

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Луганский государственный университет имени Владимира Даля»

Факультет приборостроения, электротехнических  
и биотехнических систем  
Кафедра электромеханики



УТВЕРЖДАЮ:

Декан факультета

(подпись)

Тарасенко О.В.

04 2023 года

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«МЕТОДЫ АНАЛИЗА ЭЛЕКТРОМАШГИТНЫХ ПРОЦЕССОВ В  
ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВАХ»

По направлению подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника  
Магистерская программа: «Методы исследования и моделирования процессов в  
электромеханических преобразователях энергии»

Луганск – 2023

Лист согласования РПУД

Рабочая программа учебной дисциплины «Методы анализа электромагнитных процессов в электромеханических устройствах» по направлению подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника. – 20 с.

Рабочая программа учебной дисциплины «Методы анализа электромагнитных процессов в электромеханических устройствах» составлена с учетом Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 28 февраля 2018 г. № 147 с изменениями и дополнениями в соответствии с приказами МИНОБРНАУКИ РОССИИ № 1456 от 26.11.2020 г., № 83 от 08.02.2021 г.

СОСТАВИТЕЛЬ:

Д-р тех. наук, проф., заведующий кафедрой электромеханики Яковенко В.В.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры электромеханики «14» 08 20\_\_ г., протокол № 6-1

Заведующий кафедрой электромеханики  Яковенко В.В.

Переутверждена: «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г., протокол № \_\_\_\_\_

Рекомендована на заседании учебно-методической комиссии факультета приборостроения, электротехнических и биотехнических систем «18» 04 2023 г., протокол № 3.

Председатель учебно-методической комиссии факультета приборостроения, электротехнических и биотехнических систем  Яременко С.П.

© Яковенко В.В., 2023 год

© ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля», 2023 год

## **Структура и содержание дисциплины**

### **1. Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе**

Целью дисциплины «Методы анализа электромагнитных процессов в электромеханических устройствах» является приобретение знаний в области методов анализа электромагнитных процессов, усвоение методов получения информации в ходе эксперимента, формирование творческого мышления и привитие навыков использования приобретенных фундаментальных знаний, основных законов и методов при проведении лабораторного или промышленного эксперимента с последующей обработкой и анализом результатов исследований, формирование навыков самостоятельного проведения теоретических и экспериментальных исследований.

Задачи: сформировать представления о системе методов научного исследования; сформировать представления о методах анализа и планирования экспериментального исследования; получение теоретических знаний и практических умений и навыков рассмотрения практических вопросов и задач, возникающих при анализе, синтезе, постановке, планировании и обработке инженерных экспериментов.

### **2. Место дисциплины в структуре ООП ВО**

Дисциплина «Методы анализа электромагнитных процессов в электромеханических устройствах» относится к вариативной части цикла профессиональной подготовки. Необходимыми условиями для освоения дисциплины являются знания порядка разработки методик экспериментальных исследований в электроэнергетике и электротехнике; технологии проведения регламентных испытаний электроэнергетического и электротехнического оборудования; перспективные технологии и методы энерго- и ресурсосбережения в электроэнергетике и электротехнике; современные проблемы и научно-технические задачи, решаемые в области электроэнергетики; как применять методы создания и анализа моделей, позволяющих прогнозировать свойства и поведение объектов профессиональной деятельности; умения осуществлять практическую проверку разрабатываемых методик экспериментальных исследований в электроэнергетике и электротехнике; выполнять регламентные испытания электроэнергетического и электротехнического оборудования; применять в своей профессиональной деятельности перспективные технологии и методы энерго- и ресурсосбережения в электроэнергетике и электротехнике; идентифицировать проблемы и формулировать научно-технические задачи, решаемые в области электроэнергетики; применять методы создания и анализа моделей, позволяющих прогнозировать свойства и поведение объектов профессиональной деятельности экспериментальных исследований в электроэнергетике и электротехнике; навыками проведения регламентных работ; проектирования новых объектов профессиональной деятельности; навыками применения методов создания и анализа моделей, позволяющих прогнозировать свойства и поведение объектов профессиональной деятельности.

Содержание дисциплины «Методы анализа электромагнитных процессов в электромеханических устройствах» является логическим продолжением содержания дисциплин «Теоретические основы электротехники», «Высшая математика», «Физика», «Введение в специальность», «Информационные технологии в отрасли», «Основы метрологии и электрические измерения» и является основой для изучения следующих дисциплин: «Технология производства электрооборудования», «Численные методы расчета электромагнитных полей».

### 3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

| Код и наименование компетенции                                                                                                                                                         | Индикаторы достижения компетенции (по реализуемой дисциплине)                                                                                     | Перечень планируемых результатов                                                                                                                                                                                                           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ПК-3. Способен формулировать технические задания и применять методы создания и анализа моделей, позволяющих прогнозировать свойства и поведение объектов профессиональной деятельности | ПК-3.1. Проводит анализ результатов визуального и инструментального контроля технического состояния электромеханических преобразователей энергии; | <b>Знать:</b><br>– способы сбора и анализа данных для контроля технического состояния, испытания и внедрения электромеханических преобразователей энергии;                                                                                 |
|                                                                                                                                                                                        | ПК-3.2. Разрабатывает модели электромеханических преобразователей энергии с использованием средств компьютерного проектирования;                  | <b>Уметь:</b><br>– составлять и отбирать конкурентоспособные варианты технических решений при создании электромеханических преобразователей энергии;<br>– разрабатывать модели электромеханических преобразователей энергии.               |
|                                                                                                                                                                                        | ПК-3.3. Осуществляет контроль изготовления, испытания, внедрения и эксплуатации электромеханических преобразователей энергии.                     | <b>Владеть:</b><br>– способами контроля изготовления, испытания и эксплуатации электромеханических преобразователей энергии<br>– способами управления электроэнергетическими режимами работы электромеханических преобразователей энергии; |

### 4. Структура и содержание дисциплины

#### 4.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

| Вид учебной работы                                     | Объем часов (зач. ед.) |                    |
|--------------------------------------------------------|------------------------|--------------------|
|                                                        | Очная форма            | Заочная форма      |
| Общая учебная нагрузка (всего)                         | 324<br>(9 зач. ед)     | 324<br>(9 зач. ед) |
| Обязательная контактная работа (всего)<br>в том числе: | 154                    | 44                 |
| Лекции                                                 | 56                     | 16                 |
| Семинарские занятия                                    | -                      | -                  |
| Практические занятия                                   | 42                     | 14                 |
| Лабораторные работы                                    | 56                     | 14                 |
| Курсовая работа (курсовой проект)                      | 36                     | 36                 |

|                                                                                                                                    |                       |                       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| -Другие формы и методы организации образовательного процесса ( <i>расчетно-графические работы, индивидуальные задания и т.п.</i> ) | -                     | -                     |
| <b>Самостоятельная работа студента (всего)</b>                                                                                     | <b>170</b>            | <b>280</b>            |
| Форма аттестации                                                                                                                   | зачет, экзамен,<br>КР | зачет, экзамен,<br>КР |

## 4.2. Содержание разделов дисциплины

### Семестр 1:

**Тема 1.** Цель и задачи. Основные допущения и упрощения.

Основные понятия. Причины возникновения переходных процессов. Требования к расчетам переходных процессов. Основные допущения, принимаемые при расчетах. Составление схем замещения.

**Тема 2.** Грубо упрощенный анализ установившегося режима в предположении идеального постоянства напряжения нагрузки и бесконечной мощности трансформатора.

Переходный процесс при трехфазном коротком замыкании (КЗ) в цепи без трансформаторов. Ударный ток КЗ. Методы определения ударного коэффициента. Особенности переходного процесса при КЗ в разветвленной цепи. Переходный процесс при включении в сеть трансформатора с разомкнутой вторичной обмоткой. Переходный процесс при КЗ за трансформатором.

**Тема 3.** Управление электрическими машинами.

Математическая модель синхронной машины, отражающая основные закономерности электромагнитных переходных процессов в машине. Линейные преобразования дифференциальных уравнений переходного процесса. Уравнения Парка-Горева. Переходные процессы в синхронной машине без учета влияния демпферных контуров. Характеристическое уравнение и его корни. Постоянные времени затухания свободных составляющих токов.

### Семестр 2:

**Тема 4.** Грубо упрощенный анализ установившегося режима в предположении идеального постоянства тока нагрузки и бесконечной мощности трансформатора.

Условия, при которых допустимо применение метода симметричных составляющих для анализа несимметричных режимов в трехфазных цепях, содержащих трансформатор. Параметры электрических машин, трансформаторов (автотрансформаторов), обобщенных нагрузок, воздушных линий электропередач и кабелей по отношению к токам разных последовательностей.

**Тема 5.** Точный расчет переходных и установившихся процессов числовым определением границ каждого подынтервала.

Граничные условия и основные соотношения между симметричными составляющими токов и напряжений при несимметричных КЗ и обрывах фаз. Векторные диаграммы напряжений и токов при несимметриях разного вида.

**Тема 6.** Расчет процессов в преобразователях методом подобия.

Учет группы соединения трансформаторов (автотрансформаторов) при

определении токов в разных ветвях и напряжений в произвольных точках расчетной схемы.

**Тема 7.** Анализ точности различных методов. Анализ полученного решения для переходных и установившихся процессов.

Правило эквивалентности тока прямой последовательности при несимметричных режимах и его использование. Комплексные схемы замещения. Сравнение токов при несимметричных КЗ разного вида.

### 4.3. Лекции

#### Семестр 1:

| №<br>п/п      | Название темы                                                                                                                                    | Объем часов    |                  |
|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|------------------|
|               |                                                                                                                                                  | Очная<br>форма | Заочная<br>форма |
| 1             | Цель и задачи. Основные допущения и упрощения.                                                                                                   | 10             | 6                |
| 2             | Грубо упрощенный анализ установившегося режима в предположении идеального постоянства напряжения нагрузки и бесконечной мощности трансформатора. | 10             |                  |
| 3             | Управление электрическими машинами.                                                                                                              | 8              | 2                |
| <b>ИТОГО:</b> |                                                                                                                                                  | <b>28</b>      | <b>8</b>         |

#### Семестр 2:

| №<br>п/п      | Название темы                                                                                                                              | Объем часов    |                  |
|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|------------------|
|               |                                                                                                                                            | Очная<br>форма | Заочная<br>форма |
| 1             | Грубо упрощенный анализ установившегося режима в предположении идеального постоянства тока нагрузки и бесконечной мощности трансформатора. | 8              | 4                |
| 2             | Точный расчет переходных и установившихся процессов числовым определением границ каждого подынтервала.                                     | 6              |                  |
| 3             | Расчет процессов в преобразователях методом подобия.                                                                                       | 8              | 4                |
| 4             | Анализ точности предложенного метода. Анализ полученного решения для переходных и установившихся процессов.                                | 6              |                  |
| <b>ИТОГО:</b> |                                                                                                                                            | <b>28</b>      | <b>8</b>         |

### 4.4. Практические занятия

#### Семестр 1:

| № | Название темы                                                     | Объем часов    |                  |
|---|-------------------------------------------------------------------|----------------|------------------|
|   |                                                                   | Очная<br>форма | Заочная<br>форма |
| 1 | Примеры расчета электростатических полей. Теорема Гаусса.         | 2              | 2                |
| 2 | Граничные условия в электростатике. Уравнение Лапласа и Пуассона. | 2              |                  |
| 3 | Электрическое поле постоянных токов.                              | 2              | 4                |
| 4 | Метод электростатической аналогии.                                | 2              |                  |

|   |                                                                                               |           |          |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|----------|
| 5 | Анализ установившегося режима в предположении идеального постоянства тока нагрузки.           | 2         | 2        |
| 6 | Анализ установившегося режима в предположении идеального бесконечной мощности трансформатора. | 4         |          |
|   | <b>ИТОГО:</b>                                                                                 | <b>14</b> | <b>8</b> |

### **Семестр 2:**

| № | Название темы                                                                  | Объем часов |               |
|---|--------------------------------------------------------------------------------|-------------|---------------|
|   |                                                                                | Очная форма | Заочная форма |
| 1 | Расчет переходных процессов числовым определением границ каждого подынтервала. | 4           | 2             |
| 2 | Расчет установившихся процессов.                                               | 6           |               |
| 3 | Расчет процессов в преобразователях методом подобия.                           | 6           | 2             |
| 4 | Анализ точности.                                                               | 4           |               |
| 5 | Решения для переходных процессов.                                              | 4           | 2             |
| 6 | Решения установившихся процессов.                                              | 4           |               |
|   | <b>ИТОГО:</b>                                                                  | <b>28</b>   | <b>6</b>      |

## **4.5. Лабораторные работы**

### **Семестр 1:**

|   | Название темы                                                                     | Объем часов |               |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------|---------------|
|   |                                                                                   | Очная форма | Заочная форма |
| 1 | Вводное занятие. Техника безопасности. Ознакомление с системами диагностирования. | 2           | 2             |
| 2 | Исследование статических электрических и магнитных полей на сеточных моделях.     | 8           | 2             |
| 3 | Исследование постоянного магнитного поля на сеточной модели.                      | 8           | 2             |
| 4 | Измерение механических сил в магнитном поле.                                      | 8           |               |
| 5 | Итоговое занятие. Защита лабораторных работ                                       | 2           | 2             |
|   | <b>ИТОГО:</b>                                                                     | <b>28</b>   | <b>8</b>      |

### **Семестр 2:**

|   | Название темы                                                                     | Объем часов |               |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------|---------------|
|   |                                                                                   | Очная форма | Заочная форма |
| 1 | Вводное занятие. Техника безопасности. Ознакомление с системами диагностирования. | 2           | 1             |
| 2 | Исследование магнитного поля цилиндрической катушки.                              | 8           | 2             |
| 3 | Исследование явления поверхностного эффекта в массивных проводниках.              | 8           | 2             |
| 4 | Исследование эффекта близости.                                                    | 8           |               |
| 5 | Итоговое занятие. Защита лабораторных работ                                       | 2           | 1             |
|   | <b>ИТОГО:</b>                                                                     | <b>28</b>   | <b>6</b>      |

#### 4.6. Самостоятельная работа студентов

##### Семестр 1:

| №             | Название темы                                                                                                                              | Вид СР                                                             | Объем часов |               |
|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-------------|---------------|
|               |                                                                                                                                            |                                                                    | Очная форма | Заочная форма |
| 1             | Цель и задачи. Основные допущения и упрощения.                                                                                             | Подготовка к практическим и лабораторным занятиям, курсовой проект | 24          | 51            |
| 2             | Грубо упрощенный анализ установившегося режима в предположении идеального постоянства тока нагрузки и бесконечной мощности трансформатора. | Подготовка к практическим и лабораторным занятиям, курсовой проект | 25          | 50            |
| 3             | Управление электрическими машинами.                                                                                                        | Подготовка к практическим и лабораторным занятиям, курсовой проект | 25          | 51            |
| <b>ИТОГО:</b> |                                                                                                                                            |                                                                    | <b>74</b>   | <b>152</b>    |

##### Семестр 2:

| №             | Название темы                                                                                                                              | Вид СР                                                             | Объем часов |               |
|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-------------|---------------|
|               |                                                                                                                                            |                                                                    | Очная форма | Заочная форма |
| 1             | Грубо упрощенный анализ установившегося режима в предположении идеального постоянства тока нагрузки и бесконечной мощности трансформатора. | Подготовка к практическим и лабораторным занятиям, курсовой проект | 15          | 28            |
| 2             | Точный расчет переходных и установившихся процессов числовым определением границ каждого подынтервала.                                     | Подготовка к практическим и лабораторным занятиям, курсовой проект | 15          | 29            |
| 3             | Расчет процессов в преобразователях методом подобия.                                                                                       | Подготовка к практическим и лабораторным занятиям, курсовой проект | 15          | 29            |
| 4             | Анализ точности предложенного метода. Анализ полученного решения для переходных и установившихся процессов.                                | Подготовка к практическим и лабораторным занятиям, курсовой проект | 15          | 29            |
| <b>ИТОГО:</b> |                                                                                                                                            |                                                                    | <b>60</b>   | <b>115</b>    |

#### 4.7. Курсовые работы/проекты

Курсовой проект выполняется на тему: «Электромагнитные переходные процессы».

В данной курсовой работе выполняется расчет режимов трёхфазного короткого замыкания (КЗ) для проверки выключателя по отключающей способности и

двухфазного КЗ на землю для определения параметров настройки релейной защиты. Схемы замещения составляются в относительных единицах с использованием точных коэффициентов трансформации.

## 5. Образовательные технологии

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий: использование электронных образовательных ресурсов (электронный конспект лекций, методические указания к лабораторным работам, методические указания по курсовому проектированию, методические указания к самостоятельному изучению дисциплины, размещенные во внутренней сети и сайте кафедры) при подготовке к лекциям и лабораторным занятиям.

Работа в команде: каждая лабораторная работа выполняется несколькими студентами совместно в бригадах по 4-5 чел. Для каждой бригады имеется свое задание, общее для студентов этой бригады. Кроме этого каждый студент получает свое индивидуальное задание к лабораторной работе, частично связанное с вариантом задания по курсовому проектированию, что позволяет мотивировать каждого студента на совместную работу в команде.

## 6. Формы контроля освоения дисциплины

Текущая аттестация студентов производится в дискретные временные интервалы лектором и преподавателем, ведущими лабораторные работы и практические занятия по дисциплине в следующих формах:

- вопросы к лабораторным работам;
- вопросы к курсовой работе;
- вопросы к зачету;
- вопросы к экзамену.

Промежуточная аттестация по результатам освоения дисциплины проходит в форме устного/письменного зачета и экзамена (включает в себя ответы на теоретические вопросы). Студенты, выполнившие 75% текущих и контрольных мероприятий на «отлично», а остальные 25 % на «хорошо», имеют право на получение итоговой оценки.

В экзаменационную ведомость и зачетную книжку выставляются оценки по шкале, приведенной в таблице.

| Шкала оценивания<br>(экзамен) | Характеристика знания предмета и ответов                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Зачеты  |
|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| отлично (5)                   | Студент глубоко и в полном объеме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. | зачтено |

|                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |            |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| хорошо (4)              | Студент знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.            |            |
| удовлетворительно (3)   | Студент знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно чёткие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30% ошибок в излагаемых ответах.          |            |
| неудовлетворительно (2) | Студент не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Студент отказывается от ответов на дополнительные вопросы. | не зачтено |

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:

### а) основная литература:

1. Кондратьев, В. А. Модельно-ориентированное проектирование комплектов электромагнитных приводов / Кондратьев В. А. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2016. - 160 с. - ISBN 978-5-7782-2967-9. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778229679.html>

2. Бенько, В. И. Электроматериаловедение. Средства контроля / В. И. Бенько, С. И. Русакович - Минск : РИПО, 2015. - 16 с. - ISBN 978-985-503-502-3. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9789855035023.html>

### б) дополнительная литература:

1. Ольховский, В. Я. Кондуктивные электромагнитные помехи в системах электроснабжения. Продолжительные изменения характеристик напряжения : учебное пособие / Ольховский В. Я. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2017. - 92 с. - ISBN 978-5-7782-3191-7. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778231917.html>

2. Дорошенко, В. А. Дифракция электромагнитных волн на незамкнутых конических структурах / Дорошенко В. А. , Кравченко В. Ф. ; Под ред. В. Ф. Кравченко. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2009. - 272 с. - ISBN 978-5-9221-0966-6. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922109666.html>

### **в) методические рекомендации:**

1. Шлейников, В. Б. Курсовое проектирование по электроснабжению : учебное пособие / Шлейников В. Б. - Оренбург : ОГУ, 2017. - 104 с. - ISBN 978-5-7410-1804-0. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785741018040.html>. - Режим доступа: по подписке.

### **г) Интернет-ресурсы:**

1. Министерство образования и науки Российской Федерации – <http://минобрнауки.рф/>

2. Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки – <http://obrnadzor.gov.ru/>

3. Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования – <http://fgosvo.ru>

4. Федеральный портал «Российское образование» – <http://www.edu.ru/>

5. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» – <http://window.edu.ru/>

6. Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов – <http://fcior.edu.ru/>

### **Электронные библиотечные системы и ресурсы**

7. Электронно-библиотечная система «Консультант студента» – <http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>

8. Электронно-библиотечная система «StudMed.ru» – <https://www.studmed.ru>

### **Информационный ресурс библиотеки образовательной организации**

9. Научная библиотека имени А. Н. Коняева – <http://biblio.dahluniver.ru/>

## **8. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины**

Освоение дисциплины «Методы анализа электромагнитных процессов в электромеханических устройствах» предполагает использование академических аудиторий, соответствующих действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам.

Прочее: рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет.

### **Программное обеспечение:**

| <b>Функциональное назначение</b> | <b>Бесплатное программное обеспечение</b> | <b>Ссылки</b>                                                                                                                                                                |
|----------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Офисный пакет                    | Libre Office 6.3.1                        | <a href="https://www.libreoffice.org/">https://www.libreoffice.org/</a><br><a href="https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice">https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice</a> |
| Операционная система             | UBUNTU 19.04                              | <a href="https://ubuntu.com/">https://ubuntu.com/</a><br><a href="https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu">https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu</a>                             |

|                      |                                       |                                                                                                                                                                                                                                           |
|----------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Браузер              | Firefox Mozilla                       | <a href="http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx">http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx</a>                                                                                                                                                   |
| Браузер              | Opera                                 | <a href="http://www.opera.com">http://www.opera.com</a>                                                                                                                                                                                   |
| Почтовый клиент      | Mozilla Thunderbird                   | <a href="http://www.mozilla.org/ru/thunderbird">http://www.mozilla.org/ru/thunderbird</a>                                                                                                                                                 |
| Файл-менеджер        | Far Manager                           | <a href="http://www.farmanager.com/download.php">http://www.farmanager.com/download.php</a>                                                                                                                                               |
| Архиватор            | 7Zip                                  | <a href="http://www.7-zip.org/">http://www.7-zip.org/</a>                                                                                                                                                                                 |
| Графический редактор | GIMP (GNU Image Manipulation Program) | <a href="http://www.gimp.org/">http://www.gimp.org/</a><br><a href="http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8">http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8</a><br><a href="http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP">http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP</a> |
| Редактор PDF         | PDFCreator                            | <a href="http://www.pdfforge.org/pdfcreator">http://www.pdfforge.org/pdfcreator</a>                                                                                                                                                       |
| Аудиоплеер           | VLC                                   | <a href="http://www.videolan.org/vlc/">http://www.videolan.org/vlc/</a>                                                                                                                                                                   |

## 9. Оценочные средства по дисциплине

### Паспорт

#### оценочных средств по учебной дисциплине

#### «Методы анализа электромагнитных процессов в электромеханических устройствах»

Перечень компетенций (элементов компетенций), формируемых в результате освоения учебной дисциплины (модуля) или практики

| № п/п | Код контролируемой компетенции | Формулировка контролируемой компетенции                                                                              | Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)                                                                                                                     | Контролируемые темы учебной дисциплины, практики                                                                                                         | Этапы формирования (семестр изучения) |
|-------|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| 1     | ПК-3                           | Способен формулировать технические задания и применять методы создания и анализа моделей, позволяющих прогнозировать | ПК-3.1. Проводит анализ результатов визуального и инструментального контроля технического состояния электромеханических преобразователей энергии;<br>ПК-3.2. Разрабатывает модели | Тема 1. Цель и задачи. Основные допущения и упрощения.                                                                                                   | 1                                     |
|       |                                |                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                   | Тема 2. Грубо упрощенный анализ установившегося режима в предположении идеального постоянства напряжения нагрузки и бесконечной мощности трансформатора. | 1                                     |
|       |                                |                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                   | Тема 3. Управление электрическими машинами.                                                                                                              | 1                                     |

|  |  |                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                    |   |
|--|--|------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
|  |  | вать свойства и поведение объектов профессиональной деятельности | электро-механических преобразователей энергии с использованием средств компьютерного проектирования; ПК-3.3. Осуществляет контроль изготовления, испытания, внедрения и эксплуатации электро-механических преобразователей энергии. | Тема 4. Грубо упрощенный анализ установившегося режима в предположении идеального постоянства тока нагрузки и бесконечной мощности трансформатора. | 2 |
|  |  |                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                     | Тема 5. Точный расчет переходных и установившихся процессов числовым определением границ каждого подынтервала.                                     | 2 |
|  |  |                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                     | Тема 6. Расчет процессов в преобразователях методом подобия.                                                                                       | 2 |
|  |  |                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                     | Тема 7. Анализ точности предложенного метода. Анализ полученного решения для переходных и установившихся процессов.                                | 2 |

**Показатели и критерии оценивания компетенций,  
описание шкал оценивания**

| № п/п | Код контролируемой компетенции | Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)                                                                                                                                                                                                                           | Перечень планируемых результатов                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Контролируемые темы учебной дисциплины                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Наименование оценочного средства                                                                |
|-------|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | ПК-3                           | ПК-3.1. Проводит анализ результатов визуального и инструментального контроля технического состояния электро-механических преобразователей энергии;<br>ПК-3.2. Разрабатывает модели электро-механических преобразователей энергии с использованием средств компьютерного проектирования; | <b>Знать:</b><br>– способы сбора и анализа данных для контроля технического состояния, испытания и внедрения электро-механических преобразователей энергии;<br><b>Уметь:</b><br>– составлять и отбирать конкурентоспособные варианты технических решений при создании электро-механических преобразователей энергии; | Тема 1. Цель и задачи. Основные допущения и упрощения.<br>Тема 2. Грубо упрощенный анализ установившегося режима в предположении идеального постоянства напряжения нагрузки и бесконечной мощности трансформатора.<br>Тема 3. Управление электрическими машинами.<br>Тема 4. Грубо упрощенный анализ установившегося режима в предположении идеального постоянства | вопросы к лабораторным работам, вопросы к курсовой работе, вопросы к зачету, вопросы к экзамену |

|  |  |                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |  |
|--|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  |  | ПК-3.3. Осуществляет контроль изготовления, испытания, внедрения и эксплуатации электромеханических преобразователей энергии. | – разрабатывать модели электро-механических преобразователей энергии.<br><b>Владеть:</b><br>– способами контроля изготовления, испытания и эксплуатации электромеханических преобразователей энергии<br>– способами управления электроэнергетическими режимами работы электромеханических преобразователей энергии | тока нагрузки и бесконечной мощности трансформатора.<br>Тема 5. Точный расчет переходных и установившихся процессов числовым определением границ каждого подынтервала.<br>Тема 6. Расчет процессов в преобразователях методом подобию.<br>Тема 7. Анализ точности предложенного метода. Анализ полученного решения для переходных и установившихся процессов. |  |
|--|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

**Фонды оценочных средств по дисциплине  
«Методы анализа электромагнитных процессов  
в электромеханических устройствах»**

**Оценочные средства для текущей аттестации (лабораторные занятия):**

Вопросы к лабораторным занятиям:

1. Какие основные методы решения задач используются в «Теории поля»?
2. В чём заключается преимущество аналитических методов решения задач перед численными?
3. Какие существуют аналитические методы анализа стационарных полей?
4. Для какого типа задач применимы теорема Гаусса и закон полного тока?
5. В чём заключается метод непосредственного интегрирования уравнений Пуассона и Лапласа?
6. Для решения задач какого типа применяется метод разделения переменных (метод Фурье)?
7. В чём заключается метод разделения переменных?
8. Для расчёта каких полей применяется метод зеркальных изображений?
9. Каким искусственным приёмом пользуются в методе зеркальных изображений?
10. В чём заключается метод конформного преобразования (отображения)?
11. Чем отличается метод интегральных уравнений от метода конечных элементов?
12. Какая последовательность определения потенциалов методом сеток?
13. В чём заключается универсальный метод конечных разностей во временной области (метод FDTD)?

14. Чем отличаются экспериментальные методы моделирования полей от численных методов?

15. Какие существуют методы интегрирования уравнений Лапласа и Пуассона?

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству промежуточный контроль (лабораторные занятия)

| Шкала оценивания        | Критерий оценивания                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| отлично (5)             | Студент глубоко и в полном объёме владеет программным материалом, дает полное и логически стройное изложение содержания при ответе в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает свои ответы, хорошо владеет умениями самостоятельно обобщать и излагать материал и навыками при выполнении практических задач. |
| хорошо (4)              | Студент знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в ответах, трактовках и определениях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.                                                                                                                 |
| удовлетворительно (3)   | Студент знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно чёткие формулировки и непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме, показывает неусвоение отдельных существенных деталей. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 40% ошибок в излагаемых ответах.                                       |
| неудовлетворительно (2) | Студент не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в определении понятий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Студент отказывается от ответов на дополнительные вопросы                                                                                                |

**Оценочные средства для промежуточной аттестации (курсовая работа):**

Вопросы к курсовой работе:

1. Основные понятия, характеризующие электрическое поле. Закон Кулона.
2. Связь напряжённости поля с электрическим зарядом. Теорема Гаусса.
3. Поляризация вещества. Обобщённая теорема Гаусса. Дифференциальная форма записи теоремы Гаусса.
4. Электрическое напряжение и потенциал. Градиент потенциала.
5. Электрическая ёмкость. Примеры расчёта ёмкости с помощью теоремы Гаусса
6. Граничные условия в электростатике.
7. Уравнения Пуассона и Лапласа.

8. Энергия системы заряженных тел. Объёмная плотность энергии электрического поля.
9. Стационарное электрическое поле. Общие сведения.
10. Ток проводимости. Ток электрического смещения. Ток переноса. Принцип непрерывности тока в интегральной и дифференциальной форме записи.
11. Законы Ома и Джоуля-Ленца в дифференциальной форме записи.
12. Граничные условия в стационарном электрическом поле.
13. Аналогия между электрическим полем постоянного тока и электростатическим полем.
14. Основные понятия, характеризующие магнитное поле. Принцип непрерывности магнитного потока в интегральной и дифференциальной форме записи.
15. Закон полного тока в интегральной и дифференциальной форме записи. Первое уравнение Максвелла.
16. Индуктивность и взаимная индуктивность. Примеры расчёта.
17. Векторный потенциал магнитного поля. Зависимость между магнитным потоком и векторным потенциалом. Уравнение Пуассона для векторного потенциала.
18. Граничные условия в магнитном поле.
19. Энергия и плотность энергии в магнитном поле.
20. Закон электромагнитной индукции в интегральной и дифференциальной форме. Второе уравнение Максвелла.
21. Полная система уравнений электромагнитного поля.
22. Уравнения Максвелла в комплексной форме.
23. Теорема Умова-Пойнтинга для мгновенных значений.
24. Распространение плоской электромагнитной волны в идеальном диэлектрике.
25. Распространение плоской электромагнитной волны в однородной проводящей среде. Глубина проникновения и длина волны.
26. Поверхностный эффект.
27. Магнитный поверхностный эффект.
28. Электрический поверхностный эффект

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству промежуточной аттестации (курсовая работа):

| Шкала оценивания | Критерий оценивания                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| отлично (5)      | Студент глубоко и в полном объёме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом умеет пользоваться основной, дополнительной и справочной литературой, грамотно и самостоятельно формулирует решения, проявляет инициативу и старательность, убедительно защищает свою точку зрения. Работает систематически, аккуратно выполняя график работ. |

|                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                         | Проект оформлен в соответствии с установленной нормативной документацией; приведенные расчеты выполнены правильно; графическая часть выполнена с соблюдением требований ЕСКД; выводы содержат результаты расчетов и верно отражают картину исследуемого физического процесса.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| хорошо (4)              | Студент твердо усвоил теоретический материал, может применять его на практике самостоятельно и по указанию преподавателя. Правильно отвечает на вопросы по защите, работает в целом по графику и систематически, умеет пользоваться основной, дополнительной и справочной литературой.<br>Проект оформлен в соответствии с установленной нормативной документацией; приведенные расчеты выполнены с незначительными ошибками, неточностями; графическая часть выполнена с соблюдением требований ЕСКД, но с некоторыми ошибками в оформлении; выводы содержат результаты расчетов и, в целом, верно отражают картину исследуемого физического процесса. |
| удовлетворительно (3)   | Студент освоил только основные разделы теоретического материала и по указанию преподавателя применяет его практически.<br>Проект оформлен в соответствии с установленной нормативной документацией; приведенные расчеты содержат ошибки, которые искажают картину исследуемого физического процесса и не позволяют сделать верные выводы; графическая часть выполнена с соблюдением требований ЕСКД не в полном объеме.                                                                                                                                                                                                                                 |
| неудовлетворительно (2) | Студент не может защитить свои решения, допускает грубые фактические ошибки. Отказывается от ответов на дополнительные вопросы.<br>Проект обучающегося не соответствует установленной нормативной документации; приведенные расчеты содержат ошибки, которые искажают картину исследуемого физического процесса и не позволяют сделать верные выводы; графическая часть проекта выполнена с существенными ошибками в оформлении или не выполнена.                                                                                                                                                                                                       |

### **Оценочные средства для промежуточной аттестации (зачет):**

Вопросы к зачету:

1. Сформулируйте понятие переходного процесса в электроэнергетике.
2. В чем различие электромагнитных и электромеханических переходных процессов?
3. В каких случаях возможен анализ только электромагнитных переходных процессов?
4. Из каких элементов состоит электроэнергетическая система?
5. Что такое параметры режима и параметры электромеханических устройств?
6. Какие виды режимов и переходных процессов имеют место в электромеханических устройствах?
7. Назовите причины возникновения электромагнитных переходных процессов в электроэнергетической системе.

8. Что называется замыканием и коротким замыканием? Какая между ними разница?

9. Каковы причины возникновения коротких замыканий в электромагнитных устройствах?

10. Каковы системы токов и напряжений, применяемых в системе электроснабжения?

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству промежуточной аттестации (зачет):

| Шкала оценивания | Критерий оценивания                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Зачтено          | Студент показывает хорошие знания учебного материала по дисциплине, знает сущность и характеристику основных понятий, владеет терминологией. Студент способен логично и последовательно изложить учебный материал по дисциплине, раскрыть смысл вопросов по темам, дает удовлетворительные ответы на дополнительные вопросы, систематически активен на практических занятиях и лабораторных работах. |
| Не зачтено       | Студент не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки, владеет отрывочными знаниями основных понятий, дает неполные или неверные ответы на вопросы по темам курса. Текущая успеваемость по дисциплине неудовлетворительная, студент не участвует в работе на практических занятиях и лабораторных работах. Выполняет не все виды работ по дисциплине  |

### **Оценочные средства для промежуточной аттестации (экзамен):**

Вопросы к экзамену:

1. Основные допущения и упрощения при анализе электромагнитных процессов.

2. Анализ установившегося режима в предположении идеального постоянства тока нагрузки

3. Анализ установившегося режима в предположении бесконечной мощности трансформатора.

4. Анализ установившегося режима.

5. Анализ электромагнитных процессов с учетом реактивного сопротивления рассеяния трансформатора.

6. Расчет переходных и установившихся процессов.

7. Расчет процессов в преобразователях методом подобия.

8. Метод фиктивных начальных условий при расчёте процесса на вне коммутационном подинтервале.

9. Анализ точности предложенного метода.

10. Анализ полученного решения для переходных процессов.

11. Анализ полученного решения для установившихся процессов.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству промежуточной аттестации (экзамен):

| Шкала оценивания        | Критерий оценивания                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| отлично (5)             | Студент глубоко и в полном объёме владеет программным материалом, дает полное и логически стройное изложение содержания при ответе в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает свои ответы, хорошо владеет умениями самостоятельно обобщать и излагать материал и навыками при выполнении практических задач. |
| хорошо (4)              | Студент знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в ответах, трактовках и определениях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.                                                                                                                 |
| удовлетворительно (3)   | Студент знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно чёткие формулировки и непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме, показывает неусвоение отдельных существенных деталей. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 40% ошибок в излагаемых ответах.                                       |
| неудовлетворительно (2) | Студент не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в определении понятий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Студент отказывается от ответов на дополнительные вопросы                                                                                                |

### Лист изменений и дополнений

| №<br>п/п | Виды дополнений и изменений | Дата и номер протокола заседания кафедры (кафедр), на котором были рассмотрены и одобрены изменения и дополнения | Подпись (с расшифровкой) заведующего кафедрой (заведующих кафедрами) |
|----------|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
|          |                             |                                                                                                                  |                                                                      |
|          |                             |                                                                                                                  |                                                                      |
|          |                             |                                                                                                                  |                                                                      |
|          |                             |                                                                                                                  |                                                                      |