

**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  
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ**

|                                     |   |
|-------------------------------------|---|
| <b>Уровень высшего образования:</b> | Бакалавриат                                 |
| <b>Направление подготовки:</b>      | 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника |
| <b>Направленность (профиль):</b>    | Электропривод и автоматика                  |
| <b>Квалификация выпускника:</b>     | бакалавр                                    |
| <b>Форма обучения:</b>              | очная                                       |
| <b>Составитель:</b>                 | доцент Каган А.В.                           |

Санкт-Петербург

**Рабочая программа дисциплины «Электрические машины» разработана:**

- в соответствии с требованиями ФГОС ВО – бакалавриат по направлению подготовки «13.03.02 Электроэнергетика и электротехника», утвержденного приказом Минобрнауки России № 144 от 28.02.2018 г.;

- на основании учебного плана бакалавриата по направлению подготовки «13.03.02 Электроэнергетика и электротехника» направленность (профиль) «Электропривод и автоматика».

Составитель \_\_\_\_\_ к.т.н., доцент Каган А.В.

**Рабочая программа рассмотрена и одобрена** на заседании кафедры Электроэнергетики и электромеханики от 27.01.2022 г., протокол № 08/01.

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

**Рабочая программа согласована:**

Начальник управления учебно-методического обеспечения образовательного процесса \_\_\_\_\_ к.т.н. Иванова П.В.

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель – приобретение студентами теоретических и практических знаний процессов электромагнитного и электромеханического преобразования энергии, конструкций и характеристик трансформаторов и различных типов электрических машин, применяемых в электроэнергетических системах и в электроприводах промышленных установок.

Основные задачи дисциплины:

- изучение различных типов электрических машин и трансформаторов, их устройства, принципа работы, эксплуатационных свойств и параметров;
- овладение методами расчета основных характеристик электрических машин и трансформаторов;
- формирование:
- представлений о физике процессов электромеханического преобразования энергии в электрических машинах;
- навыков математического моделирования электромагнитных и электромеханических процессов, происходящих в электрических машинах и трансформаторах;
- навыков практического применения электродвигателей переменного и постоянного тока в различных электроприводах;
- способностей для оценки рабочих свойств электрических машин по их справочным и каталожным данным;
- мотивации к самостоятельному повышению уровня профессиональных навыков в области электрических машин.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Электрические машины» относится к обязательной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки «13.03.02 Электроэнергетика и электротехника», направленность (профиль) «Электропривод и автоматика» и изучается в 4 и 5 семестрах.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Электрические машины» являются «Физика», «Теоретические основы электротехники», «Электротехническое и конструкционное материаловедение».

Дисциплина «Электрические машины» является основополагающей для изучения следующих дисциплин: «Электрический привод», «Теория электропривода».

Особенностью дисциплины является ее основополагающий характер, так как электрические машины являются основным видом преобразователей энергии в современном мире.

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

Процесс изучения дисциплины «Электрические машины» направлен на формирование следующих компетенций:

| Формируемые компетенции  |                 | Код и наименование индикатора достижения компетенции  |
|--|-----------------|---|
| Содержание компетенции   | Код компетенции |   |
| Способен использовать методы анализа и моделирования электрических цепей и электрических машин | ОПК-4           | ОПК-4.5. Анализирует установившиеся режимы работы трансформаторов и вращающихся электрических машин различных типов, использует знание их режимов работы и характеристик. |

## 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоёмкость учебной дисциплины составляет 8 зачётных единиц, 288 ак. часов.

| Вид учебной работы  | Всего ак. часов | Ак. часы по семестрам |           |
|---|-----------------|-----------------------|-----------|
|   |                 | 4                     | 5         |
| <b>Аудиторная работа, в том числе:</b>                      | <b>108</b>      | <b>108</b>            | <b>-</b>  |
| Лекции (Л)  | 54              | 54                    |           |
| Практические занятия (ПЗ)                                   | 18              | 18                    |           |
| Лабораторные работы (ЛР)                                    | 36              | 36                    |           |
| <b>Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе:</b> | <b>144</b>      | <b>108</b>            | <b>36</b> |
| Выполнение курсовой работы (проекта)                        | 36              | -                     | 36        |
| Расчетно-графические работы (РГР)                           | 60              | 60                    | -         |
| Подготовка к практическим занятиям                          | 18              | 18                    | -         |
| Подготовка к лабораторным занятиям                          | 30              | 30                    | -         |
| <b>Промежуточная аттестация – экзамен (Э)</b>               | <b>36</b>       | <b>Э(36)</b>          | <b>-</b>  |
| <b>Общая трудоёмкость дисциплины</b>                        |                 |                       |           |
| <b>ак. час.</b>   | <b>288</b>      | <b>252</b>            | <b>36</b> |
| <b>зач. ед.</b>   | <b>8</b>        | <b>7</b>              | <b>1</b>  |

### 4.2. Содержание дисциплины

Учебным планом предусмотрены: лекции, практические занятия, 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 |
| Раздел 1 «Трансформаторы»          | 46              | 12        | 4                    | 6                   | 24                              |
| Раздел 2 «Асинхронные машины»      | 108             | 16        | 6                    | 12                  | 74                              |
| Раздел 3 «Синхронные машины»       | 56              | 14        | 4                    | 10                  | 28                              |
| Раздел 4 «Машины постоянного тока» | 42              | 12        | 4                    | 8                   | 18                              |
| <b>Итого:</b>                      | <b>252</b>      | <b>54</b> | <b>18</b>            | <b>36</b>           | <b>144</b>                      |
| <b>Подготовки к экзамену:</b>      | <b>36</b>       |           |                      |                     |                                 |
| <b>Всего:</b>                      | <b>288</b>      |           |                      |                     |                                 |

#### 4.2.2. Содержание разделов дисциплины

| № п/п | Наименование раздела дисциплины | Содержание лекционных занятий   | Трудоемкость в ак. часах |
|-------|---------------------------------|---|--------------------------|
| 1     | Трансформаторы                  | <p>1.1. Общие сведения<br/>Назначение трансформаторов в системе передачи и распределения электрической энергии. Принцип работы трансформатора как электромагнитного преобразователя энергии. Устройство и классификация силовых трансформаторов. Трансформаторы с масляным, жидкостным и газовым охлаждением. Схемы и группы соединения трехфазного трансформатора.</p> <p>1.2. Схема замещения. Характеристики ЭДС в обмотках трансформатора на холостом ходу. Явления, возникающие при намагничивании трансформатора. Опыт короткого замыкания трансформатора. Уравнения ЭДС и МДС в дифференциальной и комплексной форме. Уравнения приведенного трансформатора. Векторная диаграмма и схема замещения трансформатора при различных нагрузках. Изменение напряжения трансформатора при нагрузке. Определение параметров схемы замещения и рабочих свойств трансформатора по его паспортным данным. Зависимость КПД трансформатора от нагрузки. Включение трансформаторов на параллельную работу.</p> | 12                       |
| 2     | Асинхронные машины              | <p>2.1. Общие сведения. Схемы замещения<br/>Основные элементы конструкции асинхронных машин. Фазный и короткозамкнутый роторы. Принцип действия. Скольжение в различных режимах работы машины. Двигательный режим работы. Машина с заторможенным ротором. Схемы соединения обмоток статора и ротора, векторные диаграммы. Основные уравнения приведенной машины. Схемы замещения.</p> <p>2.2. Механические характеристики<br/>Рабочие характеристики. Уравнение электромагнитного момента и его анализ. Естественная механическая характеристика. Максимальный момент, критическое скольжение.</p> <p>2.3. Пуск. Регулирование частоты вращения.<br/>Способы пуска асинхронных двигателей. Регулирование частоты вращения</p>   | 16                       |

| №<br>п/п | Наименование<br>раздела<br>дисциплины | Содержание лекционных занятий   | Трудоемкость<br>в ак. часах |
|----------|---------------------------------------|---|-----------------------------|
|          |                                       | <p>изменением частоты питающего напряжения. Способ регулирования за счет увеличения активного сопротивления роторной цепи. Пределы регулирования частоты вращения путем уменьшения подводимого напряжения. Устройство многоскоростных машин. Асинхронные генераторы. Однофазные асинхронные двигатели. Способы торможения. Специальные асинхронные двигатели.</p>   |                             |
| 3        | Синхронные машины                     | <p>3.1. Общие сведения<br/> Конструкция и принцип действия синхронной машины. Сведения о системах возбуждения. Работа синхронного генератора на холостом ходу и при симметричной нагрузке. Реакция якоря, ее влияние на работу генератора. Параметры обмотки якоря при установившейся симметричной нагрузке. Основные уравнения и векторные диаграммы явнополюсного и неявнополюсного синхронного генератора.</p> <p>3.2. Характеристики синхронных машин<br/> Принцип работы синхронного генератора на автономную нагрузку. Основные характеристики синхронных генераторов: холостого хода, внешняя, нагрузочная, регулировочная, короткого замыкания. Изменение напряжения генератора при нагрузке. Опытное определение синхронного индуктивного сопротивления машины. Отношение короткого замыкания.</p> <p>3.3. Параллельная работа синхронной машины с сетью<br/> Условия включения генераторов на параллельную работу с сетью. Электромагнитная и синхронизирующая мощность. Угловые и V-образные характеристики генератора. Понятие статической и динамической устойчивости. Регулирование активной и реактивной мощности в синхронных машинах. Синхронный двигатель и компенсатор. Синхронные машины специального назначения.</p> | 14                          |
| 4        | Машины                                | 4.1. Общие сведения   | 12                          |

| № п/п         | Наименование раздела дисциплины | Содержание лекционных занятий   | Трудоемкость в ак. часах |
|---------------|---------------------------------|---|--------------------------|
|               | постоянного тока                | <p>Конструкция и принцип действия машин постоянного тока. ЭДС обмотки якоря. Пульсации напряжения на коллекторе и способы их уменьшения. Магнитная цепь машины постоянного тока. Продольная и поперечная реакция якоря. Влияние изменения нагрузки на величину ЭДС.</p> <p>4.2. Генераторы постоянного тока<br/>Основные уравнения, условия самовозбуждения. Внешняя и регулировочная характеристики генераторов с различными способами возбуждения.</p> <p>4.3. Двигатели постоянного тока<br/>Основные соотношения и характеристики. Способы пуска и реверса двигателей. Регулирование частоты вращения. Условия устойчивости работы двигателя. Рабочие характеристики двигателей параллельного, последовательного и смешанного возбуждения. Конструкция и принцип действия машин постоянного тока специального назначения.</p> |                          |
| <b>Итого:</b> |                                 |   | <b>54</b>                |

#### 4.2.3. Практические занятия

| № п/п         | Разделы  | Наименование практических работ  | Трудоемкость в ак. часах |
|---------------|----------|--|--------------------------|
| 1             | Раздел 1 | Решение уравнений, описывающих установившиеся режимы работы трансформаторов                                | 4                        |
| 2             | Раздел 2 | Анализ уравнений, описывающих эксплуатационные режимы работы асинхронных двигателей                        | 6                        |
| 3             | Раздел 3 | Решение уравнений электромеханического преобразования в синхронных машинах в установившихся режимах работы | 4                        |
| 4             | Раздел 4 | Расчет эксплуатационных режимов работы машин постоянного тока  | 4                        |
| <b>Итого:</b> |          |  | <b>18</b>                |

#### 4.2.4. Лабораторные работы

| № п/п         | Разделы  | Наименование практических работ   | Трудоемкость в ак. часах |
|---------------|----------|---|--------------------------|
| 1             | Раздел 1 | Исследование двухобмоточных трансформаторов   | 6                        |
| 2             | Раздел 2 | Исследование трехфазных асинхронных двигателей с короткозамкнутым и фазным роторами | 12                       |
| 3             | Раздел 3 | Исследование синхронных генератора и двигателя                                      | 10                       |
| 4             | Раздел 4 | Исследование машин постоянного тока с разными способами возбуждения                 | 8                        |
| <b>Итого:</b> |          |   | <b>36</b>                |

#### 4.2.5. Курсовой проект

| № п/п | Темы курсовых проектов   |
|-------|--|
| 1     | Проектирование трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором с высотой оси вращения до 160 мм (до 15 кВт)        |
| 2     | Проектирование трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором с высотой оси вращения до 250 мм (от 15 до 55 кВт)  |
| 3     | Проектирование трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором с высотой оси вращения до 280 мм (от 75 до 132 кВт) |

Исходными данными для проектирования являются технические требования, сформулированные в техническом задании (50 вариантов).

#### 4.2.6. Самостоятельная работа студентов (СРС)

Самостоятельная работа студентов по дисциплине проходит в форме подготовки к практическим занятиям, лабораторным работам и выполнения расчетно-графических работ.

##### Тематика РГР:

1. Схемы и группы соединения обмоток трехфазных трансформаторов.
2. Схемы однослойных обмоток асинхронных электродвигателей.
3. Схемы двухслойных обмоток синхронных генераторов.
4. Метод графического интегрирования МДС трехфазных электрических машин.
5. Гармонический анализ МДС обмоток переменного тока.

### 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе обучения применяются:

**Лекции**, которые являются одним из важнейших видов учебных занятий и составляют основу теоретической подготовки обучающихся. Цели лекционных занятий:

-дать систематизированные научные знания по дисциплине, акцентировать внимание на наиболее сложных вопросах дисциплины;

-стимулировать активную познавательную деятельность обучающихся, способствовать формированию их творческого мышления.

**Практические занятия.** Цели практических занятий:

-совершенствовать умения и навыки решения практических задач.

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

**Лабораторные работы.** Цели лабораторных занятий:

-углубить и закрепить знания, полученные на лекциях и 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 экзамена) 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, в подготовке письменных работ (проектов).

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

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



**Тематика расчетно-графических работ** соответствует содержанию разделов дисциплины и направлена на закрепление практических навыков по определению расчетным путем отдельных характеристик и параметров электрических машин.

**Курсовое проектирование** формирует навыки самостоятельного профессионального творчества. Курсовой проект позволяет приобрести опыт проектирования таких технических объектов как электрическая машина переменного тока при решении инженерных задач в области электропривода и автоматики промышленных предприятий. Проектированию подлежит (по вариантам) трехфазный асинхронный двигатель для эксплуатации в условиях умеренного климата.

Курсовой проект включает в себя инженерный расчет и разработку конструкции электродвигателя.

## **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. Трансформаторы**

1. Поясните принцип работы трансформатора.
2. Изобразите электрическую схему однофазного трансформатора.
3. Изобразите электрические схемы трехфазного трансформатора при соединении обмоток  $Y/Y - 0$ ,  $Y/Y_n - 0$ ,  $Y/\Delta - 11$ .
4. Какая обмотка трансформатора называется первичной, и какая – вторичной обмоткой?
5. Почему магнитопровод трансформатора выполняется шихтованным?
6. Как определяется коэффициент трансформации?
7. Напишите формулу ЭДС обмотки трансформатора?
8. Напишите уравнения напряжений для первичной и вторичной обмоток.
9. Напишите уравнения токов.
10. Для какой цели и каким образом производится приведение параметров вторичной обмотки к первичной?
11. Изобразите схему замещения трансформатора .
12. Какие параметры схемы замещения трансформатора определяются из опыта холостого хода и из опыта короткого замыкания?
13. Какие потери трансформатора определяются из опыта холостого хода и из опыта короткого замыкания?
14. Напишите формулу КПД трансформатора.
15. Как формулируются условия максимума КПД?
16. Почему при чисто активной нагрузке коэффициент мощности в первичной цепи меньше единицы?
17. Назовите примерное значение тока холостого хода.
18. Как определяется напряжение короткого замыкания? Назовите его примерное значение.
19. Как вычисляется изменение выходного напряжения трансформатора при нагрузке?
20. Изобразите внешние характеристики трансформатора для различных видов нагрузки (активная, активно-индуктивная, активно-емкостная).

#### **Раздел 2. Асинхронные двигатели**

1. Поясните устройство и принцип работы асинхронного двигателя (АД).
2. Чем отличается конструкция короткозамкнутого и фазного ротора?
3. В чем заключается аналогия между асинхронной машиной и трансформатором?
4. Какими факторами определяется частота вращения АД?
5. Какую максимально возможную скорость АД можно получить при частоте сети 50 Гц?
6. В каких пределах может изменяться скольжение АД?
7. Чему равна частота ЭДС в роторе, если частота в сети равна 50 Гц, а скольжение составляет 2 %?
8. Как осуществить изменение направления вращения АД?

9. При каких условиях асинхронная машина работает в режиме: а) генератора; б) электромагнитного тормоза?
10. Какими факторами определяется электромагнитный момент АД? Как зависит величина момента от напряжения сети?
11. Изобразите механическую характеристику  $M = f(s)$ .
12. Укажите на механической характеристике область устойчивой работы.
13. Укажите на механической характеристике режим холостого хода, номинальный режим и пусковой.
14. Как влияет величина активного сопротивления цепи ротора на пусковые свойства двигателя?
15. Как влияет активное сопротивление цепи ротора на величину максимального (критического) момента?
16. Как влияет активное сопротивление цепи ротора на величину критического скольжения?
17. Начертите искусственную механическую характеристику двигателя с фазным ротором при регулировании частоты вращения путем включения реостата в цепь ротора.
18. Какие существуют способы уменьшения пускового тока в двигателе с короткозамкнутым ротором и в двигателе с фазным ротором?
19. Перечислите возможные способы регулирования частоты вращения асинхронного двигателя.
20. Как осуществляется изменение числа пар полюсов обмотки статора?

### **Раздел 3. Синхронные машины**

1. Как устроена синхронная машина (СМ)? В чем отличие конструкции ротора явно- и неявнополюсной СМ?
2. Сколько полюсов имеет неявнополюсный ротор?
3. Изложите принцип работы СМ в режиме генератора, двигателя, компенсатора.
4. Напишите выражение для действующего значения ЭДС синхронного генератора (СГ) при холостом ходе.
5. Что такое реакция якоря?
6. В чем заключается сущность теории двух реакций?
7. Как зависит реакция якоря от характера нагрузки? Какая реакция якоря будет при активной, индуктивной, емкостной нагрузке?
8. Какие ЭДС наводят магнитные потоки реакции якоря и какими индуктивными сопротивлениями эти ЭДС характеризуются?
9. Начертите характеристику холостого хода (х. х. х.) СГ.
10. Начертите характеристику короткого замыкания СГ. Почему она имеет вид прямой в отличие от х. х. х.?
11. Что представляет собой параметр  $\sigma$ . Как он влияет на работу СМ?
12. Как влияет характер нагрузки на вид внешней и регулировочной характеристик?
13. Перечислите условия и порядок включения СГ на параллельную работу с сетью.
14. Как нагрузить СГ после включения на параллельную работу с сетью?
15. Перечислите способы пуска синхронного двигателя (СД).
16. Поясните назначение пусковой обмотки СД.
17. Как зависит момент СД от напряжения сети?
18. Начертите угловую характеристику СД.
19. Что представляют собой  $U$ -образные характеристики?
20. Как влияет изменение тока возбуждения на коэффициент мощности?
21. Возможно ли регулирование частоты вращения СД?
22. Какая СМ называется реактивной?
23. Для какой цели применяются синхронные компенсаторы?

### **Раздел 4. Машины постоянного тока**

1. Как классифицируются машины постоянного тока по способу возбуждения? Изобразите электрические схемы.
2. Объясните принцип работы в режиме генератора и двигателя.

3. Напишите формулу ЭДС и формулу электромагнитного момента.
4. Каким мнемоническим правилом определяются направление ЭДС в обмотке якоря и направление электромагнитных сил и момента?
5. Изобразите внешнюю характеристику для генераторов с независимым и параллельным возбуждением.
6. Напишите уравнения напряжений для генератора и двигателя.
7. Напишите уравнения токов для машины с параллельным возбуждением, работающей в режиме генератора и в режиме двигателя.
8. Изобразите зависимости  $M = f_1(I_a)$  и  $n = f_2(I_a)$  для двигателя с параллельным и последовательным возбуждением.
9. Напишите формулу механической характеристики двигателя. Начертите механические характеристики двигателей с параллельным и последовательным возбуждением.
10. Перечислите способы регулирования частоты вращения двигателя постоянного тока и укажите преимущества и недостатки этих способов.
11. Изобразите три механические характеристики двигателя постоянного тока с параллельным возбуждением – естественную и две искусственные при включении добавочного сопротивления: а) в цепь якоря; б) в цепь возбуждения.

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

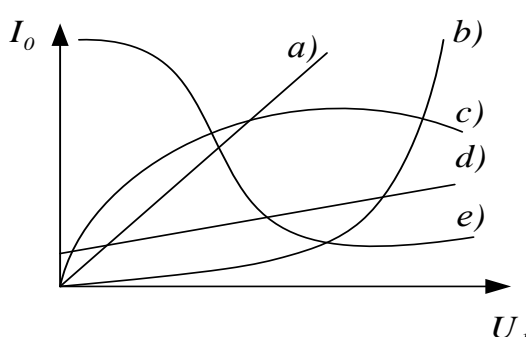
### **6.2.1. Примерный перечень вопросов к экзамену по дисциплине:**

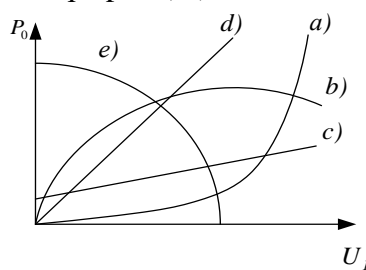
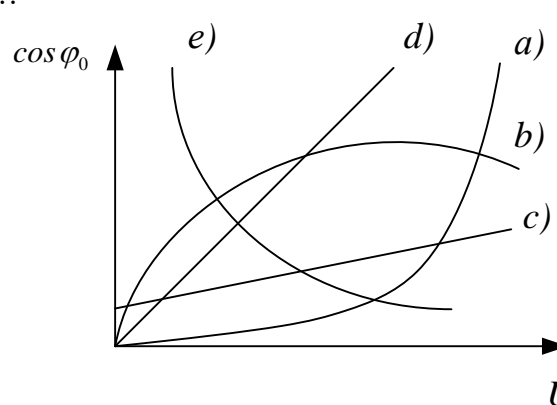
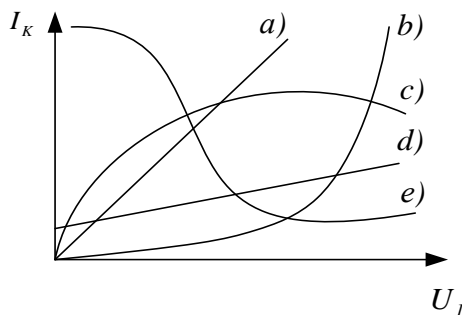
1. Устройство активных частей трансформатора.
2. Схемы и группы соединения обмоток трансформаторов.
3. Ток холостого хода трансформатора.
4. Мощность холостого хода трансформатора.
5. Опыт холостого хода трансформатора.
6. Схема замещения трансформатора в режиме холостого хода.
7. Изменение напряжения трансформатора.
8. Внешние характеристики трансформатора.
9. Основные составляющие потерь мощности трансформатора.
10. Схема замещения трансформатора в режиме короткого замыкания.
11. Опыт короткого замыкания трансформатора.
12. Напряжением короткого замыкания трансформатора.
13. Мощность короткого замыкания трансформатора.
14. Приведение параметров вторичной обмотки трансформатора к первичной.
15. Уравнения трансформатора, составленные по законам Кирхгофа.
16. Схема замещения трансформатора.
17. Способы регулирования напряжения трансформатора.
18. Условия включения трансформаторов на параллельную работу.
19. Устройство и достоинства автотрансформатора.
20. Устройство и принцип работы асинхронного двигателя (АД).
21. Отличия и общие черты конструкции короткозамкнутого и фазного ротора.
22. Скольжение АД и пределы его изменения.
23. Условия работы асинхронной машины в режимах генератора и электромагнитного тормоза.
24. Энергетическая диаграмма АД.
25. Т-образную схему замещения АД.
26. Г-образная схема замещения АД.
27. Механическая характеристика АД.
28. Электромагнитный момент АД.
29. Влияние величины активного сопротивления цепи ротора на вид механической характеристики АД.
30. Рабочие характеристики АД.

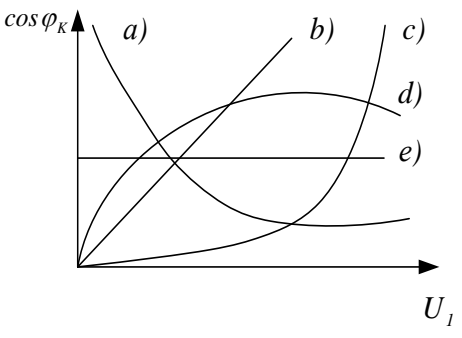
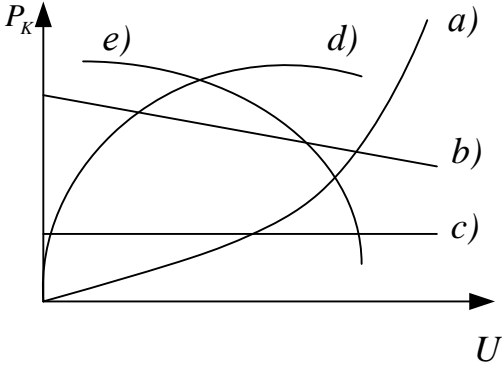
31. Механические характеристики двигателя с фазным ротором при регулировании частоты вращения путем включения реостата в цепь ротора.
32. Способы уменьшения пускового тока в двигателе с короткозамкнутым ротором и в двигателе с фазным ротором.
33. Способы регулирования частоты вращения АД.
34. Способы пуска АД.
35. Способы торможения АД.
36. Устройство синхронной машины (СМ) с явнополюсной конструкцией ротора.
37. Устройство СМ с неявнополюсной конструкцией ротора.
38. Принцип работы СМ в режиме генератора.
39. Принцип работы СМ в режиме двигателя.
40. ЭДС синхронного генератора при холостом ходе.
41. Явление реакции якоря в СМ.
42. Применение теории двух реакций в явнополюсных СМ.
43. Зависимость реакция якоря от характера нагрузки синхронного генератора (СГ).
44. Параметры СГ в различных режимах.
45. Влияние характера нагрузки на вид внешней и регулировочной характеристик СГ.
46. Условия и порядок включения СГ на параллельную работу с сетью.
47. Изменение нагрузки СГ после включения на параллельную работу с сетью.
48. Способы пуска синхронного двигателя (СД).
49. Устройство и назначение пусковой обмотки СД.
50. Электромагнитный момент СД.
51. Угловая характеристика СД.
52. U–образные характеристики СМ.
53. Влияние изменения тока возбуждения на коэффициент мощности СМ.
54. Регулирование частоты вращения СД.
55. Реактивный СД.
56. Синхронный компенсатор.
57. Классификация машин постоянного тока (МПТ) по способу возбуждения.
58. Принцип работы МПТ в режиме генератора.
59. Принцип работы МПТ в режиме двигателя.
60. ЭДС МПТ; назначение коллектора.
61. Электромагнитный момент МПТ; его роль в двигательном и генераторном режимах.
62. Мнемонические правила, определяющие направление ЭДС в обмотке якоря и направление электромагнитных сил и момента?
63. Внешние характеристики генераторов с независимым и параллельным возбуждением.
64. Уравнения напряжений для генератора и двигателя постоянного тока.
65. Электрические схемы и уравнения токов для машины с параллельным возбуждением, работающей в режиме генератора и в режиме двигателя.
66. Зависимости  $M = f_1(I_a)$  и  $n = f_2(I_a)$  для двигателя с параллельным и последовательным возбуждением.
67. Формула механической характеристики двигателя постоянного тока. Механические характеристики двигателей с параллельным и последовательным возбуждением.
68. Способы регулирования частоты вращения двигателя постоянного тока; преимущества и недостатки этих способов.
69. Механические характеристики двигателя постоянного тока с параллельным возбуждением – естественная и искусственные при включении добавочного сопротивления в цепь якоря.
70. Механические характеристики двигателя постоянного тока с параллельным возбуждением – естественная и искусственные при включении добавочного сопротивления в цепь возбуждения

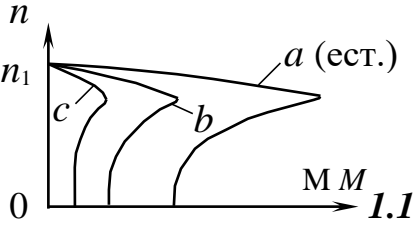
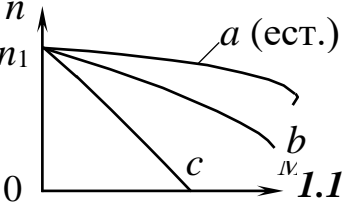
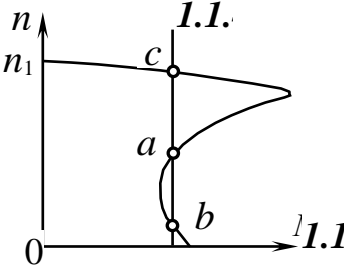
### 6.2.2. Примерные тестовые задания к экзамену

#### Вариант №1

| № пп. | Вопрос  | Варианты ответов  |
|-------|---|---|
| 1     | Величина магнитного сопротивления потокам в фазах трехфазного стержневого трансформатора  | 1. одинакова;<br>2. для средней фазы больше, чем для крайних фаз;<br>3. для крайних фаз больше, чем для средней фазы;<br>4. для первой и средней фаз больше, чем для третьей;                               |
| 2     | Значение тока холостого хода силового трансформатора при номинальном первичном напряжении в среднем составляет ... % от номинального.   | 1. 1 - 2;<br>2. 2 - 5;<br>3. 10 - 15;<br>4. 20 - 25;  |
| 3     | Мощность, на основании которой можно определить мощность магнитных потерь трансформатора  | 1. активная мощность в опыте короткого замыкания;<br>2. активная мощность в режиме номинальной нагрузки;<br>3. активная мощность в опыте холостого хода;<br>4. полная мощность в опыте короткого замыкания; |
| 4     | Трехфазный трансформатор со схемой соединения первичной обмотки в $\delta$ и $w_1/w_2 = 1$ включен в сеть с $u_{1л} = 220$ в. чему равно $u_{2л}$ в режиме холостого хода, если вторичная обмотка соединена в $y$ ? | 1. 660 В;<br>2. 380 В;<br>3. 220 В;<br>4. 127 В;  |
| 5     | Характеристика холостого хода трансформатора $i_0=f(u_1)$ -    | 1. a;<br>2. b;<br>3. c;<br>4. d;  |

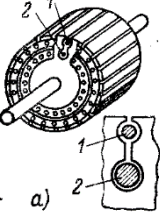
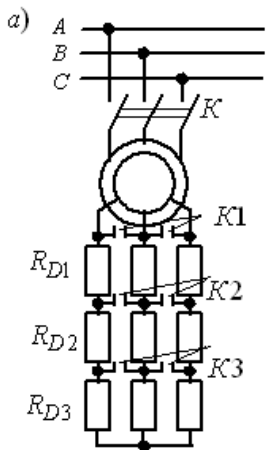
|    |   |  |
|----|---|--|
| 6  | <p>Характеристика холостого хода трансформатора <math>p_0=f(u_1)</math> -</p>                                | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. a;</li> <li>2. b;</li> <li>3. c;</li> <li>4. d;</li> </ol>   |
| 7  | <p>Характеристика холостого хода трансформатора <math>\cos \varphi_0=f(u_1)</math> близка к кривой ...</p>  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. a;</li> <li>2. b;</li> <li>3. c;</li> <li>4. e.</li> </ol>   |
| 8  | <p>Кратность установившегося тока кз силового трансформатора при <math>u_1=u_n</math> по отношению к номинальному току в среднем составляет</p>   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 50 – 60;</li> <li>2. 40 – 50;</li> <li>3. 25 – 40;</li> <li>4. 8 – 20;</li> </ol>  |
| 9  | <p>Мощность, на основании которой определяют мощность электрических потерь в обмотках силового трансформатора</p>   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. активная мощность в опыте холостого хода;</li> <li>2. активная мощность в опыте короткого замыкания при номинальном токе в обмотках;</li> <li>3. активная мощность в режиме номинальной нагрузки;</li> <li>4. полная мощность в опыте холостого хода;</li> </ol> |
| 10 | <p>Характеристика короткого замыкания трансформатора <math>i_k=f(u_1)</math> -</p>                         | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. a;</li> <li>2. b;</li> <li>3. c;</li> <li>4. d;</li> </ol>   |

|    |   |  |
|----|---|--|
| 11 | <p>Характеристика короткого замыкания трансформатора <math>\cos \varphi_k = f(u_1)</math> -</p>  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. a;</li> <li>2. b;</li> <li>3. c;</li> <li>4. d;</li> </ol>   |
| 12 | <p>Характеристика короткого замыкания трансформатора <math>p_k = f(u_1)</math> -</p>            | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. a;</li> <li>2. b;</li> <li>3. c;</li> <li>4. d;</li> </ol>   |
| 13 | <p>Напряжение короткого замыкания силовых трансформаторов в среднем составляет</p>  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 1 – 2%;</li> <li>2. 2 – 5%;</li> <li>3. 4,5 – 15%;</li> <li>4. 20 – 25%;</li> </ol>  |
| 14 | <p>Условие, при котором КПД силового трансформатора достигает наибольшего значения</p>  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. потери холостого хода равны мощности нагрузки;</li> <li>2. режим номинальной нагрузки;</li> <li>3. потери холостого хода равны потерям короткого замыкания;</li> <li>4. режим холостого хода;</li> </ol>                                 |
| 15 | <p>КПД трансформатора при постоянном значении тока нагрузки и уменьшении коэффициента мощности с 0,8 до 0,7 ...</p>   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. не меняется;</li> <li>2. немного увеличивается;</li> <li>3. немного уменьшается;</li> <li>4. падает до нуля;</li> </ol>  |
| 16 | <p>Наиболее точный способ определения КПД силового трансформатора</p>   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. по векторным диаграммам;</li> <li>2. с помощью T – образной схемы замещения;</li> <li>3. путем измерения мощностей <math>P_1</math> и <math>P_2</math>;</li> <li>4. за счет определения потерь по результатам опытов ХХ и КЗ;</li> </ol> |

|                   |  |  |
|-------------------|--|--|
| 17                | <p>Какое вторичное напряжение силового трансформатора считается номинальным?</p>   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. при номинальной нагрузке;</li> <li>2. при 50%-ой номинальной нагрузке;</li> <li>3. в режиме холостого хода;</li> <li>4. режиме короткого замыкания;</li> </ol>   |
| 18                | <p>На практике регулирование вторичного напряжения силового трансформатора осуществляется изменением</p>   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. тока нагрузки;</li> <li>2. числа витков обмотки НН и коэффициента трансформации;</li> <li>3. первичного напряжения;</li> <li>4. схемы соединения обмоток;</li> </ol>   |
| 19                | <p>Механические характеристики вида <i>b</i> и <i>c</i> асинхронного двигателя (<i>a</i> - естественная характеристика) получаются при ...</p>  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. изменении числа пар полюсов машины;</li> <li>2. увеличении момента нагрузки на валу;</li> <li>3. изменении частоты <math>f</math> напряжения сети;</li> <li>4. уменьшении напряжения питающей сети;</li> </ol>   |
| 20                | <p>Механические характеристики асинхронного двигателя вида <i>b</i> и <i>c</i> получают при....</p>   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. изменении частоты <math>f</math> напряжения сети;</li> <li>2. уменьшении напряжения питающей сети;</li> <li>3. увеличении момента нагрузки на валу;</li> <li>4. изменении числа пар полюсов машины;</li> </ol>   |
| <p>Вариант №2</p> |  |  |
| 1                 | <p>Работа асинхронного двигателя при постоянном моменте на валу в точках <i>a</i>, <i>b</i>, <i>c</i> механической характеристики....</p>     | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>a</i> и <i>b</i> - устойчива, <i>c</i> - неустойчива;</li> <li>2. <i>a</i>, <i>b</i> и <i>c</i> - устойчива;</li> <li>3. <i>a</i> и <i>c</i> - устойчива, <i>b</i> - неустойчива;</li> <li>4. <i>b</i> и <i>c</i> - устойчива, <i>a</i> - неустойчива.</li> </ol> |
| 2                 | <p>Выражение, определяющее вращающий момент асинхронной машины:</p>  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math display="block">M_{эм} = \frac{C_M U_1^2 R_2 / s}{(R_1 + R_2 / s)^2 + (X_1 + X_2)^2};</math></li> <li>2. <math display="block">M_{эм} = \frac{C_M U_1^2 R_2 / s}{(R_1 + R_2 / s)^2 + (X_1 + X_2 / s)^2};</math></li> </ol>                                     |



|   |   |   |
|---|---|---|
|   |   | $3. M_{эм} = \frac{C_M U_1^2 R_2 s}{Z_k};$ $4. M_{эм} = \frac{C_M Z_k s}{U_1 R_2};$   |
| 3 | Формулы, описывающие устойчивую работу асинхронного двигателя:  | <ol style="list-style-type: none"> <li><math>M = M_c + M_{дин};</math></li> <li><math>M &gt; M_c + M_{дин};</math></li> <li><math>M &lt; M_c + M_{дин};</math></li> <li><math>M \leq 0;</math></li> </ol>   |
| 4 | К рабочим характеристикам асинхронного двигателя относится зависимость вида                             | <ol style="list-style-type: none"> <li><math>n = f(P_1);</math></li> <li><math>n = f(P_2);</math></li> <li><math>s = f(P_1);</math></li> <li><math>M = f(s);</math></li> </ol>  |
| 5 | Вид кривой зависимости частоты вращения от нагрузки асинхронного двигателя:                             | <ol style="list-style-type: none"> <li>гипербола;</li> <li>парабола;</li> <li>прямая из начала координат;</li> <li>кривая, слабо наклоненная к оси абсцисс;</li> </ol>  |
| 6 | Основные составляющие постоянных потерь асинхронного двигателя:   | <ol style="list-style-type: none"> <li>только магнитные;</li> <li>только механические;</li> <li>электрические в обмотке статора;</li> <li>магнитные и механические.</li> </ol>  |
| 7 | Ток холостого хода $I_0$ асинхронного двигателя при увеличении воздушного зазора на 10 % ...            | <ol style="list-style-type: none"> <li>не изменится;</li> <li>резко увеличится;</li> <li>немного уменьшится;</li> <li>немного возрастет.</li> </ol>   |
| 8 | Коэффициент мощности $\cos \varphi_{ном}$ асинхронного двигателя при увеличении воздушного зазора на 5% | <ol style="list-style-type: none"> <li>не изменится;</li> <li>немного увеличится;</li> <li>немного уменьшится;</li> <li>резко уменьшится;</li> </ol>  |
| 9 | Причина изготовления углубленного паза ротора короткозамкнутого асинхронного двигателя:                 | <ol style="list-style-type: none"> <li>качественная заливка пазов алюминием;</li> <li>повышение пускового момента двигателя;</li> <li>увеличение сечения стержней ротора, чтобы уменьшить сопротивление обмотки ротора и электрические потери;</li> <li>увеличения сечения стержней ротора, чтобы увеличить механическую прочность обмотки ротора;</li> </ol> |

|    |   |  |
|----|---|--|
| 10 | <p>Явление, используемое в двухклеточных и глубокопазных двигателях для улучшения пусковых свойств:</p>   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. насыщение стали;</li> <li>2. уменьшение проводимости;</li> <li>3. уменьшение частоты;</li> <li>4. вытеснение тока;</li> </ol>  |
| 11 | <p>На рис. изображен ротор ... двигателя</p>   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. синхронного;</li> <li>2. обычного асинхронного короткозамкнутого;</li> <li>3. коллекторного;</li> <li>4. двухклеточного асинхронного;</li> </ol>   |
| 12 | <p>Последовательность замыкания контактов при пуске асинхронного двигателя с фазным ротором:</p>  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. К-К1-К2-К3;</li> <li>2. К1-К2-К3-К;</li> <li>3. К2-К3-К-К1;</li> <li>4. К-К3-К2-К1.</li> </ol>   |
| 13 | <p>Способ регулирования частоты вращения магнитного поля: изменением ...</p>  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. частоты питающего напряжения;</li> <li>2. числа пар параллельных ветвей;</li> <li>3. напряжением питающей сети;</li> <li>4. сопротивлению обмотки ротора;</li> </ol>                                     |
| 14 | <p>Способ регулирования частоты вращения, при которых КПД остается высоким:</p>   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. изменением сопротивления обмотки статора;</li> <li>2. изменением числа пазов на полюс и фазу;</li> <li>3. напряжением питающей сети;</li> <li>4. изменением частоты вращения магнитного поля.</li> </ol> |
| 15 | <p>Критический момент двигателя при частотном регулировании <math>f_1 &lt; f_{1н}</math> ...</p>  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. понижается;</li> <li>2. повышается;</li> <li>3. сначала понижается, потом повышается;</li> <li>4. остается постоянным;</li> </ol>  |

|    |   |   |
|----|---|---|
| 16 | Регулирование многоскоростного двигателя осуществляется изменением ...                                | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. частоты питающей сети;</li> <li>2. значение напряжения сети;</li> <li>3. числа пар полюсов;</li> <li>4. добавочного сопротивления в цепи обмотки статора;</li> </ol>  |
| 17 | Максимальный момент асинхронного двигателя при регулировании скорости уменьшением напряжения сети ... | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. слабо увеличивается;</li> <li>2. уменьшается;</li> <li>3. остается неизменным;</li> <li>4. может как увеличиваться, так и уменьшаться;</li> </ol>   |
| 18 | Диапазон частоты вращения при регулировании скорости изменением напряжения сети:                      | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. от 0 до <math>0,5 n_{ном}</math>;</li> <li>2. от 0 до <math>1,5 n_{ном}</math>;</li> <li>3. от <math>0,85 n_{ном}</math> до <math>1,05 n_{ном}</math>;</li> <li>4. от 0 до <math>n_{ном}</math>;</li> </ol>   |
| 19 | Отличие явнополюсных и неявнополюсных синхронных машин:   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. обмотка возбуждения неявнополюсных машин размещена на полюсах ротора, явнополюсных – в его пазах;</li> <li>2. обмотка возбуждения неявнополюсных машин питается постоянным током, явнополюсных – переменным;</li> <li>3. у явнополюсных машин нет обмотки возбуждения;</li> <li>4. конструкция ротора этих машин различна.</li> </ol> |
| 20 | Расположение обмотки возбуждения в синхронных явнополюсных машинах классической конструкции -         | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. на полюсах ротора;</li> <li>2. в пазах статора;</li> <li>3. в пазах ротора;</li> <li>4. в полюсных наконечниках ротора;</li> </ol>  |

Вариант №3

|   |  |  |
|---|--|--|
| 1 | U-образные кривые машин определяют зависимость ...   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. тока якоря от тока возбуждения;</li> <li>2. тока якоря от напряжения машины;</li> <li>3. тока возбуждения от тока якоря;</li> <li>4. напряжения машины от тока возбуждения;</li> </ol>   |
| 2 | Влияние нагрузки на угол $\theta$ между потоком статора и осью ротора в синхронном реактивном двигателе: | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. угол <math>\theta</math> зависит от нагрузки и определяется ею;</li> <li>2. угол <math>\theta</math> задается конструкцией машины;</li> <li>3. угол <math>\theta</math> зависит от соотношений между <math>x_d</math> и <math>x_q</math>, а не от нагрузки;</li> <li>4. понятие об угле <math>\theta</math> к реактивному двигателю не применимо;</li> </ol> |

|    |   |  |
|----|---|--|
| 3  | Применение синхронных двигателей предпочтительно для приводов ...   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. с неравномерной нагрузкой;</li> <li>2. с равномерной нагрузкой;</li> <li>3. с частым реверсированием;</li> <li>4. длительно работающих с постоянной нагрузкой.</li> </ol>  |
| 4  | Электрическая машина постоянного тока может работать:   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. только двигателем;</li> <li>2. генератором, двигателем;</li> <li>3. генератором, двигателем, компенсатором;</li> <li>4. только генератором;</li> </ol>   |
| 5  | Неподвижную часть классической машины постоянного тока называют ...   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. коллектор;</li> <li>2. якорь;</li> <li>3. полюс;</li> <li>4. индуктор.</li> </ol>  |
| 6  | Подвижная часть классической машины постоянного тока называется ...   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. статор;</li> <li>2. якорь;</li> <li>3. индуктор;</li> <li>4. полюс;</li> </ol>   |
| 7  | Назначение коллектора генератора постоянного тока:  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. соединение обмотки возбуждения с сетью;</li> <li>2. преобразование переменного тока в постоянный;</li> <li>3. преобразование постоянного тока в переменный;</li> <li>4. уменьшение искрения в узле токосъема;</li> </ol> |
| 8  | Часть магнитопровода машины постоянного тока, по которой проходит основной магнитный поток и поток дополнительных полюсов – это.... | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. коллектор;</li> <li>2. главный полюс;</li> <li>3. станина;</li> <li>4. дополнительный полюс;</li> </ol>  |
| 9  | Число главных полюсов машины постоянного тока всегда...   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. дробное;</li> <li>2. четное;</li> <li>3. нечетное;</li> <li>4. 2;</li> </ol>   |
| 10 | Мощность, затрачиваемая на возбуждение машины постоянного тока, может быть оценена по отношению номинальной мощности как ...        | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 5%;</li> <li>2. 20%;</li> <li>3. 30%;</li> <li>4. 40%;</li> </ol>  |
| 11 | Конструктивные меры, приводящие к снижению момента инерции вращающейся части общепромышленной электрической                         | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. увеличение диаметра ротора;</li> <li>2. уменьшения осевой длины;</li> </ol>  |

|    |   |   |
|----|---|---|
|    | машины:   | <p>3. увеличение внешнего диаметра статора;</p> <p>4. уменьшение диаметра.</p>  |
| 12 | За счет применения изоляции с повышенной электрической и механической прочностью можно _____ электрической машины.      | <p>1. увеличить коэффициент мощности;</p> <p>2. повысить срок службы;</p> <p>3. снизить стоимость;</p> <p>4. увеличить КПД;</p>   |
| 13 | Конструкция первого в мире практически действующего асинхронного двигателя была предложена ...                          | <p>1. английским физиком Фарадеем в 1821 г.;</p> <p>2. русским инженером Доливо-Добровольским в 80-х годах 19 века;</p> <p>3. сербским ученым Н.Тесла в 1888 г.;</p> <p>4. английским ученым У. Бейли в 1879 г.;</p>  |
| 14 | Направление вращения (перемещения) магнитного поля при питании электрической машины от трехфазной сети определяется ... | <p>1. порядком подключения фаз питающего напряжения к зажимам фазных обмоток статора (порядком следования фаз напряжения статора);</p> <p>2. частотой сети;</p> <p>3. порядком следования полюсов статора;</p> <p>4. схемой обмотки статора;</p>  |
| 15 | Сосредоточенные обмотки отличаются по конструкции от распределенных:  | <p>1. в распределенной обмотке отдельные полюса обмотки создаются активными сторонами нескольких одновитковых или многовитковых катушек (секций), расположенных в нескольких соседних пазах, а в сосредоточенной обмотке каждый полюс создается, как правило, многовитковой катушкой (секцией), расположенной в 2-х пазах на расстоянии шага обмотки;</p> <p>2. ничем;</p> <p>3. катушку (секцию) сосредоточенной обмотки выполняют одновитковой, а распределенной обмотки – многовитковой;</p> <p>4. катушки сосредоточенной обмотки выполняются многовитковыми, а распределенной — одновитковыми;</p> |
| 16 | Двухслойные обмотки имеют преимущество перед однослойными, состоящее в том, что ...                                     | <p>1. с помощью двухслойной обмотки удается более эффективно использовать активную поверхность статора (якоря);</p> <p>2. двухслойная обмотка позволяет наиболее просто применять укороченный шаг;</p>  |

|    |  |   |
|----|--|---|
|    |  | <p>3. в двухслойной обмотке индуцируется большая ЭДС;</p> <p>4. двухслойная обмотка технологически проще;</p>   |
| 17 | <p>Линейные асинхронные двигатели — это те, ...</p>                                      | <p>1. которые выпускаются серийно;</p> <p>2. конструкция которых позволяет подвижной части линейно перемещаться относительно неподвижной без применения дополнительных механических устройств;</p> <p>3. которые приводят в движение рабочий орган, перемещающийся линейно;</p> <p>4. которые относятся к линейному ряду машин, входящих в определенную конструктивную серию;</p> |
| 18 | <p>В процессе преобразования энергии электрической машины непосредственно участвуют:</p> | <p>1. конструктивные части машины;</p> <p>2. сердечник статора, сердечник ротора, обмотка ротора;</p> <p>3. корпус (станина), сердечник статора, сердечник ротора, короткозамкнутая (или фазная) обмотка ротора, фазная обмотка статора, вал, подшипниковый щит, вентилятор;</p> <p>4. активные части машины.</p>   |
| 19 | <p>Внешние выводы трехфазных обмоток ротора асинхронных машин маркируются:</p>           | <p>1. А, В, С;</p> <p>2. P1(K1), P2(L1), P3(M1);</p> <p>3. C1, C2, C3;</p> <p>4. F1, F2, F3;</p>  |
| 20 | <p>Принцип работы синхронного реактивного двигателя связан ...</p>                       | <p>1. с явлением реакции якоря;</p> <p>2. с конструктивными особенностями статора;</p> <p>3. с различным сопротивлением магнитному потоку по продольной и поперечной оси;</p> <p>4. со способностью работать с <math>\cos = 1</math>;</p>   |

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

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

| Оценка  |   |   |  |
|---|---|---|--|
| «2»<br>(неудовлетворительно)  | Пороговый уровень освоения  | Углубленный уровень освоения  | Продвинутый уровень освоения   |
|   | «3»<br>(удовлетворительно)  | «4»<br>(хорошо)   | «5»<br>(отлично)   |
| Студент не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки в ответах на вопросы | Студент поверхностно знает материал основных разделов и тем учебной дисциплины, допускает неточности в ответе на вопрос | Студент хорошо знает материал, грамотно и по существу излагает его, допуская некоторые неточности в ответе на вопрос. | Студент в полном объеме знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос |
| Не умеет находить решения большинства предусмотренных программой обучения заданий                 | Иногда находит решения, предусмотренные программой обучения заданий   | Уверенно находит решения, предусмотренные программой обучения заданий   | Безошибочно находит решения, предусмотренные программой обучения заданий   |
| Большинство предусмотренных программой обучения заданий не выполнено                              | Предусмотренные программой обучения задания выполнены удовлетворительно   | Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены   | Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены  |

#### 6.3.2. Описание шкалы и критериев оценивания для проведения промежуточной аттестации в форме защиты курсового проекта

Студент выполняет курсовой проект в соответствии с графиком, принятым на заседании кафедры. Оценка может быть снижена за несоблюдение установленного кафедрой графика.

| Оценка  |  |  |  |
|---|--|--|--|
| «2»<br>(неудовлетворительно)  | Пороговый уровень освоения   | Углубленный уровень освоения   | Продвинутый уровень освоения   |
|   | «3»<br>(удовлетворительно)   | «4»<br>(хорошо)  | «5»<br>(отлично)   |
| Студент не выполнил курсовой проект в соответствии с заданием. Не владеет теоретическими знаниями по изучаемой дисциплине. Необходимые практические компетенции не сформированы | Студент выполнил курсовой проект с существенными ошибками. При защите курсового проекта демонстрирует слабую теоретическую подготовку. При решении задач, предусмотренных программой учебной дисциплины, допускает неточности, существенные ошибки | Студент выполнил курсовой проект с некоторыми незначительными ошибками и неточностями. При защите курсового проекта демонстрирует хорошую теоретическую подготовку. Хорошо справляется с решением задач, предусмотренных программой учебной дисциплины | Студент выполнил курсовой проект полностью в соответствии с заданием. При защите курсового проекта демонстрирует высокую теоретическую подготовку. Успешно справляется с решением задач, предусмотренных программой учебной дисциплины |

## УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 7.1. Рекомендуемая литература

#### 7.1.1. Основная литература

1. *Беспалов В.Я.* Электрические машины: Учеб. для вузов. – Изд. 4-е / В.Я. Беспалов, Н.Ф. Котеленец. – М.: Изд. центр «Академия», 2013. – 320 с.  
[https://fileskachat.com/view/30808\\_4ee456bd4d5b20aec3d75c37448bf4dd.html](https://fileskachat.com/view/30808_4ee456bd4d5b20aec3d75c37448bf4dd.html)
2. *Копылов И. П.* Электрические машины в 2 т. Том 1: Учеб. для вузов / И. П. Копылов. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва : Изд. Юрайт, 2020. – 267 с.  
<https://www.urait.ru/bcode/451783>
3. *Копылов И. П.* Электрические машины в 2 т. Том 2: Учеб. для вузов / И. П. Копылов. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва : Изд. Юрайт, 2020. – 407 с.  
<https://www.urait.ru/bcode/451784>

#### 7.1.2. Дополнительная литература

1. *Вольдек А.И.* Электрические машины. Введение в электромеханику. Машины постоянного тока и трансформаторы: Учеб. для вузов / А.И. Вольдек, В.В. Попов. – СПб.: Питер, 2007. – 320 с. [https://www.studmed.ru/voldek-ai-popov-vv-elektricheskie-mashiny-vvedenie-v-elektromehaniку-mashiny-postoyannogo-toka-i-transformatory\\_e5f432aedc2.html](https://www.studmed.ru/voldek-ai-popov-vv-elektricheskie-mashiny-vvedenie-v-elektromehaniку-mashiny-postoyannogo-toka-i-transformatory_e5f432aedc2.html)
2. *Вольдек А.И.* Электрические машины. Машины переменного тока: Учеб. для вузов / А.И. Вольдек, В.В. Попов. - СПб.: Питер, 2007. – 350 с.  
[https://www.studmed.ru/voldek-ai-popov-vv-elektricheskie-mashiny-mashiny-peremennogo-toka\\_2f66a28f875.html](https://www.studmed.ru/voldek-ai-popov-vv-elektricheskie-mashiny-mashiny-peremennogo-toka_2f66a28f875.html)

#### 7.1.3. Учебно-методическое обеспечение

1. Каган А.В. Конструкция электрических машин: Учебное пособие. – СПб: Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», 2012. – 87 с.  
[https://www.studmed.ru/kagan-av-konstrukciya-elektricheskikh-mashin\\_45e0aacf60b.html](https://www.studmed.ru/kagan-av-konstrukciya-elektricheskikh-mashin_45e0aacf60b.html)

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

1. Электронные версии учебников, пособий, методических разработок, указаний и рекомендаций по всем видам учебной работы, предусмотренных вузовской рабочей программой, находящиеся в свободном доступе для студентов, обучающихся в вузе, на внутрисетевом сервере <http://www.spmi.ru/>
2. Научная Электронная Библиотека <http://www.e-library.ru>
3. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» <http://window.edu.ru/>
4. Рекомендуемые поисковые системы <http://www.yandex.ru/>, <http://www.google.ru/>, <http://www.google.com/>
5. Электронная библиотека Российской Государственной Библиотеки (РГБ): <http://www.rsl.ru/>
6. Мировая цифровая библиотека: <http://wdl.org/ru>
7. Европейская цифровая библиотека Europeana: <http://www.europeana.eu/portal>
8. Свободная энциклопедия Википедия: <https://ru.wikipedia.org>
9. Электронная библиотека учебников: <http://studentam.net>

## 8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 8.1. Материально-техническое оснащение аудиторий:

1. Аудитории, оснащенные компьютерным и мультимедийным оборудованием (электронные доски), объединенные локальной сетью, для проведения лекционных и практических занятий.
2. Аудитория (№3506), оборудованная специализированными физическими испытательными стендами, укомплектованными исследуемыми электрическими машинами, измерительными



приборами, пускорегулирующей аппаратурой и нагрузочными устройствами для проведения лабораторных работ по дисциплине.

3. Компьютерный класс (№3504) для выполнения виртуальных (компьютерных) лабораторных работ по дисциплине, а также работы с электронными изданиями вуза, с выходом в Интернет, оборудованный необходимым количеством рабочих мест и доступностью к сетям Internet.

### **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 60799400 от 20.08.2012, 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 ГК №797-09/09 от 14.09.09 «На поставку компьютерного оборудования».

Операционная система Microsoft Windows 7 Professional Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011.

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

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

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint

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., баллон 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

3. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: стол – 2 шт., стулья – 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 .

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

1. Microsoft Windows 8 Professional.
2. Microsoft Office 2007 Standard.
3. Microsoft Office 2010 Professional Plus