

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Курганский государственный университет»  
(КГУ)

Кафедра «Энергетика и технология металлов»



УТВЕРЖДАЮ:

Первый проректор

/Т.Р. Змызгова/

августа 2021 г.

Рабочая программа учебной дисциплины

**Электрические машины**  
(наименование дисциплины)

образовательной программы высшего образования –  
программы бакалавриата

13.03.02 - Электроэнергетика и электротехника

Направленность:  
Электроснабжение

Формы обучения: очная, заочная

Курган 2021

Рабочая программа дисциплины «Электрические машины» составлена в соответствии с учебными планами по программе бакалавриата Электроэнергетика и электротехника (Электроснабжение), утвержденными:

- для очной формы обучения «30» августа 2021 года;
- для заочной формы обучения «30» августа 2021 года.

Рабочая программа дисциплины одобрена на заседании кафедры «Энергетика и технология металлов» «30» августа 2021 года, протокол № 1.

Рабочую программу составил  
заведующий кафедрой  
«Энергетика и технология металлов»



В.И. Мошкин

Согласовано:

Заведующий кафедрой  
«Энергетика и технология металлов»



В.И. Мошкин

Специалист по учебно-методической  
работе учебно-методического отдела



Г.В. Казанкова

Начальник управления образовательной  
деятельности



С.Н. Синецын

## 1. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Всего: 6 зачетных единицы трудоемкости (216 академических часа)

### Очная форма обучения

Вид учебной работы	На всю дисциплину	Семестр	
		5	6
<b>Аудиторные занятия (контактная работа с преподавателем), всего часов</b>	<b>64</b>	<b>40</b>	<b>24</b>
<b>в том числе:</b>			
Лекции	48	32	16
Лабораторные работы	8	-	8
Практические занятия	8	8	-
<b>Самостоятельная работа, всего часов</b>	<b>152</b>	<b>104</b>	<b>48</b>
<b>в том числе:</b>			
Курсовой проект	36	36	-
Подготовка к зачету	18	-	18
Подготовка к экзамену	27	27	-
Другие виды самостоятельной работы (самостоятельное изучение тем (разделов) дисциплины)	71	41	30
<b>Вид промежуточной аттестации</b>	<b>Зач, Экз</b>	<b>Экзамен</b>	<b>Зачет</b>
<b>Общая трудоемкость дисциплины и трудоемкость по семестрам, часов</b>	<b>216</b>	<b>144</b>	<b>72</b>

### Заочная форма обучения

Вид учебной работы	На всю дисциплину	Семестр	
		5	6
<b>Аудиторные занятия (контактная работа с преподавателем), всего часов</b>	<b>10</b>	<b>6</b>	<b>4</b>
<b>в том числе:</b>			
Лекции	6	4	2
Лабораторные работы	2	-	2
Практические занятия	2	2	-
<b>Самостоятельная работа, всего часов</b>	<b>206</b>	<b>102</b>	<b>104</b>
<b>в том числе:</b>			
Подготовка контрольной работы	-	-	-
Курсовой проект	36	-	36
Подготовка к зачету	18	18	-
Подготовка к экзамену	27	-	27
Другие виды самостоятельной работы (самостоятельное изучение тем (разделов) дисциплины)	125	84	41
<b>Вид промежуточной аттестации</b>	<b>Зач, Экз</b>	<b>Зачет</b>	<b>Экзамен</b>
<b>Общая трудоемкость дисциплины и трудоемкость по семестрам, часов</b>	<b>216</b>	<b>108</b>	<b>108</b>



## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Дисциплина «Электрические машины» относится к вариативной части Блока 1. Изучение дисциплины базируется на результатах обучения, сформированных при изучении следующих дисциплин:

- Физика;
- Высшая математика;
- Информатика;
- Теоретические основы электротехники.

Результаты обучения по дисциплине необходимы для изучения дисциплин «Электрические станции и подстанции», «Электроснабжение».

## **3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ**

Целью освоения дисциплины «Электрические машины» является: сформировать у студентов теоретическую базу по современным электромеханическим преобразователям энергии, которая позволит им успешно решать теоретические и практические задачи в их профессиональной деятельности, связанной с испытаниями и эксплуатацией электрических машин.

Задачами дисциплины являются:

- научиться понимать сущность происходящего в электрических машинах и трансформаторах электромагнитного и электромеханического преобразования электрической энергии;
- самостоятельно проводить расчеты по определению параметров и характеристик электрических машин;
- проводить элементарные испытания электрических машин.

Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины:

- готовность определять параметры оборудования объектов профессиональной деятельности (ПК-3);
- способность применять методы и технические средства эксплуатационных испытаний и диагностики электроэнергетического и электротехнического оборудования (ПК-10);

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

знать: основы физических явлений электротехники; способов использования компьютерных и информационных технологий; теоретических основ электротехники, экологические требования (для ПК-3);

уметь: самостоятельно анализировать научную литературу, выявлять физическую сущность явлений и процессов в устройствах различной физической природы и выполнять применительно к ним простые технические расчеты (для ПК-3);

владеть: инструментарием для решения математических и физических задач; методами анализа физических явлений в технических устройствах и



системах; средствами компьютерной техники и информационных технологий; методиками выполнения расчетов применительно к использованию электротехнических и конструкционных материалов (для ПК-3).

Знать: теоретические, нормативно-технические и организационные основы безопасности и норм охраны труда; методы и средства повышения безопасности технических средств и технологических процессов (для ПК-10);

Уметь: проводить контроль параметров и уровня негативных воздействий, выбирать средства защиты; осуществлять безопасную эксплуатацию систем и объектов (для ПК-10);

Владеть: навыками в анализе и оценке условий и охраны труда, в расследовании несчастных случаев и аварий на производстве; методикой планирования мероприятий по безопасности персонала, технических средств и технологических систем (для ПК-10).

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Учебно-тематический план Очная форма обучения (5 семестр)

Рубеж	Номер раздела, темы	Наименование раздела, темы	Количество часов контактной работы с преподавателем		
			Лекции	Практич. занятия	Лабораторные работы
Рубеж 1	1	Введение.	2	-	-
	2	Трансформаторы.	13	4	-
		Рубежный контроль № 1	1	-	-
Рубеж 2	3	Асинхронные машины.	15	4	-
		Рубежный контроль № 2	1	-	-
<b>Всего:</b>			<b>32</b>	<b>8</b>	<b>-</b>

### Очная форма обучения (6 семестр)

Рубеж	Номер раздела, темы	Наименование раздела, темы	Количество часов контактной работы с преподавателем		
			Лекции	Практич. занятия	Лабораторные работы
Рубеж 1	2	Трансформаторы.	2	-	2
	3	Асинхронные машины.	2	-	2
	4	Синхронные машины. Турбогенераторы и гидрогенераторы.	4	-	2
		Рубежный контроль № 1	2	-	-
Рубеж 2	5	Электрические машины постоянного тока.	4	-	2
		Рубежный контроль № 2	2	-	-
<b>Всего:</b>			<b>16</b>	<b>-</b>	<b>8</b>

### Заочная форма обучения (5 семестр)

Номер	Наименование раздела,	Количество часов
-------	-----------------------	------------------

раздела, темы	темы	контактной работы с преподавателем		
		Лекции	Практич. занятия	Лабораторные работы
1	Введение.	-	-	-
2	Трансформаторы.	2	2	-
3	Асинхронные машины.	2	-	-
<b>Всего:</b>		<b>4</b>	<b>2</b>	<b>-</b>

### Заочная форма обучения (6 семестр)

Номер раздела, темы	Наименование раздела, темы	Количество часов контактной работы с преподавателем		
		Лекции	Практич. занятия	Лабораторные работы
4	Синхронные машины. Турбогенераторы и гидрогенераторы	2	-	-
5	Электрические машины постоянного тока.	-	-	2
<b>Всего:</b>		<b>2</b>	<b>-</b>	<b>2</b>

## 4.2. Содержание лекционных занятий

### *Тема 1 Введение*

Цели и задачи изучения дисциплины. Требования по изучению дисциплины. Общие сведения об электрических машинах и трансформаторах. Основные законы электромеханики, на которых базируется теория электрических машин.

### *Тема 2. Трансформаторы*

Конструкция и принцип действия.

Холостой ход трансформаторов. Работа при нагрузке. Уравнения напряжений, векторная диаграмма, схема замещения.

Опыты холостого хода и короткого замыкания. Потери энергии, энергетическая диаграмма и К.П.Д. трансформаторов.

Трансформирование трёхфазного тока. Схемы и группы соединений. Параллельная работа трансформаторов.

Переходные процессы в трансформаторах с учетом и без учета насыщения магнитопровода.

Несимметричная нагрузка трёхфазных трансформаторов.

Трансформаторы специального назначения. Автотрансформаторы.

### *Тема 3. Асинхронные машины*

Конструкция и принцип действия. Обмотки статора и ротора.

Асинхронная машина при неподвижном роторе. Приведение рабочего процесса вращающейся асинхронной машины к неподвижной.



Основные уравнения напряжений и токов. Схема замещения и векторная диаграмма асинхронной машины. Энергетическая диаграмма. Потери и КПД.

Электромагнитный момент асинхронной машины. Механические характеристики асинхронных машин переменного тока.

Работа асинхронной машины в режиме генератора, противовключения. Преобразователь частоты, фазорегулятор, индукционный регулятор, машина двойного питания.

Пуск в ход асинхронного двигателя. Проблемы и способы пуска двигателей.

Регулирование частоты вращения асинхронных двигателей.

Однофазные асинхронные двигатели. Конденсаторные двигатели. Двигатели с полым и массивным роторами, другие особые исполнения асинхронных машин.

#### ***Тема 4. Синхронные машины. Турбогенераторы и гидрогенераторы***

Принцип действия и особенности конструкции синхронных машин.

Магнитное поле и ЭДС синхронной машины при холостом ходе. Особенности расчёта магнитной цепи.

Магнитное поле синхронной машины при нагрузке, Продольная и поперечная реакция якоря. Параметры обмотки якоря.

Уравнения электрического равновесия синхронных машин. Векторные диаграммы синхронных генераторов с учётом и без учёта насыщения.

Характеристики синхронного генератора.

Параллельная работа синхронных машин с сетью бесконечно большой мощности. Угловые характеристики. Синхронизирующая мощность и момент. U-образные характеристики синхронных генераторов.

Синхронные двигатели. Способы пуска. Регулирование скорости вращения. Синхронный компенсатор.

Переходные процессы в синхронной машине. Внезапное короткое замыкание.

Синхронные генераторы для ВЭУ. Синхронные машины с постоянными магнитами. Специальные синхронные машины.

#### ***Тема 5. Электрические машины постоянного тока***

Назначение, области применения, конструкция и принцип действия.

Обмотки машин постоянного тока.

ЭДС обмотки якоря. Электромагнитный момент.

Магнитное поле машины постоянного тока при холостом ходе и при нагрузке. Реакция якоря.

Коммутация в машинах постоянного тока. Способы улучшения коммутации.

Основные уравнения генераторов постоянного тока. Характеристики генераторов при различных способах возбуждения.

Основные уравнения двигателей. Характеристики двигателей. Способы пуска и регулирования частоты вращения двигателей постоянного тока.

Коллекторные двигатели переменного тока. Бесконтактные машины постоянного тока.

### 4.3. Практические занятия

**Очная форма обучения (5 семестр), заочная форма обучения (5 семестр)**

Номер раздела, темы	Наименование раздела, темы	Наименование практического занятия	Норматив времени, час.	
			Очная форма обучения	Заочная форма обучения
2	Трансформаторы	Векторная диаграмма трансформатора.	-	-
		Схема замещения трансформатора.	2	-
		Анализ параметров трансформатора.	2	2
		Группы соединения обмоток трансформаторов.	-	-
		Переходные процессы в трансформаторах.	-	-
	Рубежный контроль №1		-	-
3	Асинхронные машины	Схема замещения АД.	2	-
		Параметры АД.	2	-
		Векторная диаграмма.	-	-
		Способы регулирования частоты вращения. Способы пуска.	-	-
		Однофазные асинхронные двигатели.	-	-
	Рубежный контроль №2		-	-
<b>Всего:</b>			<b>8</b>	<b>2</b>

### 4.4. Лабораторные занятия

**Очная форма обучения**

Номер раздела, темы	Наименование раздела, темы	Наименование лабораторной работы	Норматив времени, час.	
			5 семестр	6 семестр
2	Трансформаторы	Исследование трёхфазного трансформатора	-	2
		Группы соединения трёхфазного трансформатора	-	-



3	Асинхронные машины	Исследование асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором	-	2
		Исследование асинхронного двигателя с фазным ротором	-	-
		Исследование динамического торможения асинхронного двигателя	-	-
4	Синхронные машины	Исследование синхронного генератора	-	2
5	Электрические машины постоянного тока	Исследование генератора постоянного тока	-	-
		Исследование двигателя постоянного тока	-	2
<b>Всего:</b>			-	<b>8</b>

### Заочная форма обучения

Номер раздела, темы	Наименование раздела, темы	Наименование лабораторной работы	Норматив времени, час.	
			5 семестр	6 семестр
2	Трансформаторы	Исследование трёхфазного трансформатора	-	-
3	Асинхронные машины	Исследование асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором	-	-
4	Синхронные машины	Исследование синхронного генератора	-	-
5	Электрические машины постоянного тока	Исследование генератора постоянного тока	-	2
<b>Всего:</b>			-	<b>2</b>

### 4.5 Курсовой проект

#### *Задания для выполнения курсового проекта*

- Основными задачами проектирования являются:
- систематизация и расширение объема знаний по электрическим машинам;
  - получение навыков активного использования теоретических положений при решении практических задач;
  - получение навыков работы с литературными, патентными и справочными материалами;
  - получение навыков использования стандартов при оформлении материалов работы.

В процессе проектирования необходимо:

- изучить литературные материалы по объекту проектирования (трансформатор), составить краткий обзор по изученным материалам;
- выбрать вариант задания;
- выполнить расчеты, оценить эксплуатационные свойства спроектированного трансформатора и дать оценку точности расчёта;
- составить расчетно-пояснительную записку и оформить графическую часть.

### **Задание на курсовой проект**

Курганский государственный университет

Кафедра «Энергетика и технология металлов»

**Задание 5** на курсовой проект по дисциплине: «Электрические машины»  
студенту Иванову И.И. группы ПТ -336...

Направление: 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Тема проекта: «**Расчёт трёхфазного сухого силового трансформатора**»

1 Исходные данные для проектирования:

$S_{ном}$ , кВ·А	Напряжения, кВ		$u_k$ , %	$i_0$ , %	Потери, кВт		Марка стали.	Толщина листа марки стали, мм	
	$U_{вн}$	$U_{нн}$			$P_k$	$P_0$		3404	3405
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
160	3,2	0,23	5,3	3,8	2,7	0,70	3405	0,30	0,35

Материал провода обмоток	Форма ярма	Плотность тока в обмотках $j_{доп}$ , А/мм <sup>2</sup>	Класс нагревостойкости изоляции	Технология изготовления пластин	Конструкция обмоток цилиндрическая...		Схема и группа соединения
					НН	ВН	
11	12	13	14	15	16	17	18
медь.	ступ.	2,5	F	Снятие заусенец, отжиг	двухслойная цилиндрич.	многослойная цилиндрич.	$\Delta/Y_0-3$

2 Выполнить электромагнитный расчет трансформатора, в том числе:

- 2.1 определить основные электрические величины токов, рабочих и испытательных напряжений;
- 2.2 рассчитать основные размеры трансформатора;
- 2.3 произвести расчет обмоток НН и ВН;
- 2.4 оценить тепловой режим обмоток;
- 2.5 рассчитать параметры короткого замыкания и механические усилия в обмотках при коротком замыкании за трансформатором;
- 2.6 выполнить окончательный расчет размеров магнитопровода и параметров холостого хода;
- 2.7 рассчитать массу активных материалов трансформатора.

3 Конструкторско-технологическая часть проекта.



4 Оценка эксплуатационных свойств рассчитанного трансформатора.

5 Графическая часть проекта содержит:

5.1 чертеж конструкции обмоток;

5.2 чертеж центрального пакета магнитопровода;

5.3 чертеж сечения стержня;

5.4 чертеж сечения ярма (для полуступенчатой формы);

5.4 схему электрическую обмотки ВН с ответвлениями;

5.5 чертеж общего вида трансформатора;

5.6 векторную диаграмму, поясняющую номер группы соединения фаз.

Руководитель проекта \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /

## **5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

При прослушивании лекций рекомендуется в конспекте отмечать все важные моменты, на которых заостряет внимание преподаватель, в частности те, которые направлены на качественное выполнение соответствующей лабораторной работы, практической работы.

Преподавателем запланировано использование при чтении лекций технологии учебной дискуссии. Поэтому рекомендуется фиксировать для себя интересные моменты с целью их активного обсуждения на дискуссии в конце лекции.

Практические занятия по дисциплине посвящены решению задач.

Залогом качественного выполнения лабораторных работ является самостоятельная подготовка к ним накануне путем повторения материалов лекций. Рекомендуется подготовить вопросы по неясным моментам и обсудить их с преподавателем в начале лабораторной работы.

Преподавателем запланировано применение на лабораторных занятиях технологий развивающейся кооперации, коллективного взаимодействия, разбора конкретных ситуаций. Поэтому приветствуется групповой метод выполнения лабораторных работ и защиты отчетов, а также взаимооценка и обсуждение результатов выполнения лабораторных работ.

Для текущего контроля успеваемости для очной формы обучения преподавателем используется балльно-рейтинговая система контроля и оценки академической активности. Поэтому настоятельно рекомендуется тщательно прорабатывать материал дисциплины при самостоятельной работе, участвовать во всех формах обсуждения и взаимодействия, как на лекциях, так и на лабораторных и практических занятиях в целях лучшего освоения материала и получения высокой оценки по результатам освоения дисциплины.

Выполнение самостоятельной работы подразумевает самостоятельное изучение разделов дисциплины, подготовку к лабораторным занятиям, к практическим занятиям, к рубежным контролям (для обучающихся очной формы обучения), выполнение курсового проекта, подготовку к зачету, подготовку к экзамену.



Рекомендуемая трудоемкость самостоятельной работы представлена в таблице:

### Рекомендуемый режим самостоятельной работы

#### Очная форма обучения (5 семестр), заочная форма обучения (5 семестр)

Наименование вида самостоятельной работы	Рекомендуемая трудоемкость, акад. час.	
	Очная форма обучения	Заочная форма обучения
<b>Самостоятельное изучение тем дисциплины:</b>	<b>33</b>	<b>83</b>
Автотрансформаторы и их применение	10	20
Типы и конструкции обмоток машин переменного тока	8	25
Расчет магнитной цепи машин постоянного тока	10	20
Назначение и конструктивное исполнение компенсационной обмотки в машинах постоянного тока	5	18
<b>Подготовка к лабораторным занятиям</b> (по 1 часу на каждое занятие)	-	-
<b>Подготовка к практическим занятиям</b> (по 1 часу на каждое занятие)	<b>4</b>	<b>1</b>
<b>Подготовка к рубежным контролям</b> (по 2 часа на каждый рубеж)	<b>4</b>	-
<b>Выполнение курсового проекта</b>	<b>36</b>	-
<b>Выполнение контрольной работы</b>	-	-
<b>Подготовка к зачету</b>	-	<b>18</b>
<b>Подготовка к экзамену</b>	<b>27</b>	
<b>Всего:</b>	<b>104</b>	<b>102</b>

#### Очная форма обучения (6 семестр), заочная форма обучения (6 семестр)

Наименование вида самостоятельной работы	Рекомендуемая трудоемкость, акад. час.	
	Очная форма обучения	Заочная форма обучения
<b>Самостоятельное изучение тем дисциплины:</b>	<b>22</b>	<b>40</b>
Уравнения напряжений и векторная диаграмма неявнополюсного генератора	2	4
Устройство и принцип действия индукторных двигателей	2	4
Магнитное поле синхронной машины при нагрузке, продольная и поперечная реакция якоря. Параметры	4	6



обмотки якоря.		
Уравнения электрического равновесия синхронных машин. Векторные диаграммы синхронных генераторов с учётом и без учёта насыщения.	4	6
Синхронные двигатели. Способы пуска. Регулирование скорости вращения. Синхронный компенсатор.	2	6
Переходные процессы в синхронной машине. Внезапное короткое замыкание.	4	6
Синхронные генераторы для ВЭУ. Синхронные машины с постоянными магнитами. Специальные синхронные машины.	2	4
Основные уравнения генераторов постоянного тока. Характеристики генераторов при различных способах возбуждения.	2	4
<b>Подготовка к лабораторным занятиям</b> (по 1 часу на каждое занятие)	<b>4</b>	<b>1</b>
<b>Подготовка к практическим занятиям</b> (по 1 часу на каждое занятие)	-	-
<b>Подготовка к рубежным контролям</b> (по 2 часа на каждый рубеж)	<b>4</b>	-
<b>Выполнение курсового проекта</b>	-	<b>36</b>
<b>Подготовка к зачету</b>	<b>18</b>	-
<b>Подготовка к экзамену</b>	-	<b>27</b>
<b>Всего:</b>	<b>48</b>	<b>104</b>

## 6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### 6.1. Перечень оценочных средств

1. Балльно-рейтинговая система контроля и оценки академической активности студентов в КГУ (для очной формы обучения).
2. Курсовой проект.
3. Отчеты студентов по лабораторным работам.
4. Банк задач для практических занятий.
5. Банк тестовых заданий к рубежным контролям № 1, № 2 (для очной формы обучения).
6. Перечень вопросов к зачету.
7. Перечень вопросов к экзамену.

### 6.2. Система балльно-рейтинговой оценки работы студентов по дисциплине

#### Очная форма обучения (5 семестр)

№	Наименование	Содержание						
		Распределение баллов за 5 семестр						
1	Распределение баллов за семестр по видам учебной работы (доводятся до сведения студентов на первом учебном занятии), сроки сдачи учебной работы (при необходимости)	Вид УР:	Посещение лекций	Выполнение и защита отчетов по лабораторным работам	Работа на практических занятиях	Рубежный контроль №1	Рубежный контроль №2	Экз.
		Балльная оценка:	До 16	-	До 32	11	11	30
		Примечания:	16 лекций по 1 баллу	-	4 занятия по 8 баллов	После 8 лекции	На последнем практическом занятии	
2	Критерий пересчета баллов в традиционную оценку по итогам работы в семестре и зачета	60 и менее баллов – незачтено, неудовл.; 61..73 баллов – удовл.; 74...90 баллов – хорошо; 91...100 баллов – отлично.						
3	Критерии допуска к промежуточной аттестации, возможности получения автоматического зачета по дисциплине, возможность получения бонусных баллов	<p>Для допуска к промежуточной аттестации (экзамену) студент должен набрать по итогам текущего и рубежного контроля не менее 50 баллов и выполнить все практические работы и курсовой проект.</p> <p>Студенту, допущенному к прохождению промежуточной аттестации с количеством баллов 50, и получившему на ней 0 баллов, в ведомость по дисциплине заносится оценка «незачтено» (независимо от количества набранных в семестре баллов), что является академической задолженностью. В этом случае студенту предоставляется возможность повторного прохождения итогового контрольного мероприятия после окончания сессии в период пересдач согласно Положению о промежуточной аттестации студентов Курганского государственного университета.</p> <p>Если студент набрал 68 баллов, то он может получить бонусные баллы за:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>участие во внутривузовской олимпиаде по электрическим машинам – дополнительно 5 баллов;</li> <li>участие во Всероссийской студенческой олимпиаде (ВСО) по электрическим машинам – дополнительно 15 баллов;</li> <li>участие студенческой научной конференции – дополнительно 10 баллов, в этом случае студент может получить автоматически оценку «хорошо» или «отлично».</li> </ul> <p>Для получения экзамена «автоматом» с оценкой «удовлетворительно» студенту необходимо набрать в ходе текущей и рубежных аттестаций в семестре не менее 68 баллов.</p>						



4	<p>Формы и виды учебной работы для неуспевающих (восстановившихся на курсе обучения) студентов для получения недостающих баллов в конце семестра</p>	<p>В случае если к промежуточной аттестации набрана сумма менее 50 баллов, студенту необходимо набрать недостающее количество баллов за счет выполнения дополнительных заданий, до конца последней (зачетной) недели семестра. При этом необходимо проработать материал всех пропущенных практических занятий.</p> <p>Формы дополнительных заданий назначаются преподавателем:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- выполнение и защита отчетов по пропущенным практическим занятиям (1...3 балла);</li> <li>- прохождение рубежного контроля (баллы в зависимости от рубежа);</li> <li>- реферат (до 15 баллов).</li> </ul> <p>Ликвидация академических задолженностей, возникших из-за разности в учебных планах при переводе или восстановлении, проводится путем выполнения дополнительных заданий, форма и объем которых определяется преподавателем.</p>
---	--	--

### Очная форма обучения (6 семестр)

№	Наименование	Содержание				
1	<p>Распределение баллов за семестры по видам учебной работы, сроки сдачи учебной работы (доводятся до сведения студентов на первом учебном занятии)</p>	Распределение баллов				
	<p>Вид учебной работы:</p>	<p>Посещение лекций</p>	<p>Выполнение и защита отчетов по лабораторным работам</p>	<p>Рубежный контроль №1</p>	<p>Рубежный контроль №2</p>	<p>Зачет</p>
	<p>Балльная оценка:</p>	<p>До 16</p>	<p>До 32</p>	<p>До 11</p>	<p>До 11</p>	<p>До 30</p>
	<p>Примечания:</p>	<p>8 лекций по 2 балла</p>	<p>До 8 баллов за 2-х часовую лабораторную работу, (4 л.р. 2-х часовых)</p>	<p>После 5-й лекции</p>	<p>На последней лекции</p>	
2	<p>Критерий пересчета баллов в традиционную оценку по итогам работы в семестре и зачета</p>	<p>60 и менее баллов – неудовлетворительно, незачет; более 60 баллов – зачтено.</p>				

3	Критерии допуска к промежуточной аттестации, возможности получения автоматического зачета (экзаменационной оценки) по дисциплине, возможность получения бонусных баллов	<p>Для допуска к промежуточной аттестации (зачету) студент должен набрать не менее 50 баллов и выполнить все лабораторные работы.</p> <p>Для получения экзаменационной оценки «автоматически» студенту необходимо набрать следующее минимальное количество баллов:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 61 для получения «автоматически» оценки «зачтено».</li> </ul> <p>По согласованию с преподавателем студенту могут быть добавлены дополнительные (бонусные) баллы за активность на консультациях, активное участие в научной и методической работе, оригинальность принятых решений в ходе выполнения лабораторных работ, за участие в значимых учебных и внеучебных мероприятиях кафедры.</p>
4	Формы и виды учебной работы для неуспевающих (восстановившихся на курсе обучения) студентов для получения недостающих баллов в конце семестра	<p>В случае если к промежуточной аттестации (зачету) набрана сумма менее 50 баллов и не выполнены все лабораторные работы, студенту необходимо выполнить дополнительные задания, до конца последней (зачетной) недели семестра. При этом необходимо проработать материал всех пропущенных лабораторных работ.</p> <p>Формы дополнительных заданий (назначаются преподавателем):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- выполнение и защита пропущенной лабораторной работы (при невозможности дополнительного проведения лабораторной работы преподаватель устанавливает форму дополнительного задания по тематике пропущенной лабораторной работы самостоятельно) – до 4 баллов;</li> <li>- прохождение рубежного контроля (баллы в зависимости от рубежа);</li> <li>- реферат (до 15 баллов).</li> </ul> <p>Ликвидация академических задолженностей, возникших из-за разности в учебных планах при переводе или восстановлении, проводится путем выполнения дополнительных заданий, форма и объем которых определяется преподавателем.</p>

### Курсовой проект (5 семестр)

Объект оценки:	Качество пояснительной записки	Качество графической части	Качество доклада	Ритмичность выполнения	Качество защиты	Всего
Балльная оценка:	До 20	До 20	До 20	Коэффициент от 0,8 до 1,2	До 40	100

### 6.3. Процедура оценивания результатов освоения дисциплины

Рубежный контроль проводится в форме письменного тестирования.

Перед проведением каждого рубежного контроля преподаватель прорабатывает со студентами основной материал соответствующих разделов дисциплины в форме краткой лекции-дискуссии.

Варианты тестовых заданий для рубежных контролей № 1 и № 2 состоят из 11 вопросов.

На каждое тестирование при рубежном контроле студенту отводится время не менее 30 минут.



Преподаватель оценивает в баллах результаты тестирования каждого студента по количеству правильных ответов (по 1 баллу за каждый вопрос) и заносит в ведомость учета текущей успеваемости.

Зачет проводится в форме устного собеседования по билетам, состоящим их двух вопросов. За правильный ответ на каждый вопрос студент максимально может получить 15 баллов. Время, отводимое студенту на экзаменационный билет, составляет 1 астрономический час.

Экзаменационный билет состоит из 2 вопросов, на которые студент дает развернутый ответ. За правильный ответ на каждый вопрос студент максимально может получить 15 баллов. Время, отводимое студенту на экзаменационный билет, составляет 1 астрономический час.

Результаты текущего контроля успеваемости, зачета и экзамена заносятся преподавателем в зачетную и экзаменационную ведомость, которая сдается в организационный отдел института в день зачета и экзамена, а также выставляются в зачетную книжку студента.

#### **6.4. Примеры оценочных средств для рубежных контролей, зачета и экзамена**

##### **Примеры тестовых заданий для рубежного контроля №1 (по теме «Трансформаторы», 5 семестр)**

1. Трансформатором называется электротехническое устройство, служащее для преобразования ...
  - а) постоянного тока одного напряжения в постоянный ток другого напряжения;
  - б) переменного тока одного напряжения в переменный ток другого напряжения той же частоты;
  - в) постоянного тока в переменный ток.
  
2. Обмотка трансформатора, которую подключают к приёмнику переменного тока, называется:
  - а) первичной;
  - б) вторичной;
  - в) нагрузкой;
  - г) потребителем.
  
3. Обмотку высшего напряжения трансформатора делают из ... сечения.
  - а) медного провода большого;
  - б) медного провода малого;
  - в) алюминиевого провода большого;
  - г) алюминиевого провода малого.
  
4. Сердечник трансформатора собирают, из листов электротехнической стали, изолированных друг от друга для того, чтобы...

- а) увеличить потери электрической энергии;  
 б) уменьшить потери на вихревые токи;  
 в) повысить потери на вихревые токи;  
 г) понизить электрическую энергию.
5. Основные части трансформатора ...  
 а) обмотки, магнитопровод;  
 б) преобразователь напряжения, обмотки;  
 в) электромагнит, катушки; расширитель;  
 г) обмотки, электроприёмник.
6. Повышающий трансформатор понизит напряжение сети ...  
 а) может;  
 б) не может;
7. Какие утверждения, касающиеся работы трансформатора в сети, справедливы при любых режимах работы:  
 а)  $I_1 = \text{const}$     б)  $U_1 = \text{const}$     в)  $I_1 = \text{const}$     г)  $U_1 = \text{const}$   
 $U_2 = \text{const}$      $\Phi_m = \text{const}$      $I_2 = \text{const}$      $I_2 = \text{const}$
8. Магнитопровод трёхфазного трансформатора имеет стержней ...  
 а) один;  
 б) два;  
 в) три;  
 г) четыре.
9. Трансформатор будет повышающим, если...  
 а)  $U_1 > U_2$ ;  
 б)  $E_1 = E_2$ ;  
 в)  $U_1 < U_2$   
 г)  $U_1 > E_1$
10. Работа трансформатора основана на явлении ...  
 а) вращающегося магнитного поля;  
 б) взаимной индукции;  
 в) взаимодействия токов в обмотках;  
 г) возникновения вихревых токов.

**Примеры тестовых заданий для рубежного контроля №2  
 (по теме «Асинхронные машины», 5 семестр)**

**Задание 1**

В каком из выражений для асинхронного двигателя допущена ошибка?



Варианты ответов:

$$1) I_2' = \frac{U_1}{\sqrt{\left(\frac{R_2'}{s}\right)^2 + X_k^2}}; \quad 2) s_k = \frac{R_2'}{X_k}; \quad 3) M = \frac{2M_{max}}{s_H + s_k}; \quad 4) s_k = s_H (\lambda + \sqrt{\lambda^2 - 1}).$$

Задание 2

Каков КПД цепи якоря двигателя, исходя из рис. 1 ?

Варианты ответов: 1)  $\approx 97\%$ . 2)  $\approx 95\%$ .

3)  $\approx 93\%$ . 4)  $\approx 91\%$ .

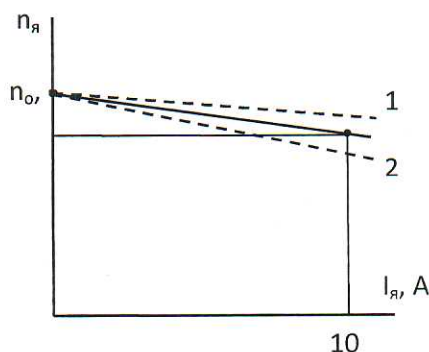


Рис.1

Задание 3

Кривая 2 на рис. 1 построена, исходя из теоретической зависимости

$$n_я = \frac{U_c - I_я \cdot R_я}{C_e \Phi}, \text{ т.е. линейна. Фактическая кривая смещена вверх или вниз.}$$

Какая из характеристик (1 или 3) соответствует реальному поведению двигателя и по какой причине?

Варианты ответов: 1) Кривая 1, т.к. растет сопротивление якоря  $R_я$ .

2) Кривая 1, т.к. растет насыщение магнитной цепи.

3) Кривая 3, т.к. растет сопротивление якоря.

4) Кривая 3, т.к. растет насыщение магнитной цепи.

Задание 4

Асинхронный двигатель имеет параметры:  $M_{max}=50\text{Н}\cdot\text{м}$ ;  $M_H=25\text{Н}\cdot\text{м}$ ;  $n_H=1400\text{ об/мин}$ . Какова частота тока ротора  $f_2$  при номинальной частоте вращения и критическое скольжение  $s_k$ ?

Варианты ответов:

1)  $f_2 = 3,3\text{ Гц}$ ;  $s_k \approx 6,6\%$       2)  $f_2 = 3,3\text{ Гц}$ ;  $s_k \approx 25\%$

3)  $f_2 = 12,5\text{ Гц}$ ;  $s_k \approx 6,6\%$       4)  $f_2 = 12,5\text{ Гц}$ ;  $s_k \approx 25\%$

Задание 5

В асинхронном двигателе можно выделить 4 части: магнитопровод статора, обмотка статора, магнитопровод ротора, обмотка ротора. В какой части потери при динамическом торможении являются наибольшими?

Варианты ответов: 1) Магнитопровод статора. 2) Обмотка статора.  
3) Магнитопровод ротора. 4) Обмотка ротора.

Задание 6

При какой частоте сети у асинхронного двигателя при  $p=3$  синхронная частота вращения равна 3000 об/мин.

Варианты ответов: 1) 628 Гц. 2) 314 Гц. 3) 150 Гц. 4) 50 Гц.

Задание 7

Как изменяется ток линейных проводов, к которым подключен асинхронный двигатель, если при пуске двигатель переключают с « $\Delta$ » на « $Y$ »?

Варианты ответов: 1) Уменьшается в  $\sqrt{3}$  раз. 2) Уменьшается в 3 раза.  
3) Увеличивается в  $\sqrt{3}$  раз. 4) Увеличивается в 3 раза.

Задание 8

На табличке (щитке) асинхронного двигателя указывают два напряжения питания: большее для соединения « $Y$ » и меньшее для соединения « $\Delta$ ». Мощность в обоих случаях равна номинальной, т.к. сохраняется величина фазного напряжения. Если фазное напряжение увеличить (уменьшить) в  $\sqrt{3}$  раз, то мощность возрастет (уменьшится) в 3 раза. Работа двигателя при номинальной или пониженной мощности допустима, при повышенной нет.

Какое сочетание недопустимо для двигателя, на котором указано 380/220 В.

Варианты ответов: 1) 220 В (Y); 2) 220 В ( $\Delta$ ); 3) 380 В(Y); 4) 380 В ( $\Delta$ ).

Задание 9

На характеристике «Момент-скольжение» асинхронного двигателя выделяют 4 характерных значения для скольжения:

$s=0$  – при вращении ротора с частотой поля ( $n_2=n_1$ );

$s=s_{\text{ном}}$  – при вращении ротора с номинальной частотой [ $n_2=n_1(1-s_{\text{ном}})$ ];

$s=s_{\text{кр}}$  – при обеспечении максимального вращающего момента [ $n_2=n_1(1-s_{\text{кр}})$ ];

$s=1$  – при пуске двигателя из состояния покоя ( $n_2=0$ );

В тоже время двигатель, как любая электрическая машина, имеет 4 режима: номинальный, согласованный, холостой ход и короткое замыкание.

Какому скольжению соответствует номинальный режим?

Варианты ответов: 1) 0. 2)  $s_{\text{ном}}$ . 3)  $s_{\text{кр}}$ . 4) 1,0.

**Примеры тестовых заданий для рубежного контроля №1  
(по теме «Синхронные машины», 6 семестр)**



1. Синхронизм синхронного генератора, работающего в энергосистеме невозможен, если
- Вращающий момент турбины больше амплитуды электромагнитного момента;
  - Вращающий момент турбины меньше амплитуды электромагнитного момента;
  - Всегда возможен.
  - Эти моменты равны
2. С какой целью на роторе синхронного двигателя иногда размещают дополнительную короткозамкнутую обмотку?
- Для увеличения к.п.д.
  - Для регулирования скорости вращения.
  - Для раскручивания ротора при запуске.
  - Для увеличения вращающего момента.
3. Каким должен быть зазор между ротором и статором синхронного генератора для обеспечения синусоидальной формы индуцируемой ЭДС?
- Увеличивающимся от середины к краям полюсного наконечника.
  - Уменьшающимся от середины к краям полюсного наконечника.
  - Волнистым.
  - Строго одинаковым по всей окружности ротора
4. К какому источнику электрической энергии подключается обмотка статора синхронного двигателя?
- К источнику постоянного тока.
  - К источнику однофазного переменного тока.
  - К источнику двухфазного переменного тока.
  - К источнику трехфазного тока
5. В качестве каких устройств используются синхронные машины?
- Двигатели.
  - Генераторы.
  - Синхронные компенсаторы.
  - Всех перечисленных
6. Турбогенератор с числом пар полюсов  $p = 1$  и частотой вращения магнитного поля  $n = 3000$  об/мин. Определить частоту тока  $f$ ?
- а) 250 Гц. б) 50 Гц. в) 5 Гц. г) 500 Гц.
7. При работе синхронной машины в режиме двигателя электромагнитный момент является
- Вращающим.
  - Нулевым.

- c) Тормозящим.
- d) Ускоряющим

8. Включение синхронного генератора в энергосистему производится:

- a) В режиме холостого хода.
- b) В режиме короткого замыкания..
- c) В рабочем режиме.
- d) В режиме возбуждения

9. Каким образом возможно изменять в широких пределах коэффициент мощности синхронного двигателя?

- a) Воздействуя на ток в обмотке статора двигателя.
- b) Воздействуя на ток возбуждения двигателя.
- c) Меняя напряжение сети.
- d) Это сделать невозможно

10. Для включения генератора в сеть необходимо одно из условий:

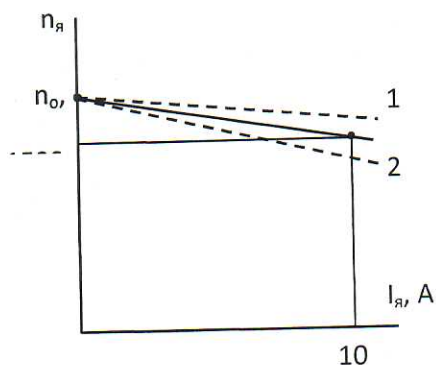
- a) Разное чередование фаз в сети и генераторе.
- b) Большая мощность генератора.
- c) Одинаковое чередование фаз в сети и генераторе.
- d) Разность частот ЭДС генератора и напряжения сети;

**Примеры тестовых заданий для рубежного контроля №2  
(по теме «Электрические машины постоянного тока», 6 семестр)**

1. ЭДС  $e$  и ток  $i$  совпадают по направлению в ...

- a) двигателе постоянного тока;
- б) генераторе постоянного тока;
- в) трансформаторе;
- г) коллекторе;

2. На рис.1 приведена токовая характеристика (2) двигателя постоянного тока параллельного возбуждения.  $U_H=220\text{В}$ ;  $R_{\text{я}}=2\text{ Ома}$ . Чему равна частота вращения на холостом ходу  $n_0$ , исходя из указанных для кривой 2 значений?



Варианты ответов:

- a) 1550 об/мин.
- б) 1600 об/мин.
- в) 1650 об/мин.
- г) 1700 об/мин.



Рис.1

3. В генераторе постоянного тока происходит преобразование...
- а) тепловой энергии в электрическую энергию;
  - б) электрической энергии в тепловую энергию;
  - в) механической энергии в электрическую энергию;
  - г) электрической энергии в механическую энергию;
  - д) электрической энергии в химическую энергию.
4. Часть генератора постоянного тока, обеспечивающая выпрямление переменного тока это ...
- а) станина;
  - б) коллектор;
  - в) подшипники;
  - г) обмотка возбуждения;
  - д) выводные концы.
5. Генератор постоянного тока можно использовать в качестве двигателя постоянного тока и наоборот
- а) нельзя;
  - б) можно с переделками;
  - в) можно.
6. В тяговых электрических машинах постоянного тока применяют исключительно ...
- а) угольно - графитные щётки;
  - б) графитные щётки;
  - в) металлографитные щётки;
  - г) электрографитированные щётки.
7. Сердечники главных полюсов набирают из отдельных листов, электротехнической стали толщиной 0,35 – 0,5 мм, изолированных друг от друга слоем изоляции, для того, чтобы
- а) уменьшить потери электрической энергии;
  - б) уменьшить потери на вихревые токи;
  - в) повысить потери на индукционные токи;
  - г) преобразовать электрическую энергию в механическую
8. Часть сердечника главного полюса, обращенная к поверхности якоря выполняется более широкой и называется ...
- а) добавочным полюсом;
  - б) обмоткой возбуждения;
  - в) полюсным наконечником;
  - г) коллектором;
  - д) щёткодержателем.

9. Обмотка якоря машины постоянного тока выполняется из...
- а) из изолированной медной проволоки или медной шины;
  - б) из неизолированной стальной проволоки;
  - в) из изолированной алюминиевой проволоки или стальной шины.
  - г) из коллекторных пластин.

### Примерный перечень вопросов к зачету

#### *Трансформаторы*

1. Докажите, что при увеличении тока во вторичной обмотке трансформатора должен увеличиваться ток в первичной?
2. С какой целью используются трансформаторы в системах передачи и распределения электрической энергии? Ответ обоснуйте.
3. Как определить опытным путем потери в стали магнитопровода и потери в обмотке трансформатора? Приведите необходимые пояснения.
4. Принцип действия трансформатора.
5. Какие рабочие свойства трансформатора можно оценить по величине напряжения короткого замыкания  $u_k$ ? Приведите необходимые пояснения.
6. Как повлияет на работу трансформатора введение воздушного зазора в магнитопровод? (В режиме холостого хода)
7. Какие процессы будут иметь место в трансформаторе, если первичную обмотку трансформатора подключить к источнику постоянного тока такого же напряжения?
8. Что такое напряжение короткого замыкания, чем оно определяется? На какие характеристики трансформатора оказывает влияние его значение.
9. Объясните, почему потери в стали магнитопровода практически не зависят от нагрузки?
10. С какой целью магнитопровод трансформатора выполняется из стали. Можно ли выполнить трансформатор на частоту 50 Гц без стального сердечника?
11. Объясните построение векторной диаграммы трансформатора. Как влияет характер нагрузки на величину выходного напряжения?
12. Как и почему изменятся потери в стали трансформатора при переключении обмотки с треугольника на звезду?
13. Объясните, почему величина  $u_k$  много меньше номинального напряжения.
14. Какие процессы будут иметь место в трансформаторе предназначенном для работы в сети с частотой 400 Гц, если его включить в сеть с таким же напряжением, но с частотой 50 Гц?
15. Как влияет величина индукции в магнитопроводе и наличие воздушных зазоров в магнитопроводе на величину намагничивающего тока?



16. Почему в 3-х стержневом трансформаторе с плоской магнитной системой токи в фазах при холостом ходе несимметричны? Приведите необходимые пояснения.
17. Что такое внешние характеристики трансформатора? Как они снимаются. От чего зависит наклон внешних характеристик?
18. Что такое “ток холостого хода” трансформатора, где он протекает в трансформаторе? От каких факторов зависит величина тока холостого хода.
19. Объясните энергетическую диаграмму трансформатора.
20. Что такое “намагничивающий ток”, в чём его отличие от тока холостого хода.
21. Какие процессы будут иметь место в понижающем трансформаторе, если его вторичную обмотку включить на напряжение первичной обмотки?
22. Какие процессы будут иметь место в повышающем трансформаторе, если его вторичную обмотку включить на напряжение первичной обмотки?
23. Как распределится нагрузка между двумя параллельно работающими трансформаторами, если их  $i_k$  не равны? Приведите доказательство.
24. В чем сущность “эквивалентной” замены вторичной обмотки трансформатора? Зачем и как реальная обмотка заменяется иной, с другими параметрами и другим значением тока и напряжения?
25. В каком случае и почему с ростом нагрузки увеличивается напряжение во вторичной обмотке трансформатора?
26. Что такое “номинальное” изменение напряжения? От каких факторов зависит его величина.
27. Какие требования предъявляются к трансформатору при параллельной работе с другими трансформаторами? К каким последствиям приводит нарушение этих требований.
28. Почему при холостом ходе трансформатора с увеличением приложенного напряжения изменяется  $\cos\varphi$ ? Приведите доказательство ответа.
29. Почему, как правило, трансформатор имеет максимальное значение КПД при нагрузке меньше номинальной? Как это достигается?
30. Какими магнитными полями “обусловлены” реактивности  $X_1, X_2', X_\mu$ ? Покажите, где они замыкаются. Какая связь существует между этими полями и соответствующими реактивностями?
31. Что такое группа соединения обмотки трансформатора? Изобразите схему обмотки с нулевой группой соединения.
32. Изменится ли ток холостого хода  $I_0$  и амплитуда магнитной индукции  $B_m$  в сердечнике трансформатора, если уменьшить сечение магнитопровода? Приведите доказательство вашего ответа.
33. Покажите, при каких условиях при синусоидальном напряжении ток холостого хода может быть несинусоидальным?



34. Изменится ли ток холостого хода  $I_0$  и амплитуда магнитной индукции  $B_m$  в магнитопроводе трансформатора, если уменьшить число витков первичной обмотки при неизменном первичном напряжении? Приведите обоснование.
35. В каких случаях и почему в фазных напряжениях трехфазных трансформаторов возникает третья гармоника ЭДС.?
36. Как и почему распределяется нагрузка между параллельно работающими трансформаторами с разными коэффициентами трансформации?
37. Как Вы считаете, зависит ли индуктивное сопротивление взаимной индукции  $X_m$  от величины первичного напряжения? Ответ обоснуйте.
38. Какие потери имеют место в режиме к.з.? Объясните зависимость  $P_k = f(U_1)$ .
39. Как определить опытным путем потери в стали магнитопровода и потери в обмотке трансформатора?
40. В каких случаях применение автотрансформатора более выгодно по сравнению с обычным трансформатором? Почему?
41. Объясните влияние характера нагрузки на выходное напряжение  $U_2$ ?
42. Каковы достоинства и недостатки автотрансформатора по сравнению с трансформатором?
43. От каких факторов зависит вид внешних характеристик трансформатора? Почему?
44. Поясните работу автотрансформатора. Как происходит передача энергии из первичной сети во вторичную?
45. Почему  $\cos \varphi_0$  в режиме х.х. значительно меньше, чем в номинальном режиме? Объясните зависимость  $\cos \varphi_0 = f(U_1)$ .
46. Как и по какой причине при увеличении тока во вторичной обмотке изменится поток взаимной индукции, поток рассеяния, индуцированные ЭДС?
47. Что такое группа соединения трансформатора? Как ее можно определить по векторной диаграмме? Какие схемы и группы соединений трансформаторов являются стандартными?
48. Изобразите схему замещения трансформатора при нагрузке, поясните параметры и объясните количественные соотношения параметров.

### *Асинхронные машины*

1. Работа асинхронной машины в генераторном режиме (механическая характеристика, энергетическая диаграмма).
2. Как можно изменить направление вращения асинхронного двигателя (приведите обоснование)?
3. Объясните зависимость КПД от нагрузки. При каких условиях КПД достигает максимального значения?
4. Какие виды асинхронных машин Вы знаете? Опишите их конструкцию.



5. Поясните определение параметров схемы замещения асинхронных машин по опытным данным.
6. Изменяется ли угол сдвига фазы между током и ЭДС обмотке ротора при изменении скольжения от 1 до 0? Поясните почему.
7. Как изменится магнитный поток асинхронного двигателя при увеличении частоты питающей сети при постоянном напряжении? Приведите обоснование.
8. В каких случаях возможно применение способа пуска асинхронного двигателя при переключении схемы обмотки со звезды на треугольник?
9. Почему вращающий момент асинхронного двигателя растет относительно быстрее, чем возрастает мощность на валу?
10. Почему при введении активного сопротивления в цепь обмотки ротора пусковой ток уменьшается, а пусковой момент увеличивается?
11. Что такое намагничивающий ток асинхронной машины? Где он протекает на схеме замещения и в реальной машине?
12. Напряжение на зажимах асинхронного двигателя уменьшили в два раза. Как изменится его максимальный момент?
13. Изобразите векторную диаграмму асинхронной машины в двигательном режиме. Объясните порядок построения.
14. Где больше магнитные потери - в неподвижном статоре или во вращающемся роторе, почему?
15. Назовите и объясните конструктивные меры улучшения формы кривой ЭДС трехфазной обмотки.
16. Изобразите механическую характеристику асинхронной машины. Укажите скорости и скольжения в различных режимах работы.
17. В чем различия с энергетической точки зрения между генераторным и двигательным режимом работы асинхронной машины? Сравните энергетические диаграммы.
18. В каких случаях коэффициент распределения и укорочения обмотки переменного тока равен единице?
19. Объясните конструкцию и работу асинхронного двигателя с глубокопазым ротором.
20. Дайте пояснение физического смысла параметров схемы замещения асинхронной машины.
21. От чего зависит величина, форма кривой и частота ЭДС обмотки машин переменного тока.
22. Опишите принцип действия асинхронной машины.
23. Как изменится пусковой момент при переключении обмотки статора со “звезды” на “треугольник”, почему?
24. Почему для двигателей с фазным ротором не применяется способ регулировки частоты вращения изменением числа полюсов?
25. Как перевести асинхронную машину в генераторный режим? Почему асинхронный генератор не получил широкого распространения?



26. Как зависит электромагнитный момент АМ от напряжения, частоты питающей сети, реактивностей статора и ротора?
27. Почему потери в стали ротора АМ практически можно считать равными нулю?
28. Почему АД не приходит во вращение, если в сеть включена только одна фаза двигателя?
29. Нарисуйте механическую характеристику асинхронной машины. Покажите на ней номинальный и пусковой момент.
30. Поясните работу индукционного регулятора.
31. С какой целью проводится опыт х.х. асинхронного двигателя? Приведите и поясните характеристики холостого хода.
32. Укажите факторы, ограничивающие применение прямого пуска асинхронных двигателей.
33. Как повлияет на механическую характеристику включение АМ, рассчитанной на 50 Гц, в сеть с частотой 60 Гц.
34. Как по номинальным данным АМ построить механическую характеристику (используя формулу Клосса)?
35. Если изготовить обмотку ротора из сверхпроводящего материала, то с какой скоростью он будет вращаться? Дайте пояснение.
36. С какой целью и как проводится опыт к.з. асинхронного двигателя? Приведите и поясните характеристики короткого замыкания.
37. В каких участках стали возникают потери в АД при неподвижном роторе, при синхронном вращении, при номинальной нагрузке?
38. Объясните, почему максимальный момент однофазного асинхронного двигателя зависит от активного сопротивления ротора?
39. Краткая характеристика способов регулирования частоты вращения асинхронных двигателей с к.з. ротором.
40. Почему ротор асинхронного двигателя не может вращаться со скоростью поля статора?
41. Как скажется на рабочих характеристиках асинхронного двигателя снижение напряжения питающей сети на 15%.
42. Приведите энергетическую диаграмму АМ в двигательном режиме. В каких частях машины имеют место выделяемые потери?
43. Дайте анализ зависимости максимального момента асинхронной машины от ее параметров.
44. Как можно включить трехфазный асинхронный двигатель в однофазную цепь?
45. Сформулируйте условия образования кругового вращающегося магнитного поля в трехфазной ЭМ. Приведите пример.
46. Какое влияние оказывает сопротивление обмотки ротора на кривую асинхронного момента? (Приведите несколько механических характеристик)
47. Как перевести АМ в режим противовключения? Поясните энергетическую диаграмму в этом режиме.



48. Изобразите  $T$ -образную схему замещения АМ. Поясните физический смысл ее параметров.
49. Для чего в цепь фазного ротора на период пуска вводят активное сопротивление? (Дайте пояснение происходящим при этом явлениям)
50. Как следует изменять напряжение при регулировании скорости АД изменением частоты при постоянстве момента?
51. Краткая характеристика способов пуска асинхронных двигателей с к.з. ротором.
52. Каким образом в схеме замещения асинхронной машины учитывается механическая нагрузка на валу машины?
53. Почему относительное значение тока холостого хода асинхронного двигателя больше, чем в трансформаторе?
54. Опишите процесс регулирования скорости вращения двигателей с фазным ротором.
55. В чем сходство и различие между схемами замещения асинхронной машины и трансформатора?
56. Как изменится магнитный поток асинхронного двигателя в случае увеличения частоты питающей сети ( $U=\text{const}$ )? Как это скажется на величине максимального момента?
57. Какие Вам известны разновидности асинхронных двигателей, способных работать от однофазной сети?
58. Почему скорость вращения МДС ротора относительно статора не зависит от скольжения?
59. Изобразите пути прохождения магнитных потоков, обуславливающих каждый вид индуктивности схемы замещения асинхронной машины.

### **Примерный перечень вопросов к экзамену**

1. Материалы, применяемые в электрических машинах.
2. Классы нагревостойкости изоляционных материалов обмоток.
3. Принцип действия трансформатора, назначение, конструкция.
4. Магнитные цепи электромеханических преобразователей. Виды магнитопроводов. Расчеты магнитных цепей. Почему сердечник трансформатора выполняется из электротехнической стали, а не из ферромагнитного материала?
5. Уравнение МДС и токов трансформатора. Приведение параметров.
6. Опыт холостого хода трансформатора. Назначение. Определение параметров схемы замещения по показаниям приборов, векторная диаграмма в режиме х.х.
7. Назначение опыта х.х. силового трансформатора.
8. Определение параметров схемы замещения трансформатора по показаниям приборов, векторная диаграмма в режиме х.х.
9. Назначение опыта к.з. силового трансформатора.



10. Определение параметров схемы замещения трансформатора по показаниям приборов. Векторная диаграмма в режиме к.з.
11. Схема замещения трансформатора. Определение параметров схемы по паспортным (каталожным) данным.
12. Трёхфазные трансформаторы. Конструкции. Векторная диаграмма.
13. Группы соединения трёхфазных трансформаторов.
14. Параллельная работа трансформаторов, условия такой работы.
15. Векторные диаграммы трансформатора при различном характере нагрузки.
16. Внешняя характеристика трансформатора при различном характере нагрузки.
17. Процентное изменение напряжения трансформатора.
18. Многообмоточные трансформаторы (трёхобмоточные и с расщеплением вторичной обмотки).
19. Автотрансформаторы.
20. Сравнительная оценка маломощных и мощных трансформаторов, векторные диаграммы.
21. Электромагнитный расчет трансформатора.
22. Общие понятия об индукционных преобразователях энергии, термины и определения. Принцип обратимости. Принцип саморегулирования.
23. Законы электромеханики. Элементы обмоток электрических машин.
24. Способы получения вращающегося магнитного поля с помощью трёхфазной обмотки
25. Способы получения вращающегося магнитного поля с помощью двухфазной обмотки.
26. Асинхронные машины. Принцип действия, конструкция, виды роторов, их конструктивные особенности. Скольжение. Режимы работы асинхронной машины.
27. Частота тока ротора. ЭДС статора и ротора асинхронной машины.
28. Электромагнитный момент и ток ротора асинхронной машины.
29. Схемы замещения асинхронной машины. Векторная диаграмма асинхронного двигателя.
30. Механическая характеристика асинхронной машины. Основные режимы (устойчивый и неустойчивый).
31. Формула Клосса.
32. Регулирование частоты вращения ротора асинхронного двигателя. Сравнение способов.
33. Частотное регулирование асинхронных двигателей.
34. Полусное регулирование асинхронных двигателей.



35. Пуск асинхронных двигателей. Способы пуска.
36. Асинхронные двигатели с улучшенными пусковыми свойствами. Способы снижения пускового тока. Пояснить, почему асинхронный двигатель при пуске имеет небольшой пусковой момент и значительный пусковой ток.
37. Потери и КПД асинхронного двигателя.
38. Тормозные режимы асинхронного двигателя. Механические характеристики трехфазного асинхронного двигателя при работе его в режимах торможения. Какой из режимов торможения с энергетической точки зрения является наиболее целесообразным?
39. Рабочие характеристики асинхронного двигателя.
40. Синхронные машины. Принцип действия. Устройство. Понятие об явнополюсных и неявнополюсных машинах.
41. Характеристики синхронного генератора: холостого хода, короткого замыкания.
42. Системы возбуждения синхронных машин.
43. Реакция якоря синхронных машин.
44. Внешняя характеристика синхронного генератора.
45. Электромагнитная мощность синхронной машины. Устойчивость режима.
46. Параллельная работа синхронного генератора с сетью. Способы синхронизации.
47. Регулирование реактивной мощности.  $U$ -образная характеристика синхронной машины.
48. Переходные процессы в синхронных генераторах. Переходное и сверхпереходное сопротивление генератора. Пояснить, как себя ведет синхронный генератор при внезапном к.з. на его зажимах.
49. Нахождение ЭДС генератора в начальный момент внезапного короткого замыкания.
50. Устройство машин постоянного тока. Принцип действия. Устройство, назначение основных частей машины.
51. Режимы работы машин постоянного тока: двигательный и генераторный.
52. ЭДС машины постоянного тока.
53. Электромагнитный момент машины постоянного тока.
54. Способы возбуждения машин постоянного тока: независимое, параллельное, последовательное, смешанное, от постоянных магнитов.
55. Магнитное поле машины при нагрузке. Понятие о реакции якоря.



56. Процесс коммутации в машинах постоянного тока. Влияние реакции якоря на коммутацию, способы уменьшения искрения на коллекторе. Какой способ улучшения коммутации целесообразно использовать в мощных машинах постоянного тока при переменной нагрузке и почему?

57. Двигатель постоянного тока. Принцип действия, конструктивные исполнения ДПТ.

58. Особенности пуска двигателя постоянного тока. Способы пуска двигателя постоянного тока.

59. Механические характеристики двигателя постоянного тока с различными способами возбуждения.

60. Скоростные характеристики двигателя постоянного тока с различными способами возбуждения.

61. Способы регулирования частоты вращения двигателя постоянного тока с различными способами возбуждения.

62. Потери и КПД двигателя постоянного тока. Как изменятся электрические потери в обмотке якоря двигателя независимого возбуждения при увеличении нагрузки генератора в два раза?

63. Классификация генераторов постоянного тока (ГПТ) по способу возбуждения.

### **6.5. Фонд оценочных средств**

Полный банк заданий для текущего, рубежных контролей и промежуточной аттестации по дисциплине, показатели, критерии, шкалы оценивания компетенций, методические материалы, определяющие процедуры оценивания образовательных результатов, приведены в учебно-методическом комплексе дисциплины.

## **7. ОСНОВНАЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ УЧЕБНАЯ ЛИТЕРАТУРА**

### **7.1. Основная учебная литература**

1 Беспалов В.Я., Котеленец Н.Ф. Электрические машины. – М.: Академия, 2010.– 314 с.

### **7.2. Дополнительная учебная литература**

1 Электрическая часть электростанций и подстанций [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.А. Старшинов, М.В. Пираторов, М.А. Козинова; под ред. В.А. Старшинова. - М. : Издательский дом МЭИ, 2015. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383008744.html>

2 Методические указания к выполнению курсовой работы «Расчет трехфазного сухого силового трансформатора»./ Составил Мошкин В.И.– Курган: Изд-во КГУ, 2016. – 62с. (режим доступа – ЭБС КГУ)

3 <http://dic.academic.ru/dic.nsf/bse/153701/Электротехника>



- 4 Афтаев В.И., Мошкин В.И. Справочник терминов и определений в электроэнергетике. – Курган: Изд-во Кург. гос. университета, 2011. – 208 с.
- 5 Мошкин В.И., Нейман В.Ю., Угаров Г.Г. Импульсные линейные электромагнитные двигатели. – Курган: Изд-во Кург. гос. университета, 2010. – 220 с.

## **8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

- 1 Методические указания к лабораторным работам по курсу «Электромеханика» (работы 1-6) / Составил доцент Мошкин В.И. - Курган: Изд-во КГУ, 2014. – 50с. (режим доступа – ЭБС КГУ)
- 2 Модели трансформатора, электрических машин, препарированные электрические машины постоянного и переменного тока, демонстрационный стенд «Элементы электромашинной автоматики».

## **9. РЕСУРСЫ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

1. [dist.kgsu.ru](http://dist.kgsu.ru) - Система поддержки учебного процесса КГУ.
2. <http://electricalschool.info/material/> - Школа для электрика (статьи и схемы).
3. <http://electrichelp.ru/elektrotexnicheskie-materialy/> - Информационный проект для специалистов энергетических служб и студентов.

## **10. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПРАВОЧНЫЕ СИСТЕМЫ**

При чтении лекций используются слайдовые презентации.

Минимальные требования к операционной системе и программному обеспечению компьютера, используемого при показе слайдовых презентаций: Windows XP, Foxit Reader Pro версия 1.3.

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

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает в себя учебные лаборатории, оснащенные необходимым оборудованием (комплект плакатов по электрическим машинам, жидкокристаллический проектор для отображения программ виртуальных лабораторных работ и фильмов по тематике дисциплины, мультимедийный проектор, мультимедийный экран).

Аннотация к рабочей программе дисциплины  
**«Электрические машины»**

образовательной программы высшего образования –  
программы бакалавриата  
**13.03.02 - Электроэнергетика и электротехника**

Направленность:  
**Электроснабжение**

Трудоемкость дисциплины: 6 ЗЕ (216 академических часа)  
Семестр: 5, 6 (очная форма обучения), 5, 6 (заочная форма обучения)  
Форма промежуточной аттестации: зачет, экзамен

Содержание дисциплины

Общие вопросы электромеханического преобразования энергии. Роль электрических машин в современной технике. Физические законы, лежащие в основе работы электрических машин. принцип действия и конструкции двигателя и генератора. Трансформаторы, асинхронные и синхронные машины и машины постоянного тока. Конструкции, принцип действия, параметры, основные уравнения и характеристики. Пуск, торможение. и регулирование частоты вращения двигателя. Характеристики генераторов. Актуальные проблемы электромеханики и тенденции развития электрических машин.