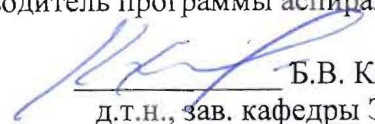


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

**«Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет»**

**УТВЕРЖДАЮ**

Руководитель программы аспирантуры

  
Б.В. Кавалеров  
д.т.н., зав. кафедры ЭТиЭМ

«02» 06 2022 г.

**Рабочая программа дисциплины  
«Электромеханика и электрические аппараты»  
по программе аспирантуры**

<b>Научная специальность</b>	2.4.2. Электротехнические комплексы и системы
<b>Направленность (профиль) программы аспирантуры</b>	Электромеханические преобразователи энергии
<b>Выпускающая(ие) кафедра(ы)</b>	Электротехника и электромеханика (ЭТиЭМ)
<b>Форма обучения</b>	Очная
<b>Курс: 2</b>	<b>Семестр (ы): 4</b>
<b>Виды контроля с указанием семестра:</b>	
Экзамен: -      Зачет: 4	Диф.зачет -

Пермь 2022

## **1. Общие положения**

Рабочая программа дисциплины «Электромеханика и электрические аппараты» разработана на основании следующих нормативных документов:

- Приказ Минобрнауки России от 20.10.2021 N 951 "Об утверждении федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов)";
- Постановление Правительства РФ от 30.11.2021 N 2122 "Об утверждении Положения о подготовке научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре)";
- Самостоятельно устанавливаемые требования к реализуемым программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре Пермского национального исследовательского политехнического университета;
- Базовый план по программе аспирантуры;
- Паспорт научной специальности.

**1.1 Цель учебной дисциплины** – формирование комплекса знаний, умений и навыков в области: принципы построения и функционирования, условия применения и эксплуатации электрических и электронных аппаратов; аппараты защиты и регулирования параметров системы, применяющих специальные электрические машины.

### **1.2 Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина «Электромеханика и электрические аппараты» является дисциплиной по выбору образовательного компонента плана аспиранта.

## **2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

В результате изучения дисциплины аспирант должен демонстрировать следующие результаты:

### **Знать:**

- основные положения теории и практики, выбора и проектирования, исследований, анализа и эксплуатации электрических и электронных аппаратов и содержащего их электротехнического оборудования.

### **Уметь:**

- выбирать и анализировать использование электрических и электронных аппаратов, применяемых в современных технологических процессах и электротехническом оборудовании;
- выбирать основные типовые электрические и электронные аппараты для различных комплексов производства, распределения и использования электроэнергии;
- обосновывать принятие конкретного технического решения.

### Владеть:

- навыками анализа, проектирования и расчета схем и элементов основного оборудования, вторичных цепей, устройств защиты и автоматики электроэнергетических объектов, режимов работы электроэнергетических установок различного назначения;
- навыками проведения испытаний и исследовательских работ электрооборудования и объектов электроэнергетики.

### 3. Структура учебной дисциплины по видам и формам учебной работы

Таблица 1

Объем и виды учебной работы

№ п.п.	Вид учебной работы	Трудоемкость, ч
		4 семестр
1	Аудиторная работа	21
	В том числе:	
	Лекции (Л)	
	Практические занятия (ПЗ)	16
2	Контроль самостоятельной работы (КСР)	5
	Самостоятельная работа (СР)	51
	Форма итогового контроля:	Зачет

### 4. Содержание учебной дисциплины

#### 4.1. Содержание разделов и тем учебной дисциплины

(ПР - 0, СР – 15)

Раздел 1. Основы теории электрических аппаратов

Тема 1. Основные понятия и определения теории электрических аппаратов. Классификация электрических аппаратов. Выполняемые функции и основные требования, предъявляемые к электрическим аппаратам. Нагрев и охлаждение электрических аппаратов.

Тема 2. Энергетические процессы, протекающие в электрических аппаратах. Активные потери энергии в электрических аппаратах. Нагрев и охлаждение электрических аппаратов. Допустимая температура нагрева частей электрических аппаратов. Способы охлаждения электрических аппаратов.

Тема 3. Электрические контакты. Переходное сопротивление, основные требования к электрическим контактам. Конструкции контактов, их параметры. Режимы работы контактов.

Тема 4. Электрическая дуга. Условия гашения дуги постоянного и переменного тока. Перенапряжения при гашении дуги. Восстанавливающееся напряжение. Способы гашения электрической дуги. Устройства для бездуговой коммутации.

Тема 5. Электромагнитные механизмы ЭА. Классификация и основные характеристики электромагнитных механизмов электрических аппаратов постоянного и переменного тока. Динамика и время срабатывания электромагнитов, замедление и ускорение действия.

(ПР - 8, СР – 18)

Раздел 2. Электрические аппараты

Тема 6. Электрические аппараты высокого напряжения. Конструкции электрических аппаратов высокого напряжения: выключателей постоянного и переменного тока высокого напряжения (масляные, воздушные, элегазовые, вакуумные). Разъединители, отделители, короткозамыкатели. Разрядники. Реакторы. Общие сведения о комплектных распределительных устройствах и комплектных станциях управления.

Тема 7. Электрические аппараты низкого напряжения. Конструкции электрических аппаратов низкого напряжения, их характеристики и методы выбора. Рубильники. Переключатели. Контроллеры. Командоаппараты. Предохранители. Автоматические выключатели (токоведущая цепь и дугогасительная система, расцепители автоматов, быстродействующие автоматы). Контактторы постоянного и переменного тока. Магнитные пускатели. Датчики электрических и электромеханических параметров. Измерительные трансформаторы тока и напряжения.

Тема 8. Реле. Реле (основные понятия, параметры и типы конструкций). Реле тока и напряжения. Реле времени. Тепловые реле. Аппараты тепловой и температурной защиты.

(ПР - 8, СР – 18)

Раздел 3. Электронные аппараты

Тема 9. Общие сведения об электронных аппаратах. Общая характеристика функциональных свойств, классификация и области применения силовых электронных аппаратов. Способы реализации электронных аппаратов.

Тема 10. Электронные аппараты низкого напряжения. Силовые электронные аппараты низкого напряжения. Общие принципы создания силовых электронных аппаратов постоянного и переменного тока. Параллельное соединение полупроводниковых приборов в силовых блоках аппаратов. Комбинированные (гибридные) контактно-полупроводниковые аппараты.

Тема 11. Электронные аппараты высокого напряжения. Силовые электронные аппараты высокого напряжения. Общая характеристика электронных аппаратов высокого напряжения. Последовательное соединение полупроводниковых приборов в высоковольтных блоках. Общие сведения о комбинированных аппаратах высокого напряжения.

Тема 12. Системы управления электронными аппаратами. Системы управления силовыми электронными аппаратами. Основные требования к системам управления. Принципы импульсно-фазового управления. Системы управления электронными аппаратами низкого и высокого напряжения.

#### 4.2. Перечень тем практических занятий

Таблица 2

Темы практических занятий (из пункта 4.1)

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы практического занятия	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства
1	2	Электрические аппараты высокого напряжения	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
2	2	Электрические аппараты низкого напряжения	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
	2	Реле тока, напряжения, времени	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
	3	Силовые электронные аппараты	Собеседование.	Вопросы по

			Творческое задание.	темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
--	--	--	---------------------	---

#### 4.3. Перечень тем для самостоятельной работы аспирантов

Самостоятельная работа аспирантов заключается в теоретическом изучении конкретных вопросов и выполнении творческих заданий.

Таблица 3

Темы самостоятельных заданий

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы самостоятельной работы	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства
1	1	Основные понятия и определения теории электрических аппаратов. Классификация электрических аппаратов. Выполняемые функции и основные требования, предъявляемые к электрическим аппаратам. Нагрев и охлаждение электрических аппаратов.	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
2	2	Энергетические процессы, протекающие в электрических аппаратах. Активные потери энергии в электрических аппаратах. Нагрев и охлаждение электрических аппаратов. Допустимая температура нагрева частей электрических аппаратов. Способы охлаждения электрических аппаратов.	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
3	3	Электрические контакты. Переходное сопротивление, основные требования к электрическим контактам. Конструкции контактов, их параметры. Режимы работы контактов.	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
4	4	Электрическая дуга. Условия гашения дуги постоянного и переменного тока. Перенапряжения при гашении дуги. Восстанавливающееся напряжение. Способы гашения электрической дуги. Устройства для бездуговой коммутации.	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
5	5	Электромагнитные	Собеседование	Вопросы по

	механизмы ЭА Классификация и основные характеристики электромагнитных механизмов электрических аппаратов постоянного и переменного тока. Динамика и время срабатывания электромагнитов, замедление и ускорение действия.	темам / разделам дисциплины
--	--	-----------------------------

### 5. Методические указания для аспирантов по изучению дисциплины

При изучении дисциплины «Электромеханика и электрические аппараты» аспирантам 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. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается 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, библиотечно-справочного и информационного, информационно-справочного обеспечения для работы аспиранта по дисциплине

#### 6.1. Библиотечные фонды и библиотечно-справочные системы

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий
1	2	3
<b>1 Основная литература</b>		
1	Сипайлова Н. Ю. Электрические и электронные аппараты. Проектирование : учебное пособие для прикладного бакалавриата. Москва : Юрайт, 2016. 167 с. 12,94 усл. печ. л.	6
2	Чабанов Е. А. Электрические и электронные аппараты : практикум. Пермь : Изд-во ПНИПУ, 2019. 83 с. 5,25 усл. печ. л.	5
3	Щербаков Е. Ф., Александров Д. С. Электрические аппараты : учебное пособие. Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2015. 302 с. 24,51 усл. печ. л.	2
<b>2 Дополнительная литература</b>		
<b>2.1 Учебно-методические, научные издания</b>		
1	Лакота О. Б., Маларев В. И. Электрические и электронные аппараты. Полупроводниковые аппараты управления. Микропроцессоры в электрических аппаратах : учебное пособие. Санкт-Петербург : Изд-во СПбГУ, 2011. 48 с. 2,8 усл. печ. л.	1
2	Электрические и электронные аппараты : учебник и практикум для академического бакалавриата / Курбатов П. А., Акимов Е. Г., Годжелло А. Г., Лепанов М. Г. Москва : Юрайт, 2016. 440 с. 34,1 усл. печ. л.	3
3	Электрические и электронные аппараты. Силовые электронные аппараты / Бурман А. П., Кваснюк А. А., Коробков Ю. С.,	3

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий
1	2	3
	Розанов Ю. К. Москва : Академия, 2010. 315 с	
4	Электрические и электронные аппараты. Электромеханические аппараты / Акимов Е. Г., Белкин Г. С., Бурман А. П., Ведешенков Н. А. Москва : Академия, 2010. 344 с.	3
<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>		
1	Не используется	
<b>2.4 Официальные издания</b>		
1	Не используется	

## 6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

### 6.2.1. Информационные и информационно-справочные системы

1. Электронная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных электрон. док., издан. в Изд-ве ПНИПУ] / Перм. нац. исслед. политехн. ун-т, Науч. б-ка. – Пермь, 2016. – Режим доступа: <http://elib.pstu.ru>, свободный. – Загл. с экрана.

2. Электронно-библиотечная система Издательство «Лань» [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : электрон. версии кн., журн. по гуманит., обществ., естеств. и техн. наукам] / Электрон.-библ. система «Изд-ва «Лань». – Санкт-Петербург, 2010-2016. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com>, по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

3. ProQuest Dissertations & Theses Global [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : дис. и дипломные работы на ин. яз. по всем отраслям знания] / ProQuest LLC. – Ann Arbor, 2016. – Режим доступа: <http://search.proquest.com/pqdtglobal/dissertations>, по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

4. Электронная библиотека диссертаций РГБ [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : электрон. версии дис. и автореф. дис. по всем отраслям знания] / Электрон. б-ка дис. – Москва, 2003-2016. – Режим доступа: <http://diss.rsl.ru>, компьютер. сеть Науч. б-ки Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

5. Cambridge Journals [Electronic resource : полнотекстовая база данных : электрон. журн. по гуманит., естеств., и техн. наукам на англ. яз.] / University of Cambridge. – Cambridge : Cambridge University Press, 1770-2012. – Режим доступа: <http://journals.cambridge.org/>. – Загл. с экрана. 11.

6. Электронная библиотека eLIBRARY.RU [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : мультисциплинар. электрон. версии журн. на ин. яз.] / Науч. электрон. б-ка. – Москва, 2000-2016. – Режим доступа: <http://elibrary.ru>, по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

7. Springer [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : электрон. журн., кн. по гуманит., обществ., естеств. и техн. наукам, протоколы исследований на англ. и нем. яз.] / Springer International Publishing AG, Part of Springer Science+Business Media. – Cham,

2016. – Режим доступа: <http://link.springer.com>, по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

8. ScienceDirect [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : электрон. науч. журн. и кн. по обществ., естеств. и техн. наукам на англ. яз.] / Elsevier B. V. – Amsterdam, 2016. – Режим доступа: <http://www.sciencedirect.com>, по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

9. Questel Orbit [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : патенты и данные 95 пат. ведомств всех регионов мира на ин. яз.] / Questel. – Paris, 2016. – Режим доступа: <http://www.orbit.com>, по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

10. Scopus [Электронный ресурс] : [мультидисциплинар. реф.-библиограф. и наукометр. база данных на англ. яз.] / Elsevier B. V. – Amsterdam, 2016. – Режим доступа: <http://www.scopus.com>, по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

11. Web of Science [Электронный ресурс] : [мультидисциплинар. реф.-библиограф. и наукометр. база данных на англ. яз.] / Thomson Reuters. – New York, 2016. – Режим доступа: <http://apps.webofknowledge.com>, по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

12. Сайт Высшей аттестационной комиссии (ВАК) при Министерстве образования и науки Российской Федерации.- <http://vak.ed.gov.ru/>.

## **7. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

### **7.1. Основное учебное оборудование. Рабочее место аспиранта.**

Таблица 4

<b>№ п.п.</b>	<b>Наименование и марка оборудования (стенда, макета, плаката, лабораторное оборудование)</b>	<b>Кол-во ед.</b>	<b>Форма приобретения / владения (собственность, оперативное управление, аренда и т.п.)</b>	<b>Номер аудитории</b>
1	2	3	4	5
1	Персональные компьютеры (локальная компьютерная сеть)	12	Оперативное управление	350
2	Стенд «Электрические цепи»	6	Оперативное управление	355
3	Стенд «Электрические машины»	6	Оперативное управление	355
4	Стенд «Электрические машины и электропривод»	6	Оперативное управление	355

## **8. Фонд оценочных средств**

Освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра. Формой контроля освоения результатов обучения по дисциплине является зачет, проводимый с учетом результатов текущего контроля.



## 8.1. Описание показателей и критериев оценивания, описание шкал оценивания.

Контроль качества освоения дисциплины включает в себя текущий контроль успеваемости и промежуточную аттестацию аспирантов

### Текущий контроль

Текущий контроль успеваемости обеспечивает оценку освоения дисциплин и проводится в форме собеседования и защиты отчета о творческом задании.

#### • Собеседование

Для оценки **знаний** аспирантов проводится собеседование в виде специальной беседы преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной для выяснения объема знаний по определенному разделу, теме, проблеме.

Собеседование может выполняться в индивидуальном порядке или группой аспирантов.

#### • Защита отчета о творческом задании

Для оценки **умений и владений** аспирантов используется творческое задание, имеющее нестандартное решение и позволяющее интегрировать знания различных областей, аргументировать собственную точку зрения.

Творческие задания могут выполняться в индивидуальном порядке или группой аспирантов.

### Промежуточная аттестация

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего контроля. Промежуточная аттестация проводится в виде зачета по дисциплине, в устно-письменной форме по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) и практическое задание (ПЗ).

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания. Пример билета представлен в приложении 1.

#### • Шкалы оценивания результатов обучения при сдаче зачета:

Оценка результатов обучения по дисциплине проводится по 5-балльной системе оценивания путем выборочного контроля во время зачета.

Шкалы и критерии оценки результатов обучения при сдаче зачета приведены в табл.

5.

Таблица 5

Шкала оценивания результатов освоения на зачете

Оценка	Критерии оценивания
Зачтено	Аспирант продемонстрировал сформированные или содержащие отдельные пробелы знания при ответе на теоретический вопрос билета. Показал сформированные или содержащие отдельные пробелы знания в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов правильно.
	Аспирант выполнил контрольное задание билета правильно или с небольшими неточностями. Показал успешное или сопровождающееся отдельными ошибками применение <b>навыков</b> полученных знаний и <b>умений</b> при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов правильно.
Не зачтено	При ответе на теоретический вопрос билета аспирант продемонстрировал фрагментарные знания при ответе на теоретический вопрос билета. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов.
	При выполнении контрольного задания билета аспирант продемонстрировал частично освоенное <b>умение</b> и <b>применение</b> полученных навыков при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на

Оценка	Критерии оценивания
	дополнительные вопросы было допущено множество неточностей.

### 9. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине

Задания для текущего контроля и проведения промежуточной аттестации должны быть направлены на оценивание:

1. уровня освоения теоретических понятий, научных основ профессиональной деятельности;
2. степени готовности аспиранта применять теоретические знания и профессионально значимую информацию и оценивание сформированности когнитивных умений.
3. приобретенных умений, профессионально значимых для профессиональной деятельности.

### 10. Типовые контрольные вопросы и задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов освоения дисциплины

Перечень контрольных вопросов и заданий для сдачи зачета по дисциплине «Электромеханика и электрические аппараты» разработан с учетом научных достижений научно-исследовательской школы кафедры.

Типовые творческие задания:

1. Произвести выбор типовых электрических аппаратов для системы электрооборудования;
2. Выполнить расчёт параметров электромагнита переменного тока.

Типовые контрольные задания:

1. Дифференциальные уравнения, описывающие тепловые процессы, протекающие в электрических аппаратах.;
2. Электромагнитная сила, действующая в электромагните постоянного тока..
3. Расчёт реактора;
4. Объяснить физический смысл процессов, протекающих в электрических контактах при их замыкании и размыкании..

Полный комплект вопросов и заданий в форме утвержденных билетов хранится на кафедре «ЭТиЭМ».

Пример типовой формы билета

**Программа**

Электромеханические преобразователи энергии

**Кафедра**

*Электротехника и электромеханика*

*(ЭТиЭМ)*

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФГАОУ ВО «Пермский национальный  
исследовательский политехнический  
университет» (ПНИПУ)**

«Электромеханика и электрические аппараты»

**БИЛЕТ № 1**

1. Проанализировать процессы теплообмена, протекающие в электрических аппаратах..
2. Конструкции электрических аппаратов низкого напряжения, их характеристики и методы выбора.
3. Принципы импульсно-фазового управления электронными аппаратами.

Заведующий кафедрой ЭТиЭМ \_\_\_\_\_  
(подпись)

Кавалеров Б.В.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 202 \_\_\_\_ г.