

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Тверской государственный технический университет»**  
(ТвГТУ)

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор  
по учебной работе  
\_\_\_\_\_ Э.Ю. Майкова  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
дисциплины обязательной части Блока 1 «Дисциплины (модули)»  
**«Электрические машины»**  
Направление подготовки бакалавров - 13.03.02 Электроэнергетика и  
электротехника  
Направленность (профиль) – Электроснабжение  
Типы задач профессиональной деятельности: эксплуатационный  
Форма обучения – очная и заочная.

Машиностроительный факультет  
Кафедра «Электроснабжения и электротехники»

Тверь 20\_\_\_\_

Рабочая программа дисциплины соответствует ОХОП подготовки бакалавров в части требований к результатам обучения по дисциплине и учебному плану.

Разработчик программы: доцент кафедры ЭСиЭ

В.А. Зайцев

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ЭСиЭ  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_\_г., протокол № \_\_\_.

Заведующий кафедрой

А.Н. Макаров

Согласовано  
Начальник учебно-методического  
отдела УМУ

Д.А. Барчуков

Начальник отдела  
комплектования  
зональной научной библиотеки

О.Ф. Жмыхова

## **1. Цели и задачи дисциплины.**

**Целью** изучения дисциплины «Электрические машины» является получение знаний о принципах действия и основах построения электромеханических преобразователей энергии, входящих в электроэнергетическую систему.

**Задачами дисциплины** являются:

получение знаний по принципу действия, конструкции и областям применения трансформаторов и электрических генераторов и двигателей;

изучение методик расчета по определению параметров и характеристик электрических машин;

формирование у студентов навыков экспериментального определения характеристик электрических машин и их испытаний.

## **2. Место дисциплины в структуре ОП.**

Дисциплина относится к обязательной части Блока 1 ОП ВО. Для изучения курса требуются знания дисциплин «Теоретические основы электротехники», а также отдельные разделы дисциплин «Математика», «Физика», «Электрическое материаловедение».

Приобретенные в рамках данной дисциплины знания расширяются и развиваются в направлении разработки методов анализа, расчета и экспериментального исследования явлений и процессов, протекающих в электрических машинах, они необходимы в дальнейшем при изучении дисциплин, ориентированных на проектировочные, аналитические и экспертные виды заданий, связанных с электроэнергетическими системами.

## **3. Планируемые результаты обучения по дисциплине.**

### **3.1. Планируемые результаты обучения по дисциплине**

#### **Компетенции, закрепленные за дисциплиной в ОХОП:**

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-6: Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни.

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

#### **Индикаторы компетенций, закрепленных за дисциплиной в ОХОП:**

ИУК-2.1. Формирует в рамках поставленной цели проекта совокупность задач, обеспечивающих её выполнение.

ИУК-6.1. Эффективно планирует собственное время.

ИОПК-4.5. Анализирует установившиеся режимы работы трансформаторов и вращающихся электрических машин различных типов, использует знание их режимов работы и характеристик.

**Показатели оценивания индикаторов достижения компетенции**

**Индикатор компетенции ИУК – 2.1.**

**Знать:**

31. Принцип действия современных электрических машин, особенности их конструкции, уравнения состояния и схемы замещения электрических машин.

32. Методические основы моделирования и проектирования электрических машин.

**Уметь:**

У1. Использовать полученные знания при решении практических задач по проектированию электрических машин.

У2. Выбирать методы экспериментальных исследований рабочих характеристик электрических машин.

**Индикатор компетенции ИУК – 6.1.**

**Знать:**

31. Информационные источники по теории и практике электрических машин и планируемое время изучения этих источников.

**Уметь:**

У1. Выделять время на изучение наиболее перспективных путей развития электрических машин.

**Индикатор компетенции ИОПК – 4.5.**

**Знать:**

31. Основные узлы конструкций электрических машин.

**Уметь:**

У1. Выявлять наименее надежные конструктивные элементы конкретных электрических машин.

**3.2. Технологии, обеспечивающие формирование компетенций**

Проведение лекционных, лабораторных и практических занятий; выполнение курсовой работы.

**4. Трудоемкость дисциплины и виды учебной работы.**

**ОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ**

Таблица 1а. Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной работы в 3 семестре

<b>Вид учебной работы</b>	<b>Зачетных единиц</b>	<b>Академических часов</b>
Общая трудоемкость дисциплины	3	108
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>		45
В том числе:		

Лекции		15
Практические занятия (ПЗ)		15
Семинары (С)		не предусмотрены
Лабораторные работы (ЛР)		15
<b>Самостоятельная работа обучающихся (всего)</b>		63
В том числе:		
Курсовая работа		не предусмотрена
Курсовой проект		не предусмотрен
Расчетно-графические работы		не предусмотрены
Реферат		не предусмотрен
Другие виды самостоятельной работы: - подготовка к защите лабораторных работ		59
Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация (зачет)		4
<b>Практическая подготовка при реализации дисциплины (всего)</b>		0

Таблица 16. Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной работы в 4 семестре.

Вид учебной работы	Зачетных единиц	Академических часов
Общая трудоемкость дисциплины	3	108
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>		45
В том числе:		
Лекции		15
Практические занятия (ПЗ)		15
Семинары (С)		не предусмотрены
Лабораторные работы (ЛР)		15
<b>Самостоятельная работа обучающихся (всего)</b>		63
В том числе:		
Курсовая работа		20
Курсовой проект		не предусмотрен
Расчетно-графические работы		не предусмотрены
Реферат		не предусмотрен
Другие виды самостоятельной работы: - подготовка к защите лабораторных работ		5
Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация (экзамен)		2+36(экз.)
<b>Практическая подготовка при реализации дисциплины (всего)</b>		

## ЗАОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ

Таблица 2а. Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной работы в 3 семестре

Вид учебной работы	Зачетных единиц	Академических часов
Общая трудоемкость дисциплины	3	108
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>		16
В том числе:		
Лекции		4
Практические занятия (ПЗ)		8
Лабораторные работы (ЛР)		4
<b>Самостоятельная работа обучающихся (всего)</b>		92
В том числе:		
Курсовая работа		не предусмотрена
Курсовой проект		не предусмотрен
Расчетно-графические работы		32
Реферат		не предусмотрен
Другие виды самостоятельной работы:		
- изучение теоретической части дисциплины;		46
- подготовка к защите лабораторных работ		10
Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация (зачет)		4
<b>Практическая подготовка при реализации дисциплины (всего)</b>		

Таблица 2б. Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной работы в 4 семестре.

Вид учебной работы	Зачетных единиц	Академических часов
Общая трудоемкость дисциплины	3	108
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>		6
В том числе:		
Лекции		
Практические занятия (ПЗ)		4
Лабораторные работы (ЛР)		2
<b>Самостоятельная работа обучающихся (всего)</b>		102
В том числе:		
Курсовая работа		26
Курсовой проект		не предусмотрен
Расчетно-графические работы		не предусмотрены
Реферат		не предусмотрен
Другие виды самостоятельной работы:		
- изучение теоретической части		28

дисциплины; - подготовка к защите лабораторных работ		10
Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация (экзамен)	1	2+36(экз.)
<b>Практическая подготовка при реализации дисциплины (всего)</b>		

## 5. Структура и содержание дисциплины.

### 5.1. Структура дисциплины.

#### ОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ

Таблица 3а. Модули дисциплины, трудоемкость в часах и виды учебной работы.

№	Наименование модуля	Труд-ть часы	Лек-ции	Практич. занятия	Лаб. практ.	Сам. работа
1	Цели и задачи дисциплины. Перспективы развития электрических машин. Применение средств вычислительной техники и Интернет-ресурсов при освоении дисциплины. Трансформаторы.	92	8	8	15	59+2(зач.)
2	Синхронные машины.	16	7	7	-	2(зач.)
3	Асинхронные машины.	65	9	9	9	5+15(КР)+18(экз.)
4	Машины постоянного тока.	43	6	6	6	2+5(КР)+18(экз.)
	Всего на дисциплину	<b>216</b>	30	30	30	66+20(КР)+36(экз.)+4(зач.)

#### ЗАОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ

Таблица 3б. Модули дисциплины, трудоемкость в часах и виды учебной работы.

№	Наименование модуля	Труд-ть часы	Лек-ции	Практич. занятия	Лаб. практ.	Сам. работа
1	Цели и задачи дисциплины. Перспективы развития электрических машин. Применение средств вычислительной техники и Интернет-ресурсов при освоении дисциплины. Трансформаторы.	76	4	6	4	60+2(зач.)
2	Синхронные машины.	32	-	2	-	28+2(зач.)

3	Асинхронные машины.	62		4	2	20+18(КР)+18(экз.)
4	Машины постоянного тока.	46	-	2	-	18+8(КР)+18(экз.)
	Всего на дисциплину	<b>216</b>	4	14	6	126+26(КР)+36(экз.)+4(зач.)

## 5.2. Содержание дисциплины.

### **МОДУЛЬ 1 «Цели и задачи дисциплины. Перспективы развития электрических машин. Применение средств вычислительной техники и Интернет-ресурсов при освоении дисциплины.**

#### **Трансформаторы»:**

Знание принципов работы, конструкций и эксплуатационных свойств электрических машин (ЭМ) – основа при решении вопросов надежной работы энергосистем и промышленных предприятий. Перспективы развития ЭМ. Применение средств вычислительной техники и Интернет-ресурсов при изучении ЭМ.

Основные физические законы, лежащие в основе работы ЭМ, математический аппарат для описания этой работы.

Устройство и принцип действия трансформаторов, уравнения электрического и магнитного состояния, схемы замещения. Режимы холостого хода и короткого замыкания, векторные диаграммы. Рабочий режим трансформатора, векторные диаграммы, КПД и внешняя характеристика трансформатора. Магнитные системы, схемы и группы соединений трехфазных силовых трансформаторов. Параллельная работа трансформаторов, работа трансформаторов при несимметричных нагрузках. Короткие замыкания и переходные процессы в трансформаторах. Способы регулировки напряжения на вторичной обмотке трансформатора. Типы трансформаторов: многообмоточные, автотрансформаторы, измерительные, сварочные, трансформаторы для изменения числа фаз и частоты.

#### **МОДУЛЬ 2 «Синхронные машины»:**

Общие вопросы теории ЭМ. Теория ЭМ переменного тока. Обмотки статора трехфазной ЭМ, способы их соединения.

Принцип синхронности в ЭМ переменного тока. Особенности конструкции синхронных машин (СМ). Форма кривой основного магнитного поля явнополюсных и неявнополюсных СМ. Реакция якоря СМ, принцип теории двух реакций, поле реакции якоря. Активные и индуктивные сопротивления СМ.

Синхронный генератор (СГ). Характеристики СГ, реактивный треугольник и индуктивное сопротивление Потье. Симметричная нагрузка, диаграммы ЭДС (Блонделя), применение их для оценки изменения напряжения на выходе СГ при изменении нагрузки. Диаграммы ЭДС и МДС (Потье) для СГ. Энергетическая

диаграмма и КПД СМ. Параллельное включение СГ. Угловые характеристики СМ, синхронизирующая и реактивная мощность, устойчивость СМ. Работа СМ в режиме недовозбуждения и перевозбуждения. U-характеристики СМ.

Синхронный двигатель (СД), мощность и момент СД. Рабочие и механические характеристики СД, способы пуска.

Синхронный компенсатор, определение максимальных значений опережающего и отстающего токов компенсатора.

### **МОДУЛЬ 3 «Асинхронные машины»:**

Конструкция асинхронной машины. Типы обмоток. ЭДС и МДС статорной обмотки, принцип получения вращающегося магнитного поля. Асинхронная машина как обобщенный трансформатор, эквивалентные схемы замещения, активные и индуктивные сопротивления. Расчет параметров схем замещения на основе опытов холостого хода и короткого замыкания. Векторные диаграммы в различных режимах работы.

Асинхронный двигатель (АД) с короткозамкнутым и фазным ротором, принцип действия АД. Электромагнитный момент и механическая характеристика АД. Расчет механической характеристики по паспортным данным, формула Клосса. Рабочие характеристики АД.

Асинхронные генераторы, области их применения, в том числе и в энергосберегающих технологиях.

Круговые диаграммы асинхронных машин, методика расчета и порядок построения уточненной круговой диаграммы АД. Энергетические диаграммы и КПД асинхронных машин. Способы пуска, торможения, реверса и регулирование частоты вращения АД. Однофазные АД, включение трехфазных АД в однофазную сеть. Специализированные асинхронные машины.

### **МОДУЛЬ 4 «Машины постоянного тока»:**

Общие вопросы теории машин постоянного тока (МПТ), конструктивное исполнение. Магнитная цепь МПТ, типы обмоток, способы возбуждения МПТ. Реакция якоря и явления коммутации в МПТ. Уравнения ЭДС и моментов.

Генераторы постоянного тока, их характеристики. Самовозбуждение генераторов.

Двигатели постоянного тока (ДПТ). Характеристики ДПТ: механические и рабочие. Способы пуска, торможения, реверса и регулирование частоты вращения ДПТ. Энергетические диаграммы и КПД МПТ.

### 5.3. Лабораторные работы

#### ОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ

Таблица 4а. Лабораторные работы и их трудоемкость

№	Порядковый номер модуля Цели лабораторных работ	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость в часах
1	<b>Модуль 1</b> <b>Цель:</b> ознакомиться с работой трехфазных силовых трансформаторов, способами определения обмоток и групп их соединения; научиться снимать характеристики трансформаторов, осуществлять их параллельную работу.	Исследование трехфазного двухобмоточного трансформатора.	9
		Параллельная работа трехфазных двухобмоточных трансформаторов.	6
2	<b>Модуль 3</b> <b>Цель:</b> ознакомиться с работой асинхронных двигателей, научиться снимать их характеристики.	Исследование трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.	2
		Исследование трехфазного асинхронного двигателя с фазным ротором.	6
		Исследование трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором при однофазном включении.	2
3	<b>Модуль 4</b> <b>Цель:</b> ознакомиться с работой машин постоянного тока, научиться снимать их характеристики.	Исследование генератора постоянного тока.	2
		Исследование двигателя постоянного тока.	3

#### ЗАОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ

Таблица 4б. Лабораторные работы и их трудоемкость

№	Порядковый номер модуля Цели лабораторных работ	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость в часах
1	<b>Модуль 1</b> <b>Цель:</b> ознакомиться с работой трехфазных силовых трансформаторов, научиться проводить опыты холостого хода и короткого замыкания.	Исследование трехфазного двухобмоточного трансформатора.	4
2	<b>Модуль 3</b> <b>Цель:</b> ознакомиться с работой асинхронных двигателей, научиться снимать их характеристики.	Исследование трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.	2

## 5.4. Практические занятия. ОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ

Таблица 5а. Практические занятия и их трудоемкость

№	Модули. Цели практического занятия	Примерная тематика практического занятия	Трудоемк. в часах
1	<b>Модуль 1</b> <b>Цель:</b> формирование умений расчета характеристик трансформаторов и параметров их параллельной работы.	Расчет элементов схемы замещения и характеристик трехфазного силового трансформатора на основе паспортных данных.	6
		Расчет параметров параллельного включения двух трансформаторов с различными коэффициентами трансформации и напряжениями короткого замыкания.	6
		Расчет токов короткого замыкания.	3
2	<b>Модуль 3</b> <b>Цель:</b> формирование умений расчета характеристик асинхронных двигателей и их параметров.	Расчет и построение схемы обмотки статора и вращения его магнитного поля.	6
		Расчет механических характеристик асинхронного двигателя.	5
3	<b>Модуль 4</b> <b>Цель:</b> формирование умений расчета характеристик двигателей постоянного тока и их параметров.		
		Расчет и построение механических характеристик при различных способах возбуждения.	4

## ЗАОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ

Таблица 5б. Практические занятия и их трудоемкость

№	Модули. Цели практического занятия	Примерная тематика практического занятия	Трудоемк. в часах
1	<b>Модуль 1</b> <b>Цель:</b> формирование умений расчета характеристик трансформаторов и параметров	Расчет элементов схемы замещения и характеристик трехфазного силового трансформатора на основе паспортных данных.	4

	их параллельной работы.	Расчет параметров параллельного включения двух трансформаторов с различными коэффициентами трансформации и напряжениями короткого замыкания.	3
		Расчет токов короткого замыкания.	1
2	<b>Модуль 3</b> <b>Цель:</b> формирование умений расчета характеристик асинхронных двигателей и их параметров.	Расчет механических характеристик асинхронного двигателя.	4

## **6. Самостоятельная работа обучающихся и текущий контроль их успеваемости.**

### **6.1. Цели самостоятельной работы**

Формирование способностей к самостоятельному познанию и обучению, поиску литературы, обобщению, оформлению и представлению полученных результатов, их критическому анализу, поиску новых и неординарных решений, аргументированному отстаиванию своих предложений, умений подготовки выступлений и ведения дискуссий.

### **6.2. Организация и содержание самостоятельной работы**

Самостоятельная работа заключается в изучении отдельных тем курса по заданию преподавателя по рекомендуемой им учебной литературе, в подготовке к лабораторным работам, к текущему контролю успеваемости, экзамену, зачету, в выполнении курсовой работы.

В рамках дисциплины выполняется 7 лабораторных работ по общей форме обучения и 2 лабораторные работы по заочной форме обучения, которые защищаются посредством тестирования или устным опросом (по желанию обучающегося) по представлению оформленной лабораторной работы. Максимальная оценка за каждую выполненную лабораторную работу – 5 баллов, минимальная – 3 балла.

Выполнение всех лабораторных работ обязательно. В случае невыполнения лабораторной работы по уважительной причине студент имеет право выполнить работу самостоятельно с представлением преподавателю результатов выполнения работы в бумажном виде и дальнейшей ее защите.

В четвертом семестре после изложения теоретических основ построения асинхронных двигателей и двигателей постоянного тока студентам выдаются соответствующие задания курсовой работы. Курсовая работа по общему заданию с различными вариантами оформляется на листах формата А4 в рукописном или компьютерном виде, графики и чертежи выполняются на листах миллиметровой бумаги.

## **7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.**

### **7.1. Основная литература по дисциплине**

1. Вольдек, А.И. Электрические машины. Введение в электромеханику. Машины постоянного тока и трансформаторы [Текст]: учеб. для вузов/Вольдек, А. И., Попов, В.В. – СПб.: Питер, 2007. – 319 с. – (60947-12)
2. Вольдек, А.И. Электрические машины. Машины переменного тока [Текст]: учеб. для студентов вузов / Вольдек, А.И., Попов, В.В. – СПб.: Питер, 2007. – 347 с. – (63656-10)
3. Копылов, И.П. Электрические машины [Текст]: Учебник для акад. бакалавриата вузов по инженерно-техн. направ. и спец. - в 2-х т. / Национальный исследовательский ун-т «МЭИ» - Москва: Юрайт, 2015. – 267 с. – (110663-2) и предыдущие издания.

### **7.2. Дополнительная литература по дисциплине**

1. Гольдберг, О. Д., Хелемская, С.П. Электромеханика [Текст]: Учебник для вузов по спец. 140200 «Электроэнергетика» / под ред. О.Д. Гольдберга – М.: Академия, 2007. – 504 с. – (65691-59)
2. Герман-Галкин, С.Г. Электрические машины [Текст]: лаб. работы на ПК / Герман-Галкин, С.Г., Кардонов, Г.А. – СПб.: Корона принт, 2007. – 256 с. – (75873-5)
3. Алиев, И.И. Справочник по электротехнике и электрооборудованию [Текст]: учеб. пособие для вузов – М.: Высшая школа, 2007. – 255 с. – (77525-6) и предыдущие издания.

### **7.3. Методические материалы**

Учебно-методический комплекс по дисциплине «Электрические машины»:

<https://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/112092>

### **7.4. Программное обеспечение по дисциплине**

Операционная система Microsoft Windows: лицензии № ICM-176609 и № ICM-176613 (Azure Dev Tools for Teaching)

Microsoft Office 2007 Russian Academic: OPEN No Level: лицензия № 41902814.

**7.5. Специализированные базы данных, справочные системы, электронно-библиотечные системы, профессиональные порталы в Интернет**

1. Ресурсы: <http://lib.tstu.tver.ru/header/obr-res>
2. ЭК ТвГТУ: <http://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/Web>
3. ЭБС «Лань»: <http://e.lanbook.com/>
4. ЭБС «Университетская библиотека онлайн»: <http://www.biblioclub.ru/>
5. ЭБС «IPRBooks»: <http://www.iprbookshop.ru/>

6. Электронная образовательная платформа «Юрайт» (ЭБС «Юрайт»): <http://urait.ru/>

7. Научная электронная библиотека Elibrary: <http://elibrary.ru/>

### **8. Материально-техническое обеспечение.**

При изучении дисциплины «Электрические машины» используются современные средства обучения: наглядные пособия, диаграммы, схемы.

Возможна демонстрация лекционного материала с помощью мультимедийного проектора, соединяемого с компьютером.

Выполнение лабораторных работ осуществляется на учебных стендах и с помощью типового оборудования.

### **9. Фонд оценочных средств промежуточной аттестации**

#### **9.1. Фонд оценочных средств промежуточной аттестации в форме экзамена**

1. Шкала оценивания промежуточной аттестации в форме экзамена – «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

2. Виды критериев уровня сформированности компетенций:

Допуск до экзамена (бинарный критерий) – допущен или не допущен.

Показателем является выполнение всех контрольных мероприятий по текущему контролю успеваемости.

Критерии оценки и ее значения для категории «знать» (количественный критерий):

Ниже базового – 0 баллов.

Базовый уровень (репродуктивные знания) – 1 балл.

Повышенный уровень (продуктивные знания) – 2 балла.

Критерии оценки и ее значение для категории «уметь» (бинарный критерий):

Отсутствие умений – 0 баллов.

Наличие умения – 1 балл.

Критерии оценки и ее значение для категории «владеть» (бинарный критерий):

Отсутствие владения – 0 баллов.

Наличие владения – 2 балла.

3. Вид экзамена – устный экзамен.

4. Форма экзаменационного билета.

Билет соответствует утвержденной Положением о рабочих программах дисциплин, соответствующих ФГОС ВО, форме. Типовой образец экзаменационного билета приведен в Приложении. Обучающемуся дается право выбора заданий из числа, содержащихся в билете, принимая во внимание оценку, на которую он претендует. Верное выполнение задания (решения задачи) не допускает любых погрешностей по существу задания.

5. Критерии оценки за экзамен:

«отлично» - при сумме баллов 5;

«хорошо» - при сумме баллов 4;

«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;

«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

Число экзаменационных билетов – 20. Число вопросов (заданий) в экзаменационном билете – 3.

6. База заданий, предназначенных для предъявления студентам на экзамене.
  1. Конструкция асинхронной машины и режимы ее работы.
  2. Обмотки асинхронных машин и их исполнение.
  3. Обмоточный коэффициент обмоток асинхронных машин.
  4. Электродвижущая и магнитодвижущая силы обмоток асинхронных машин.
  5. Эквивалентные электрические схемы замещения асинхронных машин.
  6. Асинхронная машина как обобщенный трансформатор.
  7. Опыт короткого замыкания асинхронного двигателя, использование его результатов для расчета параметров схем замещения.
  8. Опыт холостого хода асинхронного двигателя, использование его результатов для расчета параметров схем замещения.
  9. Конструктивные отличия асинхронных машин с короткозамкнутым и фазным роторами.
  10. Получение вращающегося магнитного поля статора в асинхронном двигателе.
  11. Принцип действия асинхронного двигателя.
  12. Электромагнитный момент, механическая и рабочие характеристики асинхронного двигателя.
  13. Круговая диаграмма асинхронных машин.
  14. Методика расчета и порядок построения уточненной круговой диаграммы.
  15. Расчет механической характеристики асинхронного двигателя по паспортным данным. Формула Клосса.
  16. Способы пуска асинхронного двигателя.
  17. Способы торможения асинхронного двигателя.
  18. Способы регулирования частоты вращения асинхронного двигателя.
  19. Энергетическая диаграмма и КПД асинхронной машины.
  20. Однофазные асинхронные двигатели. Включение трехфазного асинхронного двигателя в однофазную сеть.
  21. Конструктивное исполнение машин постоянного тока, назначение элементов конструкции.
  22. Типы обмоток якоря машин постоянного тока и их исполнение.
  23. Коллектор машины постоянного тока, его назначение.
  24. Принцип действия машин постоянного тока.
  25. Уравнения электродвижущей силы и момента машины постоянного тока.
  26. Эксплуатационные характеристики различных типов обмоток машин постоянного тока.
  27. Способы возбуждения машин постоянного тока.
  28. Реакция якоря машины постоянного тока и ее влияние на работу машины, способы снижения этого влияния.
  29. Явления коммутации машин постоянного тока и их влияние на работу машины, способы снижения этого влияния.
  30. Генераторы постоянного тока и области их применения.

31. Условия самовозбуждения генератора постоянного тока.
32. Характеристики генераторов постоянного тока.
33. Сравнительный анализ генераторов постоянного тока с независимым и параллельным возбуждением.
34. Двигатели постоянного тока и области их применения.
35. Механические характеристики двигателя постоянного тока с параллельным возбуждением.
36. Механические характеристики двигателя с последовательным возбуждением.
37. Способы пуска двигателя постоянного тока.
38. Способы торможения двигателя постоянного тока.
39. Способы регулировки частоты вращения.
40. Энергетическая диаграмма и КПД машин постоянного тока.

7. Методические материалы, определяющие процедуру проведения экзамена.

При ответе на вопросы экзамена допускается использование справочных данных.

Пользование различными техническими устройствами, кроме инженерного калькулятора, не допускается. При желании студента покинуть пределы аудитории во время экзамена экзаменационный билет после его возвращения заменяется.

Иные нормы, регламентирующие процедуру проведения экзамена, представлены в Положении о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов.

## **9.2. Фонд оценочных средств промежуточной аттестации в форме зачета**

1. Шкала оценивания промежуточной аттестации – «зачтено», «не зачтено».

2. Вид промежуточной аттестации в форме зачета.

Вид промежуточной аттестации устанавливается преподавателем:

по результатам текущего контроля знаний, обучающегося без дополнительных контрольных испытаний или с выполнением дополнительного итогового контрольного испытания при наличии у студентов задолженностей в текущем контроле.

3. Для дополнительного итогового контрольного испытания студенту в обязательном порядке предоставляется:

база заданий, предназначенных для предъявления обучающемуся на дополнительном итоговом контрольном испытании (типовой образец задания приведен в Приложении), задание выполняется письменно;

методические материалы, определяющие процедуру проведения дополнительного итогового испытания и проставления зачёта.

Критерии выполнения контрольного испытания и условия проставления зачёта:

для категории «знать» (бинарный критерий):

Ниже базового - 0 баллов.

Базовый уровень – 1 балл.

Критерии оценки и ее значение для категории «уметь» (бинарный критерий):

Отсутствие умения – 0 баллов.

Наличие умения – 1 балл.

Критерии итоговой оценки за зачет:

«зачтено» - при сумме баллов;

«не зачтено» - при сумме баллов 0, или 1.

Число заданий для дополнительного итогового контрольного испытания - 20.

Число вопросов – 3.

Продолжительность – 60 минут.

4. При промежуточной аттестации без выполнения дополнительного итогового контрольного испытания студенту в обязательном порядке описываются критерии проставления зачёта:

«зачтено» - выставляется обучающемуся при условии выполнения им всех контрольных мероприятий.

5. База заданий, предъявляемая обучающимся на дополнительном контрольном испытании на зачете.

1. Устройство и принцип действия трансформаторов. Основные конструкции и типы.

2. Уравнения электродвижущих и магнитодвижущих сил и токов трансформатора.

3. Приведенный трансформатор. Электрическая схема замещения трансформатора.

4. Опыт холостого хода трансформатора, схема замещения и векторная диаграмма. Определение параметров схемы замещения по результатам опыта холостого хода.

5. Опыт короткого замыкания трансформатора, схема замещения и векторная диаграмма. Определение параметров схемы замещения по результатам опыта короткого замыкания.

6. Рабочий режим трансформатора. Внешние характеристики трансформатора. Векторная диаграмма.

7. Потери и КПД трансформатора.

8. Конструкции трехфазных силовых трансформаторов, классификация их магнитных систем.

9. Схемы и группы соединений обмоток трехфазных трансформаторов.

10. Параллельная работа трансформаторов, условия такой работы, уравнительные токи.

11. Трехобмоточные трансформаторы.

12. Автотрансформаторы.

13. Трансформаторы специального назначения: для преобразования числа фаз, частоты, питания дуговых электрических печей.

14. Трансформаторы для дуговой электросварки. Способы регулировки сварочного тока.

15. Измерительные трансформаторы тока и напряжения.

16. Регулирование напряжения обмоток трансформатора. Методы РПН и ПБВ.

17. Переходный процесс в трансформаторе при его включении.

18. Переходный процесс в трансформаторе при внезапном коротком замыкании.
19. Законы, лежащие в основе работы электрических двигателей и генераторов.
20. Общие понятия и конструктивные элементы электрических машин.
21. Конструкция и принцип действия синхронных машин (СМ).
22. Конструкция явнополюсных и неявнополюсных СМ.
23. Способы возбуждения СМ.
24. Магнитное поле в воздушном зазоре СМ, создаваемое индуктором.
25. Реакция якоря СМ. Метод двух реакций.
26. Индуктивные сопротивления СМ: реакции якоря, рассеяния обмотки якоря, синхронные сопротивления.
27. Магнитное поле реакции якоря в воздушном зазоре СМ.
28. Уравнения электродвижущих сил СМ. Векторная диаграмма Blondеля.
29. Характеристики холостого хода и короткого замыкания синхронного генератора (СГ). Отношение короткого замыкания.
30. Внешняя характеристика СГ, номинальное изменение напряжения. Регулировочная характеристика.
31. Нагрузочная характеристика СГ. Реактивный треугольник Потье.
32. Практическая диаграмма Потье и определение по ней изменения напряжения при сбросе нагрузки.
33. Потери и КПД СМ.
34. Угловые характеристики СМ.
35. Понятие о реактивной мощности и реактивном моменте.
36. Статическая устойчивость СМ. Синхронизирующая сила и синхронизирующий момент.
37. Работа СМ при постоянной активной мощности и переменном возбуждении. U-характеристики СМ.
38. Синхронный двигатель, механические и рабочие характеристики. Способы пуска синхронных двигателей.
39. Синхронный компенсатор, особенности конструкции и области применения.
40. Условия параллельной работы СГ, включение СГ в параллельную работу с сетью.

### **9.3. Фонд оценочных средств промежуточной аттестации в форме курсовой работы**

1. Шкала оценивания курсовой работы – «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

2. Примерная тематика курсовой работы.

Наименование курсовой работы унифицировано – «Расчет характеристик асинхронного двигателя и двигателя постоянного тока (по вариантам)».

Каждому обучающемуся выдается индивидуальное задание с параметрами конкретных двигателей.

3. Критерии оценки качества выполнения, как по отдельным разделам курсовой работы, так и работы в целом.

Таблица 7. Разделы курсовой работы

№ раздела	Наименование раздела	Баллы по шкале уровня
1	Введение	Выше базового – 2 Базовый – 1 Ниже базового - 0
2	Определение направления суммарного магнитного потока статора для заданных моментов времени	Выше базового – 2 Базовый – 1 Ниже базового - 0
3	Расчет параметров Г-образной схемы замещения асинхронного двигателя	Выше базового – 2 Базовый – 1 Ниже базового - 0
4	Построение круговой диаграммы асинхронного двигателя	Выше базового – 2 Базовый – 1 Ниже базового - 0
5	Расчет и построение механической характеристики асинхронного двигателя	Выше базового – 2 Базовый – 1 Ниже базового - 0
6	Расчет параметров двигателя постоянного тока в различных режимах работы	Выше базового – 2 Базовый – 1 Ниже базового - 0
7	Расчет и построение механических характеристик двигателя постоянного тока в различных режимах работы	Выше базового – 2 Базовый – 1 Ниже базового - 0
8	Выводы	Выше базового – 2 Базовый – 1 Ниже базового - 0

Критерии итоговой оценки за курсовую работу:

«отлично» - при сумме баллов от 14 до 16;

«хорошо» - при сумме баллов от 11 до 13;

«удовлетворительно» - при сумме баллов от 8 до 10;

«неудовлетворительно» - при сумме баллов менее 8, а также при любой другой сумме, если по разделам 5 и 7 «Расчет и построение механических характеристик» работа имеет 0 баллов.

5. Методические материалы, определяющие процедуру выполнения и представления работы и технологию ее оценивания.

Требования и методические указания по структуре, содержанию и выполнению работы, а также критерии оценки даются преподавателем на практических занятиях.

Дополнительные процедурные сведения:

а) требования к срокам выполнения этапов работы и представление ее окончательного варианта определяется руководителем;

б) проверку и оценку работы осуществляет руководитель, который доводит до сведения обучающегося достоинства и недостатки работы и его оценку. Оценка проставляется в зачетную книжку обучающегося и в ведомость для курсовой работы. Если обучающийся не согласен с оценкой руководителя,

проводится защита работы перед комиссией, которую назначает заведующий кафедрой;

в) работа не подлежит обязательному рецензированию.

В процессе выполнения обучающимся курсовой работы руководитель осуществляет систематическое консультирование.

Общий объем курсовой работы составляет от 12 до 15 страниц машинописного или рукописного текста формата А4. Графическая часть выполняется на миллиметровой бумаге формата А4.

#### **10. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины.**

Студенты перед началом изучения дисциплины ознакомлены с системами кредитных единиц и балльно-рейтинговой оценки, которые опубликованы и размещены на сайте вуза или кафедры.

В учебный процесс внедрена субъект-субъектная педагогическая технология, при которой в расписании каждого преподавателя определяется время консультаций студентов по закрепленному за ним модулю дисциплины.

Студенты, изучающие дисциплину, обеспечены электронными учебниками, учебно-методическим комплексом по дисциплине, включая методические указания к выполнению лабораторных работ и курсовой работы, а также всех видов самостоятельной работы.

#### **11. Внесение изменений и дополнений в рабочую программу дисциплины**

Кафедра ежегодно обновляет содержание рабочих программ дисциплин, которые оформляются протоколами заседаний дисциплин, форма которых утверждена Положением о рабочих программах дисциплин, соответствующих ФГОС ВО.

## Приложение 1

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

**«Тверской государственный технический университет»**

Направление подготовки бакалавров 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Направленность (профиль) – электроснабжение

Кафедра электроснабжения и электротехники

Дисциплина «Электрические машины»

Семестр 4

### ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:

**Показать процесс вращения магнитного поля статора асинхронного двигателя.**

2. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» по разделу «Машины постоянного тока» - 0 или 2 балла:

**Сравнить механические характеристики двигателей постоянного тока с параллельным и последовательным возбуждением.**

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» по разделу «Асинхронные двигатели» – 0 или 2 балла:

**Рассчитать механическую характеристику асинхронного двигателя по паспортным данным.**

**Критерии итоговой оценки за экзамен:**

«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;

«хорошо» - при сумме баллов 4;

«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;

«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

Составитель: доцент кафедры ЭСиЭ \_\_\_\_\_ В.А. Зайцев

Заведующий кафедрой: профессор \_\_\_\_\_ А.Н. Макаров

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

**Тверской государственный технический университет**

Направление подготовки бакалавров 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника  
Направленность (профиль) – электроснабжение

Кафедра электроснабжения и электротехники

Дисциплина «Электрические машины»

Семестр 3

## **ЗАДАНИЕ ДЛЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ИТОГОВОГО КОНТРОЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ № 1**

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» - 0 или 1 или 2 балла:

**Конструкции, принцип действия и области применения  
автотрансформаторов.**

2. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» по разделу «Синхронные машины»  
- 0 или 1 балл:

**Сравнить конструктивные особенности синхронных машин с явнополюсным  
и неявнополюсным ротором.**

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» по разделу «Трансформаторы» - 0  
или 2 балла:

**По заданным паспортным данным силового трехфазного трансформатора  
рассчитать его внешнюю характеристику для активно-индуктивной  
нагрузки.**

**Критерии итоговой оценки за зачет:**

«зачтено» - при сумме баллов 3-5;

«незачтено» - при сумме баллов 0 – 2.

Составитель: доцент кафедры ЭСиЭ \_\_\_\_\_ В.А. Зайцев

Заведующий кафедрой: профессор \_\_\_\_\_ А.Н. Макаров