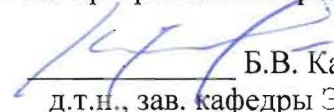


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

**«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
«Переходные процессы электромеханических преобразователей энергии»
по программе аспирантуры**

Научная специальность	2.4.2. Электротехнические комплексы и системы	
Направленность (профиль) программы аспирантуры	Электромеханические преобразователи энергии	
Выпускающая(ие) кафедра(ы)	Электротехника и электромеханика (ЭТиЭМ)	
Форма обучения	Очная	
Курс: 3	Семестр(ы): 5	
Виды контроля с указанием семестра:		
Экзамен: -	Зачет: 5	Диф.зачет: -

Пермь 2022

1. Общие положения

Рабочая программа дисциплины «Переходные процессы 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 разработки электрических цепей и элементов схем электроники и электрооборудования и исследования переходных процессов электромеханических преобразователей энергии..

1.2 Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Переходные процессы электромеханических преобразователей энергии» является обязательной дисциплиной 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 переходных процессов синхронных электрических машин;
- влияние конструктивных и электромагнитных параметров на переходные процессы;
- допущения, принимаемые при исследовании переходных процессов синхронной машины;
- физические законы, положенные в основу исследования переходных процессов.

Уметь:

- разрабатывать математические модели различных электромеханических преобразователей энергии для исследования переходных процессов;
- исследовать переходные процессы при двухфазных коротких замыканиях;

- исследовать переходные процессы при трёхфазных коротких замыканиях;
- давать оценку влияния конструктивных и электромагнитных параметров на переходные процессы синхронных машин.

Владеть:

- компьютерными технологиями при исследовании переходных процессов;
- современными методами исследования переходных процессов синхронных машин;
- навыками анализа при исследовании переходных процессов;
- способностью делать допущения в математических моделях переходных процессов, которые не оказывают существенного влияния на работу синхронной машины.

3. Структура учебной дисциплины по видам и формам учебной работы

Таблица 1

Объем и виды учебной работы

№ п.п.	Вид учебной работы	Трудоемкость, ч
		5 семестр
1	Аудиторная работа	17
	В том числе:	
	Лекции (Л)	5
	Практические занятия (ПЗ)	6
2	Контроль самостоятельной работы (КСР)	6
	Самостоятельная работа (СР)	55
	Форма итогового контроля:	Зачет

4. Содержание учебной дисциплины

4.1. Содержание разделов и тем учебной дисциплины

Раздел 1. Переходные процессы в трансформаторах
(Л – 5, ПЗ – 6, СР – 55)

Тема 1. Виды переходных процессов в трансформаторах и электрических машинах. Обыкновенные дифференциальные уравнения для их математического описания. Дифференциальные уравнения трансформатора и их связь с комплексными уравнениями установившихся режимов. Физический смысл параметров в дифференциальных уравнениях. Переходный процесс включения в сеть ненагруженного трансформатора, влияние насыщения. Внезапное короткое замыкание вторичной обмотки, ударный ток. Волновые переходные процессы и перенапряжения в трансформаторах.

Тема 2. Обобщенная электрическая машина. Электромагнитный момент и уравнение движения. История создания обобщенной теории электрических машин. Методы анализа переходных процессов в электрических машинах. Допущения. Пространственные векторы переменных в различных системах координат. Изменение частоты. Преобразование многофазных обмоток в эквивалентные двухфазные. Этапы и инварианты преобразования. Формулы обратного преобразования переменных. Матричные преобразования. Дифференциальные уравнения эквивалентной двухфазной машины в фазовых координатах. Физический смысл параметров. Переход к ортогональным координатам по методу двух реакций. Дифференциальные уравнения обобщенной машины в различных формах записи. Электромагнитный момент в обобщенной теории электрических машин. Формулы электромагнитного момента. Виды нагрузок электроприводов и особенности их

математического моделирования. Дифференциальные уравнения баланса моментов (движения ротора) для генератора и электродвигателя.

Тема 3. Дифференциальные уравнения Парка-Горева для синхронных машин. Система относительных единиц. Дифференциальные уравнения Парка-Горева для синхронных машин. Электромагнитный момент синхронной явнополюсной машины. Статическая и динамическая устойчивость синхронной машины. Удельная синхронизирующая мощность и момент. Качания ротора синхронной машины. Моменты, действующие на ротор. Роль демпферной (успокоительной) обмотки. Переходный процесс при внезапном трехфазном коротком замыкании синхронного генератора. Переходные и сверхпереходные индуктивные сопротивления обмотки якоря. Электродинамические силы при коротком замыкании.

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	Переходный процесс включения в сеть ненагруженного трансформатора, влияние насыщения. Внезапное короткое замыкание вторичной обмотки, ударный ток. Волновые переходные процессы и перенапряжения в трансформаторах	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
2	2	Методы анализа переходных процессов в электрических машинах. Допущения Пространственные векторы переменных в различных системах координат. Изменение частоты Электромагнитный момент в обобщенной теории электрических машин. Формулы электромагнитного момента	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
	3	Статическая и динамическая устойчивость синхронной машины. Удельная синхронизирующая мощность и момент Переходный процесс при внезапном трехфазном коротком замыкании синхронного генератора	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	Дифференциальные уравнения трансформатора и их связь с комплексными уравнениями установившихся режимов Физический смысл параметров в дифференциальных уравнениях	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
2	2	Формулы обратного преобразования переменных. Матричные преобразования. Дифференциальные уравнения эквивалентной двухфазной машины в фазовых координатах. Физический смысл параметров Виды нагрузок электроприводов и особенности их математического моделирования. Дифференциальные уравнения баланса моментов (движения ротора) для генератора и электродвигателя	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
	3	Переходные и сверхпереходные индуктивные сопротивления обмотки якоря. Электродинамические силы при коротком замыкании.	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины

5. Методические указания для аспирантов по изучению дисциплины

При изучении дисциплины «Переходные процессы 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
1 Основная литература		
1	Кононенко Е.В., Сипайлов Г.А., Хорьков К.А. Электрические машины (специальный курс): учебное пособие. – М.: Высшая школа, 1987.	12
2	Копылов И.П. Математическое моделирование электрических машин: учебник для вузов. – М.: Высшая школа, 1994.	16
3	Иванов-Смоленский А.В. Электрические машины: В 2-х томах. Учебник для вузов. – М.: Издательский дом МЭИ, 2006.	т. 1 – 15 т. 2 – 15
2 Дополнительная литература		
2.1 Учебно-методические, научные издания		
1	Сипайлов Г.А., Лоос А.В. Математическое моделирование электрических машин. – М.: Высшая школа, 1980.	3
2.2 Периодические издания		
1	«ЭЛЕКТРО»	
2	«Электротехника»	
2.3 Нормативно-технические издания		
1	Не используются	
2.4 Официальные издания		
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 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 : 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

№ п.п.	Наименование и марка оборудования (стенда, макета, плаката, лабораторное	Кол-во ед.	Форма приобретения / владения (собственность, оперативное управление, аренда и т.п.)	Номер аудитории
---------------	---	-------------------	---	------------------------

	оборудование)			
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.

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 знания 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 навыков полученных знаний и умений 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 знания 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 освоенное умение и применение 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 «Переходные процессы электромеханических преобразователей энергии» разработан с учетом научных достижений научно-исследовательской школы кафедры.

Типовые творческие задания:

1. Произвести выбор типовых схемных решений систем электрооборудования;
2. Выполнить расчёт электрических цепей и элементов схем электроники и электрооборудования.

Типовые контрольные задания:

1. Дифференциальные уравнения в осях d и q ;
2. Электромагнитный момент синхронной машины.
3. Расчёт одно- и трёхфазных электрических цепей;
4. Объяснить физический смысл переходного процесса электромеханических преобразователей энергии.

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)

«Переходные процессы электромеханических преобразователей энергии»

БИЛЕТ № 1

1. Переходный процесс включения в сеть ненагруженного трансформатора.
2. Выбрать систему дифференциальных уравнений для исследования переходных процессов в явнополюсных синхронных машинах и объяснить выбор.
3. Объяснить физический смысл использования метода двух реакций в явнополюсных синхронных машинах.

Заведующий кафедрой ЭТиЭМ _____

(подпись)

Кавалеров Б.В.

« _____ » _____ 202 _____ г.