

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
доцент Растворова И.И.

Проректор по образовательной
деятельности
Д.Г. Петраков

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ

| | |
|-------------------------------------|---|
| Уровень высшего образования: | <i>Бакалавриат</i> |
| Направление подготовки | <i>11.03.04 Электроника и наноэлектроника</i> |
| Направленность (профиль) | <i>Промышленная электроника</i> |
| Квалификация выпускника: | <i>бакалавр</i> |
| Форма обучения: | <i>очная</i> |
| Составитель: | <i>доцент Каган А.В.</i> |

Санкт-Петербург

Рабочая программа дисциплины «Электрические машины» разработана:

– в соответствии с требованиями ФГОС ВО – бакалавриат по направлению подготовки, «11.03.04 Электроника и нанoeлектроника», утвержденного приказом Минобрнауки России № 927 от 19 сентября 2017 г.;

– на основании учебного плана бакалавриата по направлению подготовки «11.03.04 Электроника и нанoeлектроника», направленность (профиль) «Промышленная электроника».

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 совместно с системами промышленной электроники.

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;
- формирование навыков математического моделирования электромагнитных и электромеханических процессов, происходящих в электрических машинах и трансформаторах;
- формирование навыков практического применения электродвигателей переменного и постоянного тока в различных электроприводах;
- формирование способностей для оценки рабочих свойств электрических машин по их справочным и каталожным данным;
- формирование мотивации к самостоятельному повышению уровня профессиональных навыков в области электрических машин.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Электрические машины» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины (модули)» основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки «11.03.04 Электроника и наноэлектроника» и изучается в 5 семестре.

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

Дисциплина «Электрические машины» является основополагающей для изучения следующих дисциплин: «Электроника электропривода», «Энергетика электроники».

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 | |
| УК-2. Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений | УК-2 | УК-2.2. Уметь проводить анализ поставленной цели и формулировать задачи, которые необходимо решить для ее достижения; анализировать альтернативные варианты для достижения намеченных результатов; использовать нормативно-правовую документацию в сфере профессиональной деятельности УК-2.3. Владеть методиками разработки цели и задач проекта; методами оценки потребности в ресурсах, продолжительности и стоимости проекта; навыками работы с нормативно-правовой документацией |

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоёмкость учебной дисциплины составляет 2 зачётных единицы, 72 ак. часа.

| Вид учебной работы | Всего ак. часов | Ак. часы по семестрам |
|---|-----------------|-----------------------|
| | | 5 |
| Аудиторная работа, в том числе: | 34 | 34 |
| Лекции (Л) | 17 | 17 |
| Практические занятия (ПЗ) | 17 | 17 |
| Лабораторные работы (ЛР) | - | - |
| Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе: | 38 | 38 |
| Расчетно-графическая работа (РГР) | 12 | 12 |
| Реферат | - | - |
| Подготовка к практическим занятиям | 14 | 14 |
| Подготовка к лабораторным занятиям | - | - |
| Подготовка к зачету | 12 | 12 |
| Промежуточная аттестация – зачет (З) | 3 | 3 |
| Общая трудоёмкость дисциплины | | |
| | ак. час. | 72 |
| | зач. ед. | 2 |

4.2. Содержание дисциплины

Учебным планом предусмотрены: лекции, практические занятия 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» | 17 | 4 | 4 | - | 9 |
| Раздел 2 «Асинхронные машины» | 20 | 5 | 5 | - | 10 |
| Раздел 3 «Синхронные машины» | 18 | 4 | 4 | - | 10 |
| Раздел 4 «Машины постоянного тока» | 17 | 4 | 4 | - | 9 |
| Итого: | 72 | 17 | 17 | - | 38 |

4.2.2. Содержание разделов дисциплины

| № п/п | Наименование раздела дисциплины | Содержание лекционных занятий | Трудоёмкость в ак. часах |
|-------|---------------------------------|--|--------------------------|
| 1 | Трансформаторы | 1.1. Общие сведения Назначение трансформаторов в системе передачи и распределения электрической энергии. Принцип работы трансформато- | 4 |

| № п/п | Наименование раздела дисциплины | Содержание лекционных занятий | Трудоемкость в ак. часах |
|-------|---------------------------------|--|--------------------------|
| | | <p>ра 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. Уравнения приведенного трансформатора. 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.</p> | |
| 2 | Асинхронные машины | <p>2.1. Общие сведения. Схемы замещения Основные элементы конструкции асинхронных машин. Фазный и короткозамкнутый роторы. Принцип действия. Скольжение в различных режимах работы машины. Двигательный режим работы. Схемы соединения обмоток статора и ротора. Схемы замещения.</p> <p>2.2. Механические характеристики Рабочие характеристики. Естественная механическая характеристика. Максимальный момент, критическое скольжение.</p> <p>2.3. Пуск. Регулирование частоты вращения. Способы пуска асинхронных двигателей. Способы регулирования частоты вращения.</p> | 5 |
| 3 | Синхронные машины | <p>3.1. Общие сведения Конструкция и принцип действия синхронной машины. Работа синхронного генератора на холостом ходу и при симметричной нагрузке.</p> <p>3.2. Характеристики синхронных машин Принцип работы синхронного генератора на автономную нагрузку. Основные характеристики синхронных генераторов: холостого хода, внешняя, регулировочная. Изменение напряжения генератора при нагрузке.</p> <p>3.3. Параллельная работа синхронной машины с сетью Условия включения генераторов на па-</p> | 4 |

| № п/п | Наименование раздела дисциплины | Содержание лекционных занятий | Трудоемкость в ак. часах |
|---------------|---------------------------------|---|--------------------------|
| | | раллельную работу с сетью. Угловые и V-образные характеристики генератора. Регулирование активной и реактивной мощности в синхронных машинах. Синхронный двигатель и компенсатор. | |
| 4 | Машины постоянного тока | 4.1. Общие сведения Конструкция и принцип действия машин постоянного тока. ЭДС обмотки якоря. Пульсации напряжения на коллекторе и способы их уменьшения. 4.2. Генераторы постоянного тока Основные уравнения, условия самовозбуждения. Внешняя и регулировочная характеристики генераторов с различными способами возбуждения. 4.3. Двигатели постоянного тока Основные соотношения и характеристики. Способы пуска и реверса двигателей. Регулирование частоты вращения. | 4 |
| Итого: | | | 17 |

4.2.3. Практические занятия

| № п/п | Разделы | Тематика практических занятий | 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 | 5 |
| 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 |
| Итого: | | | 17 |

4.2.4. Лабораторные работы

Лабораторные работы не предусмотрены.

4.2.5. Курсовые работы (проекты)

Курсовые работы (проекты) не предусмотрены.

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.

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

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 У/У - 0, У/У_н - 0, У/Д -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. Изобразите схему замещения трансформатора .
9. Напишите формулу КПД трансформатора.
10. 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. Какую максимально возможную скорость АД можно получить при частоте сети 50 Гц?
4. В каких пределах может изменяться скольжение АД?
5. Как осуществить изменение направления вращения АД?
6. Изобразите механическую характеристику $M = f(s)$.
7. Укажите на механической характеристике область устойчивой работы.
8. Укажите на механической характеристике режим холостого хода, номинальный режим и пусковой.
9. Перечислите возможные способы регулирования частоты вращения асинхронного двигателя.
10. 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.
4. Начертите характеристику холостого хода (х. х. х.) СГ.
5. Перечислите способы пуска синхронного двигателя (СД).
6. Поясните назначение пусковой обмотки СД.
7. Как влияет изменение тока возбуждения на коэффициент мощности?
8. Возможно ли регулирование частоты вращения СД?
9. Какая СМ называется реактивной?
10. Для какой цели применяются синхронные компенсаторы?

Раздел 4. Машины постоянного тока

1. Как классифицируются машины постоянного тока по способу возбуждения?
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. Напишите уравнения напряжений для генератора и двигателя.
6. Напишите уравнения токов для машины с параллельным возбуждением, работающей в режиме генератора и в режиме двигателя.
7. Изобразите зависимости $M = f_1(I_a)$ и $n = f_2(I_a)$ для двигателя с параллельным и последовательным возбуждением.
8. Напишите формулу механической характеристики двигателя. Начертите механические характеристики двигателей с параллельным и последовательным возбуждением.
9. Перечислите способы регулирования частоты вращения двигателя постоянного тока и укажите преимущества и недостатки этих способов.
10. 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 (зачета)

6.2.1. Примерный перечень вопросов/заданий к зачету по дисциплине:

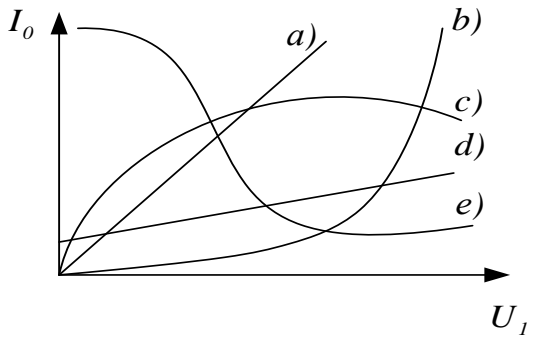
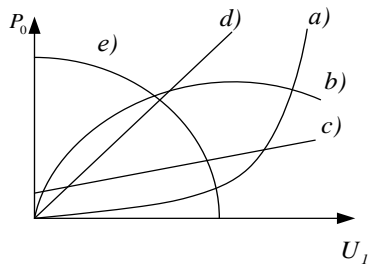
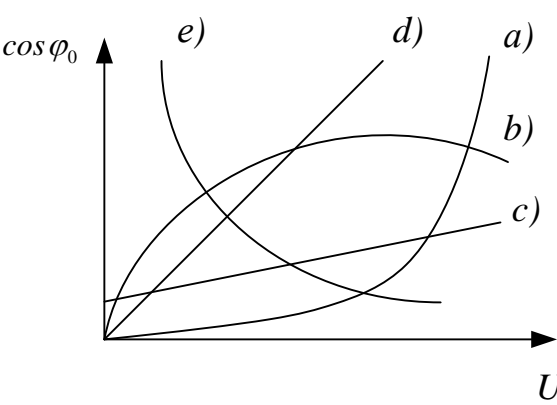
1. Устройство активных частей трансформатора.
2. Схемы и группы соединения обмоток трансформаторов.
3. Опыт холостого хода трансформатора.
4. Внешние характеристики трансформатора.
5. Опыт короткого замыкания трансформатора.
6. Схема замещения трансформатора.
7. Устройство и принцип работы асинхронного двигателя (АД).
8. Отличия и общие черты конструкции короткозамкнутого и фазного ротора.
9. Скольжение АД и пределы его изменения.
10. Энергетическая диаграмма АД.
11. Т-образную схему замещения АД.
12. Механическая характеристика АД.
13. Электромагнитный момент АД.
14. Рабочие характеристики АД.
15. Способы регулирования частоты вращения АД.
16. Способы пуска АД.
17. Устройство синхронной машины (СМ) с явнополюсной конструкцией ротора.
18. Устройство СМ с неявнополюсной конструкцией ротора.
19. Принцип работы СМ в режиме генератора.
20. Принцип работы СМ в режиме двигателя.
21. ЭДС синхронного генератора при холостом ходе.
22. Применение теории двух реакций в явнополюсных СМ.
23. Способы пуска синхронного двигателя (СД).

24. Устройство и назначение пусковой обмотки СД.
25. Электромагнитный момент СД.
26. Регулирование частоты вращения СД.
27. Реактивный СД.
28. Классификация машин постоянного тока (МПТ) по способу возбуждения.
29. Принцип работы МПТ в режиме генератора.
30. Принцип работы МПТ в режиме двигателя.
31. ЭДС МПТ; назначение коллектора.
32. Электромагнитный момент МПТ; его роль в двигательном и генераторном режимах.
33. Мнемонические правила, определяющие направление ЭДС в обмотке якоря и направление электромагнитных сил и момента?
34. Уравнения напряжений для генератора и двигателя постоянного тока.
35. Способы регулирования частоты вращения двигателя постоянного тока; преимущества и недостатки этих способов.

6.2.2. Примерные тестовые задания к зачету

Вариант №1

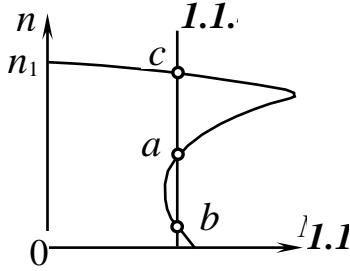
| № пп. | Вопрос | Варианты ответов |
|-------|---|---|
| 1 | Величина магнитного сопротивления потокам в фазах трехфазного стержневого трансформатора | <ol style="list-style-type: none"> 1. одинакова; 2. для средней фазы больше, чем для крайних фаз; 3. для крайних фаз больше, чем для средней фазы; 4. 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. | <ol style="list-style-type: none"> 1. 1 - 2; 2. 2 - 5; 3. 10 - 15; 4. 20 - 25; |
| 3 | Мощность, на основании которой можно определить мощность магнитных потерь трансформатора | <ol style="list-style-type: none"> 1. активная мощность в опыте короткого замыкания; 2. активная мощность в режиме номинальной нагрузки; 3. активная мощность в опыте холостого хода; 4. полная мощность в опыте короткого замыкания; |
| 4 | Трехфазный трансформатор со схемой соединения первичной обмотки в δ 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 ? | <ol style="list-style-type: none"> 1. 660 В; 2. 380 В; 3. 220 В; 4. 127 В; |

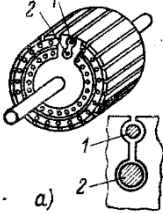
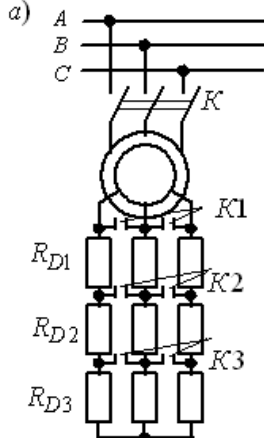
| | | |
|---|--|--|
| 5 | <p>Характеристика холостого хода трансформатора $i_0=f(u_1)$ -</p>  | <ol style="list-style-type: none"> 1. a; 2. b; 3. c; 4. d; |
| 6 | <p>Характеристика холостого хода трансформатора $p_0=f(u_1)$ -</p>  | <ol style="list-style-type: none"> 1. a; 2. b; 3. c; 4. d; |
| 7 | <p>Характеристика холостого хода трансформатора $\cos \varphi_0=f(u_1)$ близка к кривой ...</p>  | <ol style="list-style-type: none"> 1. a; 2. b; 3. c; 4. e. |
| 8 | <p>Кратность установившегося тока кз силового трансформатора при $u_1=u_H$ по отношению к номинальному току в среднем составляет</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. 50 – 60; 2. 40 – 50; 3. 25 – 40; 4. 8 – 20; |
| 9 | <p>Мощность, на основании которой определяют мощность электрических потерь в обмотках силового трансформатора</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. активная мощность в опыте холостого хода; 2. активная мощность в опыте короткого замыкания при номинальном токе в обмотках; 3. активная мощность в режиме номиналь- |

| | | |
|----|---|---|
| | | ной нагрузки; 4. полная мощность в опыте холостого хода; |
| 10 | <p>Характеристика короткого замыкания трансформатора $i_k=f(u_1)$ -</p> | <p>1. a; 2. b; 3. c; 4. d;</p> |
| 11 | <p>Характеристика короткого замыкания трансформатора $\cos \varphi_k=f(u_1)$ -</p> | <p>1. a; 2. b; 3. c; 4. d;</p> |
| 12 | <p>Характеристика короткого замыкания трансформатора $p_k=f(u_1)$ -</p> | <p>1. a; 2. b; 3. c; 4. d;</p> |
| 13 | <p>Напряжение короткого замыкания силовых трансформаторов в среднем составляет</p> | <p>1. 1 – 2%; 2. 2 – 5%; 3. 4,5 – 15%; 4. 20 – 25%;</p> |

| | | |
|----|--|--|
| 14 | Условие, при котором КПД силового трансформатора достигает наибольшего значения | <ol style="list-style-type: none"> 1. потери холостого хода равны мощности нагрузки; 2. режим номинальной нагрузки; 3. потери холостого хода равны потерям короткого замыкания; 4. режим холостого хода; |
| 15 | КПД трансформатора при постоянном значении тока нагрузки и уменьшении коэффициента мощности с 0,8 до 0,7 ... | <ol style="list-style-type: none"> 1. не меняется; 2. немного увеличивается; 3. немного уменьшается; 4. падает до нуля; |
| 16 | Наиболее точный способ определения КПД силового трансформатора | <ol style="list-style-type: none"> 1. по векторным диаграммам; 2. с помощью T – образной схемы замещения; 3. путем измерения мощностей P_1 и P_2; 4. за счет определения потерь по результатам опытов ХХ и КЗ; |
| 17 | Какое вторичное напряжение силового трансформатора считается номинальным? | <ol style="list-style-type: none"> 1. при номинальной нагрузке; 2. при 50%-ой номинальной нагрузке; 3. в режиме холостого хода; 4. режиме короткого замыкания; |
| 18 | На практике регулирование вторичного напряжения силового трансформатора осуществляется изменением | <ol style="list-style-type: none"> 1. тока нагрузки; 2. числа витков обмотки НН и коэффициента трансформации; 3. первичного напряжения; 4. схемы соединения обмоток; |
| 19 | <p>Механические характеристики вида b и c асинхронного двигателя (a - естественная характеристика) получаются при ...</p>  | <ol style="list-style-type: none"> 1. изменении числа пар полюсов машины; 2. увеличении момента нагрузки на валу; 3. изменении частоты f напряжения сети; 4. уменьшении напряжения питающей сети; |
| 20 | <p>Механические характеристики асинхронного двигателя вида b и c получают при....</p>  | <ol style="list-style-type: none"> 1. изменении частоты f напряжения сети; 2. уменьшении напряжения питающей сети; 3. увеличении момента нагрузки на валу; 4. изменении числа пар полюсов машины; |

Вариант №2

| | | |
|---|---|--|
| 1 | <p>Работа асинхронного двигателя при постоянном моменте на валу в точках a, b, c механической характеристики....</p>  | <ol style="list-style-type: none"> 1. a и b - устойчива, c - неустойчива; 2. a, b и c - устойчива; 3. a и c - устойчива, b - неустойчива; 4. b и c - устойчива, a - неустойчива. |
| 2 | <p>Выражение, определяющее вращающий момент асинхронной машины:</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. $M_{эм} = \frac{C_m U_1^2 R_2 / s}{(R_1 + R_2 / s)^2 + (X_1 + X_2)^2}$; 2. $M_{эм} = \frac{C_m U_1^2 R_2 / s}{(R_1 + R_2 / s)^2 + (X_1 + X_2 / s)^2}$; 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 | <p>Формулы, описывающие устойчивую работу асинхронного двигателя:</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. $M = M_c + M_{дин}$; 2. $M > M_c + M_{дин}$; 3. $M < M_c + M_{дин}$; 4. $M \leq 0$; |
| 4 | <p>К рабочим характеристикам асинхронного двигателя относится зависимость вида</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. $n = f(P_1)$; 2. $n = f(P_2)$; 3. $s = f(P_1)$; 4. $M = f(s)$; |
| 5 | <p>Вид кривой зависимости частоты вращения от нагрузки асинхронного двигателя:</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. гипербола; 2. парабола; 3. прямая из начала координат; 4. кривая, слабо наклоненная к оси абсцисс; |
| 6 | <p>Основные составляющие постоянных потерь асинхронного двигателя:</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. только магнитные; 2. только механические; 3. электрические в обмотке статора; 4. магнитные и механические. |

| | | |
|----|--|---|
| 7 | Ток холостого хода I_0 асинхронного двигателя при увеличении воздушного зазора на 10 % ... | <ol style="list-style-type: none"> 1. не изменится; 2. резко увеличится; 3. немного уменьшится; 4. немного возрастет. |
| 8 | Коэффициент мощности $\cos \varphi_{ном}$ асинхронного двигателя при увеличении воздушного зазора на 5% | <ol style="list-style-type: none"> 1. не изменится; 2. немного увеличится; 3. немного уменьшится; 4. резко уменьшится; |
| 9 | Причина изготовления углубленного паза ротора короткозамкнутого асинхронного двигателя: | <ol style="list-style-type: none"> 1. качественная заливка пазов алюминием; 2. повышение пускового момента двигателя; 3. увеличение сечения стержней ротора, чтобы уменьшить сопротивление обмотки ротора и электрические потери; 4. увеличения сечения стержней ротора, чтобы увеличить механическую прочность обмотки ротора; |
| 10 | Явление, используемое в двухклеточных и глубокопазных двигателях для улучшения пусковых свойств: | <ol style="list-style-type: none"> 1. насыщение стали; 2. уменьшение проводимости; 3. уменьшение частоты; 4. вытеснение тока; |
| 11 | На рис. изображен ротор ... двигателя  | <ol style="list-style-type: none"> 1. синхронного; 2. обычного асинхронного короткозамкнутого; 3. коллекторного; 4. двухклеточного асинхронного; |
| 12 | Последовательность замыкания контактов при пуске асинхронного двигателя с фазным ротором:  | <ol style="list-style-type: none"> 1. K-K1-K2-K3; 2. K1-K2-K3-K; 3. K2-K3-K-K1; 4. K-K3-K2-K1. |

| | | |
|----|---|---|
| | | |
| 13 | Способ регулирования частоты вращения магнитного поля: изменением ... | <ol style="list-style-type: none"> 1. частоты питающего напряжения; 2. числа пар параллельных ветвей; 3. напряжением питающей сети; 4. сопротивления обмотки ротора; |
| 14 | Способ регулирования частоты вращения, при которых КПД остается высоким: | <ol style="list-style-type: none"> 1. изменением сопротивления обмотки статора; 2. изменением числа пазов на полюс и фазу; 3. напряжением питающей сети; 4. изменением частоты вращения магнитного поля. |
| 15 | Критический момент двигателя при частотном регулировании $f_1 < f_{1н}$... | <ol style="list-style-type: none"> 1. понижается; 2. повышается; 3. сначала понижается, потом повышается; 4. остается постоянным; |
| 16 | Регулирование многоскоростного двигателя осуществляется изменением ... | <ol style="list-style-type: none"> 1. частоты питающей сети; 2. значение напряжения сети; 3. числа пар полюсов; 4. добавочного сопротивления в цепи обмотки статора; |
| 17 | Максимальный момент асинхронного двигателя при регулировании скорости уменьшением напряжения сети ... | <ol style="list-style-type: none"> 1. слабо увеличивается; 2. уменьшается; 3. остается неизменным; 4. может как увеличиваться, так и уменьшаться; |
| 18 | Диапазон частоты вращения при регулировании скорости изменением напряжения сети: | <ol style="list-style-type: none"> 1. от 0 до $0,5 n_{ном}$; 2. от 0 до $1,5 n_{ном}$; 3. от $0,85 n_{ном}$ до $1,05 n_{ном}$; 4. от 0 до $n_{ном}$; |
| 19 | Отличие явнополюсных и неявнополюсных синхронных машин: | <ol style="list-style-type: none"> 1. обмотка возбуждения неявнополюсных машин размещена на полюсах ротора, явнополюсных – в его пазах; 2. обмотка возбуждения неявнополюсных машин питается постоянным током, явнополюсных – переменным; 3. у явнополюсных машин нет обмотки возбуждения; |

| | | |
|------------|--|--|
| | | 4. конструкция ротора этих машин различна. |
| 20 | Расположение обмотки возбуждения в синхронных явнополюсных машинах классической конструкции - | <ol style="list-style-type: none"> 1. на полюсах ротора; 2. в пазах статора; 3. в пазах ротора; 4. в полюсных наконечниках ротора; |
| Вариант №3 | | |
| 1 | U-образные кривые машин определяют зависимость ... | <ol style="list-style-type: none"> 1. тока якоря от тока возбуждения; 2. тока якоря от напряжения машины; 3. тока возбуждения от тока якоря; 4. напряжения машины от тока возбуждения; |
| 2 | Влияние нагрузки на угол θ между потоком статора и осью ротора в синхронном реактивном двигателе: | <ol style="list-style-type: none"> 1. угол θ зависит от нагрузки и определяется ею; 2. угол θ задается конструкцией машины; 3. угол θ зависит от соотношений между x_d и x_q, а не от нагрузки; 4. понятие об угле θ к реактивному двигателю не применимо; |
| 3 | Применение синхронных двигателей предпочтительно для приводов ... | <ol style="list-style-type: none"> 1. с неравномерной нагрузкой; 2. с равномерной нагрузкой; 3. с частым реверсированием; 4. длительно работающих с постоянной нагрузкой. |
| 4 | Электрическая машина постоянного тока может работать: | <ol style="list-style-type: none"> 1. только двигателем; 2. генератором, двигателем; 3. генератором, двигателем, компенсатором; 4. только генератором; |
| 5 | Неподвижную часть классической машины постоянного тока называют ... | <ol style="list-style-type: none"> 1. коллектор; 2. якорь; 3. полюс; 4. индуктор. |

| | | |
|----|---|---|
| 6 | Подвижная часть классической машины постоянного тока называется ... | <ol style="list-style-type: none"> 1. статор; 2. якорь; 3. индуктор; 4. полюс; |
| 7 | Назначение коллектора генератора постоянного тока: | <ol style="list-style-type: none"> 1. соединение обмотки возбуждения с сетью; 2. преобразование переменного тока в постоянный; 3. преобразование постоянного тока в переменный; 4. уменьшение искрения в узле токосъема; |
| 8 | Часть магнитопровода машины постоянного тока, по которой проходит основной магнитный поток и поток дополнительных полюсов – это.... | <ol style="list-style-type: none"> 1. коллектор; 2. главный полюс; 3. станина; 4. дополнительный полюс; |
| 9 | Число главных полюсов машины постоянного тока всегда... | <ol style="list-style-type: none"> 1. дробное; 2. четное; 3. нечетное; 4. 2; |
| 10 | Мощность, затрачиваемая на возбуждение машины постоянного тока, может быть оценена по отношению номинальной мощности как ... | <ol style="list-style-type: none"> 1. 5%; 2. 20%; 3. 30%; 4. 40%; |
| 11 | Конструктивные меры, приводящие к снижению момента инерции вращающейся части общепромышленной электрической машины: | <ol style="list-style-type: none"> 1. увеличение диаметра ротора; 2. уменьшения осевой длины; 3. увеличение внешнего диаметра статора; 4. уменьшение диаметра. |
| 12 | За счет применения изоляции с повышенной электрической и механической прочностью можно _____ электрической машины. | <ol style="list-style-type: none"> 1. увеличить коэффициент мощности; 2. повысить срок службы; 3. снизить стоимость; 4. увеличить КПД; |
| 13 | Конструкция первого в мире практически действующего асинхронного двигателя была предложена ... | <ol style="list-style-type: none"> 1. английским физиком Фарадеем в 1821 г.; 2. русским инженером Доливо-Добровольским в 80-х годах 19 века; 3. сербским ученым Н.Тесла в 1888 г.; 4. английским ученым У. Бейли в 1879 г.; |

| | | |
|----|---|--|
| 14 | Направление вращения (перемещения) магнитного поля при питании электрической машины от трехфазной сети определяется ... | <ol style="list-style-type: none"> 1. порядком подключения фаз питающего напряжения к зажимам фазных обмоток статора (порядком следования фаз напряжения статора); 2. частотой сети; 3. порядком следования полюсов статора; 4. схемой обмотки статора; |
| 15 | Сосредоточенные обмотки отличаются по конструкции от распределенных: | <ol style="list-style-type: none"> 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; 2. ничем; 3. катушку (секцию) сосредоточенной обмотки выполняют одновитковой, а распределенной обмотки – многовитковой; 4. катушки сосредоточенной обмотки выполняются многовитковыми, а распределенной — одновитковыми; |
| 16 | Двухслойные обмотки имеют преимущество перед однослойными, состоящее в том, что ... | <ol style="list-style-type: none"> 1. с помощью двухслойной обмотки удастся более эффективно использовать активную поверхность статора (якоря); 2. двухслойная обмотка позволяет наиболее просто применять укороченный шаг; 3. в двухслойной обмотке индуцируется большая ЭДС; 4. двухслойная обмотка технологически проще; |
| 17 | Линейные асинхронные двигатели — это те, ... | <ol style="list-style-type: none"> 1. которые выпускаются серийно; 2. конструкция которых позволяет подвижной части линейно перемещаться относительно неподвижной без применения дополнительных механических устройств; 3. которые приводят в движение рабочий орган, перемещающийся линейно; 4. которые относятся к линейному ряду машин, входящих в определенную конструктивную серию; |
| 18 | В процессе преобразования энергии электрической машины непосредствен- | <ol style="list-style-type: none"> 1. конструктивные части машины; 2. сердечник статора, сердечник ротора, |

| | | |
|----|---|---|
| | но участвуют: | обмотка ротора; 3. корпус (станина), сердечник статора, сердечник ротора, короткозамкнутая (или фазная) обмотка ротора, фазная обмотка статора, вал, подшипниковый щит, вентилятор; 4. активные части машины. |
| 19 | Внешние выводы трехфазных обмоток ротора асинхронных машин маркируются: | 1. А, В, С; 2. P1(K1), P2(L1), P3(M1); 3. C1, C2, C3; 4. F1, F2, F3; |
| 20 | Принцип работы синхронного реактивного двигателя связан ... | 1. с явлением реакции якоря; 2. с конструктивными особенностями статора; 3. с различным сопротивлением магнитному потоку по продольной и поперечной оси; 4. со способностью работать с $\cos = 1$; |

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

6.3.1. Критерии оценок промежуточной аттестации (зачет)

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

Примерная шкала оценивания знаний в тестовой форме:

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

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1. Рекомендуемая литература

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

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_e5f432aadc2.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

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

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, объединенные локальной сетью, для проведения лекционных и практических занятий.

2. Комплект учебных стендов и учебно-наглядные материалы (плакаты) в специализированных аудиториях и лабораториях кафедры.

3. Компьютерный класс для работы с электронными изданиями вуза, с выходом в Интернет, оборудованный необходимым количеством рабочих мест и доступностью к сетям Internet.

Аудитории для проведения лекционных занятий (Учебный центр №2) оснащены электронными досками.

8.2. Помещения для самостоятельной работы:

Аудитории Учебного центра №2.

8.3. Помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования:

Аудитории Учебного центра №2.

8.4. Лицензионное программное обеспечение:

1. Системы автоматизированного проектирования (*например: AutoCAD, Компас-3D, Revit и другие САПР*), имеющиеся на предприятиях;

2. Пакеты прикладных программ (*например: Microsoft Office и т.п.*)