материал на проблемных лекциях является результатом усвоения полученной информации посредством постановки проблемного вопроса и поиска путей его решения. На лекциях – консультациях изложение нового материала сопровождается постановкой вопросов и дискуссией в поисках ответов на эти вопросы.

При проведении лабораторных занятий используются универсальные лабораторные стенды, работа в бригаде и методы ИТ.

Самостоятельная работа стимулирует студентов в процессе подготовки домашних заданий, при решении задач на лабораторных занятиях, при подготовке к контрольным работам, при выполнении исследований на лабораторных установках и итоговой аттестации.

## **6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов**

Аудиторная самостоятельная работа студентов на лабораторных занятиях осуществляется под контролем преподавателя в виде подготовки к лабораторным работам (расчёты параметров, схемные решения) и выполнение необходимых исследований и расчётов, которые определяет преподаватель для студентов.

Внеаудиторная самостоятельная работа студентов осуществляется в виде изучения и проработки материалов лекций, учебных пособий, учебников и выполнения домашних заданий с консультациями преподавателя.

### **Вопросы к защите лабораторной работы №1:**

1. Как влияет добавочное сопротивление в цепи якоря на жесткость механической характеристики ДПТ?
2. Перечислите преимущества и недостатки реостатного регулирования скорости ДПТ.
3. Возможен ли пуск ДПТ при подключении его напрямую к сети?
4. Как определить скорость холостого хода ДПТ по паспортным данным?
5. Как реализовать режим рекуперативного торможения ДПТ?
6. Как реализовать режим динамического торможения ДПТ?
7. Как реализовать режим противовключения ДПТ?
8. Какой из трёх возможных тормозных режимов наиболее выгодный с энергетической точки зрения для электропривода подъёма крана?
9. Какой из трёх возможных тормозных режимов наиболее подходит для электропривода насоса?
10. Как влияет ослабление магнитного потока на перегрузочную способность ДПТ?
11. Можно ли подключать якорь ДПТ к источнику напряжения при ослабленном магнитном потоке?

### **Вопросы к защите лабораторной работы №2:**

1. Нарисуйте и поясните семейство электромеханических характеристик при регулировании скорости по системе ПТ-Д.
2. Перечислите преимущества и недостатки регулирования скорости по системе ПТД.
3. В каком режиме будет работать ТП, если ДПТ работает в генераторном?
4. Нарисуйте принципиальную электрическую схему реверсивной системы ТП-Д.
5. Поясните работу ТП, если ДПТ работает в двигательном режиме.
6. Поясните работу ТП, если ДПТ работает в генераторном режиме.
7. Какую роль играет сглаживающий дроссель в цепи якоря системы ТП-Д?
8. Как влияют ТП, питающий трансформатор, сглаживающий дроссель на жесткость электромеханической характеристики двигателя?
9. Поясните понятие активной и реактивной статической нагрузки.
10. Характеристика механических потерь.
11. Механические и электрические потери системы ТП-Д.

### **Вопросы к защите лабораторной работы №3:**

1. Нарисуйте семейство механических и электромеханических характеристик АД при реостатном регулировании скорости.
2. Как реализовать генераторный режим работы АД?
3. Как реализовать динамический режим работы АД?
4. Режим противовключения АД.
5. Сравните режим динамического торможения и противовключения. Перечислите преимущества и недостатки.
6. Как влияет величина скольжения на электрические потери АД?
7. Почему критический момент генераторного режима АД больше, чем двигательного?
8. От чего зависит критический момент АД?
9. От чего зависит скорость холостого хода АД?
10. Как повлияет введенное добавочное сопротивление в ротор АД на характеристику динамического торможения?
11. Как повлияет введенное добавочное сопротивление в цепь статора АД на характеристику динамического торможения?

## 7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

### а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
ПК-6. – способность рассчитывать режимы работы объекта профессиональной деятельности		
Знать:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- назначения и классификацию современных электроприводов;</li> <li>- математическое описание статических и динамических режимов работы электропривода;</li> <li>- современные системы ТП-Д, ПЧ-АД, СД;</li> <li>- основы проектирования электропривода</li> </ul>	<p>Модуль 1</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Дайте определение электрического привода и приведите общую структуру электропривода.</li> <li>2. Объясните назначение основных элементов и частей электропривода.</li> <li>3. Как классифицируются электрические приводы?</li> <li>4. Какие элементы относятся к механической части электропривода?</li> <li>5. Объясните, в каких случаях можно получить многомассовую кинематическую схему механической части системы, покажите моменты и скорости, действующие на отдельные массы этой системы.</li> <li>6. Каким образом можно получить упрощенную одномассовую систему?</li> <li>7. Для чего выполняется операция приведения статистических моментов и моментов инерции системы электропривода?</li> <li>8. В чем отличие расчета приведенного момента сопротивления нагрузки механизма при различных направлениях потока энергии механической части электропривода?</li> <li>9. Объясните особенности приведения поступательного движения механизма к вращательному движению двигателя.</li> <li>10. Что такое установившийся и переходный режимы работы электропривода?</li> <li>11. Какие моменты действуют на электропривод в установившемся и переходном режимах?</li> <li>12. Запишите и объясните уравнение движения электропривода для одномассовой системы.</li> <li>13. В каких режимах будет работать двигатель при <math>M = M_c</math>, <math>M &gt; M_c</math> и <math>M &lt; M_c</math>, а также</li> </ol>

если уравнение движения имеет вид

$$M - M_c = M_{дин} ?$$

14. Представить уравнение движения электропривода для режимов работы: двигательного ускоренного и тормозного замедленного.

15. Уравнение движения электропривода при  $M > M_c$  имеет вид:  $-M + M_c = M_{дин}$ . В каком режиме работает двигатель и как изменится этот режим при  $M < M_c$  ?

16. Поясните правила знаков моментов в уравнении движения электропривода.

17. Что такое динамический момент электропривода?

18. Представьте уравнение движения электропривода для двухмассовой системы.

19. Представьте и объясните структурную схему двухмассовой системы электропривода.

20. Дайте понятие механических характеристик двигателя производственного механизма и приведите примеры.

21. Что такое жесткость механической характеристики?

22. Как определяется скорость установившегося движения электропривода?

23. Какими способами оценивается устойчивость установившегося движения электропривода?

24. От чего в общем случае зависит динамический момент электропривода?

25. Каким образом можно определить время пуска и торможения электропривода при постоянном динамическом моменте?

26. Каким образом могут быть получены кривые переходных процессов при линейных механических характеристиках двигателя производственного механизма?

27. Какая нагрузка электропривода называется активной? Приведите ее механическую характеристику.

28. Какая нагрузка электропривода называется реактивной? Приведите ее механическую характеристику.

## Модуль 2

1. Какая характеристика называется естественной механической?

2. Начертите семейство механических характеристик двигателя постоянного тока независимого возбуждения:

– при неизменном потоке и для различных напряжений;



		<p>– при неизменном напряжении и различных потоках;</p> <p>– при неизменных напряжении и потоке, но при различных сопротивлениях цепи якоря.</p> <p>3. Что такое генераторный рекуперативный режим двигателя постоянного тока, режим противовключения, режим динамического торможения? Начертите механические характеристики этих режимов для различных сопротивлений цепи якоря.</p> <p>4. Как построить скоростную и механическую характеристики двигателя параллельного возбуждения при ослабленном потоке?</p> <p>5. Чем отличается электромагнитный момент двигателя от момента на валу?</p> <p>6. Рассчитайте номинальное сопротивление двигателя параллельного возбуждения при <math>P_n = 40 \text{ кВт}</math>, <math>U_n = 220 \text{ В}</math>, <math>\eta_n = 0.92</math>, если ток возбуждения составляет 0,025 от <math>I_n</math>?</p> <p>7. Начертить принципиальную схему включения двигателя параллельного возбуждения.</p> <p>8. Сравните двигатели с параллельным, последовательным и смешанным возбуждением в отношении пускового момента и перегрузочной способности.</p> <p>9. Как осуществляется расчет механических характеристик двигателя параллельного возбуждения по каталожным данным?</p> <p>10. Какой вид имеют уравнения механических характеристик двигателя постоянного тока в относительных единицах?</p> <p>11. Крановый двигатель постоянного тока параллельного возбуждения опускает груз в режиме противовключения. Что произойдет с его скоростью вращения, если в цепь якоря будет введено дополнительное сопротивление?</p> <p>12. Как производится графический расчет сопротивлений пускового реостата двигателя параллельного возбуждения?</p> <p>13. Какая мощность расходуется в последовательном внешнем сопротивлении в режиме противовключения двигателя?</p> <p>14. При каких статических моментах возможен режим противовключения двигателя параллельного возбуждения посредством увеличения сопротивления в цепи якоря, посредством изменения полярности напряжения на якоре?</p> <p>15. Допустим ли режим противовключения двигателя при отсутствии дополнительного сопротивления в цепи якоря?</p>
--	--	---

		<p>16. Для какой цели нужно знать механические характеристики и их уравнения?</p> <p>17. Каков физический смысл характеристик режима противовключения во втором или четвертом квадранте?</p> <p>18. Каковы преимущества и недостатки различных способов электрического торможения двигателей?</p> <p>19. Что такое параметрический способ регулирования скорости двигателя?</p> <p>20. Перечислите недостатки регулирования скорости двигателя изменением сопротивления в цепи якоря.</p> <p>21. Каковы практические пределы регулирования скорости двигателя независимого возбуждения при изменении магнитного потока?</p> <p>22. Каковы преимущества и недостатки различных способов регулирования скорости двигателя параллельного возбуждения?</p> <p>23. Как понимать термин «регулирование скорости с постоянным моментом и с постоянной мощностью»?</p> <p>24. Почему при регулировании скорости изменением магнитного потока меняется наклон механической характеристики, а при регулировании изменением напряжения он не меняется?</p> <p>25. Какая скорость установится в конце процесса торможения различными способами при активном и пассивном моментах сопротивления?</p> <p>26. Чем объяснить, что характеристики <math>\omega = f(I_{\text{я}})</math> при ослаблении магнитного потока пересекаются в одной точке при <math>\omega = 0</math>?</p> <p>27. Почему и при каких значениях тока и скорости пересекаются в одной точке характеристики двигателя при соединении его по схеме шунтирования якоря?</p> <p>28. Может ли двигатель параллельного возбуждения рекуперировать энергию в сеть при соединении его по схеме шунтирования якоря?</p> <p>29. Как изменит свое положение механическая характеристика динамического торможения при ослаблении магнитного потока двигателя.</p> <p>30. Во сколько раз изменится момент двигателя при заданной скорости, если поток снизится в два раза (двигатель параллельного возбуждения)?</p> <p>31. Начертите принципиальную реверсивную схему системы Г-Д, укажите принцип ее действия при регулировании скорости и торможении двигателя.</p> <p>32. Каков общий диапазон регулирования</p>
--	--	--

		<p>скорости двигателя в системе Г-Д при комбинированном регулировании напряжением генератора и потоком двигателя?</p> <p>33. Какие факторы ограничивают диапазон регулирования скорости в системе Г-Д и какими способами его можно расширить?</p> <p>34. Укажите достоинства и недостатки системы Г-Д.</p> <p>35. Как принципиально производится регулирование скорости двигателя в тиристорном приводе?</p> <p>36. Что такое угол регулирования тиристоров и как его величина влияет на скорость двигателя?</p> <p>37. Как осуществляется реверс двигателя в системе ТП-Д?</p> <p>38. Назовите и представьте силовые схемы реверсивных тиристорных преобразователей, укажите их достоинства и недостатки, а также области применения.</p> <p>39. Что такое инверторный режим тиристорного преобразователя?</p> <p>40. В каком режиме работает двигатель при инверторном режиме преобразователя и какие переключения необходимо произвести в этом случае в цепи якоря двигателя?</p> <p>41. Какой вид имеют механические характеристики двигателя в системе ТП-Д?</p> <p>42. Что такое прерывистый режим тиристорного преобразователя и каково его влияние на работу привода?</p> <p>43. Как зависит <math>\cos \varphi</math> тиристорного привода от скорости вращения двигателя?</p> <p>44. Укажите достоинства и недостатки тиристорного привода и возможные области его применения.</p> <p>45. Как осуществляется регулирование скорости при использовании импульсных регуляторов напряжения?</p> <p style="text-align: center;">Модуль 3</p> <p>1. Почему для двигателя последовательного возбуждения нельзя получить точное аналитическое выражение механической характеристики?</p> <p>2. Для какой цели могут служить выведенные приближенные уравнения механической характеристики двигателя с последовательным возбуждением?</p> <p>3. В каких режимах может работать двигатель последовательного возбуждения? Почему для него невозможна работа в генераторном режиме с отдачей энергии в сеть?</p>
--	--	---

		<p>4. Почему естественная и реостатные характеристики двигателя последовательного возбуждения не переходят в область отрицательных моментов, а при шунтировании якоря того же двигателя переходят?</p> <p>5. Покажите по уравнению электромеханической характеристики, изменением каких параметров можно регулировать скорость двигателя последовательного возбуждения.</p> <p>6. Охарактеризуйте различные способы регулирования скорости двигателя последовательного возбуждения.</p> <p>7. Чем объяснить нелинейность механической характеристики двигателя при шунтировании якоря и <math>R_{ш} = 0</math>?</p> <p>8. Возможна ли рекуперация энергии в сеть при шунтировании якоря двигателя последовательного возбуждения?</p> <p>9. Почему в зоне значительных нагрузок механические характеристики при шунтировании обмотки возбуждения приближаются к линейным?</p> <p>10. Какие способы пуска возможны для двигателя последовательного возбуждения и какие из них наиболее часто применяются на практике?</p> <p>11. Поясните, как производится расчет пусковых и тормозных сопротивлений.</p> <p>12. Представьте механические характеристики двигателя при шунтировании якоря и обмотки возбуждения.</p> <p>13. Для какой цели и каким образом используются универсальные характеристики двигателя последовательного возбуждения в относительных единицах?</p> <p>14. Двигатель постоянного тока с последовательным возбуждением работает на линейном участке кривой намагничивания. Как изменится жесткость механической характеристики, если нагрузка снизится в 2 раза?</p> <p>15. Начертите принципиальные схемы включения двигателей последовательного и смешанного возбуждения при пуске.</p> <p>16. Как могут рассчитываться кривые скорости, тока и момента для двигателей последовательного возбуждения при пуске и торможении?</p> <p>17. Какими условиями определяется реальная скорость холостого хода двигателя постоянного тока с последовательным возбуждением?</p> <p>18. Почему в электроприводах с двигателем постоянного тока последовательного возбуждения не применяются ременные и цепные передачи?</p>
--	--	--

		<p>19. Какое соотношение <math>\omega_{\max} / \omega_n</math> является допустимым для двигателя последовательного возбуждения из соображений механической прочности электрической машины?</p> <p>20. Каким образом может быть построена искусственная реостатная характеристика при известной естественной характеристике двигателя?</p> <p>21. Объясните, почему перегрузочная способность электродвигателя последовательного возбуждения по моменту выше, чем у двигателя независимого возбуждения.</p> <p>22. Изобразите примерную зависимость магнитного потока двигателя от скорости для естественной характеристики в схеме с шунтированием якоря.</p> <p>23. Почему при токе якоря, превышающем номинальное значение, механические характеристики двигателя последовательного возбуждения линейны?</p> <p>24. Сравните двигатели с параллельным, последовательным и смешанным возбуждением в отношении пускового момента и перегрузочной способности.</p> <p>25. Каким образом осуществляется торможение противовключением при активном и реактивном статическом моменте?</p> <p>26. В чем заключаются недостатки динамического торможения двигателя последовательного возбуждения с самовозбуждением и почему при динамическом торможении иногда осуществляется независимое питание обмотки возбуждения?</p> <p>27. Почему в реальных условиях механические характеристики двигателя последовательного возбуждения в тормозном режиме с самовозбуждением при различных дополнительных сопротивлениях в якорной цепи исходят не из начала координат?</p> <p>28. При каких условиях должно осуществляться торможение с самовозбуждением, чтобы не допустить размагничивания машины?</p> <p>29. Чем объясняется ограниченность применения динамического торможения двигателя последовательного возбуждения с самовозбуждением?</p> <p>30. Назовите области применения двигателей последовательного и смешанного возбуждения и объясните их.</p> <p>31. Как будут выглядеть механические характе</p>
--	--	---

		<p>ристикидвига- телейсмешанноговозбужденияприразныхсоотношен ияхмежду ампер витками (МДС) параллельной и последовательной обмоток?</p> <p>32. Какие способы электрического торможения используются для двигателей смешанного возбуждения?</p> <p>33. Как производится реверсирование двигателя смешанного возбуждения?</p> <p>34. Как графически произвести расчет пускорегулировочного реостата для двигателя смешанного возбуждения?</p> <p>35. Почемудвигательсмешанноговозбуждени яработаетне- устойчивопривстречномвключенииобмотоквозбужд ения?</p> <p>Модуль 4</p> <p>1. В каких режимах может работать асинхронный двигатель?</p> <p>2. Как зависит максимальный (критический) момент асинхронного двигателя от напряжения сети и сопротивления цепи ротора?</p> <p>3. Как изменится критическое скольжение при включении симметричных сопротивлений в цепь статора?</p> <p>4. Как определить активное сопротивление ротора асинхронного двигателя по каталожным данным?</p> <p>5. Каким образом может быть построена естественная механическая характеристика асинхронного двигателя?</p> <p>6. Как построить искусственную характеристику асинхронного двигателя при известной естественной характеристике:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– для другого сопротивления ротора;</li> <li>– для другого напряжения, к которому подключен статор;</li> <li>– для другой частоты сети?</li> </ul> <p>7: При каких скольжениях возможна устойчивая работа асинхронного двигателя при постоянном статическом моменте <math>M_c</math>?</p> <p>8. Почему максимальный момент асинхронного двигателя в генераторном режиме больше максимального момента в двигательном режиме?</p> <p>9. Чем объяснить, что ток статора при синхронной скорости не зависит от величины добавочного сопротивления в роторной цепи?</p> <p>10. Почему при одних и тех же значениях</p>
--	--	---

		<p>моментов короткого замыкания (начальных моментах), получающихся в одном случае при замыкании ротора накоротко, а в другом – при соответствующем дополнительном сопротивлении, различным и оказываются значения токов короткого замыкания?</p> <p>11. Как изменяется ток ротора асинхронного двигателя с изменением скольжения?</p> <p>12. Почему при неподвижном роторе ток двигателя в несколько раз превышает номинальный ток?</p> <p>13. Как проводятся приближенный и точный графические расчеты пусковых сопротивлений в цепи ротора?</p> <p>14. При каком напряжении сети практически может применяться пуск асинхронного двигателя переключением со звезды на треугольник?</p> <p>15. Какие способы электрического торможения применяются для асинхронных двигателей?</p> <p>16. Для каких механизмов можно осуществить торможение асинхронного двигателя с рекуперацией энергии в сеть?</p> <p>17. С какой целью при динамическом торможении асинхронного двигателя в обмотки статора подают постоянный ток?</p> <p>18. Начертите примерный вид механической характеристики динамического торможения асинхронного электродвигателя и укажите, как влияют на вид характеристик величина тока возбуждения и сопротивление роторной цепи.</p> <p>19. В какой области механической характеристики двигателя при динамическом торможении может иметь место неустойчивый режим?</p> <p>20. Можно ли утверждать, что при любой скорости выше синхронной двигатель будет отдавать энергию в сеть?</p> <p>21. Чем объяснить наличие максимума момента при динамическом торможении и почему с уменьшением дополнительного сопротивления в роторной цепи максимум момента смещается в сторону меньших скольжений?</p> <p>22. Изобразите примерную зависимость тока в роторной цепи двигателя при динамическом торможении, а также кривую результирующего рабочего магнитного потока от скорости.</p> <p>23. Приведите примеры приводов, в которых возможен переход асинхронного двигателя в генераторный режим.</p> <p>24. Чем объяснить появление больших токов при переходе в режим противовключениям</p>
--	--	---

		<p>асинхронного двигателя?</p> <p>25. Асинхронный двигатель механизма подъема крана обеспечивает подъем груза. Что происходит с его скоростью вращения, если в роторную цепь вводится значительное по величине дополнительное сопротивление?</p> <p>26. Назовите возможные способы регулирования скорости вращения асинхронных двигателей.</p> <p>27. Какие способы регулирования скорости асинхронного двигателя позволяют плавно изменять скорость при наличии жестких механических характеристик? Каковы недостатки этих способов?</p> <p>28. К какому типу относится регулирование скорости асинхронного двигателя включением дополнительного сопротивления в роторе? Перечислите недостатки этого способа регулирования скорости.</p> <p>29. Начертите схемы обмоток статора двухскоростного двигателя при регулировании скорости с постоянным моментом и постоянной мощностью.</p> <p>30. Укажите достоинства и недостатки регулирования скорости с помощью тиристорных регуляторов напряжения в цепи статора.</p> <p>31. Начертите каскадные схемы регулирования скорости асинхронного двигателя с использованием полупроводниковых выпрямителей в цепи ротора.</p> <p>32. Каким должно быть соотношение напряжения и частоты при частотном регулировании для сохранения постоянной перегрузочной способности двигателя?</p> <p>33. Как изменяется критическое скольжение при уменьшении частоты, если управление производится по закону <math>U/f = const</math> ?</p> <p>34. Как влияет учет насыщения на величины критического и пускового моментов двигателя при различных частотах и законе <math>U/f = const</math> ?</p> <p>35. Оцените преимущества и недостатки частотного управления с неизменным магнитным потоком при различных частотах.</p> <p>36. Объясните возможность импульсного регулирования скорости асинхронного двигателя и представьте применяемые схемы реализации данного способа регулирования.</p> <p>37. Сравните регулировочные свойства асинхронных двигателей и двигателей постоянного тока.</p> <p>38. Какие из рассмотренных способов регулирования обеспечивают приблизительно постоянную располагаемую мощность, а какие и</p>
--	--	---



момент?

### Модуль 5

1. Какие виды переходных режимов имеют место при работе электропривода?

2. Какое практическое значение имеют переходные процессы в электроприводе?

3. Для каких рабочих машин характер переходного процесса не имеет существенного значения?

4. В каких случаях для разомкнутых электроприводов исследуются механические и электромагнитные переходные процессы?

5. Объясните физическую сущность электромеханической  $T_{\mu}$  и электромагнитной  $T_{\nu}$  постоянных времени. Каким образом могут быть определены постоянные времена  $T_{\mu}$  и  $T_{\nu}$ ?

7. Как определяется длительность переходного процесса при известных значениях постоянных времени?

8. Представьте и объясните основные уравнения для скорости и тока двигателя при переходных процессах.

9. Почему при приложении нагрузки к валу двигателя постоянного тока увеличивается ток якоря?

10. Каким образом может быть определено время разгона двигателя при одноступенчатом и многоступенчатом пусках?

11. Представьте и объясните кривые переходных процессов при пуске, торможении противовключением и динамическом торможении.

12. Представьте и объясните кривые переходных процессов для скорости и тока двигателя постоянного тока независимого возбуждения при учете электромагнитной инерции якоря.

13. Как влияет изменение сопротивления при переходных процессах на длительность их протекания?

14. Объясните особенность исследования переходных процессов в разомкнутых электроприводах с асинхронным двигателем.

15. Для какой цели необходимо форсирование при пуске двигателя постоянного тока изменением напряжения?

16. Какие способы применяются для ускорения электромагнитных переходных процессов в обмотках возбуждения электрических машин?

17. Перечислите способы форсирования и

		<p>покажите, как будет изменяться ЭДС генератора при разных способах форсирования.</p> <p>18. Как могут рассчитываться кривые скорости, тока и момента для двигателей последовательного возбуждения при пуске и торможении?</p> <p>19. Для какой цели необходимо определять потери энергии при пуске и торможении двигателя?</p> <p>20. Начертите диаграмму мощности и потерь при торможении противовключением двигателя постоянного тока параллельного возбуждения.</p> <p>21. Запишите и объясните общее выражение для потерь в асинхронном двигателе в установившемся режиме. Определите потери в стали в режиме короткого замыкания.</p> <p>22. Какая составляющая потерь энергии <math>A_n</math>, <math>A_c</math> или <math>A_n</math> обычно является доминирующей, и в каких случаях остальные составляющие могут иметь большее значение?</p> <p>23. Каково соотношение между основными потерями при пуске и торможении для двигателя постоянного тока с параллельным возбуждением и для асинхронного двигателя?</p> <p>24. Как определить потери энергии при пуске асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором и углубленным пазом или двойной клеткой?</p> <p>25. Назовите возможные способы уменьшения пусковых потерь двигателей.</p> <p>26. Назовите основной способ снижения потерь и расхода энергии при пуске двигателей постоянного тока.</p> <p>27. Почему при ступенчатом пуске по сравнению с прямым до той же скорости время пуска и, соответственно, потери энергии заметно сокращаются?</p> <p>28. Каким образом могут быть снижены потери в электроприводах с регулируемой скоростью?</p> <p>29. Что представляют собой средние потери за цикл?</p> <p>30. В каком соотношении находятся потери энергии при пуске двигателя в холостую и под нагрузкой?</p> <p>31. Сравните потери энергии, выделяющиеся в двигателях при прямом и реостатном пусках в холостую.</p>
Уметь	- проводить расчеты	<p><i>Домашнее задание №1</i></p> <p>Составление расчетных схем механической части</p>

	<p>статических режимов работы электропривода;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- конструировать схемы включения ЭП;</li> <li>- графически представлять скоростные и механические характеристики;</li> <li>- обобщать результаты решений задач;</li> <li>- использовать полученные результаты в практике электропривода</li> </ul>	<p>силового канала электропривода (по вариантам[3],[20]).</p> <p><i>Домашнее задание №2</i> Расчет и построение электромеханических и механических характеристик электропривода постоянного тока с двигателями независимого возбуждения (по вариантам, учебное пособие [3]).</p> <p><i>Домашнее задание №3</i> Расчет и построение электромеханических и механических характеристик электропривода постоянного тока с двигателями последовательного возбуждения (по вариантам, учебное пособие [3]).</p> <p><i>Домашнее задание №4</i> Расчет и построение электромеханических и механических характеристик электропривода переменного тока с асинхронными двигателями (по вариантам, учебное пособие [3]).</p> <p><i>Домашнее задание №5</i> Расчет и построение фазовых, регулировочных и скоростных характеристик системы тиристорный преобразователь-двигатель постоянного тока (система ТП-Д, учебное пособие [18]).</p> <p><i>Домашнее задание №6</i> Расчет переходных процессов в электроприводах постоянного и переменного тока (учебное пособие [3]).</p> <p><i>Домашнее задание №7</i> Расчет нагрузочных диаграмм и тахограмм электропривода (по вариантам, учебное пособие [18]).</p>
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> <li>- практическими навыками исследования электроприводов постоянного и переменного тока;</li> <li>- методами наладки электроприводов со статическими преобразователями;</li> <li>- навыками и методиками обобщения результатов экспериментальных</li> </ul>	<p>АКР №1 – Механика и режимы работы электропривода (учебное пособие [3]).</p> <p>АКР №2 – Электромеханические и регулировочные свойства электропривода с двигателем постоянного тока независимого возбуждения (учебное пособие [3]).</p> <p>АКР №3 - Электромеханические и регулировочные свойства электропривода с двигателем постоянного тока последовательного возбуждения (учебное пособие [3]).</p> <p>АКР №4 - Электромеханические и регулировочные свойства электропривода с асинхронным двигателем (учебное пособие [3]).</p>

	<p>исследований электроприводов;  - основными методами решения практических задач в области автоматизированного электропривода;  - профессиональным языком в области автоматизированного электропривода;  - способами совершенствования профессиональных знаний и умений путем использования возможностей информационной среды</p>	<p><i>Лабораторная работа №1</i>  Исследование механической части силового канала электропривода с учетом упругих связей.</p> <p><i>Лабораторная работа №2</i>  Исследование электромеханических свойств электроприводов с двигателями постоянного тока независимого возбуждения.</p> <p><i>Лабораторная работа №3</i>  Исследование электромеханических свойств электроприводов с асинхронными двигателями.</p> <p><i>Лабораторная работа №4</i>  Исследование электромеханических свойств электроприводов по системе ТП-Д.</p> <p><i>Лабораторная работа №5</i>  Исследование электромеханических свойств электроприводов по системе ПЧ-АД.</p> <p><i>Лабораторная работа №6</i>  Исследование динамических режимов электроприводов с двигателями постоянного и переменного тока</p>
--	--	--

**б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:**

Промежуточная аттестация по дисциплине «Электрический привод» включает в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в виде экзамена.

Экзамен по данной дисциплине проводится в устной форме по экзаменационным билетам, каждый из которых включает 2 теоретических вопроса и одно практическое задание.

**Показатели и критерии оценивания экзамена:**

– на оценку «отлично» (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

– на оценку **«хорошо»** (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.

– на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

Вопросы для экзамена по дисциплине «Электрический привод»

1. Объяснить для чего и каким образом выполняется операция приведения статических моментов и моментов инерции системы электропривода? Как влияет на расчет приведенного момента сопротивления различное направление потока энергии?
2. Как определяется скорость и оценивается устойчивость установившегося движения электропривода?
3. Каким образом можно определить время пуска и торможения электропривода при постоянном динамическом моменте?
4. Представить и объяснить уравнение движения электропривода для режимов работы: двигательного ускоренного и тормозного замедленного при активном и реактивном статическом моменте.
5. Объяснить, что такое генераторный рекуперативный режим двигателя постоянного тока, режим противовключения и режим динамического торможения? Представить механические характеристики этих режимов для различных сопротивлений якоря.
6. Объясните, каким образом осуществляется режим противовключения двигателя независимого возбуждения при различном характере статического момента (активном и реактивном)?
7. Каким образом рассчитываются дополнительное сопротивление в цепи якоря и какая мощность расходуется в этих сопротивлениях в режимах противовключения и динамического торможения двигателя независимого возбуждения.

8. Какая скорость установится в конце процесса торможения двигателя независимого возбуждения различными способами при активном и реактивном моменте сопротивления?
9. Объясните и сравните между собой способы регулирования скорости: реостатный и шунтированием якоря для двигателя независимого возбуждения с точки зрения показателей регулирования.
10. Начертите принципиальную реверсивную схему системы «генератор-двигатель» и объясните принцип действия схемы при регулировании скорости и при торможении двигателя.
11. Начертите и сравните между собой по показателям регулирования способы регулирования скорости: изменением напряжения на зажимах двигателя и ослаблением поля двигателя независимого возбуждения.
12. Энергетические режимы работы двигателя постоянного тока независимого возбуждения.
13. Расчет пусковых сопротивлений двигателя независимого возбуждения.
14. Как понимать термин «регулирование скорости с постоянным моментом и постоянной мощностью» двигателя?
15. В каких режимах может работать двигатель последовательного возбуждения? Почему для него не возможна работа в генераторном режиме с отдачей энергии в сеть?
16. Как осуществляется расчет и построение искусственных и естественных механических характеристик двигателя последовательного возбуждения?
17. В чем недостатки динамического торможения с самовозбуждением двигателя последовательного возбуждения и почему при динамическом торможении иногда осуществляется независимое питание обмотки возбуждения?
18. Оценить и сравнить способы торможения двигателей последовательного возбуждения.
19. Каким образом осуществляется торможение противовключением двигателя последовательного возбуждения при активном и реактивном статическом моменте?
20. Для каких механизмов можно осуществить торможение асинхронного двигателя с рекуперацией энергии в сеть? Объяснить сущность этого способа торможения.
21. Динамическое торможение асинхронных двигателей. Объясните, как влияет на вид механических характеристик величина тока возбуждения и сопротивление роторной цепи?
22. Какие способы регулирования скорости асинхронного двигателя позволяют плавно изменять скорость при наличии жестких механических характеристик? Каковы недостатки этих способов?

23. Сравните регулировочные свойства асинхронных двигателей и двигателей постоянного тока.
24. Основные законы регулирования напряжения и частоты асинхронного двигателя.
25. Двухзонное регулирование скорости асинхронного двигателя при изменении частоты питающего напряжения.
26. Сравните между собой способы торможения противовключением асинхронного двигателя при активном и реактивном статическом моменте.
27. Как осуществляется расчет пусковых сопротивлений асинхронного двигателя?
28. Объясните принцип регулирования скорости асинхронного двигателя изменением числа пар полюсов. Покажите схемы обмотки статора двухскоростного двигателя при регулировании скорости с постоянным моментом и постоянной мощностью.
29. Представить и объяснить кривые переходных процессов для двигателя независимого возбуждения:
- а) при одноступенчатом и многоступенчатом пуске двигателя;
  - б) при торможении противовключением;
  - в) при динамическом торможении;
  - г) при учете электромагнитной инерции якоря.
30. Объясните особенности исследования переходных процессов в разомкнутых электроприводах с асинхронными двигателями при торможении двигателя.
31. Определение потерь в двигателях независимого возбуждения:
- а) при пуске двигателя;
  - б) при торможении двигателя.
32. Определение потерь в асинхронном двигателе при пуске и торможении двигателя.
33. Способы уменьшения потерь в двигателях в переходных режимах.

Задачи для экзамена по дисциплине «Электрический привод»

Задача 1

Механизм приводится во вращение двигателем постоянного тока независимого возбуждения со следующими техническими данными:  $P_n = 10 \text{ кВт}$ ,  $U_n = 220 \text{ В}$ ,  $I_n = 63 \text{ А}$ ,  $n_n = 1000 \text{ об/мин}$ ,  $R_\alpha = 0.224 \text{ Ом}$ ,  $R_{\text{дн}} = 0.075 \text{ Ом}$ ,  $R_\epsilon = 85 \text{ Ом}$ . Определить величину добавочного сопротивления, включенного в цепь якоря, если двигатель работает в режиме противовключения со скоростью  $150 \text{ об/мин}$  при токе якоря  $I = 0.8 \cdot I_n$ . Определить также мощности: потраченную из сети, подводимую с вала и теряемую в сопротивлении в этом режиме.

#### Задача 2

Двигатель независимого возбуждения имеет следующие номинальные данные:  $P_n = 13.5 \text{ кВт}$ ,  $U_n = 220 \text{ В}$ ,  $I_n = 73 \text{ А}$ ,  $I_{\text{вн}} = 1.2 \text{ А}$ ,  $n_n = 1060 \text{ об/мин}$ ,  $R_\alpha = 0.126 \text{ Ом}$ . Определить изменение скорости двигателя при  $U = U_n$  и  $U = 0.75 \cdot U_n$ , если двигатель работает при нагрузках, меняющихся от  $M_c = 0.2 \cdot M_n$  до  $M_c = 0.8 \cdot M_n$ . Построить механические характеристики для этих случаев.

#### Задача 3

Электродвигатель независимого возбуждения работает в режиме подъема груза с номинальной скоростью. В каком режиме и с какой скоростью будет работать двигатель лебедки, если полярность напряжения на его зажимах изменить на обратную при начальном токе  $I_{\text{нач}} = 2.5 \cdot I_n$ . Номинальные данные двигателя:  $P_n = 8 \text{ кВт}$ ,  $U_n = 220 \text{ В}$ ,  $I_n = 44 \text{ А}$ ,  $n_n = 1550 \text{ об/мин}$ ,  $R_\alpha + R_{\text{дн}} = 0.322 \text{ Ом}$ ,  $R_\epsilon = 130 \text{ Ом}$ .

#### Задача 4

Электродвигатель постоянного тока независимого возбуждения главного подъема мостового крана имеющий технические данные:  $P_n = 9 \text{ кВт}$ ,  $I_n = 48 \text{ А}$ ,  $n_n = 900 \text{ об/мин}$ ,  $R_\alpha = 0.33 \text{ Ом}$ ,  $R_\epsilon = 132 \text{ Ом}$ . Определить величину сопротивления  $R_\delta$ , которое нужно включить к якорю двигателя для перехода в режим динамического торможения с  $M_{\text{дт}} = 2 \cdot M_n$ , если в режиме подъема груза с  $M_c = 49 \text{ Нм}$  он работает на реостатной характеристике с сопротивлением в цепи якоря  $R_n = 0.5 \text{ Ом}$ . Определить также скорость, с которой будет вращаться двигатель после окончания переходного процесса, если КПД подъемного механизма  $\eta_m = 0.85$ .

#### Задача 5

Для двигателя с техническими данными:  $P_n = 10 \text{ кВт}$ ,  $U_n = 110 \text{ В}$ ,  $I_n = 100 \text{ А}$ ,  $R_{\text{дв}} = 0.05 \text{ Ом}$  определить добавочное сопротивление, которое следует ввести в цепь якоря двигателя постоянного тока последовательного возбуждения для спуска груза в режиме



противовключения, чтобы при номинальном моменте нагрузки скорость была равна  $\omega = -0.6 \cdot \omega_n$ . Универсальная электромеханическая характеристика двигателя может быть представлена в виде следующей таблицы:

$i$	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	1.0	1.2	1.6	2.0
$v$	2.28	1.75	1.41	1.28	1.1	1.0	0.92	0.81	0.72

### Задача 6

Двигатель последовательного возбуждения имеет следующие технические данные:

$$P_n = 6.8 \text{ кВт}, I_n = 38.5 \text{ А}, n_n = 900 \text{ об/мин}, U_n = 220 \text{ В}, R_{\text{я}} = 0.322 \text{ Ом}, R_{\text{дн}} = 0.111 \text{ Ом}, R_{\text{с}} = 109 \text{ Ом}.$$

Рассчитать пусковые сопротивления, обеспечивающие пуск двигателя в две ступени.

Максимальный ток двигателя при пуске не должен превышать двухкратного номинального значения ( $I_{\text{макс}} \leq 2 \cdot I_n$ ). Универсальные характеристики представлены в виде следующей таблицы:

$i$	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0
$v$	1.6	1.23	1.09	1.0	0.94	0.89	0.85	0.81	0.78
$\mu$	0.34	0.49	0.78	1.0	1.22	1.58	1.9	2.35	

### Задача 7

Двигатель постоянного тока последовательного возбуждения имеет следующие

технические данные:  $P_n = 100 \text{ кВт}, U_n = 220 \text{ В}, I_n = 500 \text{ А}, n_n = 525 \text{ об/мин}, R_{\text{я}} = 0.0039 \text{ Ом},$

$R_{\text{дн}} = 0.0027 \text{ Ом}, R_{\text{с}} = 0.0032 \text{ Ом}.$  Скорость двигателя регулируется изменением напряжения

на зажимах двигателя. Определить диапазон регулирования напряжения, если при номинальном напряжении при токе  $I = 200 \text{ А}$  скорость двигателя равна  $150 \text{ об/мин}.$

Построить естественную и искусственную характеристики двигателя, если универсальные характеристики двигателя представлены в виде следующей таблицы.

### Задача 8

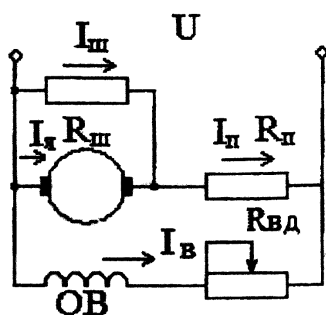
Двигатель постоянного тока независимого возбуждения с номинальными данными:

$$P_n = 21 \text{ кВт}, U_n = 220 \text{ В}, I_n = 110 \text{ А}, R_{\text{я}} = 0.13 \text{ Ом},$$

работает по схеме, представленной на рисунке, на нагрузку с постоянным моментом сопротивления  $M_c = M_n.$  Шунтирующее сопротивление  $R_{\text{ш}} = 8 \cdot R_n.$  Определить

сопротивление  $R_{\text{ш}}$  и  $R_n,$  если скорость при  $I_{\text{я}} = 0$  равна

$$n_0 = 500 \text{ об/мин} \text{ и просадка скорости при } M_n \text{ равна } \Delta\omega_{\text{ш}} = 2 \cdot \Delta\omega_n$$



## 8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### а) Основная литература:

1. Фролов, Ю. М. Электрический привод: краткий курс : учебник для вузов / Ю. М. Фролов, В. П. Шелякин ; под редакцией Ю. М. Фролова. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 253 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-00092-4. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/453050> (дата обращения: 24.10.2020).
2. Москаленко, В. В. Электрический привод : учебник / В. В. Москаленко. — Москва : ИНФРА-М, 2020. — 364 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-009474-8. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1044427> (дата обращения: 24.10.2020). – Режим доступа: по подписке.

### б) Дополнительная литература:

1. Бирюков, В. В. Тяговый электрический привод : учебное пособие для вузов / В. В. Бирюков, Е. Г. Порсев. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 315 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-04376-1. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/453203> (дата обращения: 24.10.2020).
2. Дементьев, Ю. Н. Электрический привод : учебное пособие для вузов / Ю. Н. Дементьев, А. Ю. Чернышев, И. А. Чернышев. — 2-е изд. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 223 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-01415-0. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/451078> (дата обращения: 24.10.2020).

### в) Методические указания:

1. Методические указания для студентов по выполнению лабораторных работ / Составители: Линьков С.А., Омельченко Е.Я; Магнитогорский гос. технический ун-т им. Г. И. Носова. - Магнитогорск : МГТУ им. Г. И. Носова, 2014. - 129 с. : ил., табл. - Текст : непосредственный.

### г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

#### Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
MathWorks MatLab v.2014 Classroom License	К-89-14 от 08.12.2014	бессрочно

MathCAD v.15 Education University Edition	Д-1662-13 от 22.11.2013	бессрочно
MS Office Visio Prof 2013(для классов)	Д-1227-18 от 08.10.2018	11.10.2021
MS Windows 7 Professional(для классов)	Д-1227-18 от 08.10.2018	11.10.2021
7Zip	свободно распространяемое ПО	бессрочно
FAR Manager	свободно распространяемое ПО	бессрочно

### Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Электронная база периодических изданий East View Information Services. ООО	<a href="https://dlib.eastview.com/">https://dlib.eastview.com/</a>
Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам	URL: <a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>
Национальная информационно- аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: <a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</a>
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: <a href="https://scholar.google.ru/">https://scholar.google.ru/</a>
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	<a href="http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp">http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp</a>
Университетская информационная система РОССИЯ	<a href="https://uisrussia.msu.ru">https://uisrussia.msu.ru</a>
Международная наукометрическая реферативная и полнотекстовая база данных научных изданий «Web of science»	<a href="http://webofscience.com">http://webofscience.com</a>
Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных	<a href="http://scopus.com">http://scopus.com</a>

## 9 Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Тип и название аудитории	Оснащение аудитории
Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа	мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации
Учебная аудитория для проведения лабораторных занятий: лаборатория автоматизированного электропривода и электрических машин	стенды учебно-лабораторные «Исследование двигателя постоянного тока и асинхронного двигателя переменного тока»
Учебная аудитория для проведения лабораторных занятий: лаборатория схемотехники и микропроцессорных средств	макет «Индукционный асинхронный электропривод»; стенд учебно-лабораторный «Исследование синхронного двигателя»
Учебные аудитории для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Доска, мультимедийный проектор, экран
Учебные аудитории для самостоятельной работы обучающихся	Персональные компьютеры с ПО из п. 8(г), выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета