

**ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ**



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**СОГЛАСОВАНО**

**УТВЕРЖДАЮ**

---

**Руководитель ОПОП ВО**  
**профессор В.А. Шпенст**

---

**Проректор по образовательной**  
**деятельности**  
**Д.Г. Петраков**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

***КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ***

<b>Уровень высшего образования:</b>	Магистратура
<b>Направление подготовки:</b>	13.04.02 Электроэнергетика и электротехника
<b>Направленность (профиль):</b>	Электроприводы и системы управления электроприводов
<b>Квалификация выпускника:</b>	Магистр
<b>Форма обучения:</b>	очная
<b>Составитель:</b>	доц. С.В. Бабурин

Санкт-Петербург

**Рабочая программа дисциплины «Компьютерное моделирование электроприводов»**  
разработана:

- в соответствии с требованиями ФГОС ВО – магистратура по направлению подготовки «13.04.02 Электроэнергетика и электротехника», утвержденного приказом Минобрнауки России № 147 от 28.02.2018 г.;

- на основании учебного плана магистратуры по направлению «13.04.02 Электроэнергетика и электротехника» направленность (профиль) «Электроприводы и системы управления электроприводов».

Составитель \_\_\_\_\_ к.т.н., доц. С.В. Бабурин

**Рабочая программа рассмотрена и одобрена** на заседании кафедры электроэнергетики и электромеханики от 22.01.2021 г., протокол № 12/01.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ д.т.н., проф. В.А. Шпенст

**Рабочая программа согласована:**

Начальник отдела лицензирования, аккредитации и контроля качества образования \_\_\_\_\_ Ю.А. Дубровская

Начальник отдела методического обеспечения учебного процесса \_\_\_\_\_ А.Ю. Романчиков

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель дисциплины:** формирование у знаний в области теории и практики создания компьютерных и математических моделей электроприводов; изучение теоретических основ компьютерного моделирования, методов построения компьютерных моделей электроприводов, методов оценки адекватности и границ применимости компьютерных моделей электроприводов.

**Основные задачи дисциплины:**

- представлений о современных технологиях компьютерного моделирования электроприводов, в том числе с использованием интеллектуальных подходов;
- формирование навыков проведения имитационного моделирования с применением специализированных пакетов прикладных программ; навыков применения компьютерных моделей электроприводов для решения практических задач по разработке систем управления электроприводами.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Компьютерное моделирование электроприводов» относится к факультативным дисциплинам основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки «13.04.02 Электроэнергетика и электротехника» и изучается в 3 семестре.

Дисциплина «Компьютерное моделирование электроприводов» базируется на следующих дисциплинах: «Современные принципы построения систем управления электроприводом», «Компьютерные, сетевые и информационные технологии».

Дисциплина «Компьютерное моделирование электроприводов» является основополагающей для подготовки к процедуре защиты и защиты выпускной квалификационной работы.

Особенностью дисциплины является то, что она охватывает комплекс проблем имеющих отношение к компьютерному моделированию электроприводов.

## 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Процесс изучения дисциплины «Компьютерное моделирование электроприводов» направлен на формирование следующих компетенций:

Формируемые компетенции		Код и наименование индикатора достижения компетенции
Содержание компетенции	Код компетенции	
Способен проектировать электроприводы и системы управления электроприводов	ПКС-2.	ПКС-2.1 Знает современные принципы построения систем автоматизированного электропривода ПКС-2.2. Умеет производить расчет и выбор основных элементов систем автоматизированного электропривода ПКС-2.3. Умеет оценивать влияние систем автоматизированного электропривода на электрическую сеть предприятия

## 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет **1** зачетных единиц, **36** ак. часов.

Вид учебной работы	Всего ак. часов	Ак. часы по семестрам
		3
<b>Аудиторная работа, в том числе:</b>	<b>18</b>	<b>18</b>
Лекции (Л)		
Практические занятия (ПЗ)		
Лабораторные работы (ЛР)	18	18
<b>Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе:</b>	<b>18</b>	<b>18</b>
Выполнение курсовой работы		
Расчетно-графическая работа (РГР)		
Подготовка к практическим занятиям		
Подготовка к лабораторным занятиям	18	18
<b>Промежуточная аттестация – зачет (З)</b>	<b>3</b>	<b>3</b>
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>		
<b>ак. час</b>	<b>36</b>	<b>36</b>
<b>зач. ед.</b>	<b>1</b>	<b>1</b>

### 4.2. Содержание дисциплины

Учебным планом предусмотрены: лабораторные работы и самостоятельная работа.

#### 4.2.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Наименование разделов	Виды занятий				
	Всего ак. часов	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа студента, в том числе курсовая работа
Раздел 1. Методы компьютерного моделирования электроприводов.	6	-	-	4	4
Раздел 2. Компьютерное моделирование цифровых электромеханических систем	30	-	-	14	14
<b>ВСЕГО:</b>	<b>36</b>	-	-	<b>18</b>	<b>18</b>

#### 4.2.3. Лабораторные работы

№ п/п	Разделы	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость в ак. часах
1.	Раздел 1.	Построение динамической модели механической части электропривода, исследование переходных процессов, протекающих в механической части электропривода	2
2.		Исследование автономного инвертора напряжения с ШИМ	2

3.	Раздел 2.	Построение и исследование компьютерной модели двухконтурного электропривода с последовательной коррекцией	2	
4.		Построение и исследование компьютерной модели двухконтурного электропривода с параллельной коррекцией.	2	
5.		Построение компьютерной модели электропривода с векторным управлением при ориентации системы координат по вектору потокосцепления ротора. Исследование динамических процессов, протекающих в электроприводе с векторным управлением.	4	
6.		Моделирование и исследование электромеханических процессов, протекающих в электроприводе с прямым управлением момента.	2	
7.		Моделирование и исследование регулируемого привода переменного тока с асинхронным короткозамкнутым двигателем при работе от активного выпрямителя	2	
8.		Моделирование и исследование регулируемого привода переменного тока с синхронным двигателем с постоянными магнитами.	2	
		<b>Итого:</b>	<b>18</b>	

#### 4.2.5. Курсовые работы (проекты)

Курсовые работы (проекты) не предусмотрены.

### 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе обучения применяются:

**Лабораторные работы.** Цель лабораторных занятий углубить и закрепить знания, полученные в процессе самостоятельной работы обучающихся с учебной и научной литературой;

Главным содержанием этого вида учебных занятий является работа каждого обучающегося по овладению практическими умениями и навыками профессиональной деятельности.

**Консультации** (текущая консультация накануне зачета) является одной из форм руководства учебной работой обучающихся и оказания им помощи в самостоятельном изучении материала дисциплины, в ликвидации имеющихся пробелов в знаниях, задолженностей по текущим занятиям.

Текущие консультации проводятся преподавателем, ведущим занятия в учебной группе, научным руководителем и носят как индивидуальный, так и групповой характер.

**Самостоятельная работа обучающихся** направлена на выработку навыков самостоятельного активного приобретения новых, дополнительных знаний, подготовку к предстоящим учебным занятиям и промежуточному контролю.

### 6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 6.1. Оценочные средства для самостоятельной работы и текущего контроля успеваемости

##### Раздел 1. Методы компьютерного моделирования электроприводов.

1. В чем особенности моделирования на аналоговых вычислительных машинах?
2. В чем особенности моделирования на цифровых вычислительных машинах?
3. Какие особенности имеют цифровые системы управления?
4. Как найти z-преобразование непрерывной системы?
5. Какое условие реализуемости цифрового фильтра?
6. Как организован цифровой ПИ-регулятор?

7. Как реализуется цифровой фильтр?
8. Выражение, соответствующее закону электромагнитной индукции.
9. Какой вид имеют переходные характеристики типовых динамических звеньев?
10. Какие типовые нелинейные звенья характерны для электромеханических преобразователей?

## **Раздел 2. Компьютерное моделирование цифровых электромеханических систем**

1. Как выглядит схема модели электродвигателя постоянного тока с параллельным и независимым возбуждением?
2. Как выглядит схема модели электродвигателя постоянного тока с последовательным возбуждением?
3. Как настраиваются контуры подчиненного регулирования следящего электропривода постоянного тока?
4. В чем особенность моделирования механической системы электропривода с упругими связями?
5. Что такое обобщающий вектор в машинах переменного тока?
6. Для чего вводят понятие обобщающего вектора?
7. Как влияет система координат на уравнения асинхронного двигателя?
8. Для описания каких электрических цепей служат уравнения Парка-Горева?
9. Как моделируется синхронный двигатель с электромагнитным возбуждением?
10. Величина коэффициента модуляции изменяется в диапазоне...

### **6.2. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации (зачета)**

#### **6.2.1. Примерный перечень вопросов/заданий к зачету (по дисциплине):**

1. Какое выражение для определения критического параметра не требует данных о параметрах схемы замещения асинхронного двигателя?
2. Сколько секторов содержит фазовая плоскость, используемая в математической модели двигателя с прямым управлением момента?
3. Какой из перечисленных блоков не входит в состав функциональной схемы электропривода с прямым управлением момента ?
4. Понижение напряжения асинхронного двигателя при пуске влияет на пусковой ток и пусковой момент следующим образом:
5. Проекция вектора потокосцепления статора на ось  $\alpha$  определяется в блоке вычисления ненаблюдаемых координат в соответствии с выражением...
6. В соответствии с функциональной схемой электропривода с прямым управлением момента выходные сигналы с блока определения фазового сектора поступают на входные порты блока...
7. Какие устройства входят в состав функциональной схемы электропривода?
8. Для чего предназначаются преобразовательные устройства, входящие в состав электроприводов?
9. Чем характеризуется вентиляторный момент сопротивления на валу двигателя в электроприводе?
10. В соответствии с функциональной схемой электропривода с прямым управлением момента выходные сигналы с блока формирователя строк таблицы переключения поступают на входные порты блока...
11. Аббревиатура IGBT расшифровывается следующим образом...
12. Проекция тока статора на ось  $U$ , рассчитывается в блоке вычисления ненаблюдаемых координат по следующей формуле...
13. Показатель жесткости (коэффициент крутизны %) механической характеристики электродвигателя определяется выражением...
14. Какое из перечисленных свойств характерно для способа регулирования скорости мощных двигателей постоянного тока изменением сопротивления в цепи якоря?

15. По какой формуле определяется величина синхронной частоты вращения двигателя переменного тока?
16. Выражение энергетического баланса, лежащего в основе теплового расчета двигателя.
17. Для чего предназначаются преобразовательные устройства, входящие в состав электроприводов?
18. Что такое гибкая обратная связь в системах электропривода?
19. Что является принципиальным недостатком разомкнутых систем электроприводов?
20. В чем заключаются особенности моделирования динамических систем в ППП Matlab – Simulink?
21. Как составить модель для ППП Matlab – Simulink по известной системе дифференциальных уравнений?
22. Как составить модель для ППП Matlab – Simulink по известной структурной схеме электромеханического преобразователя?
23. Как составить модель взаимосвязанных магнитных контуров?
24. Какое усилие электромагнита больше статическое или динамическое?
25. Как выглядит схема модели электродвигателя постоянного тока с параллельным и независимым возбуждением?
26. Как выглядит схема модели электродвигателя постоянного тока с последовательным возбуждением?
27. Как настраиваются контуры подчиненного регулирования следящего электропривода постоянного тока?
28. В чем особенность моделирования механической системы электропривода с упругими связями?
29. Что такое обобщающий вектор в машинах переменного тока?
30. Для чего вводят понятие обобщающего вектора?
31. Как влияет система координат на уравнения асинхронного двигателя?
32. Для описания каких электрических цепей служат уравнения Парка-Горева?
33. Как моделируется синхронный двигатель с электромагнитным возбуждением?
34. Какова силовая схема автономного инвертора напряжения?
35. Как формируется ШИМ в автономном инверторе напряжения?
36. Как выглядят законы скалярного управления асинхронным двигателем?
37. Как строится модель векторной системы управления?
38. Какие особенности имеют цифровые системы управления?
39. Что такое фиксирующее устройство?
40. Для чего нужно z-преобразование?
41. Как найти z-преобразование непрерывной системы?
42. Какое условие реализуемости цифрового фильтра?
43. Как организован цифровой ПИ-регулятор?
44. Как реализуется цифровой фильтр?

## 6.2.2. Примерные тестовые задания к зачету

### Вариант 1.

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1.	Что называется переходной характеристикой элемента или системы автоматического управления?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Реакция элемента или системы на единичное ступенчатое входное воздействие.</li> <li>2. Реакция элемента или системы на гармоническое воздействие.</li> <li>3. Реакция элемента или системы на случайное входное воздействие.</li> <li>4. Реакция элемента или системы на периодическое входное воздействие.</li> </ol>

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
2.	Какие из представленных функций не описывают динамические свойства системы управления и ее элементов?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Передаточная функция.</li> <li>2. Дифференциальное уравнение.</li> <li>3. Операторное уравнение.</li> <li>4. Уравнение статики.</li> </ol>
3.	Каким образом математически взаимосвязаны передаточная и весовая функции?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>w(t) = L^{-1}\{W(p)\}</math></li> <li>2. <math>w(t) = L^{-2}\{W(p)\}</math></li> <li>3. <math>w(t) = L^{-3}\{W(p)\}</math></li> <li>4. <math>w(t) = L^{-4}\{W(p)\}</math></li> </ol>
4.	Какой из перечисленных методов обеспечивает лучшую точность линеаризации статической характеристики вблизи заданной точки?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Метод касательной.</li> <li>2. Метод секущей.</li> <li>3. Метод кусочно-линейной аппроксимации.</li> <li>4. Метод наименьших квадратов.</li> </ol>
5.	Какой коэффициент передаточной функции типового звена определяет его инерционность?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Статический коэффициент усиления</li> <li>2. Статический коэффициент передачи</li> <li>3. Постоянная времени</li> <li>4. Оператор Лапласа</li> </ol>
6.	Для того чтобы реализовать режим торможения противовключением 2 рода у двигателя постоянного тока с независимым возбуждением необходимо...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Отключить цепь якоря от сети и замкнуть ее на активное сопротивление.</li> <li>2. Изменить полярность напряжения, подводимого к цепи якоря.</li> <li>3. Изменить полярность напряжения, подводимого к цепи якоря, и включить в цепь якоря дополнительное сопротивление.</li> <li>4. Изменить полярность напряжения, подводимого к цепи возбуждения, и включить в цепь возбуждения дополнительное сопротивление.</li> </ol>
7.	Для реализации двухзонного регулирования частоты вращения в состав электропривода Г-Д необходимо ввести...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Регулятор частоты вращения генератора.</li> <li>2. Регулируемый возбудитель в цепи возбуждения исполнительного двигателя..</li> <li>3. Нерегулируемый возбудитель в цепи возбуждения исполнительного двигателя..</li> <li>4. Регулируемый возбудитель в цепи возбуждения генератора.</li> </ol>
8.	Эксплуатационная характеристика в электроприводе по системе ТП-Д формируется...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. за счет отрицательной обратной связи по току</li> <li>2. за счет нелинейной обратной связи в регуляторе скорости</li> <li>3. за счет обратной связи по напряжению двигателя</li> <li>4. воздействием на ток возбуждения.</li> </ol>
9.	В системе генератор - двигатель постоянного тока (Г-Д) изменение напряжения на якоре двигателя достигается путем:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. изменения тока обмотки возбуждения двигателя</li> <li>2. изменения тока обмотки возбуждения генератора</li> <li>3. изменения напряжения гонного двигателя (ДГ)</li> <li>4. переключения полярности обмотки возбудителя</li> </ol>
10.	В системе двух зонного управления электроприводом постоянного тока регулирование частоты вращения двигателя в диапазоне от $\omega_n$ до $2\omega_n$ осуществляется...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. изменением момента инерции</li> <li>2. увеличением магнитного потока</li> <li>3. увеличением тока якоря</li> <li>4. ослаблением магнитного потока</li> </ol>



№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
11.	Выражение энергетического баланса, лежащего в основе теплового расчета двигателя, имеет вид...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>\Delta Pdt = AQdt + CdQ</math></li> <li>2. <math>\Delta Pdt = AQdt - CdQ</math></li> <li>3. <math>\Delta Pdt = CQdt + AdQ</math></li> <li>4. <math>\Delta Adt = PQdt + CdQ</math></li> </ol>
12.	При правильном выборе двигателя по мощности...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Температура обмоточного провода не должна превышать предельно допустимого значения.</li> <li>2. Электромагнитный момент не должен превышать допустимого значения.</li> <li>3. мощность на валу не должна превышать допустимого значения.</li> <li>4. потребляемая мощность не должна превышать допустимого значения.</li> </ol>
13.	Гибкая обратная связь в системах электропривода это обратная связь	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. по величине контролируемого параметра системы</li> <li>2. с изменяемым коэффициентом передачи</li> <li>3. по первой производной контролируемого параметра системы</li> <li>4. с апериодическим звеном первого порядка</li> </ol>
14.	Принципиальным недостатком разомкнутых систем электроприводов является:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. невозможность достижения номинальной скорости</li> <li>2. невозможность управлять напряжением</li> <li>3. невозможность обеспечения высокой точности регулирования</li> <li>4. невозможность контролировать ток двигателя</li> </ol>
15.	Адаптивные системы управления электроприводом обеспечивают оптимальное протекание процессов...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. при отключении обратных связей</li> <li>2. в условиях неопределенности или неполноты информации об условиях работы объекта</li> <li>3. при исчезновении напряжения питания</li> <li>4. в условиях пониженных нагрузок привода</li> </ol>
16.	В частотно-регулируемых электроприводах управление работой двигателя осуществляется путем изменения...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Величины напряжения, подводимого к обмоткам статора.</li> <li>2. Величины частоты напряжения, подводимого к обмоткам статора.</li> <li>3. Величин напряжения, подводимого к обмоткам статора, и частоты этого напряжения.</li> <li>4. Величины противоэдс, вводимой в цепь ротора.</li> </ol>
17.	Под динамическим падением скорости двигателя при скачкообразном увеличении статического момента нагрузки понимают...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Новое установившееся значение скорости после окончания переходного процесса.</li> <li>2. Максимальное отклонение скорости, имеющее место в переходном процессе, от первоначального установившегося значения.</li> <li>3. Максимальное отклонение скорости, имеющее место в переходном процессе, от нового установившегося значения.</li> <li>4. Разность между первоначальным и новым установившимися значениями.</li> </ol>
18.	Разделение тока статора на составляющие определяющие момент и потокосцепление характерно для:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Частотно токовой системы управления электроприводом.</li> <li>2. Частотной системы управления электроприводом.</li> <li>3. Электропривода с ШИМ-инвертором.</li> <li>4. Векторной системы управления.</li> </ol>

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
19.	Алгоритм прямого управления моментом (DTC) асинхронного электропривода основан на...	1. табличном формировании вектора напряжения 2. раздельном управлении моментным и намагничивающим токами 3. включении ПИИ-регуляторов в контуры токов 4. датчике скорости, установленном на валу двигателя
20.	При использовании структуры подчиненного регулирования в системах векторного управления с асинхронным двигателем все контуры управления настраиваются по условиям, близким к условиям...	1. «технического оптимума» 2. минимальной мощности 3. минимизации потерь в стали 4. обеспечения максимального запаса по перегрузочной способности двигателя

### Вариант 2.

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1.	Какое из перечисленных устройств не входит в состав функциональной схемы электропривода?	1. Передаточное устройство. 2. Преобразовательное устройство. 3. Охлаждающее устройство. 4. Двигательное устройство.
2.	Преобразовательные устройства, входящие в состав электроприводов, предназначены для...	1. Преобразования электрической энергии в механическую. 2. Преобразования вращательного движения вала двигателя в поступательное движение рабочего органа механизма. 3. Преобразования выходных координат электропривода в электрические сигналы. 4. Преобразования напряжения сети в напряжение требуемых параметров, поступающее на обмотки исполнительного двигателя.
3.	Плавное задание по скорости осуществляется...	1. задатчиком интенсивности 2. регулятором момента 3. заданием по потоку 4. заданием по току
4.	Вентиляторный момент сопротивления на валу двигателя в электроприводе характеризуется тем, что он изменяется:	1. пропорционально $\omega^2$ 2. по линейному закону 3. обратно пропорционально скорости 4. в зависимости от параметров двигателя
5.	В двухмассовой системе электропривода упругий момент пропорционален:	1. Моменту инерции двигателя. 2. Постоянной времени упругих колебаний. 3. Току двигателя. 4. Жесткости упругой связи.
6.	Какие методы изменения скорости двигателя постоянного тока знаете?	1. Путем изменения сопротивления в цепи ротора. 2. Путем изменения магнитного потока в цепи обмотки возбуждения. 3. Путем изменения уровня питающего напряжения. 4. Все ответы верны.
7.	Какие из указанных частей не принадлежат двигателю постоянного тока?	1. Якорь 2. Контактные кольца 3. Щетки 4. Короткозамкнутый ротор

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
8.	Механической характеристикой механизма называется	1. Зависимость мощности, развиваемой механизмом, от частоты вращения вала рабочего органа. 2. Зависимость к.п.д. механизма от частоты вращения вала рабочего органа механизма. 3. Зависимость момента сопротивления на валу рабочего органа механизма от угла поворота. 4. Зависимость момента сопротивления от частоты вращения вала рабочего органа
9.	Какое выражение соответствует скоростной характеристике ДПТ?	1. $n = u / c\Phi$ 2. $n = (U / c\Phi) - (M R_{я} / (c\Phi c\Phi))$ 3. $n = -(I R_{я} / (c\Phi))$ 4. $n = (U - I R_{я}) / (c\Phi)$
10.	Какое выражение соответствует механической характеристике ДПТ?	1. $n = u / c\Phi$ 2. $n = (U / c\Phi) - (M R_{я} / (c\Phi c\Phi))$ 3. $n = -(I R_{я} / (c\Phi))$ 4. $n = (U - I R_{я}) / (c\Phi)$
11.	Машина привода постоянного тока, работающая в 1 квадранте характеристики	1. Потребляет электрическую энергию и преобразует ее в полезную механическую 2. Преобразует механическую энергию в электрическую и расходует ее на потери в якорной цепи 3. Отдает электроэнергию в сеть 4. Потребляет электрическую энергию и расходует ее на механические и магнитные потери
12.	Что такое номинальные величины?	1. Наибольшие величины мощности, тока, напряжения 2. Величины мощности, скорости вращения и т.д., данные для варианта, соответствующего номеру бригады 3. Наиболее часто встречающиеся при эксплуатации машины мощность, скорость вращения и т.д. 4. Величины, характеризующие режим, на который рассчитана машина заводом изготовителем
13.	Как создается в лаборатории электрического привода механическая нагрузка на валу испытуемого двигателя ЭП?	1. При помощи вспомогательного электродвигателя, создающего момент противоположный моменту испытуемого двигателя 2. При помощи механического тормоза 3. При помощи вспомогательного генератора, соединенного с двигателем и замкнутого на переменное сопротивление 4. При помощи гидравлического тормозного устройства
14.	Магнитный поток машины с независимым возбуждением уменьшился в 2 раза. Как изменятся скорость холостого хода и скорость при номинальной нагрузке?	1. Скорость холостого хода и при номинальной нагрузке уменьшатся в два раза 2. Скорость холостого хода и при номинальной нагрузке увеличатся в два раза 3. Скорость холостого хода увеличится в два раза 4. Скорость холостого хода уменьшится в два раза

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
15.	При каком способе регулирования частоты вращения ДПТ вниз от естественной характеристики, потери якорной цепи будут наибольшими?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. При регулировании изменением напряжения сети</li> <li>2. При регулировании изменением напряжения возбудителя</li> <li>3. При реостатном регулировании</li> <li>4. При двухзонном регулировании изменением потока возбуждения и напряжения сети</li> </ol>
16.	Какой зависимостью описывается механическая характеристика вентилятора	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Линейной.</li> <li>2. Квадратичной.</li> <li>3. Кубической.</li> <li>4. Не зависит.</li> </ol>
17.	От каких параметров механических характеристик исполнительного двигателя и производственного механизма зависит статическая устойчивость электропривода?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Жесткость механической характеристики.</li> <li>2. Инерция исполнительного механизма.</li> <li>3. Не зависит.</li> <li>4. Динамическая устойчивость.</li> </ol>
18.	В чем заключается отличие естественной механической характеристики двигателя от искусственных характеристик?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Не отличаются</li> <li>2. Построение осуществляется при номинальных параметрах сети и отсутствии добавочных резисторов</li> <li>3. Магнитный поток при номинальной частоте вращения меньше</li> <li>4. Скорость холостого хода выше</li> </ol>
19.	В каком интервале может изменяться величина скольжения асинхронного двигателя, работающего в двигательном режиме?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. От 0 до 1.</li> <li>2. Не меняется.</li> <li>3. От -1 до 1.</li> <li>4. От 0 до бесконечности.</li> </ol>
20.	Какое значение имеет частота вращения холостого хода асинхронного двигателя, имеющего две пары полюсов и получающего питание от сети переменного тока, частота напряжения которого равна 50 Гц?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 3000.</li> <li>2. 1500.</li> <li>3. 2000.</li> <li>4. 750.</li> </ol>

### Вариант 3.

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1.	Что называют передаточной функцией?	1. Отношение оригинала выходной переменной к оригиналу входной переменной при любых начальных условиях. 2. Отношение изображения выходной переменной по Лапласу к оригиналу входной переменной при нулевых начальных условиях. 3. Отношение изображения выходной переменной по Лапласу к изображению входной переменной по Лапласу при нулевых начальных условиях. 4. Отношение изображения выходной переменной по Лапласу к изображению входной переменной по Лапласу при нулевых начальных условиях.
2.	Какие из представленных функций не описывают динамические свойства системы управления и ее элементов?	1. Передаточная функция. 2. Дифференциальное уравнение. 3. Операторное уравнение. 4. Уравнение статики.
3.	Каким образом математически взаимосвязаны передаточная и переходная функции?	1. $H(p) = \frac{W(p)}{p}$ 2. $H(p) = \frac{W(p)}{p^2}$ 3. $H(p) = \frac{W(p)}{p^3}$ 4. $H(p) = \frac{W(p)}{p^4}$
4.	Передаточная функция элемента системы имеет вид $W(p) = \frac{2}{p}$ . Укажите выражение для частотной функции этого элемента.	1. $W(j\omega) = 2$ . 2. $W(j\omega) = \frac{2}{j\omega + 1}$ . 3. $W(j\omega) = \frac{2}{j\omega}$ . 4. $W(j\omega) = 2j\omega$ .
5.	Какой коэффициент передаточной функции типового звена определяет его инерционность?	1. Статический коэффициент усиления 2. Статический коэффициент передачи 3. Постоянная времени 4. Оператор Лапласа
6.	Что такое электромеханическая характеристика двигателя постоянного тока?	1. Зависимость вращающего момента от частоты вращения двигателя. 2. Зависимость установившейся частоты вращения от тока 3. Зависимость тока статора от частоты вращения 4. Зависимость тока статора от напряжения

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
7.	Машины постоянного тока с независимым возбуждением - это?	1. Электрическая цепь обмотки возбуждения является независимой от силовой цепи ротора 2. Совокупность управляющих и информационных устройств и устройств управления 3. Подвижная и неподвижная части электрической машины не связаны магнитной связью 4. Возбуждение присутствует постоянно
8.	Какие методы изменения скорости двигателя постоянного тока знаете?	1. Путем изменения сопротивления в цепи ротора. 2. Путем изменения магнитного потока в цепи обмотки возбуждения. 3. Путем изменения уровня питающего напряжения. 4. Все ответы верны.
9.	Какие из указанных частей не принадлежат двигателю постоянного тока?	1. Якорь 2. Контактные кольца 3. Щетки 4. Короткозамкнутый ротор
10.	Механической характеристикой механизма называется	1. Зависимость мощности, развиваемой механизмом, от частоты вращения вала рабочего органа. 2. Зависимость к.п.д. механизма от частоты вращения вала рабочего органа механизма. 3. Зависимость момента сопротивления на валу рабочего органа механизма от угла поворота. 4. Зависимость момента сопротивления от частоты вращения вала рабочего органа
11.	Какое выражение соответствует скоростной характеристике ДПТ?	1. $n = u / c\Phi$ 2. $n = (U / c\Phi) - (M R_{я} / (c\Phi c\Phi))$ 3. $n = -(I R_{я} / (c\Phi))$ 4. $n = (U - I R_{я}) / (c\Phi)$
12.	Какое выражение соответствует механической характеристике ДПТ?	1. $n = u / c\Phi$ 2. $n = (U / c\Phi) - (M R_{я} / (c\Phi c\Phi))$ 3. $n = -(I R_{я} / (c\Phi))$ 4. $n = (U - I R_{я}) / (c\Phi)$
13.	Машина привода постоянного тока, работающая в I квадранте характеристики	1. Потребляет электрическую энергию и преобразует ее в полезную механическую 2. Преобразует механическую энергию в электрическую и расходует ее на потери в якорной цепи 3. Отдает электроэнергию в сеть 4. Потребляет электрическую энергию и расходует ее на механические и магнитные потери

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
14.	Что такое номинальные величины?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Наибольшие величины мощности, тока, напряжения</li> <li>2. Величины мощности, скорости вращения и т.д., данные для варианта, соответствующего номеру бригады</li> <li>3. Наиболее часто встречающиеся при эксплуатации машины мощность, скорость вращения и т.д.</li> <li>4. Величины, характеризующие режим, на который рассчитана машина заводом изготовителем</li> </ol>
15.	Как создается в лаборатории электрического привода механическая нагрузка на валу испытуемого двигателя ЭП?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. При помощи вспомогательного электродвигателя, создающего момент противоположный моменту испытуемого двигателя</li> <li>2. При помощи механического тормоза</li> <li>3. При помощи вспомогательного генератора, соединенного с двигателем и замкнутого на переменное сопротивление</li> <li>4. При помощи гидравлического тормозного устройства</li> </ol>
16.	Магнитный поток машины с независимым возбуждением уменьшился в 2 раза. Как изменятся скорость холостого хода и скорость при номинальной нагрузке?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Скорость холостого хода и при номинальной нагрузке уменьшатся в два раза</li> <li>2. Скорость холостого хода и при номинальной нагрузке увеличатся в два раза</li> <li>3. Скорость холостого хода увеличится в два раза</li> <li>4. Скорость холостого хода уменьшится в два раза</li> </ol>
17.	При каком способе регулирования частоты вращения ДПТ вниз от естественной х-ки, потери якорной цепи будут наибольшими?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. При регулировании изменением напряжения сети</li> <li>2. При регулировании изменением напряжения возбудителя</li> <li>3. При реостатном регулировании</li> <li>4. При двухзонном регулировании изменением потока возбуждения и напряжения сети</li> </ol>
18.	Какой зависимостью описывается механическая характеристика вентилятора	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Линейной.</li> <li>2. Квадратичной.</li> <li>3. Кубической.</li> <li>4. Не зависит.</li> </ol>
19.	От каких параметров механических характеристик исполнительного двигателя и производственного механизма зависит статическая устойчивость электропривода?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Жесткость механической характеристики.</li> <li>2. Инерция исполнительного механизма.</li> <li>3. Не зависит.</li> <li>4. Динамическая устойчивость.</li> </ol>
20.	В чем заключается отличие естественной механической характеристики двигателя от искусственных характеристик?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Не отличаются</li> <li>2. Построение осуществляется при номинальных параметрах сети и отсутствии добавочных резисторов</li> <li>3. Магнитный поток при номинальной частоте вращения меньше</li> <li>4. Скорость холостого хода выше</li> </ol>

## 6.3. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

### 6.3.1. Критерии оценок промежуточной аттестации (зачет)

Оценка	Описание
Зачтено	Посещение более 50 % лабораторных занятий; студент твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, недопуская существенных неточностей в ответе на вопрос; все предусмотренные программой обучения задания выполнены, качество их выполнения достаточно высокое; в течение семестра выполнил творческую работу.
Не зачтено	Посещение менее 50 % лабораторных занятий; студент не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки в ответах на вопросы; большинство предусмотренных программой обучения заданий не выполнено, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимальному.

#### *Примерная шкала оценивания знаний в тестовой форме:*

Количество правильных ответов, %	Оценка
0-49	Не зачтено
50-65	Зачтено
66-85	Зачтено
86-100	Зачтено

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 7.1. Рекомендуемая литература

1. Дементьев Ю.Н., Завьялов В.М., Кояин Н.В., Удут Л.С. Асинхронный частотно-регулируемый электропривод типовых производственных механизмов: учебное пособие. Томский политехнический университет, 2017г., 404с.

<https://e.lanbook.com/book/106737>

2. Васильев Б. Ю. Автоматизированный электропривод машин и установок горного производства: учебник. Издательство "Лань", 2020г., 144с.

<https://e.lanbook.com/book/139295>

#### 7.1.2. Дополнительная литература

1. Ляхомский А.В., Фащиленко В.Н. Автоматизированный электропривод машин и установок горного производства. Часть 1. Автоматизированный электропривод механизмов циклического действия: Издательство "Горная книга", 2014г., 477с.

<https://e.lanbook.com/book/101650>

2. Атаманов В.Н., Мелиоранская Т.В., Ролдугин Л.В. Исследование асинхронного электропривода при частотном регулировании. Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2006г., 16с.

<https://e.lanbook.com/book/52320>

#### 7.1.3. Учебно-методическое обеспечение

1. Современные принципы построения систем управления электроприводами. Методические указания по выполнению лабораторных работ / Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет). Сост. В. И. Вершинин, А.Е. Козярук., СПб, 2012. 54 с.

2. Математическое моделирование и расчет электромеханических систем: Конспект лекций / М.С. Ковальчук, Ю.Л. Жуковский; СПб. Лема, 2018. - 120 с.



## **7.2. Базы данных, электронно-библиотечные системы, информационно-справочные и поисковые системы**

1. Электронно-библиотечная система издательского центра «Лань»  
<https://e.lanbook.com/books>
2. Электронная библиотека Российской Государственной Библиотеки (РГБ):  
<http://elibrary.rsl.ru/>
3. Электронная библиотека учебников: <http://studentam.net>
4. Электронно-библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ» [www.biblio-online.ru](http://www.biblio-online.ru).
5. Европейская цифровая библиотека Europeana: <http://www.europeana.eu/portal>
6. Мировая цифровая библиотека: <http://wdl.org/ru>
7. Научная электронная библиотека «Scopus» <https://www.scopus.com>
8. Научная электронная библиотека ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>
9. Научная электронная библиотека «eLIBRARY»: <https://elibrary.ru/>
10. Поисковые системы Yandex, Rambler, Yahoo и др.
11. Электронная библиотечная система «Национальный цифровой ресурс «Руконт»».  
<http://rucont.ru/>
12. Электронно-библиотечная система <http://www.sciteclibrary.ru/>

## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **8.1. Материально-техническое оснащение аудиторий:**

Специализированные аудитории, используемые при проведении занятий лекционного типа, практических занятий, оснащены мультимедийными проекторами и комплектом аппаратуры, позволяющей демонстрировать текстовые и графические материалы.

Лаборатории оснащены электрооборудованием, стендами и измерительными средствами, необходимыми для выполнения лабораторных работ по дисциплине.

#### **Аудитория для проведения лабораторных занятий.**

Оснащенность помещения: 13 посадочных мест. Стул – 25 шт., стол – 2 шт., стол компьютерный – 13 шт., шкаф – 2 шт., доска аудиторная маркерная – 1 шт., АРМ учебное ПК (монитор + системный блок) – 14 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional, Microsoft Office 2010 Standard, Kaspersky antivirus 6.0.4.142.

### **8.2. Помещения для самостоятельной работы:**

1. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 13 посадочных мест. Стул – 25 шт., стол – 2 шт., стол компьютерный – 13 шт., шкаф – 2 шт., доска аудиторная маркерная – 1 шт., АРМ учебное ПК (монитор + системный блок) – 14 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional, Microsoft Open License 48358058 от 11.04.2011, Microsoft Open License 49487710 от 20.12.2011, Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011.

Microsoft Office 2010 Standard: Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012, Microsoft Open License 60853086 от 31.08.2012.

Kaspersky antivirus 6.0.4.142.

2. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 17 посадочных мест. Доска для письма маркером – 1 шт., рабочие места студентов, оборудованные ПК с доступом в сеть университета – 17 шт., мультимедийный проектор – 1 шт., АРМ преподавателя для работы с мультимедиа – 1 шт. (системный блок, мониторы – 2 шт.), стол – 18 шт., стул – 18 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Операционная система Microsoft Windows XP Professional, Операционная система Microsoft Windows 7 Professional Microsoft Open Li

cense 49379550 от 29.11.2011, Microsoft Office 2007 Standard Microsoft Open License 42620959 от 20.08.2007.

3. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 16 посадочных мест. Стол компьютерный для студентов (тип 4) - 3 шт., стол компьютерный для студентов (тип 6) – 2 шт., стол компьютерный для студентов (тип 7) – 1 шт., кресло преподавателя (сетка, цвет черный) – 17 шт., доска напольная мобильная белая магнитно-маркерная «Magnetoplan» 1800мм×1200мм - 1 шт., моноблок Lenovo M93Z Intel Q87 – 17 шт., плакат – 5 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional: Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011, Microsoft Office 2007 Professional Plus: Microsoft Open License 46431107 от 22.01.2010, CorelDRAW Graphics Suite X5, Autodesk product: Building Design Suite Ultimate 2016, product key: 766H1.

Cisco Packet Tracer 7.1 (свободно распространяемое ПО), Quantum GIS (свободно распространяемое ПО), Python (свободно распространяемое ПО), R (свободно распространяемое ПО), Rstudio (свободно распространяемое ПО), SMath Studio (свободно распространяемое ПО), GNU Octave (свободно распространяемое ПО), Scilab (свободно распространяемое ПО).

### **8.3. Помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования:**

1. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: персональный компьютер – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор – 4 шт., сетевой накопитель – 1 шт., источник бесперебойного питания – 2 шт., телевизор плазменный Panasonic – 1 шт., точка Wi-Fi – 1 шт., паяльная станция – 2 шт., дрель – 5 шт., перфоратор – 3 шт., набор инструмента – 4 шт., тестер компьютерной сети – 3 шт., баллон со сжатым газом – 1 шт., паста теплопроводная – 1 шт., пылесос – 1 шт., радиостанция – 2 шт., стол – 4 шт., тумба на колесиках – 1 шт., подставка на колесиках – 1 шт., шкаф – 5 шт., кресло – 2 шт., лестница Alve – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012)

Microsoft Office 2010 Professional Plus (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012)

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security (Договор № Д810(223)-12/17 от 11.12.17)

2. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: стол – 5 шт., стул – 2 шт., кресло – 2 шт., шкаф – 2 шт., персональный компьютер – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор – 2 шт., МФУ – 1 шт., тестер компьютерной сети – 1 шт., балон со сжатым газом – 1 шт., шуруповерт – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012)

Microsoft Office 2007 Professional Plus (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 46431107 от 22.01.2010)

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security (Договор № Д810(223)-12/17 от 11.12.17)

3. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: стол – 2 шт., стуля – 4 шт., кресло – 1 шт., шкаф – 2 шт., персональный компьютер – 1 шт. (доступ к сети «Интернет»), веб-камера Logitech HD C510 – 1 шт., колонки Logitech – 1 шт., тестер компьютерной сети – 1 шт., дрель – 1 шт., телефон – 1 шт., набор ручных инструментов – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 48358058 от 11.04.2011)

Microsoft Office 2007 Professional Plus (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 46431107 от 22.01.2010)

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security (Договор № Д810(223)-12/17 от 11.12.17)

#### **8.4. Лицензионное программное обеспечение:**

1. Microsoft Windows 8 Professional.
2. Microsoft Office 2007 Standard.
3. Microsoft Office 2010 Professional Plus.
4. Statistica for Windows.
5. LabView Professional.
6. MathCad Education.