

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

« 01 » сентября 20 22 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Тепловые и гидравлические расчеты в электрических машинах
(наименование)

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

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

Общая трудоёмкость: 144 (4)
(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 знаний, умений и навыков, требуемых для тепловых и гидравлических расчетов в электрических машинах.

Задачи учебной дисциплины

- изучение основ теории тепло - и массопереноса в электрических машинах и методов расчета основных систем их охлаждения, способов измерения напора охлаждающего воздуха.
- формирование умения выбирать и анализировать использование различных систем, конструкций и способов охлаждения, применяемых в современных электрических машинах; рассчитывать параметры типовых схемных решений их систем охлаждения для общепромышленных конструкций;
- формирование навыков проектирования и расчета систем охлаждения электрических машин.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

Изучаемые объекты дисциплины:

- основы теории тепло – и массопереноса в электрических машинах;
 - процессы нагрева и охлаждения общепромышленных электрических машин различных типов, конструкций и видов исполнения. Режимы их эксплуатации, нормативные требования по перегреву;
 - устройство, классификация, использование, элементы и особенности основных систем охлаждения электрических машин;
 - основные методы тепловых и гидравлических расчетов электрических машин и пути их алгоритмизации. Примеры расчетов для общепромышленных электрических машин различных типов. Основы методик тепловых и гидравлических испытаний 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
-------------	-------------------	---	--	-----------------

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-2.3	ИД-1ПК-2.3	Знает основы проектирования систем охлаждения электрических машин; принципы формирования технического задания; нормативно-техническую документацию, регламентирующую различные технические, энергоэффективные и экологические требования к системам охлаждения электрических машин.	Знает состав, этапы, последовательность и особенности предпроектного обследования и проектирования объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией, соблюдая различные технические, энергоэффективные и экологические требования	Зачет
ПК-2.3	ИД-2ПК-2.3	Умеет проектировать объекты профессиональной деятельности с выполнением всех нормативных требований.	Умеет применять основные подходы и методики, программные и технические средства предпроектного обследования и проектирования объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией, соблюдая различные технические, энергоэффективные и экологические требования	Отчёт по практическому занятию
ПК-2.3	ИД-3ПК-2.3	Владеет навыками практического проектирования систем охлаждения электрических машин.	Владеет навыками использования основных программных и технических средств предпроектного обследования и проектирования объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией, соблюдая различные технические, энергоэффективные и экологические требования	Отчёт по практическому занятию
ПК-2.4	ИД-1ПК-2.4	Знает основные принципы обоснования проектных решений в области систем охлаждения	Знает нормативные требования и основные критерии оценки принимаемых проектных решений; структуру и	Зачет

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		электрических машин.	правила оформления проектных и отчетных документов.	
ПК-2.4	ИД-2ПК-2.4	Умеет проводить обоснование проектных решений систем охлаждения электрических машин и представлять их результаты.	Умеет формировать обоснованные проектные решения по объектам профессиональной деятельности; оформлять проектные и отчетные документы.	Отчёт по практическом у занятию
ПК-2.4	ИД-3ПК-2.4	Владеет способностью проводить обоснование проектных решений систем охлаждения электрических машин и представления отчета об их результатах.	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	
		7	
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)			
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	32	32	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	4	4	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	90	90	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен			
Дифференцированный зачет	9	9	
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	144	144	

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

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
7-й семестр				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Цели и задачи дисциплины «Тепловые и гидравлические расчеты электрических машин (ТИГР ЭМ). Основные понятия, термины и определения ТИГР ЭМ. Государственные стандарты. Основы теории гидравлики и аэродинамики, используемой в ТИГР ЭМ	6	0	18	32
<p>Тема 1. Цели и задачи изучения дисциплины «Тепловые и гидравлические расчеты (ТИГР) электрических машин» (ЭМ). Основные понятия, термины и определения предмета ТИГР ЭМ. Государственные стандарты</p> <p>Государственные стандарты в области электротехники, электромеханики, конструкций электрических машин и их систем охлаждения как основа связи с предметом, целями и задачами изучения дисциплины.</p> <p>Тенденции современного электромашиностроения по повышению технико-экономических показателей ЭМ. Роль и значение гидродинамических и тепловых явлений в ЭМ. Основные понятия, термины и определения предмета ТИГР ЭМ.</p> <p>Требования к ЭМ по уровню нагрева. Общая характеристика физических процессов тепловыделения и теплопередачи в ЭМ. Влияние эффективности систем охлаждения ЭМ на их технико-экономические показатели и надежность.</p> <p>Тема 2. Основы положений теории гидравлики и аэродинамики, нагрева и охлаждения для ЭМ и их систем охлаждения. Объем и правила оформления отчетной документации по дисциплине</p> <p>Основы положений теории нагрева, гидравлических и аэродинамических расчетов для ЭМ. Предметы гидравлики и аэродинамики в области их применения в расчетах систем охлаждения ЭМ.</p> <p>Классификация и основные типы систем охлаждения ЭМ, их связь с мощностью машин, условиями эксплуатации, видом конструкции (степенью защиты) ЭМ.</p> <p>Объем и правила оформления отчетной документации по дисциплине согласно ГОСТ 7.32 – 2017, других нормативных документов и ФГОС ВО по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Рекомендуемые информационные источники.</p> <p>Тема 3. Применение теории гидравлики для вентиляционных расчетов электрических</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
<p>машин</p> <p>Жидкость и газ. Их физические свойства применительно к ЭМ. Понятие о капельных и газообразных жидкостях. Физические свойства жидкостей: плотность, температурное расширение, сжимаемость, вязкость. Понятие об идеальной и реальной жидкости.</p> <p>Обоснование применения методов гидравлики для вентиляционных расчетов ЭМ. Основные понятия и уравнения гидростатики применительно к ТИГР ЭМ. Гидростатическое давление, его единицы и измерение.</p> <p>Кинематика и динамика жидкости. Основные понятия кинематики жидкости. Линии и трубки тока. Живое сечение и гидравлический диаметр потока жидкости. Уравнение неразрывности течения. Расход и средняя скорость потока. Коэффициент Кориолиса. Силы, действующие на жидкость при её движении. Дифференциальное уравнение динамики жидкости. Полное, динамическое и статическое давление в потоке. Уравнение Бернулли для элементарной струйки и потока идеальной и реальной жидкости. Важнейшие следствия из уравнения Бернулли. Измерение давлений, скорости и расхода в потоке газа с помощью пневмометрических трубок и другими способами применительно к ЭМ. Режимы течения жидкости. Ламинарное и турбулентное течение жидкости. Число Рейнольдса. Структура ламинарного и турбулентного потоков. Гидравлическое сопротивление. Сопротивление трения по длине каналов при ламинарном и турбулентном режимах течения. Влияние на него шероховатости стенок. Местные гидравлические сопротивления при изменении площади сечения и направления потоков, при слиянии и разделении потоков и т.п. Примеры расчетов для ЭМ.</p> <p>Тема 4. Электрогидравлическая аналогия и ее применение для гидравлических (вентиляционных) расчетов электрических машин</p> <p>Электрогидравлическая аналогия. Эквивалентная гидравлическая (вентиляционная) схема замещения (ЭГС) ЭМ.</p> <p>Гидравлические сопротивления неподвижных и вращающихся каналов. Результирующее сопротивление последовательных и параллельных участков. Закон Адкинсона.</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
<p>Эквивалентная схема замещения вентиляционного тракта ЭМ. Составление и преобразование ЭГС. Различные типовые схемы вентиляции основных типов общепромышленных ЭМ, их особенности и области применения.</p> <p>Тема 5. Вентиляторы электрических машин</p> <p>Типы вентиляторов, их устройство и принцип действия. Особенности встроенных вентиляторов ЭМ.</p> <p>Теоретический напор вентилятора, потери давления, внешняя аэродинамическая характеристика и её расчет, мощность и КПД вентилятора. Способы повышения КПД.</p> <p>Различные методики расчета вентиляторов.</p> <p>Тема 6. Задачи вентиляционного расчета ЭМ. Расчет совместной работы вентилятора и вентиляционного тракта</p> <p>Совместная работа вентилятора и вентиляционного тракта электрических машин.</p> <p>Расчет аэродинамического сопротивления сложных схем вентиляции..</p> <p>Расчет сложных вентиляционных схем замещения ЭМ с несколькими напорными элементами.</p> <p>Процесс раздачи потока по однотипным ответвлениям.</p> <p>Расчет течения во вращающихся каналах ЭМ.</p> <p>Использование ЭВМ при гидравлических расчетах ЭМ.</p>				
<p>Виды теплообмена в электрических машинах и их теория. Тепловые расчеты ЭМ в стационарных режимах работы</p>	6	0	6	32
<p>Тема 7. Основы теории теплообмена в электрических машинах</p> <p>Основные положения теории теплообмена.</p> <p>Процессы передачи тепла: теплопроводность, конвективный и лучистый теплообмен.</p> <p>Температурное поле в неподвижной среде. Тепловой поток и его плотность. Закон теплопроводности Фурье. Коэффициенты теплопроводности материалов. Дифференциальное уравнение теплопроводности и его упрощенные разновидности.</p> <p>Граничные и начальные условия при решении краевых задач теплопроводности.</p> <p>Коэффициент теплоотдачи и формула Ньютона-Рихмана. Значения коэффициентов теплоотдачи в ЭМ.</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
<p>Теплопроводность при стационарных режимах работы электрических машин.</p> <p>Стационарные одномерные температурные поля в плоской и цилиндрической стенках. Понятие о тепловом сопротивлении и тепловой проводимости.</p> <p>Теплоотдача ребренной поверхности.</p> <p>Аналитические методы расчета стационарного двухмерного и нестационарного одномерного температурных полей.</p> <p>Понятие о расчете температурных полей методом сеток на ЭВМ.</p> <p>Конвективный теплообмен в электрических машинах.</p> <p>Конвективный теплоперенос. Понятие о тепловом пограничном слое. Дифференциальные уравнения конвективного процесса.</p> <p>Сущность теории физического подобия и цели, достигаемые при ее использовании.</p> <p>Критериальные уравнения конвективной теплоотдачи и их получение..</p> <p>Критериальные уравнения для основных случаев естественной и вынужденной конвекции.</p> <p>Расчет коэффициентов теплоотдачи для различных элементов электрических машин по критериальным уравнениям.</p> <p>Эмпирические формулы для непосредственного определения коэффициентов теплоотдачи при тепловых расчетах.</p> <p>Методы интенсификации конвективной теплоотдачи.</p> <p>Понятие о теплообменниках электрических машин.</p> <p>Тепловое излучение в электрических машинах и трансформаторах..</p> <p>Физическая сущность теплового излучения. Законы излучения. Закон Кирхгофа. Коэффициент черноты поверхности и угловой коэффициент излучения тел.</p> <p>Расчет коэффициента теплоотдачи излучением с помощью закона Стефана-Больцмана.</p> <p>Результирующий коэффициент теплоотдачи при совместном действии конвекции и излучения в ЭМ.</p> <p>Тема 8. Тепловые расчеты электрических машин в стационарных режимах работы. Электротепловая аналогия и ее применение для тепловых расчетов ЭМ</p> <p>Задачи теплового расчета электрических машин в стационарных режимах работы.</p> <p>Расчет стационарных тепловых режимов ЭМ.</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
<p>Исходные данные для расчета: распределение потерь, геометрические размеры основных частей, теплофизические свойства материалов, расходы и скорости охлаждающих сред. Режимы работы ЭМ и их учет при тепловых расчетах.</p> <p>Роль теплового расчета в проектировании ЭМ.</p> <p>Тепловые расчеты на основе методов температурного поля. Электротепловая аналогия.</p> <p>Сущность метода эквивалентных тепловых схем и его применение при тепловых расчетах ЭМ.</p> <p>Тепловые схемы трансформаторов, статоров и роторов электрических машин переменного тока, якорей и индукторов машин постоянного тока.</p> <p>Принципы и методики расчета тепловых сопротивлений различных элементов ЭМ.</p> <p>Тепловые схемы электрических машин закрытого исполнения и тепловые расчеты на их основе.</p> <p>Реализация расчетных методик на ЭВМ.</p> <p>Системы уравнений теплового баланса для тепловых схем и их решение.</p>				
Нестационарные тепловые режимы электрических машин	6	0	8	26
<p>Тема 8. Математическое описание нестационарных тепловых режимов электрических машин</p> <p>Виды нестационарных тепловых режимов ЭМ.</p> <p>Система дифференциальных уравнений теплового баланса элементов ЭМ при нестационарном тепловом режиме. Постоянная времени теплового процесса.</p> <p>Тема 9. Тепловые испытания электрических машин, методы и средства измерений температур элементов ЭМ</p> <p>Понятие о тепловых испытаниях электрических машин, цели и задачи. Государственные стандарты на испытания. Понятие о различных методах и средствах измерения температур. Методика проведения тепловых испытаний и измерения температур элементов ЭМ.</p> <p>Тема 10. Подведение итогов реферативной работы (или отчета по УИРС-НИРС) и их защита</p> <p>Практическое освоение государственных стандартов на содержание и оформление отчета о реферативной работе, или о результатах УИРС или НИРС. Содержание и правила составления</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
рефератов и аннотаций для отчетной документации согласно государственным стандартам. Правила составления и оформления презентаций доклада.				
Заключение				
ИТОГО по 7-му семестру	18	0	32	90
ИТОГО по дисциплине	18	0	32	90

Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Компьютерный поиск и анализ информационных источников по теории и конструкциям систем охлаждения объектов электромеханики, методикам их вентиляционных и тепловых расчетов и другим направлениям теории и практики современного электромашиностроения для реферативных работ и УИРС.
2	Компьютерный поиск и анализ информационных источников по расчету и моделированию гидравлических сопротивлений систем охлаждения электрических машин и трансформаторов.
3	Аналитическое исследование вентиляционных процессов в электрических машинах постоянного тока. Анализ совместной работы нагнетательного элемента и вентиляционного тракта (конструкция № 1).
4	Аналитическое исследование вентиляционных процессов в асинхронных двигателях. Анализ совместной работы нагнетательного элемента и вентиляционного тракта.
5	Аналитическое исследование нагрева бака трансформатора и теплоотдачи с его поверхности.
6	Аналитическое исследование нагрева стержня магнитопровода трансформатора.
7	Аналитическое исследование влияния отдельных факторов на нагрев статора асинхронного двигателя.
8	Составление тепловых схем замещения индуктора двигателя постоянного тока, статора асинхронной машины, синхронной машины. Расчет и исследование распределения температуры по их элементам.
9	Семинарские занятия по содержанию и оформлению отчетной документации. Подведение итогов реферативной работы или УИРС-НИРС.

Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Не предусмотрены

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
1. Основная литература		
1	Гольдберг О. Д. Испытания электрических машин : учебник для вузов. 2-е изд., испр. Москва : Высш. шк., 2000. 255 с.	50
2	Гольдберг О.Д, Свириденко И.С. Проектирование электрических машин : учебник для вузов. 3-е изд., перераб. М. : Высш. шк., 2006. 430 с.	20

3	Копылов И.П. Электрические машины : учебник для вузов. 5-е изд., стер. М. : Высш. шк., 2006. 607 с.	10
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Сипайлов Г. А., Санников Д. И., Жадан В. А. Тепловые, гидравлические и аэродинамические расчеты в электрических машинах : учебник для вузов. М. : Высш. шк., 1989. 239 с.	22
2	Тиунов, В.В. Тепловые, гидравлические и аэродинамические расчеты в электрических машинах: учебно-метод. пособие / В.В. Тиунов.- Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2010. – 90 с.	10
2.2. Периодические издания		
	Не используется	
2.3. Нормативно-технические издания		
	Не используется	
3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины		
1	Методическое руководство по оформлению и защите выпускных квалификационных работ по образовательным программам высшего образования / сост. В.В. Тиунов. – Пермь: Изд-во Перм. нац. Исслед. Политехн. ун-та, 2020. – 119 с.	1
4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента		
1	В.В. Тиунов. Тепловые, гидравлические и аэродинамические расчеты в электрических машинах. Авторский электронный ресурс (ЭР) по дисциплине ТИГР ЭМ. Пермь, ПНИПУ, 2020. Объем около 800 Мб.	1

6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Епифанов А. П. Электрические машины. М. : Изд-во Лань, 2021. 300 с.	https://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-167712	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.
Прикладное программное обеспечение общего назначения	MATLAB 7.9 + Simulink 7.4 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)	https://elibrary.ru/
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	http://lib.pstu.ru/
Электронно-библиотечная система Лань	https://e.lanbook.com/
Электронно-библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru/
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	http://www.consultant.ru/

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лабораторная работа	Компьютер	10
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»**
Электротехнический факультет
Кафедра электротехники и электромеханики

УТВЕРЖДЕНО
на заседании кафедры ЭТиЭМ
протокол №__ от __.__. 2021
Заведующий кафедрой
_____ Б.В. Кавалеров

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине
«Тепловые и гидравлические расчеты в электрических машинах»
Приложение к рабочей программе дисциплины

Направление подготовки: 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника».

**Направленность (профиль)
образовательной программы:** «Электромеханика»

Квалификация выпускника: «Бакалавр»

Выпускающая кафедра: «Электротехника и электромеханика»

Форма обучения: Очная

Курс: 4

Семестр: 7

Трудоёмкость:

Кредитов по рабочему учебному плану:	3 ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану:	108 ч.

Форма промежуточной аттестации :

Зачёт: 7 семестр

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине «Тепловые и гидравлические расчеты в электрических машинах-ТИГР ЭМ» 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 (7-го семестра учебного плана) и разбито на 3 учебных модуля (разделы 1,2,3 согласно РПД). В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные и практические занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения по дисциплине ТИГР ЭМ (таблица 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, сдаче отчетов по практическим работам, реферативной работе и зачета. 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	ОП Р	Т/КР		Зачёт
Усвоенные знания						
3.1. Знает методологию научных исследований, цели и задачи проводимых исследований и разработок; методы проведения экспериментов и наблюдений, обобщения и обработки информации.	С1	ТО1				ТВ
3.2. Знает основы проектирования объектов профессиональной деятельности; принципы формирования технического задания; нормативно-техническую документацию, регламентирующую различные технические, энергоэффективные и экологические требования.	С2	ТО2		КР1		ТВ
3.3. Знает основные принципы обоснования проектных решений в области систем охлаждения электрических машин (ЭМ).	С3	ТО3		КР2		ТВ
Освоенные умения						
У.1. Умеет обобщать, анализировать и систематизировать информацию для			ОПР 1	КР3		ПЗ

подготовки аналитических обзоров по заданной теме.						
У.2. Умеет проектировать объекты профессиональной деятельности с выполнением всех нормативных требований.			ОПР 2	КР1		ПЗ
У.3. Умеет проводить обоснование проектных решений систем охлаждения ЭМ.			ОПР 3	КР2		ПЗ
Приобретенные владения						
В.1. Владеет навыками самостоятельного изучения, критического осмысления и систематизации научно-технической информации.			ОПР 4	КР3		ПЗ
В.2. Владеет навыками практического проектирования объектов профессиональной деятельности.			ОПР 4	КР3		ПЗ
В.3. Владеет способностью проводить обоснование проектных решений систем охлаждения и других проблем разработки и совершенствования ЭМ.			ОПР 4	КР3 РР /КЗ		ПЗ/РР-КЗ

С – собеседование по теме; ТО – коллоквиум (теоретический опрос); КЗ – кейс-задача (индивидуальное задание); ОПР – отчет по практической работе; Т/КР – рубежное тестирование (контрольная работа); ТВ – теоретический вопрос; РР-реферативная работа; ПЗ– практическое задание; КЗ – комплексное задание для получения зачета (при сдаче и зачете всех других отчетных материалов по дисциплине согласно РПД и ее ФОСу)..

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде не дифференцированного зачета, проводимая с учётом 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 и практических занятий;

- промежуточный и рубежный контроль освоения обучаемыми отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного или бланчного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), защиты отчетов по практическим и 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 собеседования или выборочного теоретического опроса студентов проводится по каждой теме. Результаты по 2-балльной шкале оценивания (зачет-незачет) 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 (таблица 1.1) проводится в форме защиты отчетов по практическим работам и рубежных контрольных работ после изучения каждого модуля (раздела РПД 1,2,3) учебной дисциплины.

2.2.1. Защита отчетов по практическим работам

Всего запланировано 4 отчета по практическим работам. Типовые темы практических расчетных работ приведены в РПД.

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

2.2.2. Рубежная контрольная работа

Согласно РПД запланировано 3 рубежные контрольные работы (КР1, КР2 и КР3) после освоения студентами учебных модулей дисциплины (проводятся в ходе защиты отчетов по практическим расчетным работам или более детально для студентов, не выполнивших или не защитивших вовремя свои расчетные работы без уважительной причины. Первая КР1 по модулю (разделу) 1 «**Основы теории гидравлики и аэродинамики, используемой в ТИГР ЭМ. Основные понятия, термины и определения ТИГР ЭМ. Государственные стандарты, цели и задачи ТИГР ЭМ. Электрогидравлическая аналогия и вентиляционные расчеты ТИГР ЭМ.**», вторая КР2 – по модулю (разделу) 2 «**Виды теплообмена в электрических машинах и их теория. Тепловые расчеты ЭМ в стационарных режимах работы**», третья КР3 – по модулю (разделу) 3 «**Нестационарные тепловые режимы электрических машин, тепловые испытания и измерения**»

Типовые задания первой КР1:

1. Предметы гидравлики и аэродинамики в области их применения в расчетах систем охлаждения ЭМ.

Основные типы систем охлаждения, их связь с мощностью машин, условиями эксплуатации, степенью защиты ЭМ.

2. Электрогидравлическая аналогия. Эквивалентная схема замещения вентиляционного тракта ЭМ. Составление и преобразование ЭГС. Различные типовые схемы вентиляции ЭМ основных типов, их особенности и области применения.

Типовые задания второй КР2:

1. Задачи вентиляционного расчета ЭМ. Расчет совместной работы вентилятора и вентиляционного тракта (графический и аналитический методы).

2. Составление эквивалентных гидравлических схем и вентиляционные расчеты электрических машин различных типов.

Типовые задания третьей КР3

1. Основные положения теории теплообмена и проведения тепловых расчетов ЭМ методом электротепловой аналогии. Принцип расчета тепловых сопротивлений различных элементов ЭМ.

2. Тепловые схемы электрических машин открытого, защищенного и закрытого исполнения.
3. Практическое рассмотрение тепловых расчетов трансформаторов и электрических машин различных типов.

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

2.3. Выполнение комплексного индивидуального задания на самостоятельную реферативную или другую исследовательскую работу

Для оценивания навыков и опыта деятельности (владения), как результата обучения по дисциплине, не имеющей курсового проекта или курсовой работы, используется выдача индивидуального комплексного задания студенту или бригаде студентов из 2х – 3х человек.

Типовые шкала и критерии оценки результатов защиты индивидуального комплексного задания приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.4. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача всех отчетов по практическим работам, реферативным или другим исследовательским работам и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

2.4.1. Процедура промежуточной аттестации без дополнительного аттестационного испытания

Промежуточная аттестация проводится в форме не дифференцированного зачета. Зачет по дисциплине основывается на результатах выполнения предыдущих индивидуальных заданий студента по данной дисциплине.

Критерии выведения итоговой оценки за компоненты компетенций при проведении промежуточной аттестации в виде зачета приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.4.2. Процедура промежуточной аттестации с проведением аттестационного испытания

В отдельных случаях (например, в случае переаттестации студенту дисциплины или в случае недобросовестного отношения студента к изучению дисциплины, пропуска занятий без уважительных причин, задержки со сдачей отчетных материалов или их низкого качества и т.п.) промежуточная аттестация в виде зачета по дисциплине может проводиться с проведением аттестационного испытания по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, практические задания (ПЗ) для проверки усвоенных умений и комплексные задания (КЗ) для контроля уровня приобретенных владений всех заявленных компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролирующие уровень сформированности *всех* заявленных компетенций.

2.4.2.1. Типовые вопросы и задания для зачета по дисциплине

Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:

1. Требования к ЭМ по уровню нагрева. Общая характеристика физических процессов тепловыделения и теплопередачи в ЭМ. Влияние эффективности систем охлаждения на технико-экономические показатели ЭМ.
2. Основные типы систем охлаждения, их связь с мощностью машин, условиями эксплуатации, степенью защиты и конструктивными особенностями ЭМ.
3. Статика и динамика жидкости. Основные понятия кинематики жидкости. Теоретические подходы к ее математическому описанию. Линии и трубки тока. Живое сечение и гидравлический диаметр потока жидкости. Уравнение неразрывности течения. Расход и средняя скорость потока.

4. Измерение давлений, скорости и расхода в потоке жидкости и газа с помощью пневмометрических трубок и другими способами применительно к ЭМ.
5. Гидравлические сопротивления неподвижных и вращающихся каналов.
6. Результирующее сопротивление последовательных, параллельных и смешанно соединенных участков системы охлаждения ЭМ.

Типовые вопросы и практические задания для контроля освоенных умений:

1. Расчет совместной работы вентилятора и вентиляционного тракта (графический и аналитический методы).
2. Составление и преобразование эквивалентной гидравлической схемы (ЭГС) замещения системы вентиляции. Анализ различных типовых схем вентиляции ЭМ основных общепромышленных типов, их особенностей и областей применения.
3. Определение теоретического напора вентилятора, потерь давления, расчет внешней аэродинамической характеристики вентилятора ЭМ.
4. Расчет сложных вентиляционных схем замещения ЭМ с несколькими напорными элементами.
5. Аналитический расчет стационарного температурного поля ЭМ.
6. Расчет коэффициентов теплоотдачи для различных элементов электрических машин по критериальным уравнениям.

Типовые комплексные задания для контроля приобретенных владений:

1. Выполнить комплексный вентиляционный расчет электрической машины постоянного тока защищенного исполнения.
2. Выполнить комплексный вентиляционный расчет асинхронного двигателя защищенного исполнения.
3. Выполнить комплексный тепловой расчет машины постоянного тока. Разобраться с методикой и ходом теплового расчета асинхронного двигателя закрытого общепромышленного исполнения.

2.4.2.2. Шкалы оценивания результатов обучения на зачете

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных компетенций проводится по 2-х балльной шкале оценивания: зачет-незачет.

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

3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов компетенций

3.1. Оценка уровня сформированности компонентов компетенций

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

3.2. 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 2-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.

3.3. При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации в виде зачета используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.