

Автономная некоммерческая организация высшего образования

**«СЕВЕРО-ЗАПАДНЫЙ ОТКРЫТЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



«Утверждаю»

Директор по УМР

О.М. Вальц

13 сентября 2018 г.

## **Рабочая программа дисциплины**

# **«ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ»**

Направление подготовки:

**13.03.02 - Электроэнергетика и электротехника**

Профили:

**13.03.02.1 Электромеханика**

**13.03.02.2 Электроэнергетические системы и сети**

**13.03.02.3 Электрические и электронные аппараты**

**13.03.02.4 Электроснабжение**

Квалификации (степень): **бакалавр**

Форма обучения: **заочная**

Санкт-Петербург, 2018

Рабочая программа дисциплины «Электрические машины» разработана в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 13.03.02 – «Электроэнергетика и электротехника».

**Профили:**

13.03.02.1 Электромеханика

13.03.02.2 Электроэнергетические системы и сети

13.03.02.3 Электрические и электронные аппараты

13.03.02.4 Электроснабжение

Основным документом для разработки рабочей программы является рабочие учебные планы по направлению 13.03.02 - Электроэнергетика и электротехника, по всем профилям

Учебные и методические материалы по учебной дисциплину размещены в электронной информационно-образовательной среде университета.

**Разработчик:**

Н.Ю. Брандин , ст. преп.

**Рецензент:**

Н.Н. Дзекцер к.т.н., научный руководитель, ООО "Системы энергоэкологической безопасности»

Рабочая программа рассмотрена на заседании кафедры Электроэнергетики и автомобильного транспорта «12» сентября 2018 года, протокол №1

## **СОДЕРЖАНИЕ**

|   |    |
|---|----|
| 1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ..... | 4  |
| 2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ.....  | 5  |
| 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ В ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ .....   | 6  |
| 4. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ (252часа) .....  | 7  |
| 5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....                                       | 11 |
| 5.1. Темы контрольной работы.....   | 11 |
| 5.2. Темы курсовой работы.....  | 11 |
| 5.4. Перечень вопросов для подготовки к экзамену .....  | 12 |
| 6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....  | 15 |
| 7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....   | 15 |
| 8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....                             | 16 |
| 9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ .....   | 16 |
| 10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....                          | 17 |
| 12. БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ.....  | 18 |
| Приложение .....  | 20 |
| .....   | 23 |

# 1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1.1. Целями освоения дисциплины «Электрические машины» являются:

- теоретическая и практическая подготовка будущих специалистов в области электроэнергетики и электротехники в степени, необходимой для грамотного использования различных типов электрических машин и трансформаторов в электроэнергетических установках различного назначения.

1.2. Изучение дисциплины «Электрические машины» способствует решению следующих задач профессиональной деятельности:

- изучение основных типов электрических машин, их конструкций, принципа работы, рабочих свойств и характеристик;
- умение правильно выбрать тип электрической машины для конкретных условий эксплуатации;
- проводить техническое обслуживание электрических машин во время эксплуатации.
- иметь представление о перспективных направлениях развития данной отрасли.

1.3. Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций

## *профессиональные (ПК)*

| Код компетенции | Наименование и описание компетенции  |
|-----------------|--|
| <b>ПК-3</b>     | Способностью принимать участие в проектировании объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией, соблюдая различные технические, энергоэффективные и экологические требования. |
| <b>ПК-5</b>     | Готовностью определять параметры оборудования объектов профессиональной деятельности.  |
| <b>ПК-8</b>     | Способностью использовать технические средства для измерения и контроля основных параметров технологического процесса  |
| <b>ПК-10</b>    | Способностью использовать правила техники безопасности ,производственной санитарии, пожарной безопасности и нормы охраны труда.  |
| <b>ПК-11</b>    | Способностью к участию в монтаже элементов оборудования объектов профессиональной деятельности   |

|              |   |
|--------------|---|
| <b>ПК-13</b> | Способностью участвовать в пуско-наладочных работах                           |
| <b>ПК-16</b> | Готовностью к участию и выполнению ремонтов оборудования по заданной методике |

1.4. В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

**ЗНАТЬ:**

основы теории электромеханического преобразования энергии и физические основы работы электрических машин;

виды электрических машин и их основные характеристики;

эксплуатационные требования к различным видам электрических машин;

характеристики и регулировочные свойства электроприводов с двигателями постоянного и переменного тока.

**УМЕТЬ:**

применять, эксплуатировать и производить выбор типа электрической машины для конкретного производственного процесса;

формировать законченное представление о принятых решениях и полученных результатах в виде научно-технического отчета с его публичной защитой.

**ВЛАДЕТЬ:**

методами расчета, проектирования и конструирования электротехнического оборудования;

навыками проведения стандартных испытаний электротехнического оборудования;

методами расчета параметров электроустановок.

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

Дисциплина «Электрические машины» относится к базовой части блока Б.1.

Дисциплина основана на знаниях, полученных в предшествующих дисциплинах: «Математика», «Физика», «Информатика», «Начертательная геометрия и инженерная графика», «Электрическое и конструкционное материаловедение», «Прикладная механика», «Метрология, стандартизация и сертификация», а также «Теоретические основы электротехники» и «Основы электромеханики». Минимальные требования к «входным» знаниям, необходимым для успешного освоения данной дисциплины: удовлетворительное освоение программы по указанным дисциплинам в полном объеме, владение компьютером на уровне пользователя.

Освоение дисциплины «Электрические машины» необходимо как предшествующее для последующих технических дисциплин, так как для их освоения необходимы базовые знания в области электрических машин: «Электрические станции и подстанции», «Электроэнергетические системы и сети», «Электрический привод», «Испытания электрических машин», «Электрические машины устройств управления и автоматики», «Надежность электрических машин», «Расчет электрических машин», «Изготовление электрических машин»

Приобретённые знания будут непосредственно использованы студентами при изучении последующих дисциплин, прохождении производственной практики , написании выпускных квалификационных работ.

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ В ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ

| № п/п | Наименование модуля и темы учебной дисциплины                  | Трудоёмкость по учебному плану (час/з.е.) | Виды занятий |                      |                      |                        | Виды контроля      |                          |         |
|-------|--|---|--------------|----------------------|----------------------|------------------------|--------------------|--------------------------|---------|
|       |  |   | Лекции       | Практическое занятие | Лабораторное занятие | Самостоятельная работа | Контрольная работа | Курсовая работа (проект) | Экзамен |
| 1     | <b>Введение</b>  | <b>2/0,05</b>                             |              |                      |                      | <b>2</b>               |                    |                          |         |
| 2     | <b>Модуль 1. Трансформаторы</b>                                | <b>62/1,7</b>                             | <b>2</b>     | <b>2</b>             | <b>-</b>             | <b>58</b>              | <b>Зад1</b>        | <b>-</b>                 |         |
| 3     | Тема 1.1. Общие сведения. Исходные уравнения                   | 31/0,9                                    | 1            | 1                    |                      | 29                     |                    |                          |         |
| 4     | Тема 1.2. Схема замещения. Характеристики                      | 31/0,8                                    | 1            | 1                    |                      | 29                     |                    |                          |         |
| 5     | <b>Модуль 2. Асинхронные двигатели</b>                         | <b>62/1,7</b>                             | <b>2</b>     | <b>4</b>             | <b>-</b>             | <b>56</b>              | <b>Зад2</b>        | <b>-</b>                 |         |
| 6     | Тема 2.1. Общие сведения. Исходные уравнения. Схемы замещения. | 20,7/0,6                                  | 1            |                      |                      | 19,7                   |                    |                          |         |
| 7     | Тема 2.2. Механические характеристики                          | 20,7/0,6                                  | 0,5          | 2                    |                      | 18,2                   |                    |                          |         |
| 8     | Тема 2.3. Пуск. Регулирование. Способы торможения.             | 20,6/0,5                                  | 0,5          | 2                    |                      | 18,1                   |                    |                          |         |
| 9     | <b>Модуль 3. Синхронные машины</b>                             | <b>62/1,7</b>                             | <b>4</b>     | <b>2</b>             | <b>-</b>             | <b>56</b>              | <b>Зад3</b>        | <b>-</b>                 |         |
| 10    | Тема 3.1. Общие сведения. Теория двух реакций.                 | 20,6/0,6                                  | 2            |                      |                      | 18,6                   |                    |                          |         |
| 11    | Тема 3.2. Характеристики синхронных машин.                     | 20,7/0,5                                  | 1            | 2                    |                      | 17,7                   |                    |                          |         |
| 12    | Тема 3.3. Параллельная работа с сетью.                         | 20,7/0,6                                  | 1            |                      |                      | 19,7                   |                    |                          |         |

|              |  |               |           |           |          |            |             |          |          |
|--------------|--|---------------|-----------|-----------|----------|------------|-------------|----------|----------|
| 13           | <b>Модуль 4. Машины постоянного тока</b> | <b>62/1,7</b> | <b>2</b>  | <b>4</b>  | <b>2</b> | <b>54</b>  | <b>Зад4</b> | <b>-</b> |          |
| 14           | Тема 4.1. Общие сведения                 | 20,7/0,5      | 0,5       |           |          | 20,2       |             |          |          |
| 15           | Тема 4.2. Генераторы постоянного тока.   | 20,7/0,6      | 0,5       | 2         |          | 18,2       |             |          |          |
| 16           | Тема 4.3. Двигатели постоянного тока.    | 20,6/0,6      | 1         | 2         | 2        | 15,6       |             |          |          |
| 17           | <b>Заключение</b>                        | <b>2/0,05</b> |           |           |          | <b>2</b>   |             |          |          |
| <b>Всего</b> |  | <b>252/7</b>  | <b>10</b> | <b>12</b> | <b>2</b> | <b>228</b> | <b>1</b>    | <b>-</b> | <b>1</b> |

#### **4. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ (252 часа)**

##### Введение (2 ч)

Содержание дисциплины и связь с другими дисциплинами.

Назначение электрических машин. Преобразование мощности. Принцип обратимости. Классификация электрических машин (ЭМ).

Основные номинальные режимы работы. Нагревание электромеханических устройств, классы нагревостойкости изоляции, связь срока службы электромеханического устройства с величиной нагрузки.

Электрические микромашины, их особенности.

Модуль 1. Трансформаторы (62 ч)

##### **Тема 1.1. Общие сведения. Исходные уравнения (31 ч)**

Назначение и классификация трансформаторов. Принцип действия.

Элементы конструкции и основные конструктивные модификации.

Трехфазные силовые трансформаторы. Схемы и группы соединений.

ЭДС обмоток. Уравнения напряжений и токов.

##### **Виды учебных занятий:**

|                       |                               |        |
|-----------------------|-------------------------------|--------|
| Лекция:               | Принцип действия ЭДС обмоток. |        |
|                       | Уравнения напряжений и токов. | 1 час. |
| Практическое занятие: | Принцип действия ЭДС обмоток. | 1 час. |
|                       | Уравнения напряжений и токов  |        |

##### **Тема 1.2. Схема замещения. Характеристики (31 ч)**

Приведенный трансформатор. Эквивалентная схема замещения.

Физические процессы в трансформаторе в режимах холостого хода, короткого замыкания, работы под нагрузкой. Изменение выходного напряжения при нагрузке, внешние характеристики. Потери и КПД. Условие максимума КПД.

Параллельная работа трансформаторов.

Понятие о несимметричных режимах работы.

Специальные типы трансформаторов: многообмоточные трансформаторы, автотрансформаторы, трансформаторы для преобразователей, измерительные трансформаторы тока и напряжения.

**Виды учебных занятий:**

|                       |  |        |
|-----------------------|--|--------|
| Лекция:               | Схема замещения трансформатора.<br>Характеристики. | 1 час  |
| Практическое занятие: | Параллельная работа трансформаторов.               | 1 час. |

Модуль 2. Асинхронные двигатели (62 ч)

**Тема 2.1. Общие сведения. Исходные уравнения. Схемы замещения (20,6 ч)**

Общие свойства машин переменного тока, сходство и различие синхронных и асинхронных машин. Обмотки статора и ротора. Электродвижущая сила (ЭДС) и магнитодвижущая сила (МДС) обмоток.

Принцип создания вращающегося магнитного поля.

Назначение и область применения асинхронных машин. Принцип действия, устройство. Физические процессы в асинхронной машине. Схемы замещения.

**Виды учебных занятий:**

|         |  |        |
|---------|--|--------|
| Лекция: | Конструкция. Принцип действия.<br>Схемы замещения. | 1 час. |
|---------|--|--------|

**Тема 2.2. Механические характеристики (20,6 ч)**

Энергетическая диаграмма. Электромагнитный вращающий момент. Естественная механическая характеристика. Режимы работы и энергетические соотношения. Максимальный момент и критическое скольжение. Зона устойчивой работы. Пусковой момент.

Искусственные механические характеристики для асинхронного двигателя с фазным ротором.

**Виды учебных занятий:**

|                       |   |         |
|-----------------------|---|---------|
| Лекция:               | Режимы работы. Механическая характеристика. | 0,5 час |
| Практическое занятие: | Расчет механических характеристик           | 2 час.  |

**Тема 2.3. Пуск. Регулирование. Способы торможения (20,6 ч)**

Пуск в ход и регулирование частоты вращения асинхронных двигателей.

Способы торможения.

Особые виды и режимы работы многофазных асинхронных двигателей: двигатели с улучшенными пусковыми свойствами, с массивным ротором, с разомкнутым магнитопроводом статора (линейные двигатели).

Однофазные асинхронные двигатели.



Асинхронные микромашины автоматических устройств: исполнительные (управляемые) двигатели, тахогенераторы, вращающиеся (поворотные) трансформаторы, сельсины.

Асинхронные генераторы.

**Виды учебных занятий:**

|                       |  |          |
|-----------------------|--|----------|
| Лекция:               | Пуск в ход и регулирование частоты вращения. | 0,5 час. |
| Практическое занятие: | Расчет регулировочных характеристик          | 2 час.   |

### **Модуль 3. Синхронные машины (62 )**

#### **Тема 3.1. Общие сведения. Теория двух реакций (20,6 ч)**

Назначение и область применения. Принцип действия, конструкция явнополюсных и неявнополюсных синхронных машин.

Магнитные поля. Реакция якоря (статора). Теория двух реакций. Индуктивные сопротивления синхронных машин. Основные виды векторных диаграмм напряжений синхронной машины.

**Виды учебных занятий:**

|         |  |        |
|---------|--|--------|
| Лекция: | Конструкция Принцип действия. Векторные диаграммы. | 2 час. |
|---------|--|--------|

#### **Тема 3.2. Характеристики синхронных машин (20,6 ч)**

Синхронный генератор. Принцип работы. Характеристики. Синхронный двигатель. Принцип работы и векторные диаграммы, электромагнитный момент. Способы пуска и регулирования частоты вращения.

**Виды учебных занятий:**

|                       |                            |        |
|-----------------------|----------------------------|--------|
| Лекция:               | Режимы работы.             | 1 час. |
| Практическое занятие: | Расчет рабочих параметров. | 2 час. |

#### **Тема 3.3. Параллельная работа с сетью (20,6 ч)**

Условия включения синхронной машины в сеть. Метод точной и грубой синхронизации. Режимы работы. Синхронный компенсатор. Уравнение электромагнитной мощности, угловая характеристика, работа

при изменении тока возбуждения ( $V$  - образные характеристики) синхронных машин. Переходные процессы.

Синхронные микромашины автоматических систем: реактивный, гистерезисный, безредукторный, шаговый двигатели.

**Виды учебных занятий:**

Лекция: Параллельная работа с сетью. 1 час.

## **Модуль 4. Машины постоянного тока (62 ч)**

### **Тема 4.1. Общие сведения (20,6 ч)**

Назначение и область применения электрических машин постоянного тока. Принцип действия в режимах работы генератора и двигателя. Принцип обратимости. Устройство коллекторной машин постоянного тока.

Электромагнитный момент.

Магнитные поля машины постоянного тока: магнитная цепь, понятие о реакции якоря и ее влияние на работу машины.

Сущность процесса коммутации и способы его улучшения.

Классификация электрических машин постоянного тока по способу возбуждения. Электрические схемы.

**Виды учебных занятий:**

Лекция: Конструкция. Принцип работы.  
Основные уравнения. 0,5 час

### **Тема 4.2. Генераторы постоянного тока (20,6 ч)**

Классификация генераторов постоянного тока по способу возбуждения. Уравнения напряжения и тока. Характеристики генераторов постоянного тока. Сварочные генераторы постоянного тока.

**Виды учебных занятий:**

Лекция: Генератор. Характеристики. 0,5 час.  
Практическое занятие: Расчет характеристик генератора. 2 час.

### **Тема 4.3. Двигатели постоянного тока (20,6 ч)**

Классификация двигателей постоянного тока по способу возбуждения. Области применения. Уравнения напряжения и тока.

Пуск и ход, регулирование частоты вращения. Двигатели параллельного, последовательного и смешанного возбуждения.

Механические и регулировочные характеристики.

Импульсное питание двигателей постоянного тока. Крановые и металлургические двигатели.

Специальные типы машин постоянного тока. Электромашинные усилители, тахогенераторы, исполнительные двигатели, бесконтактные двигатели.

**Виды учебных занятий:**

|                       |  |       |
|-----------------------|--|-------|
| Лекция:               | Двигатель. Конструкция.<br>Характеристики. | 1 час |
| Практическое занятие: | Расчет характеристик двигателя             | 2 час |
| Лабораторное занятие: | Способы управления двигателем.             | 2 час |

**Заключение (2 ч)**

Перспективы развития электрических машин и трансформаторов и их использования в системах электроэнергетики.

**5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**5.1. Темы контрольной работы**

Однофазный трансформатор  
Асинхронный двигатель с фазным ротором  
Синхронный генератор  
Двигатель постоянного тока

**5.2. Темы курсовой работы**

Учебным планом курсовая работа не предусмотрена

**5.3. Перечень методических рекомендаций**

| № | Наименование  |
|---|---|
| 1 | Методические рекомендации по выполнению лабораторной работы     |
| 2 | Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям |
| 3 | Методические рекомендации по выполнению контрольной работы      |

## 5.4. Перечень вопросов для подготовки к экзамену

### Модуль 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).

### Модуль 2. Асинхронные двигатели

1. Объясните устройство и принцип работы асинхронного двигателя.
2. В чем отличие конструкция короткозамкнутого ротора от фазного?
3. Объясните, в чем заключается аналогия электромагнитных процессов между асинхронной машиной и трансформатором?

4. Какими факторами определяется частота вращения асинхронного двигателя?
5. Какую максимально возможную скорость АД можно получить при частоте сети 50 Гц?
6. В каких пределах может изменяться скольжение асинхронного двигателя?
7. Чему равна частота ЭДС ротора, 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. Запишите формулу вращающего момента АД.
11. Как зависит величина электромагнитного момента от напряжения сети?
12. Изобразите механическую характеристику  $M = f(s)$ .
13. Укажите на механической характеристике область устойчивой работы.
14. Укажите на механической характеристике режим холостого хода, номинальный режим и пусковой.
15. Как влияет величина активного сопротивления цепи ротора на пусковые свойства двигателя?
16. Как влияет активное сопротивление цепи ротора на величину максимального (критического) момента?
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 двигателя с короткозамкнутым ротором и двигателя с фазным ротором?
19. Перечислите возможные способы регулирования частоты вращения асинхронного двигателя.
20. Как осуществляется изменение числа пар полюсов обмотки статора?

### **Модуль 3. Синхронные машины**

1. Как устроена синхронная машина (СМ)? В чем отличие конструкции ротора явно- и неявнополюсной СМ? Сколько полюсов имеет неявнополюсный ротор?
2. Изложите принцип работы СМ в режиме генератора, двигателя, компенсатора.
3. Для какой цели применяются синхронные компенсаторы?
4. Напишите выражение для действующего значения ЭДС синхронного генератора (СГ) при холостом ходе.
5. Что такое реакция якоря? В чем заключается сущность теории двух реакций?

6. Как зависит реакция якоря от характера нагрузки? Какая реакция якоря будет при активной, индуктивной, емкостной нагрузке?
7. Какие ЭДС наводят магнитные потоки реакции якоря и какими индуктивными сопротивлениями эти ЭДС характеризуются?
8. Начертите характеристику холостого хода (х.х.х.) СГ.
9. Начертите характеристику короткого замыкания СГ. Почему она имеет вид прямой в отличие от х.х.х.?
10. Что представляет собой параметр о.к.з.? Как он влияет на работу СМ?
11. Как влияет характер нагрузки на вид внешней и регулировочной характеристик?
12. Перечислите условия и порядок включения СГ на параллельную работу с сетью.
13. Как нагрузить СГ после включения на параллельную работу с сетью?
14. Перечислите способы пуска синхронного двигателя (СД).
15. Поясните назначение пусковой обмотки СД.
16. Как зависит момент СД от напряжения сети?
17. Начертите угловую характеристики СД.
18. Что представляют собой V–образные характеристики?
19. Как влияет изменение тока возбуждения на коэффициент мощности?
20. Какая СМ называется реактивной?

#### **Модуль 4. Машины постоянного тока**

1. Поясните устройство машины постоянного тока.
2. Изобразите электрические схемы машин постоянного тока с независимым, параллельным и последовательным возбуждением.
3. Объясните принцип работы генератора постоянного тока.
4. Объясните принцип работы двигателя постоянного тока.
5. Поясните устройство и назначение коллектора.
6. Напишите формулу ЭДС обмотки якоря.
7. Напишите формулу момента машины постоянного тока.
8. Каким мнемоническим правилом определяется направление ЭДС в проводниках обмотки якоря?
9. Каким мнемоническим правилом определяется направление электромагнитных сил, действующих на проводники обмотки якоря?
10. Объясните сущность реакции якоря.
11. Изобразите внешние характеристики генераторов независимого и параллельного возбуждения на одном графике.
12. Напишите уравнения напряжений для генераторного и двигательного режимов.

13. Напишите уравнение токов для машины с параллельным возбуждением, работающей в генераторном и в двигательном режимах.
14. Напишите формулу скоростной характеристики.
15. Изобразите график механической характеристики двигателя с параллельным возбуждением.
16. Изобразите график механической характеристики двигателя с последовательным возбуждением.
17. Изобразите на одном графике естественную и две искусственных механических характеристик двигателя с параллельным возбуждением: при введении реостата в цепь якоря и при введении реостата в цепь возбуждения.
18. Как изменить направление вращения двигателя (реверс)?
19. Каким способом уменьшают пусковой ток двигателя?
20. Поясните устройство и принцип работы бесколлекторного двигателя.

## **6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине оформлен отдельным приложением к рабочей программе.

## **7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Основная литература**

Электрические машины [Электронный учебник] : Учебное пособие. Ч. 1 : Электрические машины / Плотников сост. ; , 2010. - 77 с.

Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/16078>

Мещеряков В. Н. Синхронные машины : учебное пособие / В. Н. Мещеряков, Д. И. Шишлин, 2013, Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ. - 105 с.

Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/22934>

### **Дополнительная литература**

Валеев, А.Р. Электрические машины в примерах и задачах: Учебное пособие.-Уфа: ЮУрТУ, 2012.

Кучер, В.Я. Основы электромеханики: Учебное пособие. –СПб. СЗТУ, 2013.

Электрические машины. Учебник для бакалавров/ под ред. Копылова И.П. – М.: Юрайт, 2015.

Вольдек, А. И. Электрические машины. Машины переменного тока: учеб. для вузов/А. И. Вольдек, В.В. Попов. - СПб.: Питер, 2010.

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.

Герман-Галкин, С. Электрические машины. Лабораторные работы на ПК.- СПб.: Корона-Принт, 2013.

Прохоров, С.Г., Хуснутдинов, Р.А. Электрические машины.- Ростов на Дону: Феникс, 2012.

Алиев, И.И. Электрические машины. Учебно-справочное пособие.- М.: РадиоСофт, 2011.

Электрические машины. Учебник для бакалавров/ под ред. Копылова И.П. – М.: Юрайт, 2015. Электронная библиотечная система: biblio-onlino.ru.

### **Программное обеспечение**

1. ППП MS Office 2016
2. Текстовый редактор Блокнот
3. Браузеры IE, Google Chrome, Mozilla Firefox

## **8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

1. Электронная информационно-образовательная среда АНО ВО «СЗТУ» (ЭИОС СЗТУ) [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://edu.nwotu.ru/>
2. Электронная библиотека АНО ВО «СЗТУ» (ЭИОС СЗТУ) [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://lib.nwotu.ru:8087/jirbis2/>
3. Электронно-библиотечная система IPRbooks [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/>
4. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://lib.window.edu.ru/>
5. Информационная система доступа к электронным каталогам библиотек сферы образования и науки (ИС ЭКБСОН) [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://www.vlibrary.ru/>

## **9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, практические занятия, лабораторную работу, контрольную работу, самостоятельную работу студента, консультации.

9.1. При изучении тем модулей 1-4 студентам необходимо повторить лекционный учебный материал, изучить рекомендованную литературу, а также учебный материал, находящийся в указанных информационных ресурсах.



9.2. Рекомендуется каждый модуль дисциплины изучать комплексно. После изучения теоретических тем каждого из модулей приступить к выполнению практической работы по данному модулю и решению задачи контрольной работы, относящейся к данному модулю, руководствуясь методическими рекомендациями.

9.3. На завершающем этапе изучения каждого из модулей дисциплины необходимо, воспользовавшись предложенными вопросами для самоконтроля, размещенными в электронной информационной образовательной среде, проверить усвоения учебного материала, выполнив тренировочные и проверочные тесты.

В случае затруднения в ответах на поставленные вопросы рекомендуется повторить учебный материал.

9.4. После изучения теоретических тем модуля 4 приступить к выполнению лабораторной работы, руководствуясь методическими рекомендациями.

9.5. В завершении изучения учебной дисциплины в семестре студент обязан пройти промежуточную аттестацию. Вид промежуточной аттестации определяется рабочим учебным планом. Форма проведения промежуточной аттестации – компьютерное тестирование с использованием автоматизированной системы тестирования знаний студентов в ЭИОС. В случае неудачной попытке ответа на вопросы тестирования предлагается решение задач. Для получения наиболее высокого балла также предлагается решение задач.

9.6. К промежуточной аттестации допускаются студенты, выполнившие требования рабочего учебного плана и набравшие достаточное количество баллов за учебную работу в соответствии с балльно-рейтинговой системой.

#### **9.7. Особенности освоения дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья**

Обучение обучающихся с ограниченными возможностями здоровья при необходимости, по личному заявлению, осуществляется на основе адаптированной рабочей программы с использованием специальных методов обучения и дидактических материалов, составленных с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся (обучающегося).

## **10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине используются следующие информационные технологии:

1. Internet – технологии:

(WWW(англ. World Wide Web – Всемирная Паутина) – технология работы в сети с гипертекстами;

FTP (англ. File Transfer Protocol – протокол передачи файлов) – технология передачи по сети файлов произвольного формата;

IRC (англ. Internet Relay Chat – поочередный разговор в сети, чат) – технология ведения переговоров в реальном масштабе времени, дающая возможность разговаривать с другими людьми по сети в режиме прямого диалога;

ICQ (англ. I seek you – я ищу тебя, можно записать тремя указанными буквами) – технология ведения переговоров один на один в синхронном режиме.

2. Дистанционное обучение с использованием ЭИОС на платформе Moodle.

3. Технология мультимедиа в режиме диалога.

4. Технология неконтактного информационного взаимодействия (виртуальные кабинеты).

5. Гипертекстовая технология (электронные учебники, справочники, словари, энциклопедии) и т.д.

## **11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

1. Виртуальные аналоги специализированных кабинетов.

2. Библиотека.

3. Справочно-правовая система Консультант Плюс.

4. Электронная информационная образовательная среда (ЭИОС) университета.

5. Локальная сеть с выходом в Интернет.

## **12. БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ**

| Вид учебной работы, за которую ставятся баллы         | баллы          |
|---|----------------|
| Участие в online занятиях, прослушивание видео лекций | 0 – 5          |
| Практическая работа                                   | 0 – 7          |
| Контрольный тест по модулю 1                          | 0 – 5          |
| Контрольный тест по модулю 2                          | 0 – 5          |
| Контрольный тест по модулю 3                          | 0 – 5          |
| Контрольный тест по модулю 4                          | 0 – 5          |
| Лабораторная работа                                   | 0 – 8          |
| <b>Контрольная работа</b>                             | <b>0 - 30</b>  |
| <b>Итоговый контрольный тест</b>                      | <b>0 – 30</b>  |
| <b>ВСЕГО</b>  | <b>0 – 100</b> |

| <b>БОНУСЫ</b> (баллы, которые могут быть добавлены до 100)   | <b>Баллы</b> |
|--|--------------|
| - за активность  | 0-10         |
| - за участие в олимпиаде                                     | 0- 50        |
| - за участие в НИРС  | 0-50         |
| - за оформление заявок на полезные методы (рац. предложения) | 0– 50        |

### Оценка по контрольной работе

| <b>Оценка</b>       | <b>Количество баллов</b> |
|---------------------|--------------------------|
| отлично             | 27-30                    |
| хорошо              | 23-26                    |
| удовлетворительно   | 18-22                    |
| неудовлетворительно | менее 18                 |

### Балльная шкала оценки

| <b>Оценка (экзамен)</b> | <b>Баллы</b>    |
|-------------------------|-----------------|
| Отлично                 | 86 – 100        |
| Хорошо                  | 69 – 85         |
| Удовлетворительно       | 51 – 68         |
| Неудовлетворительно     | <b>менее 51</b> |

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

### 1. Перечень формируемых компетенций

#### *Профессиональные ПК*

| Код компетенции | Наименование и описание компетенции  |
|-----------------|--|
| <b>ПК-3</b>     | Способностью принимать участие в проектировании объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией, соблюдая различные технические, энергоэффективные и экологические требования. |
| <b>ПК-5</b>     | Готовностью определять параметры оборудования объектов профессиональной деятельности.  |
| <b>ПК-8</b>     | Способностью использовать технические средства для измерения и контроля основных параметров технологического процесса  |
| <b>ПК-10</b>    | Способностью использовать правила техники безопасности ,производственной санитарии, пожарной безопасности и нормы охраны труда.  |
| <b>ПК-11</b>    | Способностью к участию в монтаже элементов оборудования объектов профессиональной деятельности   |
| <b>ПК-13</b>    | Способностью участвовать в пуско-наладочных работах  |
| <b>ПК-16</b>    | Готовностью к участию и выполнению ремонтов оборудования по заданной методике  |

### 2. Паспорт фонда оценочных средств

| № п/п    | Контролируемые модули (темы) дисциплины | Код контролируемой компетенции (или ее части) | Наименование оценочного средства                                      |
|----------|---|---|---|
| <b>1</b> | Модуль 1. Трансформаторы                | ПК-3,5,8,10,11,13,16                          | Контрольный тест 1<br>Практические занятия 2                          |
| <b>2</b> | Модуль 2. Асинхронные двигатели         | ПК-3,5,8,10,11,13,16                          | Контрольный тест 2<br>Практические занятия 4                          |
| <b>3</b> | Модуль 3. Синхронные машины             | ПК-3,5,8,10,11,13,16,3                        | Контрольный тест 3<br>Практические занятия 4                          |
| <b>4</b> | Модуль 4. Машины постоянного тока       | ПК-3,5,8,10,11,13,16                          | Контрольный тест 4<br>Практические занятия 4<br>Лабораторная работа 2 |
| <b>5</b> | Модуль 1-4                              | ПК-3,5,8,10,11,13,16                          | Контрольная работа<br>Итоговый контрольный тест                       |

### 3. Показатели и критерии оценивания компетенций по этапам формирования, описания шкал оценивания

| Этапы освоения компетенции | Показатели достижения заданного уровня освоения компетенций   | Критерии оценивания результатов обучения |  |   |   |   |
|----------------------------|---|--|--|---|---|---|
|                            |   | 1  | 2  | 3   | 4   | 5   |
| Первый этап                | <b>Знать</b><br>ПК-3,5,8,10,11,13,16 классификацию и принцип работы электрических машин, современные информационные технологии. | Не знает                                 | Имеет общие представления о развитии электромашиностроения, но не может ничего объяснить.  | Имеет понятия о принципах работы электрических машин но не знает основ теории электромеханического преобразования энергии; не знает виды электрических машин. | Знает общие принципы работы электрических машин, виды электрических машин, но неуверенно отвечает на вопросы о классификации и конструкциях электрических машин.                          | Знает принципы работы электрических машин, виды электрических машин, уверенно отвечает на вопросы о классификации и конструкциях электрических машин.                               |
| Второй этап                | <b>Уметь</b><br>ПК-3,5,8,10,11,13,16 выбирать и применять электрические машины для решения практических задач.                  | Не умеет                                 | Ошибается при решении практических задач. Не умеет производить выбор типа электрической машины для конкретного производственного процесса. | Правильно производит выбор типа электрической машины для конкретного производственного процесса., но ошибается при решении практических задач                 | Умеет применять теорию электрических машин к практическим требованиям ее эксплуатации, но не может правильно рассчитать характеристики электрических машин.                               | Умеет применять теорию электрических машин к практическим требованиям ее эксплуатации, может правильно рассчитать характеристики электрических машин.                               |
| Третий этап                | <b>Владеть</b><br>ПК-3,5,8,10,11,13,16 методами расчета режимов работы электроустановок.  | Не владеет                               | Плохо владеет методами расчета режимов работы электрических машин.   | Владеет методами расчета режимов работы электрических машин. Но не уверен в выборе типа электрической машины для конкретной цели                              | Владеет методами расчета режимов работы электрических машин. уверен в выборе типа электрической машины для конкретной цели, но неуверенно производит расчеты параметров электроустановок. | Владеет методами расчета режимов работы электрических машин. уверен в выборе типа электрической машины для конкретной цели, уверенно производит расчеты параметров электроустановок |

**4. Шкалы оценивания**  
(балльно-рейтинговая система)

| Вид учебной работы, за которую ставятся баллы         | баллы          |
|---|----------------|
| Участие в online занятиях, прослушивание видео лекций | 0 – 5          |
| Практическая работа                                   | 0 – 7          |
| Контрольный тест по модулю 1                          | 0 – 5          |
| Контрольный тест по модулю 2                          | 0 – 5          |
| Контрольный тест по модулю 3                          | 0 – 5          |
| Контрольный тест по модулю 4                          | 0 – 5          |
| Лабораторная работа                                   | 0 – 8          |
| <b>Контрольная работа</b>                             | <b>0 - 30</b>  |
| <b>Итоговый контрольный тест</b>                      | <b>0 – 30</b>  |
| <b>ВСЕГО</b>  | <b>0 – 100</b> |

**Балльная шкала оценки**

| Оценка (экзамен)    | Баллы    |
|---------------------|----------|
| Отлично             | 86 – 100 |
| Хорошо              | 69 – 85  |
| Удовлетворительно   | 51 – 68  |
| Неудовлетворительно | менее 51 |

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

**5.1. Типовой вариант задания на контрольную работу**

По дисциплине «Электрические машины» выполняется одна контрольная работа. Контрольная работа содержит четыре задачи - по одной задаче по каждому из четырех модулей

*Задача 1. Тема: расчет трансформатора.*

*Задача 2. Тема: расчет трехфазного асинхронного двигателя.*

*Задача 3. Тема: расчет синхронного генератора.*

*Задача 4. Тема: расчет машины постоянного тока.*

**5.2. Типовой вариант задания на практические занятия**

Занятие №1. Параллельная работа трансформаторов.

Занятие №2. Исследование трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.

Занятие №3. Исследование синхронного генератора.

Занятие №4 .

Исследование двигателя постоянного тока параллельного возбуждения

Занятие №5. Исследование двигателя постоянного тока последовательного возбуждения.

### 5.3. Типовой вариант задания на лабораторную работу

*Исследование двигателя постоянного тока с независимым возбуждением*

### 5.4. Типовой тест промежуточной аттестации

1.Трехфазный явнополюсный синхронный двигатель имеет следующие данные: номинальная мощность 400 кВт,  $U_1=6,6$  кВ,  $\cos\phi=0,8$ ,  $x_d=90$  Ом,  $x_q=60$  Ом, сопряжение фаз обмотки статора -"звезда". Произошел обрыв обмотки возбуждения. Определите отношение максимального момента в этом режиме к номинальному моменту двигателя, %

- a. 20
- b. 30
- c. 40
- d. 60

2.Трехфазный трансформатор напряжением 10000/400 В, номинальной мощностью 20 кВА имеет КПД 96%, коэффициент мощности 1, напряжение короткого замыкания 5%, мощность потерь при коротком замыкании 600 Вт, соединение обмоток "звезда/треугольник". Определить изменение выходного напряжения в вольтах при номинальной нагрузке.

- a. 11,5 В
- b. 3,84 В
- c. 288 В
- d. 6,64 В

3.Активное и индуктивное сопротивление фазы неподвижного ротора четырехполюсного асинхронного двигателя составляет  $R_2=0,5$  Ом,  $X_2=20$  Ом. Определить ток в фазе ротора, если при вращении ротора с частотой вращения 1450 об/мин в его фазе индуцируется Э.Д.С. 10 В.

- a. 22,3 А
- b. 24,8 А
- c. 28,7 А
- d. 12 А

4.Двигатель постоянного тока параллельного возбуждения имеет данные: номинальная мощность 25 кВт, напряжение 440 В, КПД 85 %, сопротивление обмоток якоря и возбуждения 0,5 и 88 Ом. Падение в щетках принять 2 В. Определить ЭДС обмотки якоря, В.

- a. 400
- b. 410
- c. 350
- d. 410

**Ниже приводятся тренировочные тесты по модулям, в каждом тренировочном тесте 10 вопросов. Ответы на вопросы тестов приведены в конце п.5.4.**

**Модуль 1.**

1. Однофазный трансформатор имеет коэффициент трансформации по напряжению  $k = 2$ , первичное напряжение  $U_{1H} = 220$  В.  
Вторичное напряжение равно  $U_{2H} = \dots$  В.
2. Однофазный трансформатор имеет коэффициент трансформации по напряжению  $k = 2$ , напряжение и ток первичной обмотки  $U_{1H} = 220$  В,  
 $I_{1H} = 5$  А . Ток вторичной обмотки составляет:  $I_{2H} = \dots$  А.
3. Трехфазный трансформатор имеет соединение фаз звезда/звезда. Номинальное линейное напряжение 380 В. Номинальное фазное напряжение составляет..... В  
(ответ укажите цифрой в виде целого числа с окончанием 0, но не формулой).
4. Трехфазный трансформатор имеет соединение фаз треугольник/звезда. Номинальное первичное линейное напряжение 220 В. Номинальное первичное фазное напряжение составляет.... В.
5. Относительная величина тока холостого хода силового трансформатора в долях номинального тока ориентировочно составляет  
а) 80 %; б) 20 % ; в) 2 %.
6. Относительная величина напряжения короткого замыкания силового трансформатора в долях номинального напряжения ориентировочно составляет  
а) 10 %; б) 40 %; в) 80 %.
7. В режиме к.з. потери трансформатора - это в основном потери  
а) в стали; б) в обмотках; в) эти потери равны
8. "Постоянными" для ЭМ и трансформатора называются потери  
а) в стали; б) в обмотках
9. "Переменными" называются потери в



а) стали; б) обмотках

10. Трансформатор работает на активную нагрузку в режиме максимально возможного КПД  $\eta_{\max} = 90 \%$ . Мощность нагрузки 9 кВт. Определить величину постоянных и переменных потерь.

### Модуль 2.

1. Два асинхронных двигателя (АД) имеют разное число полюсов.

Какой из этих двигателей будет иметь меньшую частоту вращения ?

Выберите правильный ответ:

а) с меньшим числом полюсов; б) с большим числом полюсов

2. Момент двигателя на валу составляет  $M_2 = 10$  Нм, угловая частота вращения  $\omega = 100$  1/с. Полезная мощность двигателя равна  $P_2 = \dots$  Вт

3. Как зависит электромагнитный момент АД от напряжения сети  $U$ ?

а) в первой степени; б) в квадрате.

4. АД при номинальной частоте вращения  $n_H = 2940$  об/мин имеет величину скольжения  $s = \dots\%$

(ответ приведите в процентах).

5. Синхронная частота вращения АД при  $f = 50$  Гц составляет

$n_1 = 1000$  об/мин. При частоте  $f = 40$  Гц синхронная частота вращения будет равна  $n_1 = \dots$  об/мин.

6. АД имеет по паспорту номинальное напряжение 660/380 В. Напряжение сети 380 В. Обмотка статора должна иметь соединение .....

а) звезда, б) треугольник. Укажите ответ: а) или б)

7. АД работает в режиме х.х. Как изменится величина тока при работе двигателя в номинальном режиме?

а) не изменится б) уменьшится в) увеличится.

8. Два одинаковых по мощности двигателя имеют разное номинальное фазное напряжение: 220 В и 380 В. Потребляемый фазный ток при номинальной мощности будет иметь меньшее значение для двигателя с напряжением:

а) 220 В; б) 380 В.

9. АД с фазным ротором имеет параметры  $r_2' = 0,2$  Ом,  $x_K = 1,0$  Ом.

Для получения пускового момента равного максимальному значению в цепь ротора следует включить добавочное сопротивление величиной ...

10. Два АД одинаковых габаритов имеют разное число полюсов.

Механические потери будут меньше для двигателя:

а) с меньшим числом полюсов; б) с большим числом полюсов

### Модуль 3.

1. Двухполюсный турбогенератор при  $f = 50$  Гц имеет частоту вращения

$n = \dots\dots\dots$  об/мин.

2. Какой вид нагрузки синхронного генератора (СГ) является наиболее распространенным на практике? Выберите ответ:

а) активная; б) активно-индуктивная; в) активно-емкостная.

3. Как зависит электромагнитный момент промышленного неявнополюсного синхронного двигателя (СД) от напряжения сети  $U$ ?

а) в первой степени; б) в квадрате.

4. При чисто активной нагрузке реакция якоря является :

а) поперечной; б) продольной намагничивающей; в) продольной размагничивающей. Укажите ответ: а), б), в).

5. Приведены три формулы электромагнитной мощности СМ

$$1) P = \frac{mEU}{x_d} \sin \theta ; \quad 2) P = \frac{mU^2}{2} \left( \frac{1}{x_q} - \frac{1}{x_d} \right) \sin 2\theta. \quad 3) P = \frac{mEU}{x_d} \sin \theta + \frac{mU^2}{2} \left( \frac{1}{x_q} - \frac{1}{x_d} \right) \sin 2\theta$$

При работе явнополюсной СМ произошло отключение обмотки ротора. В этом случае формула электромагнитной мощности примет вид.....

а) 1 ; б) 2 ; в) 3. Укажите ответ: а), б), в).

6. Чему равен критический угол нагрузки  $\theta$  (в градусах) синхронной неявнополюсной машины с возбуждением?

7. При чисто активной нагрузке напряжение автономно работающего СГ без регулировки тока возбуждения (внешняя характеристика):

а) уменьшается ; б) не меняется; в) увеличивается

8. Для того, чтобы напряжение автономно работающего СГ при увеличении нагрузки (нагрузка активно-индуктивная) оставалось постоянной величиной, ток возбуждения необходимо:

а) уменьшать; б) не менять; в) увеличивать.

9. СГ работает автономно. Частота вращения приводного двигателя увеличилась. Как изменится выходное напряжение ?

а) уменьшится ; б) не изменится; в) увеличится.

10. СГ работает параллельно с сетью бесконечной мощности. Частота вращения приводного двигателя увеличилась. Какие параметры изменятся ?

а) величина выходного напряжения; б) частота выходного напряжения;

в) величина выходного напряжения и его частота; г) ток якоря.

#### Модуль 4.

1. Уравнение напряжений

$$U = E - IR$$

относится к режиму работы машины постоянного тока

а) генератора; б) двигателя; в) к обоим режимам.

( $U$ - напряжение на зажимах якоря;  $I$  – ток якоря;  $R$ - сопротивление якорной цепи).

2. Мнемоническое правило для определения направления ЭДС в проводниках обмотки якоря называется правилом

а) правой руки; б) левой руки; в) буравчика.

3. Напряжение генератора независимого возбуждения при увеличении тока нагрузки

а) увеличивается; б) уменьшается; в) не меняется.

4. Частота вращения двигателя независимого возбуждения при увеличении нагрузки на валу

а) увеличивается; б) уменьшается; в) не меняется.

5. Потребляемый ток двигателя при увеличении нагрузки на валу

а) увеличивается; б) уменьшается; в) не меняется.

6. При введении добавочного сопротивления в цепь якоря двигателя с параллельным возбуждением частота его вращения

а) увеличивается; б) уменьшается; в) не меняется.

7. При введении добавочного сопротивления в цепь возбуждения двигателя с параллельным возбуждением частота его вращения в режиме холостого хода

а) увеличивается; б) уменьшается; в) не меняется.

8. При уменьшении напряжения питания двигателя с параллельным возбуждением частота его вращения

а) увеличивается; б) уменьшается; в) не меняется.

9. Электромагнитный момент двигателя параллельного возбуждения пропорционален току якоря (насыщением магнитной цепи пренебрегаем)

а) в первой степени; б) в квадрате; в) не зависит от величины тока.

10. Электромагнитный момент двигателя последовательного возбуждения пропорционален току якоря (насыщением магнитной цепи пренебрегаем)

а) в первой степени; б) в квадрате; в) не зависит от величины тока.

### **Тренировочные задачи для подготовки к экзамену**

Для получения оценки «удовлетворительно» достаточно ответить на вопросы четырех промежуточных тестов, выполнить лабораторную работу, задания практических занятий, контрольную работу. За добросовестное и своевременное выполнение заданий и посещение очных занятий могут начисляться дополнительные баллы. В этом случае решать экзаменационную задачу необязательно.

Если Вы не имеете достаточно баллов для получения оценки «удовлетворительно», Вам необходимо решить задачу по тому модулю, по которому Вы не смогли выполнить тест. За решение этой задачи Вы можете получить такие же баллы, как за тест. Если Вы не смогли решить первую полученную задачу по данному модулю, Вы можете получить другую задачу. Таким образом, по каждому модулю Вы можете при желании получить необходимое количество задач, пока не наберете нужного балла по данному модулю.

Для получения более высокой оценки «хорошо» необходимо дополнительно решить две экзаменационные задачи (по двум из четырех модулей на Ваш выбор). В случае неудачной попытки, ранее заработанные баллы в любом случае, всегда сохраняются.

Для получения оценки «отлично» необходимо дополнительно решить четыре экзаменационные задачи (по каждому из четырех модулей).

Ниже приведены по две типовые тренировочные задачи по каждому модулю. Для подготовки к экзамену рекомендуется повторить теоретический материал, просмотреть задачи практических занятий и контрольной работы.

## **Тренировочные экзаменационные задачи**

### **Модуль 1.**

1.1. Определить активную и реактивную составляющие тока холостого хода однофазного трансформатора, если показания приборов равны: вольтметр 220 В, амперметр 1 А, ваттметр 44 Вт.

1.2. Однофазный трансформатор имеет номинальные напряжения на первичной и вторичной обмотках соответственно 6 кВ и 400 В. Определить токи обмоток, если нагрузка трансформатора потребляет мощность 25 кВт при  $\cos \varphi = 0,8$ , КПД трансформатора составляет 95 %.

### **Модуль 2.**

2.1. Трехфазный асинхронный двигатель имеет номинальные данные: напряжение 220 В, потребляемый ток 10,8 А, коэффициент мощности 0,9, частота вращения ротора 1430 об/мин, момент на валу 19,5 Нм. Определить КПД.

2.2. Трехфазный асинхронный двигатель имеет номинальные данные: полезная мощность 5 кВт; напряжение 220/380 В; коэффициент мощности 0,7; КПД 75 %. Соединение обмоток «звезда». Определить активное сопротивление фазы обмотки статора. Постоянными потерями пренебречь. Принять, что электрические потери в обмотках статора и ротора равны.

### **Модуль 3.**

3.1. Двухполюсный трехфазный синхронный двигатель приводит во вращение механизм, создающий тормозной момент 1000 Н м. Частота питающей сети 50 Гц, напряжение сети  $U=3$  кВ, полная потребляемая мощность двигателя 390 кВА. Определить потребляемый ток и коэффициент мощности, если КПД двигателя в этом режиме 90 %.

3.2. ЭДС явнополюсного трехфазного перевозбужденного синхронного генератора равна 713 В. Работая на активно-индуктивную нагрузку, он нагружен током 100 А. Фазовый угол между током и ЭДС  $\Psi=60^\circ$ . Пренебрегая активным сопротивлением обмотки статора, определить выходное напряжение на зажимах генератора, если синхронные индуктивные сопротивления продольной и поперечной осей соответственно равны  $x_d=3$  Ом,  $x_q=1,6$  Ом.

### **Модуль 4.**

4.1. Генератор постоянного тока параллельного возбуждения питает нагрузку сопротивлением 5 Ом, напряжение на нагрузке 110 В, сопротивление цепи якоря 0,1 Ом, ток обмотки возбуждения

2 А. Падение напряжения в щеточном контакте 2 В. Определить ток якоря, потребляемую мощность, КПД.

Постоянными потерями пренебречь.

4.2. Двигатель параллельного возбуждения потребляет от сети мощность 6 кВт. Напряжение сети 110 В. Частота вращения 1000 об/мин. Сопротивление цепи якоря 0,2 Ом, цепи возбуждения 50 Ом. Падение напряжения в щеточном контакте 2 В. Определить ток якоря; момент на валу.

**Ответы к задачам:**

Модуль 1. №1.1. 0,2 и 0,98

№ 1.2. 5,48 и 78,125 А

Модуль 2. №2.1. 78,8%

№2.2 1,33 Ом

Модуль 3. №3.1. 75 А;0,9.

№3.2. 800 В.

Модуль 4. №4.1. 24 А; 2745,6Вт;88%

№4.2 52,35 А; 48,75 Нм.

**6.Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

6.1.Итоговый контрольный тест доступен студенту только во время тестирования, согласно расписания занятий или в установленное деканатом время.

6.2.Студент информируется о результатах текущей успеваемости.

6.3.Студент получает информацию о текущей успеваемости, начислении бонусных баллов и допуске к процедуре итогового тестирования от преподавателя или в ЭИОС.

6.4.Производится идентификация личности студента.

6.5.Студентам, допущенным к промежуточной аттестации, открывается итоговый контрольный тест.

6.6.Тест закрывается студентом лично по завершении тестирования или автоматически по истечении времени тестирования.