

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г.ШУХОВА»**  
(БГТУ им. В.Г. Шухова)

СОГЛАСОВАНО

Директор института заочного образования

канд. пед. наук, доцент С.Е. Спесивцева

« 20 » августа 2021 г.



УТВЕРЖДАЮ

Директор института энергетики, информационных технологий и управляющих систем

канд. техн. наук, доцент А.В. Белоусов

« 20 » августа 2021 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

дисциплины

**ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ**

направление подготовки:

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

профиль подготовки:

Электроснабжение

Квалификация

бакалавр

Форма обучения

заочная

**Институт энергетики, информационных технологий и управляющих систем**

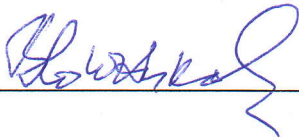
**Кафедра электроэнергетики и автоматики**

Белгород 2021

Программа дисциплины составлена на основании требований:

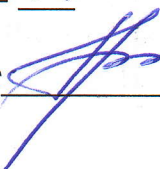
▪ Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, утвержденным приказом № 144 Министерства образования и науки Российской Федерации 28 февраля 2018 г.

▪ учебного плана, утвержденного ученым советом БГТУ им. В. Г. Шухова в 2021 году.

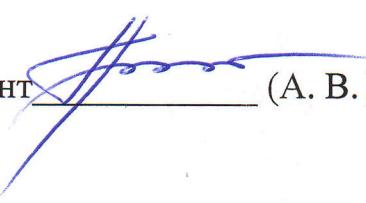
Составитель: д-р техн. наук, доцент  (В. В. Сотников)

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры электроэнергетики и автоматике

« 15 » мая 2021 г., протокол № 11

Заведующий кафедрой: канд. техн. наук, доцент  (А. В. Белоусов)

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой электроэнергетики и автоматике

Заведующий кафедрой: канд. техн. наук, доцент  (А. В. Белоусов)

« 15 » мая 2021 г.

Рабочая программа одобрена методической комиссией института энергетики, информационных технологий и управляющих систем

« 20 » мая 2021 г., протокол № 9

Председатель: канд. техн. наук, доцент  (А. Н. Семернин)

## 1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Категория (группа) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине
Теоретическая и практическая профессиональная подготовка	ОПК-4 Способен использовать методы анализа и моделирования электрических цепей и электрических машин	ОПК-4.6. Анализирует установившиеся режимы работы трансформаторов и асинхронных двигателей, использует знание их режимов работы и характеристик	<p><b>Знания</b> назначения, устройства, схем соединения обмоток трансформаторов и асинхронных двигателей, протекающих в них физических процессов; основ теории и рабочих характеристик;</p> <p><b>Умение:</b> составлять электрические схемы трансформаторов и асинхронных двигателей; записывать уравнения электрического и магнитного равновесия; анализировать результаты исследования рабочих режимов;</p> <p><b>Навыки</b> проведения испытаний трансформаторов и асинхронных двигателей в соответствии с заданной программой и обработки данных, расчета параметров их рабочих режимов.</p>
		ОПК-4.7. Анализирует установившиеся режимы работы синхронных машин и машин постоянного тока, использует знание их режимов работы и характеристик.	<p><b>Знания</b> назначения, устройства, схем соединения обмоток синхронных машин и машин постоянного тока, протекающих в них физических процессов; основ теории и рабочих характеристик;</p> <p><b>Умение:</b> составлять электрические схемы синхронных машин и машин постоянного тока; записывать уравнения электрического; анализировать результаты исследования рабочих режимов;</p> <p><b>Навыки</b> проведения испытаний синхронных машин и машин постоянного тока в соответствии с заданной программой и обработки данных, расчета параметров их рабочих режимов.</p>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Компетенция ОПК-4: Способен использовать методы анализа и моделирования электрических цепей и электрических машин

Стадия	Наименование дисциплины
1	Теоретические основы электротехники
2	Промышленная электроника
4	Электрические и электронные аппараты

## 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 9 зач. единиц, 324 часа.

Форма промежуточной аттестации: экзамен, зачет

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 5	Семестр № 6
Общая трудоемкость дисциплины, час	324	162	162
<b>Контактная работа (аудитор. занятия), в т.ч.:</b>	<b>22</b>	12	10
лекции	8	4	4
лабораторные	8	4	4
практические	4	2	2
групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации	2	2	
<b>Самостоятельная работа студентов, в т.ч.:</b>	<b>302</b>	168	134
курсовой проект			
курсовая работа	36		36
расчетно-графическое задание	18	18	
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	212	114	98
Форма промежуточной аттестации (зачет, экзамен)	36	Экзамен (36)	Зачет

**4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**4.1. Наименование тем, их содержание и объем**  
**Курс 3 Семестр № 5**

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
<b>1. Трансформаторы</b>					
1.1	<p>Введение. Предмет, структура курса «Электрические машины» и основные задачи его изучения.</p> <p>Устройство трансформатора. Схемы и группы соединения обмоток трехфазного трансформатора.</p> <p>Описание электромагнитных процессов в реальном трансформаторе. Магнитное поле реального трансформатора под нагрузкой и его разложение на составляющие. Индуктивные сопротивления рассеяния и их физический смысл. Уравнения электрического равновесия по контурам первичной и вторичной обмоток.</p>	1			20
1.2	<p>Уравнение равновесия МДС первичной и вторичной обмоток реального трансформатора.</p> <p>Приведение значений вторичных величин к числу витков первичной обмотки трансформатора. Уравнения трансформатора в приведенных величинах.</p> <p>«Сквозное» уравнение. Упрощенная и Г-образная схемы замещения и физический смысл параметров.</p> <p>Изменение вторичного напряжения трансформатора при нагрузке. Внешняя характеристика.</p> <p>Параллельная работа трансформаторов. Оптимальные условия включения трансформаторов на параллельную работу.</p>	1	1	2	36
<b>2. Общие вопросы теории машин переменного тока.</b>					
2.1	<p>Электрические машины переменного тока. Особенности магнитного поля. Число периодов. Полусное деление. Назначение обмоток возбуждения и якорных обмоток. Основные типы, конструктивные элементы и параметры якорных обмоток.</p> <p>Понятие о МДС распределенной обмотки. Влияние на МДС распределения катушечной группы по пазам, укорочения шага, скоса пазов. Обмоточный коэффициент. Образование вращающейся волны МДС с помощью трехфазной обмотки. Частота вращения волны МДС основной гармоники. Круговое и эллиптическое вращение.</p>	1	–	–	28
<b>3. Асинхронные двигатели.</b>					

3.1	<p>Устройство асинхронного двигателя (АД). Принцип действия. Режимы работы асинхронной машины.</p> <p>Система уравнений АД в приведенных величинах и их аналогия с уравнениями трансформатора. Г-образная схема замещения и физический смысл ее параметров. Уравнение механической характеристики. Максимальный и пусковой моменты. Критическое скольжение.</p> <p>Влияние нагрузки на валу АД на параметры установившегося режима (рабочие характеристики).</p>	1	1	2	30
Всего за семестр № 5		4	2	4	114

### Курс 3 Семестр № 6

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
<b>4. Синхронные машины.</b>					
4.1	<p>Устройство активных частей синхронной машины (СМ). Системы возбуждения.</p> <p>Принцип действия синхронного генератора (СГ) при работе на автономную нагрузку. Описание электромагнитных процессов при симметричной нагрузке. Магнитное поле и его разложение на составляющие. Реакция якоря синхронного генератора. Моделирование процессов в явнополюсной СМ методом двух реакций. Уравнения электрического равновесия обмотки статора явнополюсной и неявнополюсной СМ. Векторные диаграммы.</p>	1	-	-	30
4.2	<p>Рабочие характеристики СГ при работе на автономную нагрузку: холостого хода, внешняя, регулировочная.</p> <p>Параллельная работа синхронного генератора на сеть большой мощности. Условия включения. Методы синхронизации.</p> <p>Перевод синхронной машины при параллельной работе с сетью в режим генератора и двигателя. Регулирование активной и реактивной мощности.</p> <p>Зависимость электромагнитной мощности (момента) синхронной машины (явно- и неявнополюсной) от угла нагрузки. Угловая характеристика. Статическая устойчивость.</p>	1,5	1	2	27
<b>5. Машины постоянного тока.</b>					
5.1	<p>Устройство машины постоянного тока. Способы возбуждения. Якорные обмотки. Основные конструктивные параметры. Простая петлевая обмотка. Простая волновая обмотка.</p> <p>Принцип действия генератора и двигателя постоянного тока. Уравнение равновесия напряжений и ЭДС цепи якоря.</p>	1	-	-	20

5.2	Генераторы постоянного тока (ГПТ). Характеристики ГПТ независимого, параллельного и смешанного возбуждения. Двигатели постоянного тока (ДПТ). Уравнение механической характеристики при независимом (параллельном) возбуждении. Механические характеристики ДПТ.	1	1	2	21
Всего за семестр № 6		4	2	4	98

#### 4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	К-во часов	К-во часов СРС
<b>Семестр № 5</b>				
1	Трансформаторы	Расчет параметров рабочего режима трансформатора.	1	1
6	Асинхронные машины	Расчет параметров рабочего режима АД.	1	1
ИТОГО:			2	2

<b>Семестр № 6</b>				
№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	К-во часов	К-во часов СРС
1	Синхронные машины	Расчет параметров рабочего режима синхронной машины	1	1
5	Машины постоянного тока	Расчет параметров рабочего режима машин постоянного тока.	1	1
ИТОГО:			2	2
ВСЕГО:			4	34

#### 4.3. Содержание лабораторных занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	К-во часов	К-во часов СРС
<b>Семестр № 5</b>				
1	Трансформаторы	Правила безопасной работы в лаборатории, с измерительными приборами и оборудованием. Исследование однофазного трансформатора	2	8
2	Асинхронные машины	Исследование трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором	2	7
ИТОГО:			4	17
<b>Семестр № 6</b>				
1	Синхронные машины	Исследование работы синхронного генератора при работе на автономную нагрузку.	2	6
2	Машины постоянного тока	Исследование генератора постоянного тока	2	5
ИТОГО:			4	17
ВСЕГО:			8	34

## Защита лабораторных работ

В лабораторном практикуме по дисциплине представлен перечень лабораторных работ, обозначены цель и задачи, необходимые теоретические и методические указания к работе, приведен порядок выполнения работы, содержание отчета и перечень контрольных вопросов.

Перед защитой лабораторных работ проверяется правильность выполнения работы и оформления отчета. Защита проводится в форме собеседования. Примерный перечень контрольных вопросов для защиты лабораторных работ представлен в таблице.

Тема лабораторной работы	Контрольные вопросы
Лабораторная работа №1. Исследование однофазного трансформатора.	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Поясните устройство и принцип действия трансформатора.</li><li>2. Как маркируются выводы обмоток трансформатора?</li><li>3. Назовите номинальные данные трансформатора.</li><li>4. Какое соотношение между первичными и вторичными напряжениями, первичными и вторичными токами трансформатора?</li><li>5. Объясните принцип саморегулирования трансформатора.</li><li>6. Объясните назначение опытов холостого хода и короткого замыкания трансформатора. При каких условиях они проводятся?</li><li>7. Изобразите Г-образную схему замещения трансформатора. Как рассчитываются ее параметры?</li><li>8. Объясните физический смысл параметров схемы замещения трансформатора.</li><li>9. Какие виды потерь учитываются мощностью холостого хода?</li><li>10. Какие виды потерь учитываются мощностью короткого замыкания?</li><li>11. Перечислите рабочие характеристики трансформатора.</li><li>12. Что называется внешней характеристикой трансформатора?</li><li>13. Объясните зависимость вторичного напряжения от тока нагрузки.</li><li>14. Объясните зависимость вторичного напряжения от характера нагрузки.</li><li>15. Как рассчитывается относительное изменение напряжения трансформатора?</li><li>16. Напишите уравнение баланса активных мощностей трансформатора.</li><li>17. Что называется коэффициентом полезного действия трансформатора?</li><li>18. При каком соотношении постоянных и переменных потерь мощности КПД трансформатора имеет максимальное значение?</li><li>19. Что называется коэффициентом мощности трансформатора?</li></ol>
Лабораторная работа №2. Исследование трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Опишите устройство и принцип работы трехфазного асинхронного двигателя.</li><li>2. Какие схемы используют для соединения фаз обмоток статора и фазного ротора трехфазного асинхронного двигателя?</li><li>3. Изложите принцип создания вращающегося магнитного поля.</li><li>4. Приведите формулу для частоты вращения магнитного поля. От каких параметров зависит эта частота вращения?</li><li>5. Что называется скольжением асинхронного двигателя и каковы пределы его изменения в различных режимах?</li><li>6. Как частота вращения ротора асинхронного двигателя связана со скольжением?</li><li>7. Почему при пуске асинхронный короткозамкнутый двигатель потребляет максимальный ток, а по мере разгона ток уменьшается?</li><li>8. Какими способами уменьшают пусковой ток асинхронного двигателя?</li><li>9. Почему пусковой ток асинхронного двигателя при соединении фаз обмотки статора в звезду в три раза меньше, чем при соединении в треугольник?</li><li>10. Назовите рабочие характеристики асинхронного двигателя и объясните их характер.</li><li>11. Почему изменение нагрузки на валу двигателя вызывает изменение тока, потребляемого из сети?</li></ol>



	<p>12. Что называется механической характеристикой двигателя? Напишите выражение электромагнитного момента через скольжение. Нарисуйте график соответствующей зависимости.</p> <p>13. Какие основные точки механической характеристики приводятся в справочной литературе и чем это обусловлено?</p> <p>14. Как рассчитать номинальный вращающий момент асинхронного двигателя по его паспортным данным?</p> <p>15. По каким причинам нежелательна работа двигателя со значительной недогрузкой?</p> <p>16. Почему при холостом ходе асинхронные двигатели потребляют относительно большой ток и имеют небольшой коэффициент мощности?</p> <p>17. Как изменить направление вращения асинхронного двигателя?</p>
<p>Лабораторная работа №3.</p> <p>Исследование работы синхронного генератора при работе на автономную нагрузку</p>	<p>1. Объясните устройство синхронного генератора.</p> <p>2. Какие существуют способы возбуждения синхронных генераторов?</p> <p>3. Объясните принцип работы СГ.</p> <p>4. От чего зависит частота напряжения генератора? Определите ее реальное значение в опыте.</p> <p>5. Напишите уравнение электрического состояния фазы статорной обмотки СГ.</p> <p>6. В чем заключается реакция якоря в синхронном генераторе, и как она проявляется при различном характере нагрузок?</p> <p>7. Как и в каких пределах изменяется угол нагрузки <math>\theta</math> от электрической мощности генератора?</p> <p>8. Чем определяется величина момента первичного двигателя, вращающего ротор генератора?</p> <p>9. Что называется характеристикой холостого хода? Как она снимается?</p> <p>10. Объясните нелинейность характеристики холостого хода?</p> <p>11. Что называется внешней характеристикой? Как она снимается?</p> <p>12. Объясните причины изменения напряжения на зажимах генератора, питающего автономную нагрузку, при изменении ее величины и характера.</p> <p>13. Как осуществляется регулировать напряжение синхронного генератора, работающего на автономную нагрузку?</p> <p>14. Что называется регулировочной характеристикой. Как она снимается?</p> <p>15. Объясните характер регулирования тока возбуждения при изменении величины и характера нагрузки для поддержания напряжения на зажимах генератора неизменным.</p>
<p>Лабораторная работа №5.</p> <p>Исследование генератора постоянного тока</p>	<p>1. Объясните устройство и принцип действия генератора постоянного тока.</p> <p>2. Какую роль выполняет щеточно-коллекторный узел в генераторе постоянного тока?</p> <p>3. Как реально расположены щетки, установленные «на линии геометрической нейтрали»?</p> <p>4. Как классифицируются генераторы постоянного тока по способу соединения обмоток возбуждения с цепью якоря?</p> <p>5. От чего зависит величина напряжения на зажимах генератора при холостом ходе?</p> <p>6. Назовите условия самовозбуждения генератора постоянного тока.</p> <p>7. С какой целью и где устанавливаются добавочные полюсы?</p> <p>8. Напишите формулы, характеризующие работу генератора постоянного тока с параллельным возбуждением.</p> <p>9. Какое уравнение характеризует электрическое состояние якоря генератора с параллельным возбуждением?</p> <p>10. Составьте уравнение баланса мощностей генератора постоянного тока с параллельным возбуждением.</p> <p>11. Как рассчитать мощность нагрузки генератора постоянного тока ?</p> <p>12. Что представляет собой характеристика холостого хода генератора и каково ее значение?</p> <p>13. Как снимается характеристика холостого генератора опытным путем?</p> <p>14. Что такое реакция якоря и как она отражается на работе генератора?</p>

	<p>15. Какую роль играет последовательная обмотка возбуждения в генераторе со смешанным возбуждением при согласном и встречном включении с параллельной обмоткой?</p> <p>16. Что представляет собой внешняя характеристика генератора постоянного тока и каково ее значение?</p> <p>17. Опишите методику снятия опытным путем внешней характеристики генератора.</p> <p>18. Укажите причины и характер изменения напряжения на зажимах генератора при нагрузке и различных способах возбуждения.</p> <p>19. Что называется регулировочной характеристикой генератора постоянного тока и какое ее практическое значение?</p> <p>20. Опишите методику снятия опытным путем регулировочной характеристики генератора.</p> <p>21. Объясните вид регулировочных характеристик.</p>
--	---

#### 4.4. Содержание расчетно-графической работы

Расчетно-графическая работа выполняется в 5-м семестре. Она является отдельным видом самостоятельной работы и служит для закрепления теоретических знаний, полученных при изучении раздела «Асинхронные машины», приобретения навыков использования научно-технической и справочной литературы.

На выполнение задания учебным планом отводится 18 часов.

Тема: Расчет и анализ характеристик асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором в рабочем и пусковом режимах

Содержание РГР.

1. Введение о современных общепромышленных сериях асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором (выпускаемых в России) и использовании электроприводов с ними на предприятиях электроэнергетики.

2. Составить силовую схему и схему управления прямым подключением к сети асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором с использованием электрических аппаратов и привести краткое описание ее работы.

3. По исходным данным рассчитать номинальный ток и номинальную частоту вращения, а также приближенно рассчитать ток ХХ.

4. Изобразить схему замещения асинхронного двигателя и объяснить физический смысл ее параметров.

1.5. Рассчитать величину номинального момента. Используя исходные данные, определить максимальный, минимальный и пусковой моменты, пусковой ток.

1.6. Построить приближенно (по пяти каталожным точкам) механическую характеристику двигателя при номинальном и пониженном ( $\Delta U\%$ ) напряжении. Принять, что точка минимального момента соответствует скольжению  $s=6/7$ . Кратко пояснить их вид и объяснить различие. Сделать обоснованный вывод о возможности (невозможности) пуска двигателя при пониженном напряжении.

1.7. Построить по исходным данным рабочие характеристики асинхронного двигателя  $\eta=f(P_2)$  и  $\cos\varphi=f(P_2)$ . Кратко пояснить их вид

1.8. Начертить развернутую схему обмотки статора с указанием ее параметров.

1.9. Рассчитать ее обмоточный коэффициент для первой пространственной гармоники поля.

Объем работы должен составлять не менее 10 листов машинописного текста.

### Пример задания

№ вар	Тип АД	Степень снижения напряжения $\Delta U\%$	Кратность момента сопротивления рабочей машины при пуске $m_{рм}$
1	4АА50А2	15	0,9

Необходимые для выполнения РГР исходные данные выбираются по типу АД из рекомендованного справочника.

### Примеры типовых вопросов при защите РГР

1. Применение асинхронных двигателей в электроприводах станций, подстанций.
2. Конструкция асинхронного двигателя.
3. Принцип действия асинхронного двигателя.
4. Схема прямого пуска АД.
5. Расчет номинального и пускового токов АД.
6. Расчет номинальной частоты вращения и скольжения АД.
7. Упрощенная схема замещения АД и физический смысл ее параметров.
8. Расчет номинального, пускового, максимального и минимального моментов.
9. Объяснить вид механической характеристики АД.
10. Объяснить различие механических характеристик при номинальном и пониженном напряжениях.
11. Условие запуска двигателя при пониженном напряжении.
12. Объяснить вид характеристики асинхронного двигателя  $\eta=f(P_2)$ .
13. Объяснить вид характеристики асинхронного двигателя  $\cos\varphi=f(P_2)$ .
14. Пояснить развернутую схему обмотки статора АД.
15. По схеме обмотки определить число пазов на полюс и фазу.
16. По схеме обмотки определить число параллельных ветвей.
17. Пояснить смысл коэффициента распределения, укорочения, обмоточного коэффициента.

## 4.5. Содержание курсовой работы

Курсовая работа выполняется в 6-м семестре. Она является отдельным видом самостоятельной работы и служит для закрепления теоретических знаний, полученных при изучении раздела «трансформаторы» дисциплины, приобретения навыков использования научно-технической и справочной литературы, применения информационных технологий, практических навыков по проектированию.

На выполнение курсовой работы учебным планом отводится 36 часов.

Тема курсовой работы: «Расчет силового трехфазного двухобмоточного трансформатора»

Содержание расчетной части задания:

Расчетная часть курсовой работы состоит из следующих разделов:

- 1). Расчет основных электрических величин.
- 2). Выбор главной изоляции.

3). Предварительный выбор основных размеров трансформатора и их обоснование.

4). Проектирование обмоток НН и ВН.

5). Проверочный расчет характеристик короткого замыкания.

6). Проверочный расчет магнитной системы, потерь и тока холостого хода.

7). Тепловой расчет. Выбор бака и охлаждающей системы.

Объем расчетно-пояснительной записки – 25 листов машинописного текста

Содержание графической части задания:

Графическая часть проекта состоит из чертежа общего вида трансформатора.

Выполняется на одном листе формата А2 или А3.

### Пример задания

№ вар	$S_N$ , кВА	$U_{ВН}$ , кВ	$U_{НН}$ , кВ	$u_k$ , %	$P_k$ , Вт	$P_o$ , Вт	$I_o$ , %	Схема, группа	Материал обмоток НН/ВН
1	160	10	0,4	4,7	3100	540	2,4	D/Y <sub>n</sub> -11	Медь/Алюминий

### Перечень типовых вопросов при защите курсовой работы

1. Принцип действия трансформатора.
2. Общая конструкция активной части трансформатора.
3. Конструкция магнитопровода. Типы исполнения.
4. Назначение магнитопровода.
5. Конструкция цилиндрической слоевой обмотки.
6. Конструкция непрерывной катушечной обмотки.
7. Конструкция винтовой обмотки.
8. Конструкция бака трансформатора.
9. Конструкция системы охлаждения.
10. Состав арматуры бака трансформатора.
11. Конструкция вводов.
12. Назначение маслорасширителя.
13. Состав газовой защиты. Назначение отдельных частей.
14. Расчет основных электрических величин.
15. Основные размеры трансформатора и их выбор.
16. Влияние коэффициента  $\beta$  на размеры и характеристики трансформатора.
17. Общий ход расчета обмотки НН.
18. Общий ход расчета обмоток ВН.
19. Расчет регулировочных ответвлений.
20. Характерные значения плотности тока в обмотках.
21. Общий ход проверочного расчета характеристик короткого замыкания.
22. Виды добавочных потерь в обмотках трансформатора.
23. Общий ход проверочного расчета магнитной системы, потерь.
24. Расчет тока холостого хода.
25. Характерные значения магнитной индукции в стержнях и ярмах магнитопровода.
26. Общий ход теплового расчета.
27. Выбор бака и охлаждающей системы.
28. Структура потерь холостого хода трансформатора
29. Структура потерь короткого замыкания трансформатора
30. Виды обмоточных проводов.
31. Преимущества применения провода прямоугольного сечения перед круглым проводом.

## 5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 5.1. Реализация компетенций

**Компетенция ОПК-4:** Способен использовать методы анализа и моделирования электрических цепей и электрических машин

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ОПК-4.6. Анализирует установившиеся режимы работы трансформаторов и асинхронных двигателей, использует знание их режимов работы и характеристик	Экзамен, защита РГЗ, защита лабораторных работ, собеседование
ОПК-4.7. Анализирует установившиеся режимы работы синхронных машин и машин постоянного тока, использует знание их режимов работы и характеристик.	Зачет, защита КР, защита лабораторных работ, собеседование на практических занятиях, тестирование

### 5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

**Промежуточная аттестация** осуществляется в конце **четвертого семестра** изучения дисциплины в форме экзамена и после завершения изучения дисциплины в конце **пятого семестра** в форме зачета.

#### Вопросы для подготовки к экзамену

Экзаменационный билет включает два вопроса по теории и задачу. комплект билетов для проведения экзамена по дисциплине ежегодно утверждается на заседании кафедры.

Для подготовки письменного ответа на вопросы билета и решение задачи отводится 50 минут. После проверки ответ преподаватель может дополнительно провести со студентом собеседование с целью определения уровня освоения студентом изученного материала.

Распределение вопросов и заданий по билетам находится в закрытом для студентов доступе.

#### Перечень тем и вопросов для подготовки к теоретической части экзамена

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Трансформаторы (ОПК-4.6)	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Устройство трансформатора. Конструкции магнитопроводов и обмоток. Электротехнические материалы. Конструкции баков, способы охлаждения, арматура.</li><li>2. Схемы и группы соединения обмоток трехфазного трансформатора.</li><li>3. Принцип трансформации напряжений на примере трансформатора с идеальными обмотками и магнитопроводом.</li><li>4. Принцип трансформации токов в режиме нагрузки на примере трансформатора с идеальными обмотками и магнитопроводом.</li></ol>

		<p>5. Магнитное поле реального трансформатора под нагрузкой и его разложение на составляющие. Индуктивные сопротивления рассеяния. Уравнения электрического равновесия по контурам первичной и вторичной обмоток.</p> <p>6. Уравнение равновесия МДС первичной и вторичной обмоток реального трансформатора. Зависимость намагничивающего тока от качества магнитопровода.</p> <p>7. Понятие о приведенном трансформаторе. Приведение значений вторичных величин к числу витков первичной обмотки при сохранении всех составляющих мощности. Уравнения приведенного трансформатора.</p> <p>8. Т-образная схема замещения приведенного трансформатора и физический смысл ее параметров. Г-образная и упрощенная схемы замещения. «Сквозное» уравнение и упрощенная векторная диаграмма трансформатора.</p> <p>9. Опыты холостого хода и короткого замыкания. Номинальное напряжение короткого замыкания. Определение параметров схемы замещения.</p> <p>10. Виды потерь электрической энергии в трансформаторах. КПД трансформатора и его зависимость от нагрузки.</p> <p>11. Изменение вторичного напряжения трансформатора при нагрузке. Вывод расчетного выражения для изменения напряжения. Внешняя характеристика трансформатора.</p> <p>12. Регулирование напряжения в силовых трансформаторах. Устройства регулирования без возбуждения и под нагрузкой.</p> <p>13. Параллельная работа трансформаторов и ее технико-экономические преимущества. Оптимальные условия включения на параллельную работу.</p> <p>14. Условие отсутствия уравнивающего тока при параллельной работе трансформаторов без нагрузки.</p> <p>15. Распределение нагрузки между трансформаторами при параллельной работе при неодинаковых и равных напряжениях КЗ.</p> <p>16. Несимметричная нагрузка при схеме соединения <math>Y/Y_n</math> и <math>Y/Z_n</math>.</p> <p>17. Несимметричная нагрузка при схемах соединения <math>\Delta/Y_n</math> и <math>Y_n/Y_n</math>, <math>Y/Y</math>, <math>Y/\Delta</math>, <math>\Delta/Y</math> и <math>\Delta/\Delta</math></p> <p>18. Трехобмоточные трансформаторы. Область применения. Основные уравнения и схема замещения. Работа трехобмоточного трансформатора под нагрузкой.</p> <p>19. Трансформаторы с расщепленной обмоткой: конструктивные особенности и их влияние на работу.</p> <p>20. Автотрансформаторы. Трансформация напряжений и токов. Электромагнитная, электрическая и проходная мощность. Сравнительная оценка автотрансформатора и двухобмоточного трансформатора.</p>
2	Общие вопросы теории машин переменного тока (ОПК-4.6, (ОПК-4.7))	<p>21. Классификация электрических машин. Основные элементы. Особенности магнитного поля. Число периодов. Полусное деление.</p> <p>22. Назначение обмоток возбуждения и якорных обмоток. Основные типы, конструктивные элементы и параметры якорных обмоток.</p> <p>23. Понятие о МДС распределенной обмотки. Графическое построение кривой МДС. Определение МДС фазы.</p> <p>24. Влияние на МДС распределения катушечной группы по пазам, укорочения шага. Вывод расчетных формул для коэффициентов распределения и укорочения.</p> <p>25. Скос пазов и его влияние на индукционное взаимодействие обмоток. Вывод расчетной формулы для коэффициента скоса. Обмоточный коэффициент.</p> <p>26. Образование вращающейся волны МДС с помощью трехфазной обмотки. Понятие о пространственно-временном векторе МДС. Частота вращения волны МДС основной гармоники. Круговое и эллиптическое вращение. МДС высших пространственных гармоник.</p>
3	Асинхронные Машины (ОПК-4.6)	<p>27. Конструкция основных частей асинхронного двигателя. Принцип действия. Скольжение магнитного поля относительно ротора. Режимы работы асинхронной машины.</p>

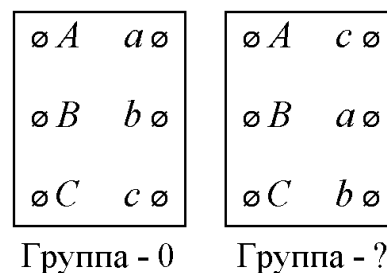
		<p>28. Разложение на составляющие магнитного поля асинхронного двигателя. Основные ЭДС, индуцируемые в обмотках статора и ротора. Коэффициент трансформации. ЭДС рассеяния и индуктивные сопротивления обмоток.</p> <p>29. Уравнение электрического равновесия обмоток статора и ротора. Интерпретация энергетических соотношений в схеме замещения цепи ротора.</p> <p>30. Уравнения равновесия МДС обмоток статора и ротора. Коэффициент приведения (трансформации) токов.</p> <p>31. Приведение параметров обмотки ротора асинхронного двигателя к числу витков и числу фаз обмотки статора. Система уравнений в приведенных величинах и их аналогия с уравнениями трансформатора. Схема замещения и физический смысл ее параметров.</p> <p>32. Аналитическое определение вращающего момента асинхронного двигателя. Механическая характеристика. Максимальный и пусковой моменты. Критическое скольжение.</p> <p>33. Асинхронные двигатели с улучшенными пусковыми свойствами (с повышенным скольжением, с двойной клеткой, с глубокими пазами на роторе).</p> <p>34. Влияние нагрузки на валу асинхронного двигателя на параметры установившегося режима (скольжение и частота вращения, момент на валу, потребляемые из сети ток и активная мощность, коэффициент мощности и КПД).</p> <p>35. Способы пуска и регулирования частоты вращения асинхронных двигателей.</p>
--	--	--

### Перечень типовых задач для практической части экзамена

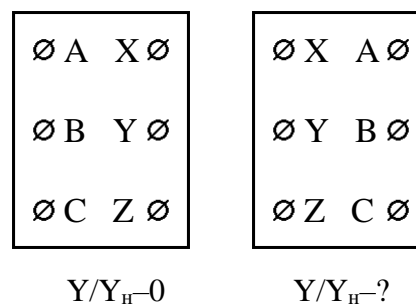
*Задача.* Трехфазный трансформатор с номинальными напряжениями  $U_{ВН}=10$  кВ и  $U_{НН}=0,69$  кВ питает асинхронный двигатель с данными рабочего режима:  $P_2=175$  кВт,  $\eta=0,94$ ,  $\cos\varphi=0,92$ ,  $U_n=660/380$  В. Определить номинальный ток, потребляемый трансформатором из сети (потери в трансформаторе пренебречь).

*Задача.* Трехфазный трансформатор ТС–2,5 имеет клеммные панели, на которые выведены начала и концы обмоток ВН и НН. При схеме соединения Y/Y трансформатор имеет линейные напряжения 380/220 В. Определить линейные напряжения трансформатора при схеме соединения Y/Δ.

*Задача.* На рисунке изображено расположение выводов обмоток ВН и НН некоторого трансформатора до и после их перемаркировки. Определить группу соединений обмоток трансформатора после перемаркировки выводов.



*Задача.* На рисунке изображено расположение выводов обмотки ВН некоторого трансформатора до и после их перемаркировки. Определить группу соединений обмоток трансформатора после перемаркировки выводов обмотки ВН.



**Задача.** Трансформатор с номинальной мощностью  $S_n=1000$  кВА нагружен на 65% с коэффициентом мощности  $\cos\varphi=0,85$ . Номинальные потери короткого замыкания трансформатора  $P_{кн}=12,2$  кВт, потери холостого хода  $P_0=2,5$  кВт. Определите КПД трансформатора.

**Задача.** Трансформаторы с номинальными данными, приведёнными ниже, работают параллельно. Определить относительную нагрузку первого трансформатора, если второй трансформатор нагружен на 80% своей номинальной мощности.

№	$S_n$ , кВА	$U_{ВН}$ , кВ	$U_{НН}$ , кВ	$u_k$ , %	Схема, группа
1.	1600	35	0,4	6,2	Y/Y <sub>n</sub> -0
2.	1000	35	0,4	6,5	Y/Y <sub>n</sub> -0

**Задача.** Два одинаковых трансформатора, напряжение короткого замыкания которых составляет  $u_k=5\%$ , работают параллельно. Трансформаторы имеют регулировочные отводы +5%; +2,5%; 0; -2,5%; -5%. Один из трансформаторов работает на отводе +5%. Определить, на каком отводе работает другой трансформатор, если в режиме холостого хода по обмоткам трансформатора протекает уравнивающий ток, по силе равный номинальному.

**Задача.** Определите параметры  $r_k$  и  $x_k$  упрощенной схемы замещения трехфазного трансформатора, номинальные данные которого приведены в таблице.

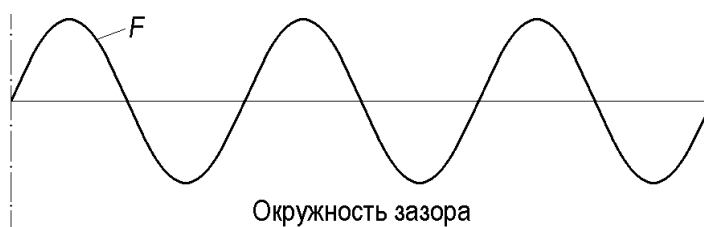
$S_n$ , кВА	$U_{ВН}$ , кВ	$U_{НН}$ , кВ	$u_k$ , %	$P_k$ , Вт	Схема
100	10	0,4	4,5	1970	Y/Y <sub>n</sub>

**Задача.** Трансформаторы с номинальными данными, приведёнными ниже, работают параллельно. Определить линейные токи трансформаторов на стороне низшего напряжения, если второй трансформатор нагружен на 90% своей номинальной мощности.

№	$S_n$ , кВА	$U_{ВН}$ , кВ	$U_{НН}$ , кВ	$u_k$ , %	Схема, группа
1.	100	10	0,4	4,5	Y/Y <sub>n</sub> -0
2.	160	10	0,4	4,5	Y/Y <sub>n</sub> -0

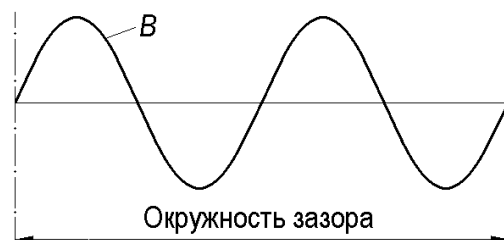
**Задача.** Номинальное вторичное напряжение некоторого трансформатора равно 0,4 кВ, а напряжение короткого замыкания 6,5%, его активная составляющая – 1,5%. Рассчитать величину вторичного напряжения трансформатора при нагрузке 75% с коэффициентом мощности 0,8 (инд.).

**Задача.** На рисунке изображено распределение вращающейся волны МДС трехфазной обмотки машины переменного тока в некоторый момент времени. Чему равна частота вращения этой волны при частоте протекающего по обмотке статора тока  $f=60$  Гц?

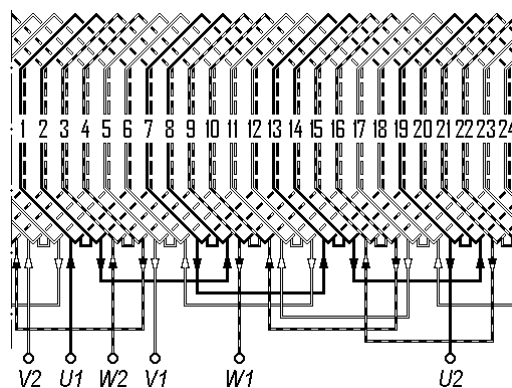




*Задача.* На рисунке изображено распределение индукции вращающегося магнитного поля в зазоре электрической машины переменного тока в некоторый момент времени. Чему равна частота вращения этого поля при частоте протекающего по обмотке статора тока  $f=50$  Гц?

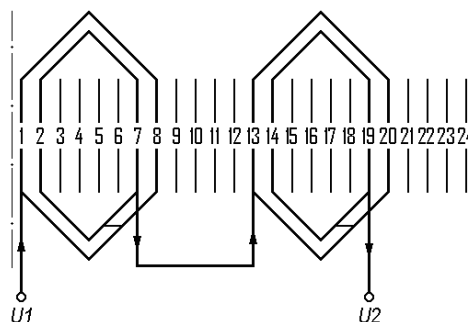


*Задача.* Определить коэффициент укорочения обмотки, схема которой изображена на рисунке.



*Задача.* Трехфазная двухслойная обмотка расположена в 24 пазах и имеет число полюсов  $2p=4$ . Каким должен быть шаг обмотки (в пазовых делениях), чтобы максимально ослабить 5-ю и 7-ю пространственную гармонику МДС?

*Задача.* По схеме одной фазы однослойной трехфазной обмотки определите обмоточный коэффициент.



*Задача.* Асинхронный двигатель имеет частоту вращения ротора  $n_2=950$  об/мин при частоте питающей сети 50 Гц. Определите число полюсов двигателя и частоту тока в обмотке ротора.

*Задача.* Асинхронный двигатель имеет частоту вращения ротора  $n_2=2850$  об/мин. Определите частоту тока в обмотке ротора, если частота тока в обмотке статора составляет 50 Гц.

*Задача.* Одна из фаз (остальные отключены) обмотки статора трехфазного асинхронного двигателя с числом полюсов  $2p=4$  подключена к источнику постоянного тока. Ротор двигателя приводится во вращение с частотой 1500 об/мин внешней силой. Определить частоту ЭДС, индуцированной в обмотке ротора?

*Задача.* В цепь фазного ротора четырехполюсного асинхронного двигателя включен амперметр магнитоэлектрической системы, шкала которого имеет нулевое значение посередине. Во время работы двигателя от сети 50 Гц стрелка прибора за 20 сек совершает 40 полных колебаний. Рассчитать частоту вращения ротора двигателя.

*Задача.* Определить частоту вращения четырехполюсного асинхронного двигателя при частоте питающей сети  $f=60$  Гц, если скольжение  $s=0,045$ .

*Задача.* Асинхронный двигатель с числом полюсов  $=4$  имеет номинальные данные, приведенные в таблице. Определить частоту вращения при половинной нагрузке.

Тип АД	$2p$	$f$ , Гц	$s_n$
АИР132S4	4	50	0,04

*Задача.* Определить максимальный момент [Н·м] четырехполюсного асинхронного двигателя, справочные данные которого приведены в таблице.

Тип АД	$P_n$ , кВт	$M_{max}/M_n$	$s_n$	$f$ , Гц
АИР132S4	7,5	2,5	0,04	50

*Задача.* Трёхфазный асинхронный двигатель с номинальными данными, приведёнными в таблице, имеет нагрузку на валу, равную 70% от номинального значения. Определить ток, потребляемый АД из сети. Принять, что значения  $\eta$  и  $\cos\varphi$  соответствуют номинальным.

Тип АД	$P_n$ , кВт	$U$ , В (Y\Δ)	$\eta$	$\cos\varphi$
4А160М4	15	380/220	0,88	0,91

*Задача.* Определить пусковой момент [Н·м] четырехполюсного асинхронного двигателя, справочные данные которого приведены в таблице.

Тип АД	$P_n$ , кВт	$M_{пуск}/M_n$	$s_n$	$f$ , Гц
АИР132S4	7,5	2	0,04	50

*Задача.* Трёхфазный асинхронный двигатель с фазным ротором имеет следующие параметры Г-образной схемы замещения:  $r_1=0,071$  Ом,  $x_1=0,15$  Ом,  $r_2'=0,078$  Ом,  $x_2'=0,21$  Ом. Определить приведенное значение сопротивления пускового реостата, при котором  $M_{пуск}=M_{max}$ .

### Вопросы для подготовки к коллоквиуму

4	Синхронные Машины (ОПК-4.7)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Классификация. Область применения. Устройство активных частей. Системы охлаждения.</li> <li>2. Системы возбуждения. Магнитное поле возбуждения и улучшение формы кривой его распределения в зазоре.</li> <li>3. Назначение и принцип действия синхронного генератора (при работе на автономную нагрузку).</li> <li>4. Магнитное поле синхронной машины и его разложение на составляющие. Реакция якоря синхронного генератора при работе на автономную нагрузку и ее зависимость от характера нагрузки. Моделирование процессов в явнополюсном синхронном генераторе методом двух реакций.</li> <li>5. Уравнения электрического равновесия обмотки статора явнополюсного и неявнополюсного синхронных генераторов. Векторные диаграммы.</li> <li>6. Характеристики синхронного генератора при работе на автономную нагрузку: холостого хода, внешняя, регулировочная. Характеристика трехфазного КЗ. Отношение короткого замыкания.</li> </ol>
---	-----------------------------	--

		<ol style="list-style-type: none"> <li>7. Параллельная работа синхронного генератора на сеть большой мощности. Условия включения. Методы синхронизации.</li> <li>8. Перевод синхронной машины при параллельной работе с сетью в режим генератора и двигателя. Регулирование активной мощности.</li> <li>9. Зависимость электромагнитной мощности и электромагнитного момента синхронной машины (явно- и неявнополюсной) от угла нагрузки. Угловая характеристика. Статическая устойчивость.</li> <li>10. Регулирование реактивной мощности синхронной машины при параллельной работе с сетью в режиме постоянной активной мощности. <math>U</math>-образные характеристики.</li> <li>11. Синхронные двигатели. Область применения. Устройство. Системы возбуждения.</li> <li>12. Уравнение электрического равновесия обмотки якоря синхронного двигателя. Векторная диаграмма.</li> <li>13. Способы пуска синхронных двигателей.</li> <li>14. Синхронные компенсаторы. Область применения. Работа в режимах компенсации реактивной мощности и стабилизации напряжения.</li> <li>15. Внезапное симметричное короткое замыкание на выводах синхронного генератора. Физические процессы при ВКЗ. Возникновение периодических и апериодических составляющих токов в обмотках.</li> <li>16. Схема замещения синхронного генератора при ВКЗ и физический смысл ее параметров. Ударный ток короткого замыкания и его расчет. Возможные последствия ВКЗ.</li> </ol>
5	Машины постоянного тока (ОПК-4.7)	<ol style="list-style-type: none"> <li>17. Машины постоянного тока. Область применения. Устройство.</li> <li>18. Способы возбуждения машин постоянного тока.</li> <li>19. Якорные обмотки. Основные конструктивные параметры.</li> <li>20. Простая петлевая обмотка. Шаги обмотки. Число параллельных ветвей. Уравнительные соединения.</li> <li>11. Простая волновая обмотка. Шаги обмотки. Число параллельных ветвей.</li> <li>22. Генераторы постоянного тока. Назначение. Область применения. Принцип действия. Уравнение равновесия напряжений и ЭДС цепи якоря.</li> <li>23. Генераторы постоянного тока с самовозбуждением. Принцип самовозбуждения.</li> <li>24. Двигатели постоянного тока. Назначение. Область применения. Принцип действия. Уравнение равновесия напряжений и ЭДС цепи якоря.</li> <li>25. Магнитное поле в воздушном зазоре. Режим ХХ. Режим нагрузки: поперечная и продольная реакция якоря и ее воздействие на магнитное поле.</li> <li>26. ЭДС и электромагнитный момент якоря машины постоянного тока.</li> <li>27. Характеристики генераторов постоянного тока независимого, параллельного и смешанного возбуждения.</li> <li>28. Двигатели постоянного тока. Уравнение механической характеристики при независимом (параллельном) возбуждении.</li> <li>29. Механические характеристики двигателей постоянного тока.</li> <li>30. Способы пуска и регулирования частоты вращения двигателей постоянного тока.</li> <li>31. Коммутация в машинах постоянного тока. Причины искрения на коллекторе. Степени искрения.</li> <li>32. Основное уравнение коммутации. Прямолинейная, ускоренная и замедленная коммутация.</li> <li>33. Способы улучшения коммутации в машинах постоянного тока.</li> </ol>

Коллоквиум может быть также проведен в форме тестирования.  
Пример тестового билета:

## Билет №

**Задача 1.** Выберите правильное функциональное назначение:

В синхронном двигателе: 1) электрическая энергия преобразуется в механическую энергию; 2) электрическая энергия с одними параметрами напряжения, тока и частоты преобразуется в электрическую энергию с другими параметрами напряжения, тока и частоты; 3) механическая энергия преобразуется в электрическую энергию; 4) химическая энергия преобразуется в механическую энергию; 5) иное функциональное назначение.

**Задача 2.** Какие функции выполняет обмотка 1, расположенная в полюсных наконечниках индуктора синхронного двигателя?

- 1) Создает вращающий момент при замедлении ротора.
- 2) Создает тормозной момент при ускорении ротора.
- 3) Создает вращающий момент при асинхронном пуске.
- 4) Выполняет все вышеперечисленные функции.



**Задача 3.** Какое из приведенных ниже уравнений электрического равновесия соответствует обмотке якоря синхронного турбодвигателя, если при записи уравнения принято, что условное положительное направление тока в якоре совпадает с направлением действия приложенного напряжения?

- 1)  $\underline{U}_1 = \underline{E}_1 + r_1 \underline{I}_1 + jx_1 \underline{I}_1$ ; 2)  $\underline{U} = \underline{E}_0 - jx_c \underline{I} - r \underline{I}$ ; 3)  $\underline{U} = \underline{E}_0 + jx_c \underline{I} + r \underline{I}$ ; 4)  $\underline{U} = \underline{E}_0 - jx_d \underline{I}_d - jx_q \underline{I}_q - r \underline{I}$ ;
- 5)  $\underline{U} = \underline{E}_0 + jx_d \underline{I}_d + jx_q \underline{I}_q + r \underline{I}$ ; 6)  $\underline{U}_2 = \underline{E}_2 - r_2 \underline{I}_2 - jx_2 \underline{I}_2$ ;

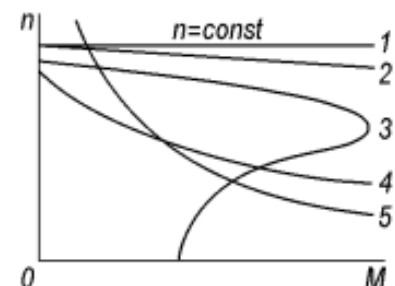
**Задача 4.** Рассчитайте ток якоря трехфазного синхронного генератора по следующим данным: подводимая к генератору мощность  $P_1 = 100$  кВт,  $\eta = 0.92$ , напряжение на зажимах обмотки якоря  $U_H = 500$  В,  $\cos \varphi_H = 0.8$ . Схема соединения обмотки якоря – звезда.

Ответы: 1) 64, 2 А; 2) 86,6 А; 3) 98,1 А; 4) 132,6 А; 5) 156,9 А

**Задача 5.** Функциональное назначение какой из частей машины постоянного тока указано ошибочно?

- 1). По обмотке якоря протекает ток нагрузки и в ней наводится ЭДС.
- 2). Обмотка возбуждения главных полюсов создает рабочий магнитный поток.
- 3). Добавочные полюсы служат для улучшения коммутации.
- 4). Щеточно-коллекторный узел соединяет вращающуюся обмотку якоря с внешней цепью.
- 5). Станина – часть магнитопровода машины, по которой замыкается рабочий магнитный поток и поток добавочных полюсов.
- 6). Компенсационная обмотка компенсирует поле добавочных полюсов.

**Задача 6.** На рисунке представлены механические характеристики ряда электрических двигателей. Какая из них соответствует двигателю постоянного тока параллельного возбуждения?



**Задача 7.** Уравнение  $I_a = I_b$ , связывающее токи якоря и возбуждения, соответствует: 1) генератору независимого возбуждения; 2) двигателю независимого возбуждения; 3) генератору параллельного возбуждения; 4) двигателю параллельного возбуждения; 5) генератору последовательного возбуждения; 6) двигателю параллельного возбуждения.

### 5.3. Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания

При промежуточной аттестации в форме экзамена (4 семестр) используется следующая шкала оценивания: 2 – неудовлетворительно, 3 – удовлетворительно, 4 – хорошо, 5 – отлично.

При промежуточной аттестации в форме зачета (5 семестр) используется следующая шкала оценивания: не зачтено, зачтено.

При промежуточной аттестации в форме экзамена:

Оценка сформированности компетенций по показателю Знания.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Знание терминов, определений, понятий	Не знает терминов и определений, понятий, используемых в теории трансформаторов и асинхронных двигателей	Знает термины и определения, но допускает неточности формулировок	Знает термины и определения, понятия, используемые в теории трансформаторов и асинхронных двигателей	Знает термины и определения, понятия, используемые в теории трансформаторов и асинхронных двигателей; может корректно сформулировать их самостоятельно
Знание основных закономерностей, соотношений, принципов	Не знает основных закономерностей, соотношений, описывающих трансформаторы и асинхронные двигатели	Знает, но допускает неточности при формулировке и описании основных закономерностей, соотношений, описывающих трансформаторы и асинхронные двигатели	Знает основные закономерности, соотношения, описывающие трансформаторы и асинхронные двигатели	Знает основные закономерности, соотношения, описывающие трансформаторы и асинхронные двигатели; может самостоятельно их объяснить
Объем освоенного материала	Не знает значительной части материала дисциплины	Имеет поверхностные знания основного материала дисциплины, не усвоив его детали	Знает материал дисциплины в полном объеме	Обладает твердыми и полными знаниями материала дисциплины, владеет дополнительными знаниями
Полнота ответов на вопросы	Не дает ответы на большинство задаваемых вопросов	Дает неполные ответы на большинство вопросов	Дает полные ответы на большую часть заданных вопросов	Дает полные, развернутые ответы на все поставленные вопросы
Четкость изложения и интерпретации знаний	Излагает знания без логической последовательности	Излагает знания с нарушениями в логической последовательности	Излагает знания без нарушений в логической последовательности	Излагает знания в логической последовательности, самостоятельно их интерпретируя и анализируя
	Не иллюстрирует изложение поясняющими формулами, графиками,	Выполняет поясняющие формулы, графики и рисунки небрежно и с ошибками	Выполняет поясняющие формулы, рисунки и схемы корректно и правильно	Выполняет поясняющие рисунки и схемы точно и аккуратно, раскрывая

	рисунками и примерами			полноту усвоенных знаний
	Не излагает или неверно излагает и интерпретирует знания	Допускает неточности в изложении и интерпретации знаний	Грамотно и по существу излагает знания	Грамотно и точно излагает знания, делает самостоятельные выводы

### Оценка сформированности компетенций по показателю *Умения*.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Полнота ответа на вопросы экзаменационного билета	Ответы на вопросы экз. билета даны не верно	Ответы даны не в полном объеме	Ответы на вопросы билета раскрыты полностью	Ответы выполнены полностью, рациональным способом
Качество ответа на вопросы экзаменационного билета	Имеются существенные ошибки при ответе на вопросы билета	Ответы выполнены с существенными неточностями, не носящими принципиальный характер	Ответы выполнены с небольшими неточностями	Ответы выполнены без ошибок
Самостоятельность подготовки ответа на вопросы экзаменационного билета	Не может подготовить ответы, в том числе и с дополнительной помощью	Может выполнить задание только с дополнительной помощью	Выполняет задание в основном самостоятельно	Самостоятельно выполняет задание
Умение сравнивать, сопоставлять и обобщать и делать выводы	Не умеет сравнивать, сопоставлять и обобщать, а также делать выводы при ответе на вопросы билета	Допускает ошибки при сопоставлении, обобщении и при формулировании выводов на заданные вопросы	Умеет сравнивать, сопоставлять и обобщать, но допускает небольшие неточности при формулировании выводов	Умеет сравнивать, сопоставлять и обобщать, а также делает верные выводы на задаваемые вопросы
Качество оформления ответа на вопросы экзаменационного билета	Ответы оформлено настолько неряшливо, что не поддаются проверке	Ответы оформлены неаккуратно, отсутствуют необходимые пояснения в виде графиков, схем и формул	Ответы оформлены аккуратно, с необходимыми пояснениями	Ответы оформлены аккуратно, с необходимыми пояснениями и ссылками на используемые источники
Правильность применения теоретического материала	При объяснении теоретического материала допускаются грубые ошибки при описании основных закономерностей, соотношений	Объясняя теоретический материал, допускает ошибки, не носящие принципиальный характер	Теоретический материал применен и интерпретирован в целом правильно, но имеются неточности	Теоретический материал применен и интерпретирован правильно

Оценка сформированности компетенций по показателю Навыки.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Выбор методики формирования ответов на вопросы билета	Неверно выбрана методика подготовки ответов	Методика формирования ответов выбрана в целом верно, но имеются незначительные неточности при описании теоретических зависимостей и графического материала	Методика выполнения ответов выбрана верно, но имеются недочеты, не относящиеся к основным теоретическим зависимостям и графическому материалу	Выбрана верная или наиболее рациональная методика формирования ответов с применением графического и аналитического методов
Анализ результатов решения задачи	Не произведен анализ результатов решения задачи	Анализ результатов, полученных при решении задачи, выполняется только при помощи преподавателя	Допускаются незначительные неточности в ходе анализа результатов решения задачи	Произведен анализ результатов решения задачи и сделаны правильные выводы
Обоснование полученных результатов	Представляемые результаты не обоснованы	Имеются замечания к полученным результатам, отсутствует в достаточной степени их обоснование	Представляемые результаты теоретически обоснованы и в целом аргументированы	Представляемые результаты теоретически обоснованы, четко аргументированы

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Материально-техническое обеспечение

№	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1	Учебная аудитория для проведения лекционных занятий	Специализированная мебель; мультимедийный проектор, переносной экран, ноутбук, доска
2	Учебная аудитория для проведения практических занятий, консультаций, текущего контроля, промежуточной аттестации	Специализированная мебель; мультимедийный проектор, переносной экран, компьютер (ноутбук); плакаты и наглядные материалы.
3	Учебная аудитория для проведения лабораторных занятий.	Специализированная мебель. Лабораторные стенды.
4	Читальный зал библиотеки для самостоятельной работы	Специализированная мебель; компьютерная техника, подключенная к сети «Интернет», имеющая доступ в электронную информационно-образовательную среду

### 6.2. Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов

1. Сотников В.В. Электрические машины: в 2 ч. Ч. 1. Трансформаторы. Общие вопросы теории электрических машин. Асинхронные двигатели: учебное пособие / В. В. Сотников. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2019. – 160 с.

2. Сотников В.В. Электрические машины: в 2 ч. Ч. 2. Синхронные машины. Машины постоянного тока: учебное пособие / В. В. Сотников. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2019. – 126 с.

3. Ванурин В.Н. Электрические машины: учеб. для вузов [Электронный ресурс] / В.Н. Ванурин. – СПб.: Лань, 2021. – 304 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/171848>. Для авториз. пользователей.

4. Кобозев В.А. Электрические машины: учебное пособие. Часть 1. Машины постоянного тока. Трансформаторы. / Кобозев В.А. – Ставропольский ГАУ, 2015. 208 с. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/82225>. Книга доступна для чтения в рамках проекта СЭБ.

5. Кобозев В.А. Электрические машины: учебное пособие. Часть 2. Электрические машины переменного тока. / Кобозев В.А. – Ставропольский ГАУ, 2015. 200 с. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/82226>. Книга доступна для чтения в рамках проекта СЭБ.

6. Ионов А.А. Электрические машины: задачник. / Ионов А.А. Самарский ГУПС, 2019. – 115 с. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/145823>. Книга доступна для чтения в рамках проекта СЭБ.

7. Ванурин В.Н. Статорные обмотки асинхронных электрических машин: учебное пособие. 2-е изд., испр. и доп. / В.Н. Ванурин. – Изд-во "Лань", 2021. 224 с. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/168991>. Для авториз. пользователей.



8. Авилов В.Д., Серкова Л.Е., Третьяков Е.А. Конструкция асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором: учебно-методическое пособие к выполнению курсовой работы по дисциплине "Электрические машины и электропривод" для студентов дневной и заочной форм обучения. Омский ГУПС, 2019. – 28 с. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/165618>. Книга доступна для чтения в рамках проекта СЭБ.

9. Электрические машины. Трансформаторы и асинхронные двигатели: Методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов направления бакалавриата 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» / сост. В.В. Сотников, С.А. Духанин, Д.И. Прокопишин – Белгород: Изд-во БГТУ, 2019. – 44 с.

10. Электрические машины постоянного тока : метод. указания к выполнению лаб. работ для студентов всех специальностей / БГТУ им. В. Г. Шухова, каф. электроэнергетики ; сост.: С. А. Духанин, Ю. И. Рудаков. - Белгород : Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2012. - 28 с. (Документ имеется в электронной библиотеке)

11. Электрические машины постоянного тока [Электронный ресурс БГТУ им. В.Г. Шухова]: метод. указания к выполнению лаб. работ для студентов всех специальностей / БГТУ им. В.Г. Шухова, каф. электроэнергетики; сост.: С.А. Духанин, Ю.И. Рудаков. – 3-е изд., перераб. – Электрон. текстовые дан. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2012. – Режим доступа: <https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2013040917321059953600005528> - Загл. с экрана.

12. Электрические машины: метод. указания к выполнению лаб. работ для студентов специальностей 140211, 140604, 190205, 190702, 270205, 120303, 220501, 280201, 280202 / БГТУ им. В.Г. Шухова, каф. электротехники и автоматики; сост.: А.И. Лимаров, Ф.М. Гребенчук, Н.Б. Сибирцева, Н.С. Требукова, А.С. Солдатенков. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2009. – 63 с.

### **6.3. Перечень интернет-ресурсов, профессиональных баз данных, информационно-справочных систем**

1. «СтудМед». Электронный ресурс. Режим доступа: <https://www.studmed.ru/>. Поиск по сайту: «электрические машины»
2. Техническая библиотека. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://techlibrary.ru/>. Поиск по алфавитному каталогу.
3. Электроэнергетика. Эксплуатация электрических машин и аппаратуры. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://forca.ru/knigi/arhivy/ekspluatsiya-elektricheskikh-mashin-i-apparatury.html>
4. Школа для электрика. Электрические машины. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://electricalschool.info/spravochnik/maschiny/>
5. Электротехника. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://electrono.ru/elektricheskie-mashiny>
6. Студопедия – лекционный материал для студентов. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://studopedia.su>. Поиск по сайту: «электрические машины»
7. ПУЭ8. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://pue8.ru/category/elektricheskie-mashiny>

## 7. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа утверждена на 20\_\_\_\_ /20\_\_\_\_ учебный год  
без изменений / с изменениями, дополнениями<sup>1</sup>

Протокол №\_\_\_\_ заседания кафедры от « » \_\_\_\_\_ 202\_ г.

Заведующий кафедрой ЭиА \_\_\_\_\_ А.В. Белоусов

---

<sup>1</sup> Нужно подчеркнуть