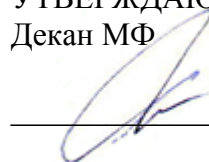


ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«КАМЧАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «КамчатГТУ»)

Мореходный факультет

Кафедра «Энергетические установки и электрооборудование судов»

УТВЕРЖДАЮ  
Декан МФ



/С.Ю. Труднев/

«23» октября 2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Судовые электрические машины»**

по направлению подготовки  
13.03.02 «Энергетика и электротехника»  
(уровень бакалавриат)

профиль: «Электрооборудование и автоматика судов»  
квалификация: бакалавр

Петропавловск-Камчатский  
2024

Рабочая программа дисциплины составлена на основании ФГОС ВО по специальности 13.03.02 «Энергетика и электротехника» (уровень бакалавриат), учебного плана подготовки специалистов, принятого на заседании ученого совета ФГБОУ ВО «КамчатГТУ» 02.10.2024 г., протокол № 2

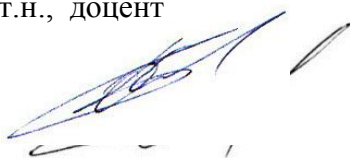
Составитель рабочей программы  
Зав. кафедры «ЭУЭС», к.т.н.



Белов О.А.

Рабочая программа рассмотрена на заседании кафедры «ЭУЭС»  
«17» октября 2024 г, протокол № 4

Заведующий кафедрой «ЭУЭС» к.т.н., доцент



«23» октября 2024 г.

Белов О.А.

## 1. Цель и задачи учебной дисциплины

**Целью** преподавания дисциплины «**Судовые электрические машины**» является формирование фундаментальных теоретических знаний и практических знаний и навыков в области электро-механических преобразователей энергии, подготовка будущих инженеров-электромехаников к практической деятельности по эксплуатации судовых электрических машин, судовых электроприборов и энергосистем, а так же ознакомление с методами расчета, технологий изготовления и ремонта судовых электрических машин и трансформаторов.

**Задачами** изучения дисциплины являются: усвоение основных теоретических положений дисциплины, приобретение практических навыков в области расчетов и эксплуатации, технологии изготовления и ремонта электрических машин, обучение студентов самостоятельно решать технические вопросы, возникающие в практике судового специалиста, на основе полученных теоретических и практических навыков.

## 2. Требования к результатам освоения дисциплины

В соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 13.03.02 «Энергетика и электро-техника», выпускник должен обладать следующими **ПРОФЕССИОНАЛЬНЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ**:

- Способен осуществлять безопасное техническое использование, техническое обслуживание, диагностирование судового электрооборудования, электроники и электротехнических средств автоматики машинного отделения, включая системы управления главной двигательной установки, вспомогательных механизмов, гребной электрической установки и электростанции (**ПК-1**)

- Способен осуществлять безопасное техническое использование, техническое обслуживание, диагностирование судового электрооборудования, электроники и электротехнических средств автоматики палубных механизмов, тралового и грузоподъемного оборудования (**ПК-3**)

Планируемые результаты обучения при изучении дисциплины (знать, уметь, владеть), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенция или ее часть), представлены в табл. 1.

| Код компетенции | Планируемые результаты освоения образовательной программы              | Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции                                                                         | Планируемый результат обучения по дисциплине                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Код показателя освоения |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| <b>ПК-1</b>     | Способен производить оценку технического состояния электрооборудования | <b>ИД-1пк-1:</b> Демонстрирует навыки безопасного технического использования судового электрооборудования и средств автоматики                | <b>Знать:</b><br>- характеристики и ограничения материалов, используемых при изготовлении судового электрооборудования и средств автоматики;<br>- характеристики и ограничения процессов при использовании судового электрооборудования и средств автоматики;<br>- свойства и параметры, учитываемые при изготовлении и ремонте судового электрооборудования и средств автоматики;<br>- методы выполнения безопасных аварийных и временных ремонтов. | <b>З(ПК-1)1</b>         |
|                 |                                                                        | <b>ИД-2пк-1:</b> Понимает организацию технического обслуживания, диагностирования и ремонта судового электрооборудования и средств автоматики |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>З(ПК-1)2</b>         |
|                 |                                                                        | <b>ИД-3пк-1:</b> Обладает необходимыми зна-                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>З(ПК-1)3</b>         |
|                 |                                                                        |                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>З(ПК-1)4</b>         |

| Код компетенции | Планируемые результаты освоения образовательной программы                                            | Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции                                                                                                                               | Планируемый результат обучения по дисциплине                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Код показателя освоения                                       |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
|                 |                                                                                                      | ниями для проведения диагностики судового электрооборудования и средств автоматики                                                                                                                  | <b>Уметь:</b><br>- выполнять основные операции по восстановлению электрических соединений и электрической изоляции;<br>- выполнять основные операции по механической обработке металлов;<br>- выполнять требования по организации рабочего места и безопасному выполнению ремонтных работ.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>У(ПК-1)1</b><br><br><b>У(ПК-1)2</b><br><br><b>У(ПК-1)3</b> |
|                 |                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                     | <b>Владеть:</b><br>- навыками целеполагания;<br>- методами анализа проблем<br>навыками организации процесса разработки, принятия и реализации управленческих решений.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <b>В(ПК-1)1</b><br><b>В(ПК-1)2</b>                            |
| <b>ПК-3</b>     | Способен планировать и вести деятельность по техническому обслуживанию и ремонту электрооборудования | <b>ИД-1<sub>ПК-3</sub></b> . Демонстрирует навыки безопасного технического использования систем автоматики и управления главной двигательной установкой и вспомогательными механизмами              | <b>Знать:</b><br>- характеристики и ограничения материалов, используемых при изготовлении систем автоматики и управления главной двигательной установкой и вспомогательными механизмами;<br>- характеристики и ограничения процессов, используемых для изготовления и ремонта систем автоматики и управления главной двигательной установкой и вспомогательными механизмами;<br>- свойства и параметры, учитываемые при изготовлении и ремонте систем автоматики и управления главной двигательной установкой и вспомогательными механизмами;<br>- методы выполнения безопасных аварийных и временных ремонтов. | <b>3 (ПК-3)1</b>                                              |
|                 |                                                                                                      | <b>ИД-2<sub>ПК-3</sub></b> Понимает организацию технического обслуживания, диагностирования и ремонта систем автоматики и управления главной двигательной установкой и вспомогательными механизмами |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | <b>3 (ПК-3)2</b>                                              |
|                 |                                                                                                      | <b>ИД-3<sub>ПК-3</sub></b> Обладает необходимыми знаниями для проведения диагностики систем автоматики и управления главной                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | <b>3 (ПК-3)3</b>                                              |
|                 |                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | <b>3 (ПК-3)4</b>                                              |

| Код компетенции | Планируемые результаты освоения образовательной программы | Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции | Планируемый результат обучения по дисциплине                                                                                                                                                                                                                                               | Код показателя освоения                                         |
|-----------------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
|                 |                                                           | двигательной установкой и вспомогательными механизмами                | <b>Уметь:</b><br>- выполнять основные операции по восстановлению электрических соединений и электрической изоляции;<br>- выполнять основные операции по механической обработке металлов;<br>- выполнять требования по организации рабочего места и безопасному выполнению ремонтных работ; | <b>У(ПК-3)1</b><br><br><b>У (ПК-3)2</b><br><br><b>У (ПК-3)3</b> |
|                 |                                                           |                                                                       | <b>Владеть:</b><br>- навыками целеполагания;<br>- методами анализа проблем навыками организации процесса разработки, принятия и реализации управленческих решений.                                                                                                                         | <b>В(ПК-3)1</b><br><b>В (ПК-3)2</b>                             |

### 3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «**Судовые электрические машины**» рассматривает теорию электромеханического преобразования энергии электрических машин, их характеристики, переходные и установившиеся режимы работы. Излагается на базе дифференциальных уравнений. Данная дисциплина является базовой, обеспечивает подготовку студентов в области проектирования, ремонта и эксплуатации электрических машин. Дисциплина включает лекции, практические и лабораторные занятия и самостоятельную работу, а для студентов заочной формы обучения выполнение контрольной работы.

При изучении дисциплины «**Судовые электрические машины**» используются знания и навыки по: *Математика* (решение дифференциальных уравнений, функции комплексных переменных, показательные функции, численные методы решения дифференциальных уравнений, преобразование Фурье-Лапласа); *Информатика* (прикладное программное обеспечение, пакет программ MS Office); *Теоретические основы электротехники* (физические основы электротехники, теория цепей, линейные цепи постоянного и синусоидального тока, трехфазные цепи, переходные процессы в цепях, магнитные цепи, теория электромагнитного поля, магнитное поле при постоянных магнитных потоках); *Материаловедение и технология конструкционных материалов* (конструкционные материалы; разработка деталей электротехнического оборудования, диэлектрические и магнитные материалы; технологии получения и применения электротехнических материалов).

Знания, умения и навыки, полученные студентами в ходе изучения дисциплины «**Судовые электрические машины**» должны служить базой при изучении дисциплин: *Судовые электроприводы* (автоматизация судовых электромеханических систем, конструкция и принцип действия машины постоянного тока и асинхронного двигателя, механические характеристики двигателей, уравнения, описывающие физические явления в электрических машинах); *Судовые автоматизированные электроэнергетические системы* (системы управления электроприводов, конструкция и принцип действия машины постоянного тока и асинхронного двигателя, механические характеристики двигателей).

### 4. Содержание дисциплины

#### 4.2. Тематический план дисциплины

Тематический план дисциплины по заочной форме обучения представлен в виде табл. 4.

Таблица 4

| Наименование разделов и тем                                                | Всего часов | Аудиторные занятия | Контактная работа по видам учебных занятий |                      |                     | Самостоятельная работа | Формы текущего контроля                 | Итоговый контроль знаний |
|----------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------------|--------------------------------------------|----------------------|---------------------|------------------------|-----------------------------------------|--------------------------|
|                                                                            |             |                    | Лекции                                     | Практические занятия | Лабораторные работы |                        |                                         |                          |
| 1                                                                          | 2           | 3                  | 4                                          | 5                    | 6                   | 7                      | 8                                       | 9                        |
| Введение в электромеханику.                                                | 19          | 2                  | 1                                          |                      | 1                   | 17                     | Контроль СРС, защита практических работ |                          |
| Машины постоянного тока.                                                   | 24          | 4                  | 1                                          | 2                    | 1                   | 20                     |                                         |                          |
| Асинхронные машины.                                                        | 25          | 5                  | 2                                          | 2                    | 1                   | 20                     |                                         |                          |
| Синхронные машины.                                                         | 26          | 4                  | 2                                          | 1                    | 1                   | 22                     |                                         |                          |
| Трансформаторы.                                                            | 22          | 2                  | 1                                          | 1                    |                     | 20                     |                                         |                          |
| Коллекторные машины переменного тока.                                      | 21          | 1                  | 1                                          |                      |                     | 20                     |                                         |                          |
| Каскадные соединения электрических машин. Электромашинные преобразователи. | 17          | 2                  | 1                                          |                      | 1                   | 15                     |                                         |                          |
| Емкостные и индуктивно-емкостные электромеханические преобразователи.      | 17          | 2                  | 1                                          |                      | 1                   | 15                     |                                         |                          |
| <b>Курсовая работа</b>                                                     |             |                    |                                            |                      |                     |                        | Защита                                  | <b>КР</b>                |
| <b>Экзамен</b>                                                             | 9           |                    |                                            |                      |                     |                        | Защита                                  | 9                        |
| <b>Всего</b>                                                               | <b>180</b>  | <b>22</b>          | <b>10</b>                                  | <b>6</b>             | <b>6</b>            | <b>149</b>             |                                         | <b>9</b>                 |

## **4.2. Содержание дисциплины**

### **Тема 1. Введение в электромеханику.**

#### *Лекция 1.1*

##### *Рассматриваемые вопросы:*

Законы электромеханики. Виды электрических машин. Физические явления, лежащие в основе работы электрических машин и трансформаторов.

### **Тема 2. Машины постоянного тока.**

#### *Лекция 2.1*

##### *Рассматриваемые вопросы:*

Процессы преобразования энергии в машинах постоянного тока. Уравнения машин постоянного тока. Конструкции машин постоянного тока. Обмотки якорей машин постоянного тока. Холостой ход генератора постоянного тока. Поле машины постоянного тока при нагрузке. Коммутация. Способы улучшения коммутации. Генераторы постоянного тока. Двигатели постоянного тока. Переходные процессы в машинах постоянного тока. Специальные машины постоянного тока. Вентильные двигатели. Машины постоянного тока, выпускаемые в России и странах СНГ.

### **Тема 3. Асинхронные машины.**

#### *Лекция 3.1*

##### *Рассматриваемые вопросы:*

Режимы работы и области применения. Математическое описание процессов преобразования энергии. Конструкции, обмотки, векторная диаграмма, схема замещения, круговая диаграмма и ее построение асинхронных машин. Электромагнитный момент идеальной асинхронной машины. Влияние высших гармоник поля и вихревых токов на момент асинхронной машины. Учет нелинейности параметров в статических режимах.

#### *Лекция 3.2*

##### *Рассматриваемые вопросы:*

Переходные процессы. Регулирование частоты вращения. Работа асинхронного двигателя при несинусоидальном несимметричном напряжении питания. Аномальные режимы работы асинхронных машин. Генераторный, тормозной и трансформаторный режимы работы асинхронной машины. Однофазные двигатели. Специальные асинхронные машины. Асинхронные машины автоматических устройств. Серии асинхронных двигателей.

### **Тема 4. Синхронные машины.**

#### *Лекция 4.1*

##### *Рассматриваемые вопросы:*

Режимы работы синхронных машин. Процессы преобразования энергии в синхронных машинах. Конструкции синхронных машин. Расчет магнитной цепи синхронных машин. Магнитное поле синхронной машины при нагрузке. Реакция якоря. Параметры синхронной машины в установившемся режиме. Характеристики. Векторные диаграммы неявнополюсных синхронных генераторов. Векторные диаграммы синхронных явнополюсных генераторов. Параллельная работа синхронных машин.

#### *Лекция 4.2*

##### *Рассматриваемые вопросы:*

Включение на параллельную работу синхронных генераторов. Угловая характеристика. Синхронизирующая мощность. Регулирование реактивной мощности. Электромагнитная и синхронизирующая мощность явнополюсной синхронной машины. Синхронные двигатели. Синхронный компенсатор. Несимметричная нагрузка трехфазных генераторов. Несимметричные КЗ. Переходные процессы в синхронных машинах. Переходные процессы при гашении поля. Качания синхронных машин. Динамическая устойчивость. Системы возбуждения синхронных машин. Специальные синхронные машины. Серии синхронных машин.

## **Тема 2. Трансформаторы.**

### *Лекция 2.1*

#### *Рассматриваемые вопросы:*

Назначения и общие сведения. Уравнения, векторная диаграмма трансформатора. Схема замещения и ее параметры. Трехфазные, многообмоточные, последовательные, специальные трансформаторы. Конструкции, схемы и группы соединений трансформаторов. Особенности работы насыщенных однофазных и трехфазных трансформаторов. Характеристики. Параллельная работа.

### *Лекция 2.2*

#### *Рассматриваемые вопросы:*

Автотрансформаторы. Регулирование напряжения трансформатора. Несимметричная нагрузка трехфазных трансформаторов. Переходные процессы в трансформаторах. Подход к проектированию трансформаторов.

## **Тема 6. Коллекторные машины переменного тока.**

### *Лекция 6.1*

#### *Рассматриваемые вопросы:*

Электрохимическое преобразование энергии в коллекторных машинах переменного тока. Трехфазные коллекторные двигатели. Однофазные коллекторные двигатели.

## **Тема 7. Каскадные соединения электрических машин.**

### *Лекция 7.1*

#### *Рассматриваемые вопросы:*

Электромашины преобразователи. Каскадные соединения асинхронной машины с коллекторными машинами. Электромашины преобразователи. Однокорный преобразователь.

## **Тема 8. Емкостные и индуктивно-емкостные электрохимические преобразователи.**

### *Лекция 8.1*

#### *Рассматриваемые вопросы:*

Емкостные электрохимические преобразователи. Индуктивно-емкостные электрохимические преобразователи.

### **Темы и задания на практические занятия**

Темы и задания на практические занятия приведены в методическом обеспечении [1].

### **Темы лабораторных занятий**

- Лабораторная работа № 1. Исследование генератора постоянного тока независимого возбуждения.  
Лабораторная работа № 2. Исследование генератора постоянного тока параллельного возбуждения.  
Лабораторная работа № 3. Исследование генератора постоянного тока смешанного возбуждения.  
Лабораторная работа № 4. Исследование двигателя постоянного тока параллельного возбуждения.  
Лабораторная работа № 5. Исследование двигателя постоянного тока последовательного возбуждения.  
Лабораторная работа № 6. Исследование обмоток трехфазного асинхронного двигателя.  
Лабораторная работа № 7. Опытное определение параметров и расчет рабочих характеристик асинхронного двигателя.  
Лабораторная работа № 8. Исследование трехфазного двухобмоточного трансформатора методом холостого хода.  
Лабораторная работа № 9. Исследование трехфазного двухобмоточного трансформатора методом короткого замыкания.

Конкретные задания при выполнении лабораторных работ приведены в методическом обеспечении [1].

## 5. Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы обучающихся

### 5.1. Внеаудиторная самостоятельная работа студентов

Самостоятельная работа студентов (СРС) по дисциплине «Судовые электрические машины» является важной составляющей частью подготовки студентов и выполняется в соответствии с ФГОС ВО.

*СРС ставит своей целью:*

1. развитие навыков ведения самостоятельной работы;
2. приобретение опыта систематизации полученных результатов исследований, формулировку новых выводов и предложений как результатов выполнения работы;
3. развитие умения использовать научно-техническую литературу и нормативно-методические материалы в практической деятельности;
4. приобретение опыта публичной защиты результатов самостоятельной работы.

#### Темы СРС:

1. История развития и современное состояние электромашиностроения.
2. Применение электрических машин в судовых электроустановках и приводе. Классификация.
3. Основные законы и физические явления, лежащие в основе работы электрических машин и электромеханического преобразования энергии.
4. Математическая модель электрической машины. Принцип обратимости электрической машины.
5. Принцип действия машины постоянного тока (МПТ).
6. Основные законы, описывающие работу машины. Конструкция МПТ.
7. Якорные обмотки: петлевая, волновая, комбинированная.
8. Способ построения и укладки обмоток. Звезда ЭДС секций.
9. Магнитная цепь машины. Характеристика намагничивания.
10. Реакция якоря. Продольная и поперечная составляющие реакции якоря.
11. Способы уменьшения действия реакции якоря.
12. Коммутация машины: темная, замедленная, ускоренная.
13. Искрение на коллекторе и способы его устранения.
14. ЭДС и электромагнитный момент МПТ.
15. Однофазные трансформаторы. Принцип действия трансформатора.
16. Устройство магнитной цепи и обмоток трансформатора. ЭДС трансформатора.
17. Приведенный трансформатор. Уравнение приведенного трансформатора.
18. Схема замещения трансформатора.
19. Векторная диаграмма трансформатора при различных нагрузках.
20. Опыт короткого замыкания.
21. Векторная диаграмма, упрощенная векторная диаграмма.
22. Расчет параметров трансформатора при помощи опыта КЗ.
23. Трехфазные трансформаторы. Группы соединений, способы определения групп соединений.
24. Параллельная работа трехфазных трансформаторов.
25. Характеристики трансформатора. Потери и КПД трансформатора.
26. Переходные процессы, протекающие в трансформаторах.
27. Основные виды машин переменного тока, принцип их действия и устройство.
28. Статорные обмотки. Принцип построения трехфазной обмотки.
29. Назначение и область применения асинхронных двигателей (АД) в судовом электроприводе.
30. Принцип действия и конструкция АД.

31. Аналогия асинхронной машины и трансформатора.
32. Основные понятия об обмотках АД. ЭДС катушки, катушечной группы, фазы.
33. Развернутые схемы двухслойной и однослойной обмоток. Обмоточный коэффициент.
34. Магнитодвижущая сила (МДС) обмотки статора.
35. Образование кругового, эллиптического и пульсирующего магнитных полей в воздушном зазоре асинхронной машины.
36. Высшие пространственные гармоники МДС.
37. Уравнение напряжений, МДС и токов.
38. Схема замещения и векторная диаграмма АД.
39. Потери и КПД, энергетическая диаграмма АД.
40. Электромагнитный момент, скольжение.
41. Формула Клосса. Механические и рабочие характеристики АД.
42. Способы пуска АД. Способы регулирования частоты вращения.
43. Специальные АД: однофазные, фазорегуляторы, индукционный регулятор, преобразователи частоты, линейные АД, муфты скольжения и т.д.
44. Назначение и область применения синхронных машин (СМ).
45. Принцип действия и конструкция синхронных машин (СМ).
46. Холостой ход синхронного генератора. Реакция якоря.
47. Уравнение напряжения, векторные диаграммы и характеристики синхронных генераторов.
48. Параллельная работа СГ: условия включения, распределение активной и реактивной мощностей.
49. Угловые и U-образные характеристики СМ.
50. Удельная синхронизирующая мощность и момент СМ.
51. Переходные процессы в СГ при внезапном КЗ. Колебания СГ.
52. Особенности эксплуатации СГ в судовой энергосистеме.
53. Обзор аварийности судовых электрических машин и основных мер по ее предотвращению.

## **6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине**

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине представлен в приложении к рабочей программе дисциплины и включает в себя:

- перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы;
- описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания;
- типовые контрольные задания или материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций;
- методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

### **Вопросы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине (экзамен)**

1. Физические явления, лежащие в основе работы электрических машин и трансформаторов.
2. Закон электромагнитной индукции.
3. Принцип действия элементарного генератора.
4. Принцип действия элементарного электродвигателя.
5. Понятие о переменном токе.
6. Классификация электрических машин.
7. Устройство трансформаторов.
8. Принцип работы однофазных трансформаторов.
9. Уравнения электродвижущих, магнитодвижущих сил и токов.
10. Приведение параметров вторичной обмотки трансформатора к первичной.

11. Уравнения электродвижущих и магнитодвижущих сил приведенного трансформатора.
12. Потери и коэффициент полезного действия трансформатора
13. Схема замещения приведенного трансформатора
14. Векторная диаграмма трансформаторов
15. Трехфазные трансформаторы
16. Многообмоточные трансформаторы
17. Схемы и основные группы соединений обмоток трехфазного трансформатора
18. Параллельная работа трансформаторов
19. Условия включения и распределения нагрузки между трансформаторами
20. Автотрансформаторы
21. Измерительный трансформатор напряжения и измерительный трансформатор тока
22. Векторная диаграмма трансформатора при активно-индуктивной нагрузке.
23. Векторная диаграмма трансформатора при активно-емкостной нагрузке.
24. Явления при намагничивании магнитопроводов трансформаторов.
25. Опыт холостого хода трансформатора.
26. Опыт короткого замыкания трансформатора.
27. Внешняя характеристика трансформатора.
28. Регулирование напряжения трансформаторов.
29. Принцип работы асинхронного двигателя
30. Классификация асинхронных двигателей. Механические характеристики асинхронных двигателей
31. Конструкция трехфазного асинхронного двигателя
32. Понятие скольжения асинхронного двигателя
33. Особенности пуска асинхронных двигателей
34. Способы пуска короткозамкнутого асинхронного двигателя
35. Пуск двигателя с фазным ротором
36. Способы регулирования частоты вращения асинхронных двигателей
37. Номинальный, максимальный и пусковой моменты
38. Критическое скольжение и перегрузочная способность
39. Потери и коэффициент полезного действия асинхронного двигателя
40. Типы обмоток статора и форма пазов
41. Магнитная цепь асинхронного двигателя
42. Конструкция синхронного генератора
43. Принцип работы синхронного генератора
44. Характеристики холостого хода и короткого замыкания синхронного генератора
45. Внешняя характеристика синхронного генератора
46. Регулировочная характеристика синхронного генератора
47. Условия включения синхронных генераторов на параллельную работу
48. Способ самосинхронизации синхронных генераторов
49. Синхронные двигатели и особенности их пуска
50. Способы пуска синхронных двигателей. Пуск синхронного двигателя с помощью разгонного двигателя
51. Способы пуска синхронных двигателей. Частотный пуск синхронного двигателя
52. Способы пуска синхронных двигателей. Асинхронный пуск синхронного двигателя
53. Устройство машин постоянного тока
54. Принцип работы машины постоянного тока
55. Понятие коммутации, коммутируемой секции, периода коммутации машин постоянного тока,
56. Оценка качества коммутации
57. Причины искрения машин постоянного тока. Механическая причина
58. Причины искрения машин постоянного тока. Электромагнитная причина
59. Причины искрения машин постоянного тока. Потенциальная причина.

60. Виды коммутации. Прямолинейная коммутация машин постоянного тока
61. Виды коммутации. Замедленная коммутация машин постоянного тока
62. Виды коммутации. Ускоренная коммутация машин постоянного тока
63. Способы улучшения коммутации. Улучшение коммутации машин постоянного тока увеличением сопротивления коммутируемой секции
64. Способы улучшения коммутации.
65. Реакция якоря машин постоянного тока
66. Условия самовозбуждения генераторов постоянного тока
67. Условия включения генераторов постоянного тока на параллельную работу
68. Классификация двигателей постоянного тока по способу подключения обмоток возбуждения
69. Пуск двигателей постоянного тока
70. Механические характеристики двигателей постоянного тока

## **7. Рекомендуемая литература**

### **7.1. Основная литература**

1. Кацман М.М. Электрические машины: учебник / М.М. Кацман. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 2003. – 469 с.
2. Копылов И.П. Электрические машины: учебник для ВУЗов / И.П. Копылов. – 3-е изд., испр. – М.: Высшая школа, 2002. – 607 с.

### **7.2. Дополнительная литература**

3. Токарев Б.Ф. Электрические машины: учеб. пособие для ВУЗов / Б.Ф. Токарев. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 624 с.
4. Яковлев Г.С. Судовые электрические машины: учебник / Г.С. Яковлев, А.И. Маникин. – 2-е изд., перераб. – Л.: Судостроение, 1980. – 224 с
5. Брускин Д.Э. Электрические машины и микромашины : учебник / Д.Э. Брускин, А.Е. Зорохович, В.С. Хвостов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1990. – 528 с.
6. Гемке Р.Г. Неисправности электрических машин / Р.Г. Гемке; Под ред. Р.Б. Уманцева. – 9-е изд., перераб. и доп. – Л.: Энергоатомиздат, 1989. – 331 с.
7. Проектирование электрических машин: учебник / Под ред. И.П. Копылова. – 3-е изд., испр. и доп. – М.: Высшая школа, 2002. – 757 с.
8. Гольдберг О.Д. Проектирование электрических машин: учебник / О.Д. Гольдберг, Я.С. Гурин, И.С. Свириденко. – Изд. 2-е, перераб. – М.: Высшая школа, 2001. – 430 с.
9. Читечян В.И. Электрические машины. Сборник задач: учеб. пособие для ВУЗов / В.И. Читечян. – М. Высшая школа, 1988. – 230 с.
10. Справочник по электрическим машинам. Том 1 / Под. Общ. ред. И.П. Копылова, Б.К. Клокова. – М.: Энергоатомиздат. – 1989. – 688 с.

### **7.3. Методическое обеспечение:**

1. Белов О.А. Судовые электрические машины Программа курса и методические указания к изучению дисциплины для студентов очной и заочной форм обучения / О.А. Белов. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2016. – 82 с.
2. Труднев С.Ю. Судовые электрические машины: методические указания к выполнению контрольных работ для студентов очной и заочной форм обучения / С.Ю.Труднев – ПетропавловскКамчатский: КамчатГТУ, 2012. – 21 с.

3. Ушакевич А.А. Электрические машины. Курсовое проектирование судовых асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором: Учебное пособие. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2007. – 117 с.

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

1. <http://www.rs-class.org> Официальный сайт Российского морского регистра судоходства
2. <http://www.iec.ch> Официальный сайт Международной электротехнической Комиссии
3. <http://www.imo.org> Официальный сайт Международной Морской Организации
4. <http://www.pts-russia.com> Mathcad
5. <http://www.mathworks.com> Simulink
6. <http://www.electronicworkbench.com> Electronic Workbench
7. <http://protect.gost.ru> Интернет-ресурс Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

## 9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

**Рекомендации по освоению лекционного материала, подготовке к лекциям.** Лекции являются основным видом учебных занятий в высшем учебном заведении. В ходе лекционного курса проводится изложение современных научных взглядов и освещение основных проблем изучаемой области знаний.

Значительную часть теоретических знаний студент должен получать самостоятельно из рекомендованных основных и дополнительных информационных источников (учебников, Интернет-ресурсов, электронной образовательной среды университета). В тетради для конспектов лекций должны быть поля, где по ходу конспектирования делаются необходимые пометки. В конспектах рекомендуется применять сокращения слов, что ускоряет запись. Вопросы, возникшие в ходе лекций, рекомендуется делать на полях и после окончания лекции обратиться за разъяснениями к преподавателю.

После окончания лекции рекомендуется перечитать записи, внести поправки и дополнения на полях. Конспекты лекций рекомендуется использовать при подготовке к практическим занятиям (лабораторным работам), экзамену, контрольным тестам, коллоквиумам, при выполнении самостоятельных заданий.

**Рекомендации по подготовке к практическим занятиям.** Для подготовки к практическим занятиям необходимо заранее ознакомиться с перечнем вопросов, которые будут рассмотрены на занятии, рекомендуемой основной и дополнительной литературой, содержанием рекомендованных Интернет-ресурсов. Необходимо прочитать соответствующие разделы из основной и дополнительной литературы, рекомендованной преподавателем, выделить основные понятия и процессы, их закономерности и движущие силы и взаимные связи. При подготовке к занятию не нужно заучивать учебный материал. На практических занятиях нужно выяснять у преподавателя ответы на интересные или затруднительные вопросы, высказывать и аргументировать свое мнение.

**Рекомендации по подготовке к лабораторным занятиям.** Целью лабораторного практикума является: ознакомление с устройством, принципом действия и характеристиками машин переменного тока; закрепление теоретических знаний в области машин переменного тока, получение навыков их экспериментального исследования, а также обработки полученных результатов; приобретение навыков чтения и сборки электрических схем, включения и испытания машин переменного тока в различных режимах; приобретение навыков суммирования и обобщения полученных результатов экспериментальных исследований, умения формулировать правильные выводы о работе машины и физических процессах, протекающих в ней.

**Рекомендации по организации самостоятельной работы.** Самостоятельная работа включает изучение учебной литературы, поиск информации в сети Интернет, подготовку к практическим занятиям, экзамену, выполнение домашних практических заданий, курсовых проектов, оформление отчетов по лабораторным работам и практическим заданиям, решение задач, изучение теоретиче-

ского материала, вынесенного на самостоятельное изучение и изучение отдельных функций прикладного программного обеспечения.

Общие методические указания по выполнению практической и лабораторной работы указаны в учебно-методическом пособии [см РП СЭМ, п. 6.3, пп. 7].

## 10. Курсовой проект (работа)

### 10.1. Цель и задачи курсового проектирования

Целью курсового проектирования является углубленное изучение теоретического материала по разделу "Асинхронные машины"; ознакомление с основными приемами инженерной методики проектирования асинхронных машин с к.з. ротором с учетом использования новейших достижений в области их проектирования и производства; подготовка курсантов к самостоятельному решению задач при расчете, изготовлении, ремонте и эксплуатации асинхронных машин.

Задачей курсового проекта является расчет и конструирование асинхронного двигателя с к.з. ротором согласно техническому заданию на курсовой проект с учетом новых активных, конструктивных и изоляционных материалов, опыта электромашиностроительных заводов в области проектирования и изготовления асинхронных машин.

### 10.2. Организация проектирования

Курсовой проект курсант (студент) выполняет по индивидуальному заданию, которое выдает руководитель курсового проектирования. Сроки выполнения курсового проекта (семестр) указываются в учебном графике.

Курсовой проект по асинхронным машинам состоит из двух частей: электромагнитного и теплового расчетов (ч.1), конструирования и механического расчета (ч.2). В настоящем методическом пособии приводятся необходимые методические указания по выполнению электромагнитного и теплового расчетов, а также необходимые пояснения и рекомендации по разработке конструкции и выполнению механических расчетов асинхронных машин общепромышленного применения.

На выполнение курсового проекта отводится приблизительно 14 недель. Рекомендуется следующий график и последовательность выполнения курсового проекта.

| № этапа | Наименование этапов работы                                                      | Самостоят. работа в час. |
|---------|---------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| 1.      | Введение                                                                        | 1                        |
| 2.      | Определение главных размеров                                                    | 3                        |
| 3.      | Проектирование статора и ротора                                                 | 8                        |
| 4.      | Расчет магнитной цепи и намагничивающего тока                                   | 2                        |
| 5.      | Расчет сопротивлений обмоток двигателя                                          | 2                        |
| 6.      | Расчет потерь мощности и КПД                                                    | 2                        |
| 7.      | Тепловой расчет                                                                 | 4                        |
| 8.      | Расчет рабочих и механических характеристик                                     | 2                        |
| 9.      | Описание конструкции двигателя                                                  | 2                        |
| 10.     | Механический расчет вала и выбор подшипников                                    | 6                        |
| 11.     | Выполнение графической части проекта: продольный и поперечный разрезы двигателя | 16                       |
| 12.     | Оформление расчетно-пояснительной записки                                       | 8                        |
|         | Итого                                                                           | 56 часов                 |

Законченные электромагнитный и тепловой расчеты следует представить на проверку, и только после их утверждения можно приступить к выполнению дальнейших разделов.

Графическая часть курсового проекта должна быть представлена в виде сборочного чертежа: продольного и поперечного разрезов машины на одном или двух листах формата А1. Чертежи необходимо выполнять в соответствии с требованиями ЕСКД. Полностью оформленный курсовой проект (пояснительная записка и чертежи) курсант (студент) обязан представить на кафедру для окончательного заключения и получения разрешения на защиту не позже срока, указанного в учебном графике. Курсовой проект курсант (студент) защищает перед комиссией на кафедре.

Проектирование асинхронных машин - сложная задача, успешное решение которой зависит, во-первых, от знания теории и конструкции асинхронных машин, а во-вторых, от умения правильно использовать при проектировании литературные источники, каталоги, ГОСТы и т.д.

Перед выполнением тех или иных разделов курсового проекта необходимо внимательно ознакомиться с соответствующими разделами настоящего учебного пособия, с учебной литературой, в которой излагается данный материал, проработать методические указания, касающиеся данного вопроса, и только после этого можно переходить непосредственно к расчетам.

Во время выполнения курсового проекта следует пользоваться ГОСТами на электротехническую сталь, обмоточные провода, изоляцию и др.

## **11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационно-справочных систем**

### **11.1 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса**

- электронные образовательные ресурсы, представленные в п. 7 данной рабочей программы;
- использование слайд-презентаций;
- интерактивное общение с обучающимися и консультирование посредством электронной почты;
- интерактивное общение с помощью программы (мессенджер) WhatsApp.

### **11.2. Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса**

При освоении дисциплины используется лицензионное программное обеспечение:

- текстовый редактор Microsoft Word;
- электронные таблицы Microsoft Excel;
- презентационный редактор Microsoft Power Point;
- программа проверки текстов на предмет заимствования «Антиплагиат».

## **12. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

– для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, самостоятельной работы учебная аудитория № 3-402 с комплектом учебной мебели на 32 посадочных места;

- доска аудиторная;
- комплект лекций по темам курса «Судовые электрические машины»;
- мультимедийное оборудование (ноутбук, проектор);
- лабораторные стенды;
- кодоскоп;
- комплект слайдов для кодоскопа.