

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по образовательной  
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 20 » февраля 20 23 г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** Электрические машины 2  
(наименование)

**Форма обучения:** очная  
(очная/очно-заочная/заочная)

**Уровень высшего образования:** бакалавриат  
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

**Общая трудоёмкость:** 180 (5)  
(часы (ЗЕ))

**Направление подготовки:** 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника  
(код и наименование направления)

**Направленность:** Электроэнергетика и электротехника (общий профиль, СУОС)  
(наименование образовательной программы)

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель учебной дисциплины – формирование комплекса углубленных знаний умений и навыков в области электрических машин, их принципов работы, конструкции и режимах.

Задачи учебной дисциплины:

- ? формирование представлений о электромеханических преобразованиях энергии;
- ? изучение принципа действия электромеханических преобразователей;
- ? изучение характеристик и особенностей применения основных видов электромеханических преобразователей;
- ? формирование умений расчета параметров и характеристик основных видов электромеханических преобразователей;
- ? формирование умений эксплуатации и испытаний электрических машин и трансформаторов общепромышленного назначения.

### 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

Изучаемые объекты дисциплины:

- устройство и принципы работы электрических машин и трансформаторов;
- основы теории электрических машин и трансформаторов;
- физическая сущность рабочих процессов, происходящих в электрических машинах и трансформаторах, основные соотношения физических величин, характеризующих эти процессы;
- основы методов проектирования и расчета электрических машин, эксплуатационные режимы электрических машин.

### 1.3. Входные требования

Не предусмотрены

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.1	ИД-1ПК-1.1	Знает: ? основные программные пакеты используемые для расчетов; ? инструменты проектирования.	Знает современные информационные технологии, сетевые компьютерные технологии, математические пакеты в электротехнике	Экзамен

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.1	ИД-2ПК-1.1	Умеет: ? составлять процесс расчетов ЭМП с использованием современных программных средств; ? используя программные пакеты рассчитывать требования к производству ЭМП.	Умеет применять современные программно-вычислительные комплексы для исследования процессов и режимов работы объектов профессиональной деятельности	Защита лабораторной работы
ПК-1.1	ИД-3ПК-1.1	Владеет: ? методами и приемами математического моделирования и расчета ЭМП с использованием современных программных средств; ? навыками математического моделирования элементов ЭМП.	Владеет навыками математического моделирования при анализе и расчете объектов профессиональной деятельности	Отчёт по практическому занятию
ПК-1.2	ИД-1ПК-1.2	Знает: ? основы теории электромагнитного поля в ЭМП; ? основы энергетических преобразований в ЭМП; ? принципы расчетов ЭМП.	Знает физико-математические основы теории электромагнитного поля, переработки полимеров, основы теории автоматического управления, теплопередачи, математические основы статистики и численных методов	Экзамен
ПК-1.2	ИД-2ПК-1.2	Умеет: ? рассчитывать элементы моделей ЭМП; ? рассчитывать характеристики ЭМП.	Умеет применять соответствующий физико-математический аппарат при решении профессиональных задач	Защита лабораторной работы
ПК-1.2	ИД-3ПК-1.2	Владеет: ? навыками составления математических моделей ЭМП; ? навыками расчета характеристик и паспортных данных ЭМП.	Владеет навыками анализа, моделирования, теоретического и экспериментального исследования процессов и режимов работы объектов профессиональной деятельности	Отчёт по практическому занятию
ПК-2.4	ИД-1ПК-2.4	Знает: ? основные элементы ЭМП; ? основные требования к элементам	Знает нормативные требования и основные критерии оценки принимаемых проектных решений; структуру и	Экзамен

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		ЭМП; ? методы расчетов ЭМП.	правила оформления проектных и отчетных документов.	
ПК-2.4	ИД-2ПК-2.4	Умеет: ? рассчитывать элементы ЭМП; ? рассчитывать взаимодействие основных элементов ЭМП; ? формулировать условия к электротехническому расчету.	Умеет формировать обоснованные проектные решения по объектам профессиональной деятельности; оформлять проектные и отчетные документы.	Защита лабораторной работы
ПК-2.4	ИД-3ПК-2.4	Владеет: ? навыками оформления расчета ЭМП; ? навыками поиска и исправления ошибок в расчете ЭМП.	Владеет навыками публичной защиты проектов и отчетов; проводить доработку проектов и отчетов с учетом высказанных замечаний.	Отчёт по практическом у занятию

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		5	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	54	54	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	18	18	
- лабораторные работы (ЛР)	27	27	
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	5	5	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	4	4	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	90	90	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36	36	
Дифференцированный зачет			
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	180	180	

#### 4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
5-й семестр				
Трансформаторы	4	7	2	23
<p>Тема 1. Принцип действия и холостой ход трансформатора. Устройство, принцип действия, уравнения холостого хода, векторная диаграмма холостого хода.</p> <p>Тема 2. Работа трансформатора под нагрузкой. Явления и процессы, приведение вторичной обмотки к первичной, векторная диаграмма нагруженного трансформатора.</p> <p>Тема 3. Определение параметров схемы замещения. Схема замещения, опытное получение характеристик, изменение вторичного напряжения от нагрузки, векторная диаграмма, внешняя характеристика, КПД от нагрузки.</p> <p>Тема 4. Трансформирование трехфазного тока. Схемы и группы соединений, параллельная работа трансформаторов, условия, автотрансформатор, измерительные трансформаторы.</p> <p>Тема 5. Переходные процессы. При коротком замыкании, включение ненагруженного трансформатора в сеть.</p>				
Асинхронные машины	4	7	0	23
<p>Тема 6. Принцип действия асинхронного двигателя. Устройство, принцип действия, скольжение, создание вращающегося магнитного поля, обмотки, схемы и конструкция.</p> <p>Тема 7. Электродвижущие силы обмоток двигателя. Работа роторной цепи при нагрузке. ЭДС, холостой ход, работа роторной цепи при нагрузке, магнитный поток при нагрузке.</p> <p>Тема 8. Основные уравнения и схемы замещения двигателя. Уравнения токов, напряжений статора и ротора, приведение роторной обмотки к статорной, векторная диаграмма, схемы замещения.</p> <p>Тема 9. Вращающий момент. Энергетическая диаграмма АД, связь скольжения с потерями, моменты в АД, критические, влияние напряжения, механическая характеристика, формула момента, уравнение Клосса.</p> <p>Тема 10. Пуск и торможение асинхронных двигателей. Пуск АДКЗ, пуск АДФР, двигатели с улучшенными характеристиками, реверс и торможение.</p> <p>Тема 11. Регулирование скорости. Реостатное, многоскоростные обмотки, частотное. КПД. Специальные АД, линейные, дугостаторные.</p>				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Синхронные машины	5	7	3	22
<p>Тема 12. Принцип действия и основные явления при работе синхронных машин. Устройство, способы возбуждения, холостой ход.</p> <p>Тема 13. Реакция якоря синхронной машины. Явнополюсной, неявнополюсной.</p> <p>Тема 14. Векторные диаграммы генератора. Неявнополюсной, явнополюсной, определение сопротивлений по осям <math>d</math> и <math>q</math>, внешние и регулировочные характеристики.</p> <p>Тема 15. Параллельная работа синхронного генератора с сетью. Работа с сетью большой мощности, включение, регулирование мощностей.</p> <p>Тема 16. Мощность и электромагнитный момент. Статическая устойчивость. Влияние тока возбуждения на устойчивость.</p> <p>Тема 17. Режимы работы генератора при параллельном включении с сетью. Неизменное возбуждение, момент.</p> <p>Тема 18. Синхронный двигатель. Векторные диаграммы, рабочие характеристики, пуск в ход. Регулирование частоты, вентильный двигатель, специальные машины: синхронный компенсатор, линейный двигатель.</p> <p>Тема 19. Понятие о переходных процессах в синхронных машинах. Внезапное короткое замыкание.</p>				
Машины постоянного тока	5	6	0	22
<p>Тема 20. Принцип действия генератора постоянного тока. Устройство, принцип действия, обмотки, ЭДС.</p> <p>Тема 21. Магнитное поле машин постоянного тока. Режим ХХ, режим нагрузки, реакция якоря.</p> <p>Тема 22. Коммутация в машинах постоянного тока. Основное уравнение коммутации, условия коммутации, способы улучшения.</p> <p>Тема 23. Генераторы постоянного тока. Основные типы. Условия самовозбуждения.</p> <p>Тема 24. Двигатели постоянного тока. Принцип действия, момент, противоЭДС, типы двигателей.</p> <p>Тема 25. Управление двигателями постоянного тока. Пуск, реверс, торможение, регулирование частоты, потери и КПД.</p> <p>Тема 26. Универсальный коллекторный двигатель. Момент и КПД при переменном токе. Специальные машины.</p> <p>Тема 27. Нагревание и режимы нагрузки электрических машин. Нагрев и теплопередача.</p> <p>Тема 28. Режимы нагрузки электрических машин. Длительный и кратковременный.</p>				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
ИТОГО по 5-му семестру	18	27	5	90
ИТОГО по дисциплине	18	27	5	90

### Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Расчет характеристик асинхронного двигателя на основе паспортных данных
2	Расчет трансформатора по схеме замещения

### Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Исследование катушки с разомкнутым и замкнутым магнитопроводом
2	Исследование трансформатора
3	Исследование короткозамкнутого асинхронного двигателя
4	Исследование асинхронного двигателя с фазным ротором
5	Исследование двигателя постоянного тока
6	Исследование генератора постоянного тока
7	Исследование синхронного генератора

## 5. Организационно-педагогические условия

### 5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установление связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.

Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором обучающиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности обучающихся на достижение целей занятия.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

### 5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

## 6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

### 6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
<b>1. Основная литература</b>		
1	Вольдек А. И., Попов В. В. Электрические машины. Машины переменного тока : учебник для вузов. Санкт-Петербург [и др.] : Питер, 2008. 349 с.	19
2	Копылов И.П. Электрические машины : учебник для вузов. 5-е изд., стер. М. : Высш. шк., 2006. 607 с.	10

3	Шулаков Н. В. Электрические машины : конспект лекций. Пермь : Изд-во ПГТУ, 2008. 324 с.	87
<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
1	Алиев И. И. Электрические машины : учебно-справочное пособие. Москва : РадиоСофт, 2011. 447 с. 14 усл. печ. л.	6
2	Иванов-Смоленский А. В. Электрические машины : учебник для вузов. М. : Энергия, 1980. 927 с.	4
<b>2.2. Периодические издания</b>		
1	Электричество : теоретический и научно-практический журнал. Москва : Знак, 1880 - .	
2	Электротехника : научно-технический журнал. Москва : Знак, 1930 - .	
<b>2.3. Нормативно-технические издания</b>		
	Не используется	
<b>3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины</b>		
	Не используется	
<b>4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента</b>		
	Не используется	

## 6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Основная литература	Шулаков Н. В. Электрические машины : конспект лекций. Пермь : Изд-во ПГТУ, 2008. URL: <a href="https://elib.pstu.ru/Record/RUPNRP">https://elib.pstu.ru/Record/RUPNRP</a> Uelib2861 (дата обращения: 30.09.2022).	<a href="https://elib.pstu.ru/Record/RUPNRP">https://elib.pstu.ru/Record/RUPNRP</a> Uelib2861 (дата обращения: 30.09.2022).	локальная сеть; свободный доступ

## 6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	MS Windows XP (подп. Azure Dev Tools for Teaching до 27.03.2022 )
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Прикладное программное обеспечение общего назначения	MATHCAD 14 Academic, ПНИПУ 2009 г.

#### **6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)	<a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	<a href="http://lib.pstu.ru/">http://lib.pstu.ru/</a>
Электронно-библиотечная система Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
Электронно-библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	<a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>

#### **7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине**

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лабораторная работа	Лабораторный стенд	5
Лекция	Компьютер, проектор, маркерная (меловая) доска	1
Практическое занятие	Компьютер	10

#### **8. Фонд оценочных средств дисциплины**

Описан в отдельном документе
------------------------------

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Пермский национальный исследовательский политехнический  
университет»**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине  
**«Электрические машины 2»**  
*Приложение к рабочей программе дисциплины*

**Направление подготовки:** 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

**Направленность (профиль)  
образовательной программы:** Электроэнергетика и электротехника

**Квалификация выпускника:** «Бакалавр»

**Выпускающая кафедра:** Электротехника и электромеханика

**Форма обучения:** Очная

**Курс:** 2 **Семестр:** 4

**Трудоёмкость:**

Кредитов по рабочему учебному плану: 5 3Е  
Часов по рабочему учебному плану: 180 ч.

**Форма промежуточной аттестации:**

Экзамен: 5 семестр

**Фонд оценочных средств** для проведения промежуточной аттестации обучающихся для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

### **1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине, объекты оценивания и виды контроля**

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра (5-го семестра учебного плана) и разбито на 4 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные и лабораторные занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируется компоненты компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения по дисциплине (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, освоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, сдаче отчетов по лабораторным работам, выполнения практических заданий, курсового проекта и экзамена. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля					
	Текущий		Рубежный		Итоговый	
	С	ТО	ОЛР	Т/КР		Экзамен
<b>Усвоенные знания</b>						
<b>ИД-1,ПК-1.1</b> Знает: основные программные пакеты используемые для расчетов; инструменты проектирования;		ТО		T1 ... T4		ТВ
<b>ИД-1,ПК-1.2</b> знает: основы теории электромагнитного поля в ЭМП;основы энергетических преобразований в ЭМП; принципы расчетов ЭМП;		ТО		T1 ... T4		ТВ
<b>ИД-1,ПК-2.4</b> знает: основные элементы ЭМП; основные требования к элементам ЭМП; методы расчетов ЭМП;		ТО		T1 ... T4		ТВ

Освоенные умения						
<b>ИД-2,ПК-1.1</b> умеет: составлять процесс расчетов ЭМП с использованием современных программных средств; используя программные пакеты рассчитывать требования к производству ЭМП;			ОЛР1 ... ОЛР7	ПЗ1 ... ПЗ2		ПЗ
<b>ИД-2,ПК-1.2</b> умеет рассчитывать элементы моделей ЭМП; рассчитывать характеристики ЭМП;			ОЛР1 ... ОЛР7	ПЗ1 ... ПЗ2		ПЗ
<b>ИД-2,ПК-2.4</b> умеет рассчитывать элементы ЭМП; рассчитывать взаимодействие основных элементов ЭМП; формулировать условия к электротехническому расчету;			ОЛР1 ... ОЛР7	ПЗ1 ... ПЗ2		ПЗ
Приобретенные владения						
<b>ИД-3,ПК-1.1</b> владеет: методами и приёмами математического моделирования и расчета ЭМП с использованием современных программных средств; навыками математического моделирования элементов ЭМП.			ОЛР1 ... ОЛР7	ПЗ1 ... ПЗ2		ПЗ
<b>ИД-3,ПК-1.2</b> владеет: навыками составления математических моделей ЭМП; навыками расчета характеристик и паспортных данных ЭМП.			ОЛР1 ... ОЛР7	ПЗ1 ... ПЗ2		ПЗ
<b>ИД-3,ПК-2.4</b> владеет: навыками оформления расчета ЭМП; навыками поиска и исправления ошибок в расчете ЭМП.			ОЛР1 ... ОЛР7	ПЗ1 ... ПЗ2		ПЗ

*С – собеседование по теме; ТО – коллоквиум (теоретический опрос); КЗ – кейс-задача (индивидуальное задание); ОЛР – отчет по лабораторной работе; Т/КР – рубежное тестирование (контрольная работа); ТВ – теоретический вопрос; ПЗ – практическое задание.*

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде экзамена, проводимая с учетом результатов текущего и рубежного контроля.

## **2. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения**

Текущий контроль успеваемости имеет целью обеспечение максимальной эффективности учебного процесса, управление процессом формирования заданных компетенций обучаемых, повышение мотивации к учебе и предусматривает оценивание хода освоения дисциплины. В соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ предусмотрены следующие виды и периодичность текущего контроля успеваемости обучающихся:

- входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности обучаемого и его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины;

- текущий контроль усвоения материала (уровня освоения компонента «знать» заданных компетенций) на каждом групповом занятии и контроль посещаемости лекционных занятий;

- промежуточный и рубежный контроль освоения обучаемыми отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного или бланочного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ

(индивидуальных домашних заданий), защиты отчетов по лабораторным работам, рефератов, эссе и т.д.

Рубежный контроль по дисциплине проводится на следующей неделе после прохождения модуля дисциплины, а промежуточный – во время каждого контрольного мероприятия внутри модулей дисциплины;

– межсессионная аттестация, единовременное подведение итогов текущей успеваемости не менее одного раза в семестр по всем дисциплинам для каждого направления подготовки (специальности), курса, группы;

– контроль остаточных знаний.

## **2.1. Текущий контроль усвоения материала**

Текущий контроль усвоения материала в форме письменного выборочного теоретического опроса студентов по каждой теме. Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

## **2.2. Рубежный контроль**

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, освоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится в форме защиты лабораторных работ, выполнения практических заданий и рубежного тестирования (после изучения каждого модуля учебной дисциплины).

### **2.2.1. Защита лабораторных работ**

Всего запланировано 7 лабораторных работ. Типовые темы лабораторных работ приведены в РПД.

Защита лабораторной работы проводится индивидуально каждым студентом или группой студентов. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### **2.2.2. Практические задания**

Согласно РПД запланировано 4 рубежных практических задания (ПЗ) после освоения студентами учебных модулей дисциплины, первое ПЗ по модулю 1 «Трансформаторы», второе ПЗ – по модулю 2 «Асинхронные машины», третье ПЗ по модулю 3 «Машины постоянного тока», четвертое ПЗ по модулю 4 «Синхронные машины».

#### **Типовые задания первого ПЗ:**

1. Трехфазный трансформатор с номинальной мощностью 63 кВА имеет номинальные линейные напряжения  $U_{1нл}=10$  кВ и  $U_{2нл}=0,4$  кВ. Активная мощность, потребляемая в опыте короткого замыкания при токе  $I_1=1,82$  А составляет  $P_k=320$  Вт, а в опыте холостого хода  $P_{xx}=265$  Вт. Определить величину пускового тока при включении в сеть при отсутствии нагрузки .

2. На параллельную работу включены два автотрансформатора со следующими значениями номинальных мощностей:  $S_{н1}=40$  кВА и  $S_{н2}=50$  кВА и напряжений короткого замыкания  $u_{к1}=3.2\%$  и  $u_{к2}=3.5\%$ . Определить нагрузку автотрансформаторов и построить векторную диаграмму для каждого трансформатора.

#### **Типовые задания второго ПЗ:**

1. ЭДС, индуцируемая в фазе ротора асинхронной машины при скольжении  $S = 0,025$ , равна 8 В. Какой будет эдс при смене числа пар полюсов статора?

2. Асинхронный трехфазный двигатель мощностью  $S_n = 40$  кВА подключен к сети напряжением  $U_c = 220$  В. Определить частоту вращения ротора при использовании частотного преобразователя с частотой 200 Гц.

#### **Типовые задания третьего ПЗ:**

1. Вращающий момент турбины, приводящий во вращение двухполюсный турбогенератор 81910 Н·м, активная мощность, отдаваемая генератором 25 МВт. Определить ток внезапного короткого замыкания в синхронном генераторе, расходуемую на вращение возбудителя, сопряженного с валом генератора, если механические потери в машине 400 кВт, полные магнитные потери 150 кВт, полные электрические потери 45 кВт. Частота тока 50 Гц.

2. В цехе устанавливают синхронный двигатель номинальной мощностью  $P_n = 200$  кВт, коэффициентом полезного действия 93 %, коэффициентом мощности  $\cos\varphi_n = 0.9$ . Двигатель предназначен для работы в режиме перевозбуждения. Определить коэффициент мощности нагрузки после установки синхронного двигателя, если в цехе установлен асинхронный двигатель, потребляющий мощность  $P_{1АД} = 400$  кВт и имеющий  $\cos\varphi_{НАД} = 0.8$ .

#### **Типовые задания четвертого ПЗ:**

1. Определить кратность пускового тока универсального двигателя постоянного тока с номинальной мощностью 2 кВт при непосредственном включении в сеть напряжением 220 В. Сопротивление цепи якоря 0,27 Ом, КПД двигателя 87 %.

2. Двигатель параллельного возбуждения при номинальном напряжении 220 В потребляет ток 33,2 А и вращается с частотой 1000 об/мин, сопротивление цепи якоря 0,4 Ом, сопротивление цепи обмотки возбуждения 160 Ом. Определить температуру двигателя при кратковременном включении если коэффициент загрузки 89%.

Типовые шкала и критерии оценки результатов рубежной контрольной работы приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### **2.3. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)**

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача всех лабораторных работ и практических заданий, положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

Промежуточная аттестация, согласно РПД, проводится в виде экзамена по дисциплине устно по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний и практические задания (ПЗ) для проверки освоенных умений и приобретенных владений всех заявленных компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролирующие уровень сформированности *всех* заявленных компетенций. Форма билета представлена в общей части ФОС образовательной программы.

## 2.3.1. Типовые вопросы и задания для экзамена по дисциплине

### Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:

1. Трансформатор. Конструкция. Типы трансформаторов. Назначение. Принцип работы. Используемые материалы.
2. Магнитопровод трансформатора. Конструкция. Назначение. Материалы. Принцип работы.
3. Уравнения трансформатора. Эдс. Магнитный поток. Уравнения электрического равновесия. Зависимость эдс от частоты и магнитного потока.
4. Зависимость эдс первичной и вторичной обмоток от числа витков. Зависимость магнитной индукции от числа витков.  
Зависимость магнитного потока от напряжения.
5. Мощность холостого хода. Расчет. Эксперимент. Последовательность построения векторной диаграммы. Зависимость тока от первичного напряжения.
6. Уравнение электрического равновесия трансформатора. Зависимость эдс от тока нагрузки. Изменение магнитного потока от тока нагрузки.
7. Уравнение токов трансформатора. Уравнение напряжений вторичной цепи. Эдс рассеяния вторичное.
8. Основные уравнения трансформатора. Приведение токов сопротивлений эдс в трансформаторе.
9. Опыт ХХ трансформатора. Метод проведения. Необходимые данные и приборы. Какие параметры определяются. Опыт КЗ трансформатора. Метод проведения. Необходимые данные и приборы. Какие параметры определяются.
10. Работа трансформатора при нагрузке. Коэффициент загрузки. Внешняя характеристика трансформатора при разных типах нагрузки. Влияние угла нагрузки на изменение вторичного напряжения.
11. Потери в трансформаторе. Кпд трансформаторов. Зависимость от загрузки.
12. Типы трехфазных трансформаторов. Группы соединений.
13. Условия параллельной работы трансформаторов. Регулировка напряжения на трансформаторе. Сторона регулировки.
14. Автотрансформатор. Отличия. Преимущества. Принцип работы. Недостатки. Регулировка автотрансформатора.
15. Измерительные трансформаторы. Устройство принцип работы. Применение. Погрешности.
16. Асинхронный двигатель. Устройство. Принцип работы. Скольжение. Используемые материалы.
17. Вращающееся магнитное поле. Создание. Скорость вращения. Типы обмоток статоров АД.
18. Эдс витка. Эдс укороченной обмотки. Эдс обмотки. Эдс катушечной группы. Эдс статора АД.
19. Холостой ход АД. Процессы протекающие при холостом ходу.
20. Эдс ротора при нагрузке. Ток ротора при нагрузке. Схема замещения ротора.
21. Уравнение намагничивающих сил АД. Уравнение токов АД. Приведенный ток АД.
22. Уравнение напряжений статора. Уравнения напряжений ротора.
23. Приведение роторной обмотки к статорной.
24. Т образная схема замещения. Принцип получения Т-образной схемы замещения. Г образная схема замещения. Применение Г-образной схемы замещения.
25. Энергетическая диаграмма АД. Потери. Расчет потерь. Зависимость потерь от скольжения.
26. Момент АД. Зависимость момента от скольжения. Характеристика  $M=f(s)$ . Номинальный и пусковой момент.
27. Критический момент критическое скольжение. Перегрузочная способность. Влияние напряжения на критический момент. Влияние активного сопротивления в цепи ротора на момент и скольжение.
28. Естественная механическая характеристика. Зоны механической характеристики. Уравнение Клосса. Получение механической характеристики из паспортных данных двигателя.
29. Пуск АД. Проблемы. Все виды пуска АДКЗ и АДФР.
30. АД с улучшенными пусковыми характеристиками. Принципы работы.
31. Реверс АД. Торможение АД. Виды. Способы. Преимущества.
32. Регулирование скорости АД. Способы. Методы. Преимущества и недостатки.
33. Кпд АД. Потери АД. Коэффициент загрузки двигателя. Коэффициент мощности двигателя.
34. Однофазные АД. Принципы работы. Преимущества и недостатки.
35. Синхронные машины. Конструкция. Виды. Принцип работы.
36. Схемы возбуждения синхронной машины. Принципы работы.
37. Характеристики СГ. ХХ. Эдс синхронной машины. Форма ЭДС синхронной машины.
38. Реакция якоря неявнополюсной синхронной машины. ЭДС. МДС.
39. Реакция якоря явнополюсной синхронной машины. ЭДС. МДС.
40. Уравнение якорной цепи неявнополюсного синхронного генератора.
41. Уравнение якорной цепи явнополюсного синхронного генератора.
42. Опыты ХХ и КЗ синхронного генератора. какие параметры находятся. Отношение короткого замыкания.
43. Внешние и регулировочные характеристики СГ.
44. Включение СГ на параллельную работу. Методики. Условия. U-образные х-ки СГ.
45. Синхронный двигатель. Устройство. Принцип работы. Преимущества. Рабочие характеристики. Пуск СД.
46. Регулирование частоты вращения СД. Способы. Вентильный двигатель. Отличие вентильного от бескол-

лекторного двигателя постоянного тока.

47. МПТ. Устройство. Принцип действия ГПТ. Принцип действия ДПТ.

48. ГПТ. Принцип действия. ЭДС якорной обмотки МПТ.

49. Реакция якоря мпг. Виды. Эффекты. Методы устранения реакции якоря.

50. Коммутация МПТ. Процесс. Сложности. Ускоренная и замедленная коммутация. Методы улучшения коммутации. Методы уменьшения искрения МПТ.

51. Типы ГПТ. Характеристики ГПТ независимого возбуждения. Преимущества и недостатки.

52. Условия самовозбуждения ГПТ параллельного возбуждения. Характеристики ГПТ параллельного возбуждения. преимущества и недостатки.

53. Генератор постоянного тока смешанного возбуждения. Характеристики ГПТСВ. Преимущества и недостатки.

54. ДПТ. Принцип действия. Момент. Скорость ДПТ.

55. Типы подключения ДПТ. Двигатель параллельного возбуждения. Особенности, преимущества. Механическая характеристика.

56. Двигатель последовательного возбуждения. Механическая характеристика. Скоростная характеристика. Преимущества и недостатки.

57. Двигатель смешанного возбуждения. Преимущества и недостатки. Особенности. Условия. Характеристики.

58. Регулирование скорости ДПТ. Расчет частоты вращения. Методы. преимущества и недостатки методы регулирования.

59. Пуск ДПТ. Методы. преимущества и недостатки существующих методов.

60. Реверс ДПТ. Торможение ДПТ. Виды.

61. Потери и КПД в ДПТ. Виды потерь.

62. Универсальный коллекторный двигатель. Принцип работы. Отличия от ДПТ.

63. Режимы работы электрических машин. Нагрев. Охлаждение.

### **2.3.2. Шкалы оценивания результатов обучения на экзамене**

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания путем выборочного контроля во время экзамена.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче экзамена для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в общей части ФОС образовательной программы.

## **3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов и компетенций**

### **3.1. Оценка уровня сформированности компонентов компетенций**

При оценке уровня сформированности компетенций в рамках выборочного контроля при экзамене считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

Типовые критерии и шкалы оценивания уровня сформированности компонентов компетенций приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### **3.2. Оценка уровня сформированности компетенций**

Общая оценка уровня сформированности всех компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учетом результатов текущего и рубежного контроля в виде интегральной оценки по 4-х балльной шкале. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

Форма оценочного листа и требования к его заполнению приведены в общей части ФОС образовательной программы.

При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации в виде экза-

мена используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.