



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

**«Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет»**



**Рабочая программа дисциплины  
«Математическое моделирование электроэнергетических систем»**

<b>Направление подготовки</b>	27.06.01 Управление в технических системах
<b>Направленность (профиль) программы аспирантуры</b>	Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами
<b>Научная специальность</b>	05.13.06 Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (в промышленности)
<b>Квалификация выпускника</b>	Исследователь. Преподаватель-исследователь
<b>Выпускающая кафедра</b>	Электротехника и электромеханика
<b>Форма обучения</b>	Очная
<b>Курс: 2</b>	<b>Семестр: 4</b>
<b>Трудоёмкость:</b>	
Кредитов по рабочему учебному плану:	3 ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану:	108 ч
<b>Виды контроля с указанием семестра:</b>	
Зачёт:	4

Пермь 2017 г.

Рабочая программа дисциплины «Математическое моделирование электроэнергетических систем» разработана на основании следующих нормативных документов:

- федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 27.06.01 «Управление в технических системах» (уровень подготовки кадров высшей квалификации), утверждённого приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 30 июля 2014 г. № 892;

- компетентностной модели выпускника ОПОП по направлению подготовки 27.06.01 «Управление в технических системах», утверждённой « 1 » 06 201 7 г.;

- базового учебного плана очной формы обучения по направлению подготовки 27.06.01 «Управление в технических системах», профиль «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами», утверждённого « 30 » 03 2017 г.

- Паспорт научной специальности 05.13.06 - Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами, разработанный экспертным советом Высшей аттестационной комиссии Министерства в связи с утверждением приказа Минобрнауки России от 25 февраля 2009 г. №59 «Об утверждении Номенклатуры научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени» (редакция от 14 декабря 2015 года);

- Программа кандидатского минимума и паспорт научной специальности 05.13.06 - Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (в промышленности).

Рабочая программа дисциплины заслушана и утверждена на заседании кафедры «Электротехника и электромеханика»

Протокол от « 11 » 05 2017 г. № 2.

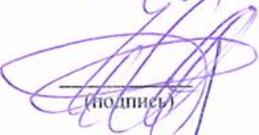
Зав. кафедрой д-р техн. наук, доц.  
(учёная степень, звание)



(подпись)

Б.В.Кавалеров  
(Фамилия И.О.)

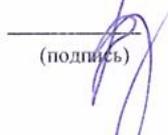
Разработчик д-р техн. наук, доц  
программы (учёная степень, звание)



(подпись)

Б.В.Кавалеров  
(Фамилия И.О.)

Руководитель д-р техн. наук, проф.  
программы (учёная степень, звание)



(подпись)

А.А. Южаков  
(Фамилия И.О.)

Согласовано:

Начальник УПКВК



(подпись)

Л.А. Свисткова

## 1. Общие положения

**1.1 Цель учебной дисциплины** – формирование комплекса знаний, умений и навыков в области исследования электроэнергетических систем на основе математического моделирования для автоматизации управления сложными техническими объектами.

В процессе изучения данной дисциплины аспирант формирует следующие **компетенции**:

- способность применять методы, алгоритмы и инструментальные средства автоматизации сложных технологических процессов и промышленных производств (ПК-1);
- готовность к использованию современного инструментария и информационно-коммуникационных технологий при проектировании и внедрении систем управления технологическими процессами и производствами (ПК-2).

### 1.2 Задачи учебной дисциплины:

• **формирование знаний**

- изучение поведения электроэнергетических систем, методов моделирования, способов и средств управления;

• **формирование умений**

- разрабатывать математические модели электроэнергетических систем, применять математические модели для исследования поведения электроэнергетических систем и способов управления ими;

• **формирование навыков**

- владеть приемами математического моделирования для исследования поведения электроэнергетических систем и способов управления ими.

### 1.3 Предметом освоения дисциплины являются следующие объекты:

- электроэнергетические системы
- электромеханические системы
- системы управления электроэнергетическими и электромеханическими объектами
- переходные и установившиеся режимы электроэнергетических систем
- методы математического моделирования

### 1.4 Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Математическое моделирование электроэнергетических систем» относится к дисциплинам по выбору вариативной части блока 1.

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

В результате изучения дисциплины аспирант должен освоить части указанных в пункте 1.1 компетенций и продемонстрировать следующие результаты:

**Знать:**

- режимы работы электроэнергетических систем, способы и средства управления динамическими и статическими режимами;

**Уметь:**

- объяснять физические основы динамических и статических режимов электроэнергетических систем;

**Владеть:**

- приемами расчета динамических и статических режимов электроэнергетических систем.

## 2.1 Дисциплинарная карта компетенции ПК-1

<b>Код ПК-1</b>	<b>Формулировка компетенции</b> Способность применять методы, алгоритмы и инструментальные средства автоматизации сложных технологических процессов и промышленных производств
---------------------	---

<b>Код ПК-1.Б1.ДВ.02.6</b>	<b>Формулировка дисциплинарной части компетенции</b> Способность применять математические модели электроэнергетических систем при решении задач автоматизации технологических процессов и промышленных производств
--------------------------------	---

### Требования к компонентному составу части компетенции

<b>Перечень компонентов компетенции (планируемых результатов обучения)</b>	<b>Виды учебной работы</b>	<b>Средства оценки</b>
<b>Знать:</b> математическое описание, алгоритмы и инструментальные средства моделирования электроэнергетических систем.	<i>Лекции. Самостоятельная работа аспирантов по изучению теоретического материала.</i>	<i>Собеседование.</i>
<b>Уметь:</b> создавать математические модели динамических и статических режимов электроэнергетических систем	<i>Практические занятия. Самостоятельная работа аспирантов (подготовка к лекциям, практическим занятиям)</i>	<i>Собеседование.</i>
<b>Владеть:</b> приемами использования математических моделей электроэнергетических систем при решении задач автоматизации	<i>Самостоятельная работа аспирантов.</i>	<i>Собеседование. Творческое задание.</i>

## 2.2 Дисциплинарная карта компетенции ПК-2

<b>Код ПК-2</b>	<b>Формулировка компетенции</b> Готовность к использованию современного инструментария и информационно-коммуникационных технологий при проектировании и внедрении систем управления технологическими процессами и производствами
---------------------	---

<b>Код ПК-2.Б1.ДВ.02.6</b>	<b>Формулировка дисциплинарной части компетенции</b> Готовность к использованию математических моделей электроэнергетических систем при проектировании и внедрении систем управления технологическими процессами и производствами
--------------------------------	--

### Требования к компонентному составу части компетенции

<b>Перечень компонентов компетенции (планируемых результатов обучения)</b>	<b>Виды учебной работы</b>	<b>Средства оценки</b>
<b>Знать:</b> назначение математических моделей электроэнергетических систем при проектировании и внедрении систем	<i>Лекции. Самостоятельная работа аспирантов по изучению теоретического материала.</i>	<i>Собеседование.</i>

управления		
<b>Уметь:</b> использовать математические модели электроэнергетических систем при проектировании и внедрении систем управления	<i>Практические занятия. Самостоятельная работа аспирантов (подготовка к лекциям, практическим занятиям)</i>	<i>Собеседование.</i>
<b>Владеть:</b> приемами использования математических моделей электроэнергетических систем при проектировании и внедрении систем управления	<i>Самостоятельная работа аспирантов.</i>	<i>Собеседование. Творческое задание.</i>

**3. Структура учебной дисциплины по видам и формам учебной работы**  
Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 ЗЕ (1 ЗЕ = 36 час.).

Таблица 1

Объем и виды учебной работы

№ п.п.	Вид учебной работы	Трудоёмкость, ч
		4 семестр
<b>1</b>	Аудиторная работа	26
	В том числе:	
	Лекции (Л)	8
	Практические занятия (ПЗ)	18
<b>2</b>	Контроль самостоятельной работы (КСР)	1
	Самостоятельная работа (СР)	81
	Форма итогового контроля:	Зачет

**4. Содержание учебной дисциплины**

**4.1 Модульный тематический план**

Таблица 2

Тематический план по модулям учебной дисциплины (4 семестр)

Номер раздела дисциплины	Номер темы дисциплины	Количество часов и виды занятий							Трудоёмкость, ч / ЗЕ
		аудиторная работа				КСР	Итоговый контроль	самостоятельная работа	
		всего	Л	ПЗ	ЛР				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Введение	0,5	0,5						<b>0,5</b>
	1	3,5	0,5	3				13	<b>16,5</b>
	2	4,0	1,0	3				14	<b>18</b>
<b>Всего по модулю:</b>		<b>8</b>	<b>2</b>	<b>6</b>		<b>0,25</b>		<b>27</b>	<b>35,25</b>
2	4	3	1	2				9	<b>12</b>
	5	6	2	4				18	<b>24</b>
<b>Всего по модулю:</b>		<b>9</b>	<b>3</b>	<b>6</b>		<b>0,25</b>		<b>27</b>	<b>36,25</b>
3	6	6,5	2,5	4				10	<b>16,5</b>
	7	2,5	0,5	2				17	<b>19,5</b>
<b>Всего по модулю:</b>		<b>9</b>	<b>3</b>	<b>6</b>		<b>0,5</b>		<b>27</b>	<b>36,5</b>
<b>Итого:</b>		<b>26</b>	<b>8</b>	<b>18</b>		<b>1</b>		<b>81</b>	<b>108/3</b>

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

### **4.2.1. Содержание разделов и тем учебной дисциплины (4 семестр)**

**Введение.** Л – 0,5 ч

Основные понятия, термины и определения, предмет и задачи дисциплины

Структура изучения материала. Актуальность моделирования электроэнергетических систем.

#### **Раздел 1. Переходные электромагнитные и электромеханические процессы в электроэнергетических системах**

Л – 1,5 ч, ПЗ – 6 ч, СРС – 27 ч, КСР-0,25 ч.

##### **Тема 1. Электромагнитные переходные процессы**

Основные сведения об электромагнитных переходных процессах. Основные допущения. Переходные процессы в простейших трехфазных цепях. Переходные процессы в неподвижных магнитосвязанных цепях. Переходные процессы в электрических машинах. Переходные процессы при нарушении симметрии трехфазной цепи.

Л – 0,5 ч, ПЗ – 3 ч, СРС – 13ч.

##### **Тема 2. Электромеханические переходные процессы**

Основные требования, предъявляемые к режимам электроэнергетических систем. Устойчивость электроэнергетических систем. Изменения частоты мощности в энергосистемах. Переходные процессы в системах электроснабжения при малых и больших изменениях режима.

Л – 1 ч, ПЗ – 3 ч, СРС – 14ч.

#### **Раздел 2. Модели структурных элементов электроэнергетической системы**

Л – 3 ч, ПЗ – 6 ч, СРС – 27 ч, КСР-0,25 ч.

##### **Тема 3. Общие принципы построения математических моделей структурных элементов**

Алгебраические и дифференциальные уравнения для описания статики и динамики электроэнергетической системы, расчет начальных условий, расчет параметров структурных элементов.

Л – 1 ч, ПЗ – 2 ч, СРС – 9 ч.

##### **Тема 4. Математическое описание структурных элементов**

Математическое описание трансформаторов, электрических машин, линий электропередачи, статической нагрузки и других элементов электроэнергетической системы.

Л – 2 ч, ПЗ – 4 ч, СРС – 18 ч.

#### **Раздел 3. Методология моделирования электроэнергетических систем произвольной структуры**

Л – 3 ч, ПЗ – 6 ч, СРС – 27 ч, КСР-0,5 ч.

##### **Тема 5. Способы моделирования взаимодействия структурных элементов.**

Обзор методов моделирования. Структурно-топологический подход к моделированию взаимодействия структурных элементов электроэнергетической системы. Построение модели электроэнергетической системы произвольной топологии.

Л – 2,5 ч, ПЗ – 4 ч, СРС – 10ч.

##### **Тема 6. Исследование переходных процессов в ходе машинного (компьютерного) моделирования.**

Характерные переходные процессы электроэнергетических систем. Методика проведения компьютерного эксперимента. Исследование характерных переходных процессов с помощью математической модели.

Л – 0,5, ПЗ – 2 ч, СРС – 17 ч.

#### 4.3. Перечень тем лабораторных работ

При изучении данной дисциплины лабораторные работы не предусмотрены.

#### 4.4. Перечень тем практических занятий

Таблица 3

Темы практических занятий (из пункта 4.2.2)

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы практического занятия	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства
1	1	Приобретение умений объяснять причины электромагнитных переходных процессов	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
2	2	Приобретение умений объяснять причины электромеханических переходных процессов	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
3	2	Приобретение умения оценивать устойчивость электроэнергетических систем	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
4	3	Приобретение умений описывать электромеханические переходные процессы с помощью дифференциальных и алгебраических уравнений	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
5	4	Приобретение умений по получению математических моделей структурных элементов электроэнергетических систем	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
6	4	Приобретение умений по использованию математических моделей структурных элементов электроэнергетических систем	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
7	5	Приобретение умений структурно-топологического описания электроэнергетических систем	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
8	5	Приобретение умений построения моделей электроэнергетических систем произвольной конфигурации	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.

				заданий.
9	6	Приобретение умений исследования переходных процессов в электроэнергетических системах с помощью моделей	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.

#### 4.5. Перечень тем семинарских занятий

При изучении данной дисциплины семинарские занятия не предусмотрены.

#### 4.6. Содержание самостоятельной работы аспирантов

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

Таблица 4

Темы самостоятельных заданий

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы самостоятельной работы	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства
1	Введение	Изучение теоретического материала	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
2	1	Подготовка к практическим занятиям Подготовка отчетов по практическим занятиям	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
3	2	Подготовка к практическим занятиям Подготовка отчетов по практическим занятиям	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
4	3	Подготовка к практическим занятиям Подготовка отчетов по практическим занятиям	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
5	4	Тема творческого задания	Собеседование	Темы творческих заданий
6	5	Тема творческого задания	Собеседование	Темы творческих заданий
7	6	Тема творческого задания	Собеседование	Темы творческих заданий

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

При изучении дисциплины «Математическое моделирование электроэнергетических систем» 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;

4. К выполнению практических заданий приступать после самостоятельной работы по изучению теоретических вопросов.

#### **6. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций**

Для успешного освоения дисциплины применяются различные образовательные технологии, которые обеспечивают достижение планируемых результатов обучения согласно основной профессиональной образовательной программы.

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при которой аспиранты 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.

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

#### **7. Фонд оценочных средств**

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации и текущего контроля по дисциплине «Математическое моделирование электроэнергетических систем» представлен в виде приложения к рабочей программе дисциплины.

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

### 8.1. Карта обеспеченности дисциплины учебно-методической литературой

<p><b>Б1.ДВ.02.6</b>  <i>Математическое моделирование электроэнергетических систем</i></p>	<p><b>БЛОК 1</b></p>						
<p><i>(индекс и полное название дисциплины)</i></p>	<p><i>(цикл дисциплины/блок)</i></p>						
<table border="1"> <tr><td style="width: 20px; height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="width: 20px; height: 20px; text-align: center;">x</td></tr> </table>		x	<p>базовая часть цикла          вариативная часть цикла</p>	<table border="1"> <tr><td style="width: 20px; height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="width: 20px; height: 20px; text-align: center;">x</td></tr> </table>		x	<p>обязательная по выбору аспиранта</p>
x							
x							
<p><b>27.06.01/ 05.13.06</b></p>	<p><b>Управление в технических системах / Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами</b></p>						
<p><i>код направления / шифр научной специальности</i></p>	<p><i>(полные наименования направления подготовки / направленности программы)</i></p>						
<p>2017 <i>(год утверждения учебного плана)</i></p>	<p>Семестр(-ы): 4</p>	<p>Количество аспирантов: <u>2</u></p>					
<p>Факультет Электротехнический Кафедра Электротехники и электромеханики</p>							
<p>тел. 8(342)219-80-57; <a href="mailto:kbv@pstu.ru">kbv@pstu.ru</a> <i>(контактная информация)</i></p>							

### 8.2. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

№	Библиографическое описание <i>(автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)</i>	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий
1	2	3
<b>1 Основная литература</b>		
1	<p><i>Математическое моделирование газотурбинных мини-электростанций и мини-энергосистем / В. М. Винокур [и др.] ; Пермский государственный технический университет . — Пермь : Изд-во ПГТУ, 2010 . — 298 с., 18,75 усл. печ. л. : ил. — Список принятых сокр.: с. 5-6 . — Библиогр.: с. 275-298 .</i></p>	43
<b>2 Дополнительная литература</b>		
<b>2.1 Учебные и научные издания</b>		
1	<p><i>Шулаков Н.В. Электрические машины : конспект лекций / Н. В. Шулаков ; Пермский государственный технический</i></p>	150 <sup>+ЭБ</sup>

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий
1	2	3
	университет.—Пермь : Изд-во ПГТУ, 2008.—324 с.	
2	Электрические машины. Машины переменного тока : учебник для вузов / А. И. Вольдек, В. В. Попов.— Санкт-Петербург [и др.] : Питер, 2010.—349 с.	10
3	Электрические машины. Машины переменного тока : учебник для вузов / А. И. Вольдек, В. В. Попов.— Санкт-Петербург [и др.] : Питер, 2008.—349 с.	20
<b>2.2 Периодические издания</b>		
1	Вестник ПНИПУ. Электротехника, информационные технологии, системы управления.	
<b>2.3 Нормативно-технические издания</b>		
1	ГОСТ Р 50783-95 Электроагрегаты и передвижные электростанции с двигателями внутреннего сгорания. Общие технические требования.	Техэксперт
2	ГОСТ 13109-97 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения	Техэксперт
<b>2.4 Официальные издания</b>		
1	Конституция Российской Федерации	КонсультантПлюс
2	Трудовой кодекс Российской Федерации	КонсультантПлюс
3	Федеральный закон от 21.12.1994 г. № 68-ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера»	КонсультантПлюс

### 8.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

#### 8.3.1. Лицензионные ресурсы<sup>1</sup>

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.

<sup>1</sup> собственные или предоставляемые ПНИПУ по договору

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.

### 8.3.1.1. Информационные справочные системы

1. Справочная Правовая Система КонсультантПлюс [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных правовой информ. : док., коммент., кн., ст., обзоры и др.]. – Версия 4015.00.02, сетевая, 50 станций. – Москва, 1992–2016. – Режим доступа: Компьютер. сеть Науч. б-ки Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

2. Информационная система Техэксперт: Интранет [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных правовой информ. : законодат. и норматив. док., коммент., журн. и др.] / Кодекс. – Версия 6.3.2.22, сетевая, 50 рабочих мест. – Санкт-Петербург, 2009-2013. – Режим доступа: Компьютер. сеть Науч. б-ки Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

### 8.3.2. Открытые интернет-ресурсы

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

## 8.4. Перечень лицензионного программного обеспечения

№ п.п.	Вид учебного занятия	Наименование программного продукта	Рег. номер лицензии	Назначение программного продукта
1	Практическое	<i>Delphi 2007</i>	<i>HDE0007WWX X004</i>	Моделирование
2	Практическое	<i>Windows XP</i>	42615552	Подготовка и оформление отчетов
3	Практическое	<i>LabVIEW 2011</i>	M72X6607 3	Моделирование
4	Практическое	<i>Matlab (Simulink)</i>	568405	Моделирование

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

### 9.1. Специальные помещения и помещения для самостоятельной работы

Таблица 7

№ п.п.	Помещения			Площадь, м <sup>2</sup>	Количество посадочных мест
	Название	Принадлежность (кафедра)	Номер аудитории		
1	2	3	4	5	6

1	Класс лабораторного оборудования	Кафедра ЭТЭМ	355, гл.к.	84	30
2	Компьютерный класс	Кафедра ЭТЭМ	350, гл.к.	50	25
3	Исследовательская лаборатория	Кафедра ЭТЭМ	353 ауд.	60	30

## 9.2. Основное учебное оборудование

Таблица 8

№ п.п.	Наименование и марка оборудования (стенда, макета, плаката, лабораторное оборудование)	Кол-во ед.	Форма приобретения / владения (собственность, оперативное управление, аренда и т.п.)	Номер аудитории
1	2	3	4	5
1	Парты, стол преподавателя, доска магнитно-маркерная, документ-камера WolfVision VZ-5F, экран на штативе, компьютер в комплекте – 12 шт., принтер Canon Laser Base MF 3228, проектор Epson Multi Media Projector EB-X11, локальная компьютерная сеть		Оперативное управление	350, гл.к.
2	Парты, стол преподавателя, доска аудиторная меловая, экран Project Slim Screen, проектор Epson Multi Media Projector EB-X11, осциллограф С1-93 – 5 шт., лабораторный трансформатор (ЛАТР) трехфазный Энергия TSGC2-3 – 3 шт., лабораторный стенд «Основы электрических цепей, электрических машин и электропривода» - 2 шт., лабораторный стенд «Электрические цепи, электрические машины и электропривод» с компьютерным управлением – 3 шт.		Оперативное управление	355, гл.к.
3	Лабораторный стенд «Электрические машины и		Оперативное управление	353, гл.к.

<p>электрический привод 1,5 кВт», трансформатор РОТ-25/0,5, лабораторный комплекс «Электрический привод – 1-я очередь», учебный лабораторный комплекс «Электрический привод – 2-я очередь», лабораторный комплекс «Электрический привод – 3-я очередь», Принтер Brother HL-1240, компьютер в комплекте – 3 шт., доска аудиторная трехстворчатая меловая, парты, стол преподавателя, экран Projecta Slim Screen, проектор Epson Multi Media Projector EB-X11</p>			
---	--	--	--

**Лист регистрации изменений**

<b>№ п.п.</b>	<b>Содержание изменения</b>	<b>Дата, номер протокола заседания кафедры. Подпись заведующего кафедрой</b>
1	2	3
1		
2		
3		
4		

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Пермский национальный исследовательский политехнический  
университет» (ПНИПУ)

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по науке и инновациям

В.Н. Кортаев

« 06 » 2017г.

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

для проведения промежуточной аттестации аспирантов по дисциплине  
«Математическое моделирование электроэнергетических систем»

Направление подготовки	27.06.01 Управление в технических системах
Направленность (профиль) программы аспирантуры	Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами
Научная специальность	05.13.06 Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (в промышленности)
Квалификация выпускника	Исследователь. Преподаватель-исследователь
Выпускающая(ие) кафедра(ы)	Электротехника и электромеханика
Форма обучения	Очная
Курс: 2	Семестр (ы): 4
Трудоёмкость:	
Кредитов по рабочему учебному плану:	3 ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану:	108 ч
Виды контроля с указанием семестра:	
Зачёт:	4

Пермь 2017 г.

**Фонд оценочных средств (ФОС) для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине «Математическое моделирование электроэнергетических систем»** разработан на основании следующих нормативных документов:

- федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 27.06.01 «Управление в технических системах» (уровень подготовки кадров высшей квалификации), утверждённого приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 30 июля 2014 г. № 892;

- компетентностной модели выпускника ОПОП по направлению подготовки 27.06.01 «Управление в технических системах», утверждённой « 1 » 06 2017 г.;

- базового учебного плана очной формы обучения по направлению подготовки 27.06.01 «Управление в технических системах», профиль «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами», утверждённого « 30 » 03 2017 г.

- Паспорт научной специальности 05.13.06 - Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами, разработанный экспертным советом Высшей аттестационной комиссии Министерства в связи с утверждением приказа Минобрнауки России от 25 февраля 2009 г. №59 «Об утверждении Номенклатуры научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени» (редакция от 14 декабря 2015 года);

- Программа кандидатского минимума и паспорт научной специальности 05.13.06 - Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (в промышленности).

ФОС заслушан и утвержден на заседании кафедры «Электротехника и электромеханика»

Протокол от « 13 » 05 2017 г. № 21

Зав. кафедрой д-р техн. наук, доц.  
(учёная степень, звание)

  
(подпись)

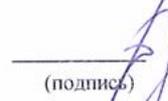
Б.В.Кавалеров  
(Фамилия И.О.)

Разработчик программы д-р техн. наук, доц.  
(учёная степень, звание)

  
(подпись)

Б.В.Кавалеров  
(Фамилия И.О.)

Руководитель программы д-р техн. наук, проф.  
(учёная степень, звание)

  
(подпись)

А.А. Южаков  
(Фамилия И.О.)

Согласовано:

Начальник УПКВК

  
(подпись)

Л.А. Свисткова

## 1. Перечень формируемых частей компетенций, этапы их формирования и контролируемые результаты обучения

### 1.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

Согласно основной профессиональной образовательной программе аспирантуры учебная дисциплина Б1.ДВ.02.6 «Математическое моделирование электроэнергетических систем» участвует в формировании следующих дисциплинарных частей компетенций:

**ПК-1.** способность применять методы, алгоритмы и инструментальные средства автоматизации сложных технологических процессов и промышленных производств;

**ПК-2.** готовность к использованию современного инструментария и информационно-коммуникационных технологий при проектировании и внедрении систем управления технологическими процессами и производствами.

### 1.2 Этапы формирования компетенций

Освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты дисциплинарных компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в дисциплинарных картах компетенций в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения и являются показателями достижения заданного уровня освоения компетенций (табл. 1).

Таблица 1

Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине  
(показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Вид контроля	
	4 семестр	
	Текущий	Зачёт
<b>Усвоенные знания</b>		
<b>З.1</b> знать причины и особенности электромагнитных переходных процессов в электрических системах	С	ТВ
<b>З.2</b> знать причины и особенности электромеханических переходных процессов в электрических системах	С	ТВ
<b>З.3</b> знать математическое описание структурных элементов электрической системы	С	ТВ
<b>З.4</b> знать способы моделирования взаимодействия структурных элементов электрической системы	С	ТВ
<b>Освоенные умения</b>		
<b>У.1</b> уметь объяснить характер переходного электромагнитного процесса в электрических сетях	С	ТВ
<b>У.2</b> уметь объяснить характер переходного электромеханического процесса в электрических сетях	С	ТВ
<b>У.3</b> уметь объяснить физику процессов, протекающих в элементах электрической системы	С	ТВ
<b>У.4</b> уметь объяснить физику процессов, возникающих при объединении структурных электрических элементов в систему	С	ТВ

<b>Приобретенные владения</b>		
<b>В.1</b> владеть методами описания электромагнитных переходных процессов электрических систем	ОТЗ	ПЗ
<b>В.2</b> владеть методами описания электромагнитных переходных процессов электромагнитных систем	ОТЗ	ПЗ
<b>В.3</b> владеть приемами получения и использования математических моделей элементов электрической системы	ОТЗ	ПЗ
<b>В.4</b> владеть приемами получения и использования математических моделей взаимодействия структурных элементов электрической системы	ОТЗ	ПЗ

*С – собеседование по теме; ТВ – теоретический вопрос; ТЗ – творческое задание с учетом темы научно-исследовательской деятельности; ОТЗ – отчет по творческому заданию; ПЗ – практическое задание с учетом темы научно-исследовательской деятельности.*

*Собеседование – средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с аспирантом на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.*

*Творческое задание - частично регламентированное задание, имеющее нестандартное решение и позволяющее диагностировать умения, интегрировать знания различных областей, аргументировать собственную точку зрения.*

Итоговой оценкой освоения дисциплинарных частей компетенций (результатов обучения по дисциплине) является аттестация в виде зачета (4 семестр), проводимого с учетом результатов текущего контроля.

## **2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания.**

В процессе формирования заявленных компетенций используются различные формы оценочных средств текущего и промежуточного контроля.

Компоненты дисциплинарных компетенций, указанные в дисциплинарных картах компетенций в рабочей программе дисциплины, выступают в качестве контролируемых результатов обучения в рамках освоения учебного материала дисциплины: знать, уметь, владеть.

### **2.1 Текущий контроль**

Текущий контроль для комплексного оценивания показателей знаний, умений и владений дисциплинарных частей компетенций (табл. 1) 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.

Критерии и показатели оценивания собеседования отображены в шкале, приведенной в табл. 2.

Таблица 2

Уровень освоения	Критерии оценивания уровня освоения учебного материала
Зачтено	Аспирант достаточно свободно использует фактический материал по заданному вопросу, умеет определять причинно-следственные связи событий, логично и грамотно, с использованием профессиональной терминологии обосновывает свою точку зрения.
Незачтено	Аспирант демонстрирует полное незнание материала или наличие бессистемных, отрывочных знаний, связанных с поставленным перед ним вопросом, при этом не ориентируется в профессиональной терминологии.

- **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.

Критерии оценивания защиты отчета творческого задания отображены в шкале, приведенной в табл. 3.

Таблица 3

Уровень освоения	Критерии оценивания уровня освоения учебного материала
<i>Зачтено</i>	Аспирант выполнил творческое задание успешно, показав в целом систематическое или сопровождающееся отдельными ошибками <b>применение</b> полученных знаний и <b>умений</b> , аспирант ориентируется в предложенном решении, может его модифицировать при изменении условия задачи. Аспирант может объяснить полностью или частично полученные результаты.
<i>Незачтено</i>	Аспирант допустил много ошибок или не выполнил творческое задание.

## 2.2 Промежуточная аттестация

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего контроля. Промежуточная аттестация проводится в виде зачета (4 семестр) по дисциплине в устно-письменной форме по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки знаний и практическое задание (ПЗ) для проверки умений и владений заявленных дисциплинарных частей компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролирующие уровень сформированности всех заявленных дисциплинарных компетенций. Пример билета представлен в приложении 1.

- **Шкалы оценивания результатов обучения при зачете и кандидатском экзамене:**

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных дисциплинарных компетенций проводится по шкале оценивания «зачтено», «незачтено» путем выборочного контроля во время зачета.

Типовые шкалы и критерии оценки результатов обучения при сдаче зачета и кандидатского экзамена для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в табл. 4 и табл. 5.

Таблица 4

## Шкала оценивания уровня знаний, умений и владений 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>Незачтено</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>

При оценке уровня сформированности дисциплинарных частей компетенций в рамках выборочного контроля при сдаче зачета и кандидатского экзамена считается, что полученная оценка проверяемой в билете дисциплинарной части компетенции обобщается на все дисциплинарные части компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.

Общая оценка уровня сформированности всех дисциплинарных частей компетенций проводится с учетом результатов текущего контроля в виде интегральной оценки по системе оценивания «зачтено» и «незачтено».

Таблица 5

## Оценочный лист уровня сформированности дисциплинарных частей компетенций на зачете

Итоговая оценка уровня сформированности дисциплинарных частей компетенций	Критерии оценивания компетенции
<i>Зачтено</i>	Аспирант получил по дисциплине оценку «зачтено»
<i>Незачтено</i>	Аспирант получил по дисциплине оценку «незачтено»

### 3. 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.

Задания для оценивания когнитивных умений (знаний) должны предусматривать необходимость проведения аспирантом интеллектуальных действий:

- по дифференциации информации на взаимозависимые части, выявлению взаимосвязей между ними и т.п.;
- по интерпретации и творческому усвоению информации из разных источников, ее системного структурирования;
- по комплексному использованию интеллектуальных инструментов учебной дисциплины для решения учебных и практических проблем.

При составлении заданий необходимо иметь в виду, что они должны носить практико-ориентированный комплексный характер и формировать закрепление осваиваемых компетенций.

#### **4. Типовые контрольные вопросы и задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

##### **4.1 Типовые творческие задания:**

1. Исследовать регулирование активной и реактивной мощности синхронного генератора на модели.
2. Исследовать на модели пуск асинхронного двигателя от соизмеримого по мощности синхронного генератора с регулированием тока возбуждения.
3. Исследовать на модели работу автоматического регулятора возбуждения синхронной машины при удаленном коротком замыкании.
4. Исследовать на модели пуск асинхронного двигателя от двух параллельно работающих синхронных генераторов.
5. Исследовать на модели работу регулятора частоты вращения свободной турбины и его влияние на частоту электрогенератора при набросе автономной нагрузки.
6. Исследовать и сравнить на модели работу регуляторов частоты вращения турбины и возбуждения синхронного генератора при набросе нагрузки в случае автономной работы и работы генератора на мощную сеть.
7. Исследовать и сравнить на модели работу различных регуляторов частоты вращения и возбуждения в одинаковых условиях.
8. Исследовать на модели особенности работы топологически сложной системы электроснабжения с точки зрения регулирования в системе частоты и напряжения.

##### **4.2 Типовые контрольные вопросы для оценивания знаний на зачете по дисциплине:**

1. Внезапное короткое замыкание трансформатора.
2. Индуктивности обмоток синхронной машины.
3. Качество переходного электромеханического процесса.
4. Устойчивость в электрических системах.
5. Уравнения Парка-Горева для исследования электромеханических систем.
6. Математическое описание структурных элементов электроэнергетической системы.
7. Математическое описание взаимодействия структурных элементов электроэнергетической системы.
8. Регулирование активной мощности.
9. Регулирование реактивной мощности.
10. Автоматическое регулирование возбуждения синхронных машин.

**4.3** Типовые контрольные задания для оценивания приобретенных умений и владений на зачете по дисциплине:

- 1.** Рассчитать переходный электромагнитный процесс короткого замыкания.
- 2.** Определить показатели качества электромеханического переходного процесса.
- 3.** Определить устойчивость электроэнергетической системы по заданным параметрам.
- 4.** Составить матрицу инцидентности для заданной топологии электроэнергетической системы.
- 5.** Записать матрицы преобразования координат при переходе от трехфазной системы координат к двухфазной системе.
- 6.** Объяснить, как при помощи матриц инцидентности рассчитывается переходный процесс электроэнергетической системы

Полный комплект вопросов и заданий для сдачи зачета и кандидатского экзамена в форме утвержденных билетов хранится на кафедре «Электротехника и электромеханика».

Приложение 1  
Пример типовой формы экзаменационного билета



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

**Направление**  
27.06.01 Управление в технических системах  
**Программа**  
Автоматизация и управление технологическими  
процессами и производствами  
**Кафедра**  
Электротехника и электромеханика

**Дисциплина**  
«Математическое моделирование электроэнергетических систем»

**БИЛЕТ № 1**

1. Качество переходного электромеханического процесса.
2. Регулирование реактивной мощности.
3. Составить матрицу инцидентности для заданной топологии электроэнергетической системы.

Составитель \_\_\_\_\_  
(подпись)

Кавалеров Б.В.

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

Кавалеров Б.В.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 201 \_\_\_\_ г.

### Лист регистрации изменений

<b>№ п.п.</b>	<b>Содержание изменения</b>	<b>Дата, номер протокола заседания кафедры. Подпись заведующего кафедрой</b>
1	2	3
1		
2		
3		
4		