


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  
«Диагностика, мониторинг и исследование электромеханических  
преобразователей энергии»  
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): 3</b>
<b>Виды контроля с указанием семестра:</b>	
Экзамен: -	Зачет: 3
	Диф.зачет -

Пермь 2022

## **1. Общие положения**

Рабочая программа дисциплины «Диагностика, мониторинг и исследование электромеханических преобразователей энергии» 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 основ формирования системы оптимального управления сервисными и ремонтными работами с высоковольтным оборудованием.

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

Дисциплина «Диагностика, мониторинг и исследование электромеханических преобразователей энергии» 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:

### **3. Знать:**

- Основы диагностики и мониторинга электромеханических преобразователей энергии;
- Методы диагностики технологических режимов электромеханических преобразователей энергии;
- Современные системы мониторинга;
- Методы диагностики и мониторинга режимов работы трансформаторов.

### **Уметь:**

- Производить анализ и оценку современных научных достижений;
- Разрабатывать методы диагностики технологических режимов электромеханических преобразователей энергии;

- Решать задачи по исследованию процессов в электромеханических преобразователях энергии с применением современных компьютерных технологий;
- Выполнять контроль состояния, экспертный анализ технологических режимов работы электромеханических преобразователей энергии и давать оценку технического состояния оборудования.

#### **Владеть:**

- Навыками подготовки и проведения диагностики мониторинга электромеханических преобразователей энергии с применением современных компьютерных технологий и современных систем инженерного анализа;
- Навыками работы в подготовке, проведении контроля и экспертного анализа технологических режимов работы электромеханических преобразователей энергии;
- Навыками работы по подготовке, проведению, контролю и экспертному анализу режимов работы трансформаторов;
- Новыми методами контроля и анализа диагностики различных режимов работы электромеханических преобразователей энергии и трансформаторов.

#### **4. Структура учебной дисциплины по видам и формам учебной работы**

Таблица 1

Объем и виды учебной работы

№ п.п.	Вид учебной работы	Трудоемкость, ч
		3 семестр
1	Аудиторная работа	39
	В том числе:	
	Лекции (Л)	
	Практические занятия (ПЗ)	32
2	Контроль самостоятельной работы (КСР)	7
	Самостоятельная работа (СР)	69
	Форма итогового контроля:	Зачет

#### **4. Содержание учебной дисциплины**

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

(ПЗ – 32, СР – 69)

Тема 1. Понятие «Smart Grid» – интеллектуальная энергосистема, единый комплекс высоковольтного оборудования. Диагностика и мониторинг – основа для формирования системы оптимального управления сервисными и ремонтными работами с высоковольтным оборудованием. Управление жизнью оборудования на основе диагностики и прогнозирования – основа для создания самых современных интеллектуальных энергосистем.

Тема 2. Диагностика и мониторинг генераторов электростанций, высоковольтных синхронных и асинхронных электрических двигателей. Методы диагностики. Системы контроля. Современные системы мониторинга отечественного и импортного производства для высоковольтных электрических машин.

Тема 3. Кабельные линии и шинопроводы. Современные методы диагностики состояния кабельных линий. Обзор систем мониторинга высоковольтных электрических машин.

Тема 4. Вспомогательное высоковольтное оборудование. Методы и средства контроля и диагностики дефектов.

Тема 5. Силовые трансформаторы. Методы их диагностики. Обзор систем мониторинга трансформаторного оборудования.

Тема 6. Измерительные трансформаторы тока и напряжения. Методы и средства диагностики технического состояния измерительных трансформаторов тока и напряжения. Системы мониторинга.

Тема 7. Высоковольтное коммутационное оборудование. Методы диагностики и контроля состояния оборудования. Специальные методы контроля. Обзор систем мониторинга коммутационного оборудования.

Тема 8. Воздушные линии электропередачи. Особенность методов и средств диагностики. Диагностика состояния ЛЭП.

#### 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	1	Диагностика и мониторинг – основа для формирования системы оптимального управления сервисными и ремонтными работами с высоковольтным оборудованием	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
2	2	Современные системы мониторинга отечественного и импортного производства для высоковольтных электрических машин	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
3	3	Современные методы диагностики состояния кабельных линий	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
4	4	Методы контроля и диагностики дефектов	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
5	5	Методы диагностики силовых трансформаторов	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
6	6	Методы и средства диагностики технического состояния измерительных трансформаторов тока и напряжения	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
7	7	Методы диагностики и	Собеседование.	Вопросы по

		контроля состояния оборудования	Творческое задание.	темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
8	8	Особенность методов и средств диагностики ЛЭП	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по 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	Управление жизнью оборудования на основе диагностики и прогнозирования – основа для создания самых современных интеллектуальных энергосистем	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
2	2	Методы диагностики и системы контроля генераторов электростанций, высоковольтных синхронных и асинхронных электрических двигателей	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
3	3	Обзор систем мониторинга высоковольтных электрических машин	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
4	4	Средства контроля и диагностики дефектов	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
5	5	Обзор систем мониторинга трансформаторного оборудования	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
6	6	Системы мониторинга измерительных трансформаторов тока и напряжения	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
7	7	Обзор систем мониторинга коммутационного оборудования	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
8	8	Диагностика состояния ЛЭП	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины

## 5. Методические указания для аспирантов по изучению дисциплины

При изучении дисциплины «Диагностика, мониторинг и исследование электромеханических преобразователей энергии» 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	Дискретно-полевые модели электрических машин : ч. I, II : учебное пособие для вузов / Е. Ф. Беляев, Н. В. Шулаков ; Пермский государственный технический университет .— Пермь : Изд-во ПГТУ, 2009 .	50 + ЭБ
2	Дискретно-полевые модели электрических машин : учебное пособие : в 2 частях / Е.Ф. Беляев; ч.1 Численные методы расчёта магнитных полей. Пермский государственный технический университет .— Пермь : Изд-во ПГТУ, 2006.	49 + ЭБ
3	Введение в численные методы : учебное пособие для вузов / А. А. Самарский ; Моск. гос. ун-т им. М.В. Ломоносова .— 3-е изд., стёр .— Санкт-Петербург : Лань, 2005 .— 288 с.	50
<b>2 Дополнительная литература</b>		
<b>2.1 Учебно-методические, научные издания</b>		
1	Электрические машины (специальный курс) : учебник для вузов / Г. А. Сипайлов, Е. В. Кононенко, К. А. Хорьков .— 2-е изд., перераб. и доп .— Москва : Высш. шк., 1987 .— 286 с.	12
2	Уравнения математической физики : учебник для вузов / А. Н. Тихонов, А. А. Самарский ; Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова .— 7-е изд .— Москва : Изд-во МГУ : Наука, 2004 .— 798 с.	101
3	Теория разностных схем : учебное пособие для вузов / А. А. Самарский .— 3-е изд., испр .— Москва : Наука, 1989 .— 616 с.	9
4	Численные методы : учебное пособие для вузов / Н. С. Бахвалов, Г. М. Кобельков, Н. П. Жидков .— 3-е изд., доп. и перераб .— Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2003 .—	20

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий
1	2	3
	632 с.	
5	Уравнения математической физики : учебник для вузов / В. С. Владимиров, В. В. Жаринов .— 2-е изд., стер .— М. : Физматлит, 2003 .— 399 с.	112
6	Численные методы : учебное пособие для вузов / Н. Н. Калиткин ; Под ред. А. А. Самарского .— М. : Наука, 1978 .— 512 с.	8
7	Методы вычислительной математики : учебное пособие для вузов / Г. И. Марчук .— 3-е изд., перераб. и доп .— Москва : Наука, 1989 .— 608 с.	2
8	Численные методы. Использование MATLAB : пер. с англ. / Д. Г. Мэтьюз, К. Д. Финк .— 3-е изд .— Москва [и др.] : Вильямс, 2001 .— 713 с.	18
9	Компьютерное моделирование физических процессов в пакете MATLAB : учебное пособие для вузов / С. В. Поршнева .— Москва : Горячая линия-Телеком, 2003 .— 592 с.	29
10	Инженерные расчеты в Mathcad : учебный курс / Е. Г. Макаров .— Санкт-Петербург : Питер, 2003 .— 448 с.	26
<b>2.2 Периодические издания</b>		
1	"Электротехника"	
2	"Электричество"	
<b>2.3 Нормативно-технические издания</b>		
1	Не используются	
<b>2.4 Официальные издания</b>		
1	Не используются	

## 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 гуманитар., 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 : мультидисциплинар. 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
	Стенд «Электрические машины»	6	Оперативное управление	355
	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 зачет 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.

## Шкала оценивания результатов освоения на зачете

Оценка	Критерии оценивания
<i>Зачтено</i>	<p>Аспирант продемонстрировал сформированные или содержащие отдельные пробелы знания при ответе на теоретический вопрос билета. Показал сформированные или содержащие отдельные пробелы <b>знания</b> в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов правильно.</p> <p>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.</p>
<i>Не зачтено</i>	<p>При ответе на теоретический вопрос билета аспирант продемонстрировал фрагментарные <b>знания</b> при ответе на теоретический вопрос билета. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов.</p> <p>При выполнении контрольного задания билета аспирант продемонстрировал частично усвоенное <b>умение</b> и <b>применение</b> полученных навыков при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неточностей.</p>

### 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 «Диагностика, мониторинг и исследование электромеханических преобразователей энергии» разработан с учетом научных достижений научно-исследовательской школы кафедры.

Типовые творческие задания:

1. Решить задачу по исследованию процессов в ЭМПЭ с применением современных компьютерных технологий;
2. Объяснить основы диагностики и мониторинга ЭМПЭ.

Типовые контрольные задания:

1. Методы диагностики асинхронных электродвигателей;
  2. Принцип работы систем мониторинга измерительных трансформаторов тока.
  3. Объяснить принципы подготовки и проведения диагностики и мониторинга ЭМПЭ с применением современных компьютерных технологий;
- Применить методы диагностики технологического режима ЭМПЭ.

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)**

«Диагностика, мониторинг и исследование электромеханических преобразователей энергии»

**БИЛЕТ № 1**

1. Современные системы и методы мониторинга отечественного и импортного производства для высоковольтных электрических машин.
2. Провести экспертный анализ технологического режима работы ЭМПЭ с применением компьютерных технологий.
3. Рассказать принципы подготовки и проведения диагностики и мониторинга генератора электростанций.

Заведующий кафедрой ЭТиЭМ \_\_\_\_\_

(подпись)

Кавалеров Б.В.

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