

Компонент ОПОП

Специальность:

26.05.07 Эксплуатация судового электрооборудования и средств автоматики  
наименование ОПОП

Специализация:

Эксплуатация судового электрооборудования и средств автоматики

Б1.О.19

шифр дисциплины

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

Дисциплины  
(модуля)

Судовые электрические машины

---

Разработчик (и):

Саватеев Д.А.  
ФИО

доцент

должность

к.п.н.

ученая степень,  
звание

Утверждено на заседании кафедры

электрооборудования судов

наименование кафедры

протокол № 8 от 22 июня 2022 г.

Заведующий кафедрой

электрооборудования судов



подпись

Власов А.Б.

ФИО

Мурманск  
2023

### Пояснительная записка

Объем дисциплины 6 з.е.

1. **Результаты обучения по дисциплине (модулю)**, соотнесенные с индикаторами достижения компетенций, установленными образовательной программой

Компетенции	Индикаторы достижения компетенций	Результаты обучения по дисциплине (модулю)	Соответствие Кодексу ПДНВ
<p>ОПК-2. Способен применять естественнонаучные и общинженерные знания, аналитические методы в профессиональной деятельности</p>	<p>ОПК-2.1. Применяет фундаментальные математические, естественнонаучные и общинженерные знания в профессиональной деятельности                      ОПК-2.2. Применяет методы теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности                      ОПК-2.3. Использует естественнонаучные и общинженерные знания в профессиональной деятельности</p>	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные законы электротехники;</li> <li>- основные расчетные методы;</li> <li>- особенности применения законов и методов в линейных и нелинейных цепях постоянного и переменного синусоидального и несинусоидального тока</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- разрабатывать схемы замещения электрических цепей на основе их принципиальных электрических схем;</li> <li>- создавать математические модели электрических цепей;</li> <li>- реализовывать простые алгоритмы имитационного моделирования;</li> <li>- производить расчет сопротивлений, токов и напряжений в электрических цепях в установившихся и переходных режимах;</li> <li>- планировать мо-</li> </ul>	<p>Таблица АИИ/6</p> <p>Функция: Электрооборудование, электронная аппаратура и системы управления на уровне эксплуатации (Таблица АИИ/6)                      Техническое обслуживание и ремонт на уровне эксплуатации.</p>
<p>ПК-1                      Способен осуществлять безопасное техническое использование, техническое обслуживание, диагностирование и ремонт судового электрооборудования и средств автоматики в соответствии с международными и национальными требованиями</p>	<p>ПК-1.1. Умеет осуществлять безопасное техническое использование судового электрооборудования и средств автоматики в соответствии с международными и национальными требованиями;                      ПК-1.2. Умеет осуществлять безопасное техническое обслуживание судового электрооборудования и средств автоматики в соответствии с международ-</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- создавать математические модели электрических цепей;</li> <li>- реализовывать простые алгоритмы имитационного моделирования;</li> <li>- производить расчет сопротивлений, токов и напряжений в электрических цепях в установившихся и переходных режимах;</li> <li>- планировать мо-</li> </ul>	<p>Таблица АИИ/6</p> <p>Функция: Электрооборудование, электронная аппаратура и системы управления на уровне эксплуатации (Таблица АИИ/6)                      Техническое обслуживание и ремонт на уровне эксплуатации.</p>

	<p>ными и национальными требованиями;  ПК-1.3. Умеет осуществлять безопасное диагностирование и ремонт судового электрооборудования и средств автоматизации в соответствии с международными и национальными требованиями;</p>	<p>дельный эксперимент и обрабатывать его результаты на персональном компьютере;  - оценивать точность и достоверность результатов расчетов;  <b>Владеть:</b>  - навыками разработки схем замещения электрических цепей на основе их принципиальных электрических схем;  - навыками работы с электротехнической аппаратурой и электронными устройствами;  - навыками создания математических моделей электрических цепей;  - навыками работы с контрольно-измерительной и испытательной аппаратурой;</p>	
<p>ПК-7  Способен осуществлять безопасное техническое использование, техническое обслуживание, диагностирование и ремонт электрооборудования и средств автоматизации судовых палубных механизмов и грузоподъемных устройств в соответствии с международными и национальными требованиями</p>	<p>ПК-7.1. Умеет осуществлять безопасное техническое использование электрооборудования и средств автоматизации судовых палубных механизмов и грузоподъемных устройств в соответствии с международными и национальными требованиями;  ПК-7.2. Умеет осуществлять безопасное техническое обслуживание электрооборудования и средств автоматизации судовых палубных механизмов и грузоподъемных устройств в соответствии с международными и национальными требованиями;  ПК-7.3. Умеет осуществлять безопасное диагностирование и ремонт электрооборудования и средств автоматизации судовых палубных механизмов и грузоподъемных устройств в соответствии с международными и национальными требованиями;</p>		<p>Таблица АШ/6    Функция: Электрооборудование, электронная аппаратура и системы управления на уровне эксплуатации  (Таблица АШ/6)  Техническое обслуживание и ремонт на уровне эксплуатации.</p>

	ными и национальными требованиями;		
ПК-15 Способен выбрать и, при необходимости, разработать рациональные нормативы эксплуатации, технического обслуживания, ремонта и хранения судового и берегового электрооборудования и средств автоматики	ПК-15.1. Умеет выбирать рациональные нормативы эксплуатации судового и берегового электрооборудования и средств автоматики; ПК-15.2. Умеет выбирать рациональные нормативы технического обслуживания судового и берегового электрооборудования и средств автоматики; ПК-15.3. Знает порядок ремонта и хранения судового и берегового электрооборудования и средств автоматики;		Таблица АИИ/6  Функция: Электрооборудование, электронная аппаратура и системы управления на уровне эксплуатации (Таблица АИИ/6) Техническое обслуживание и ремонт на уровне эксплуатации.

## 2. Содержание дисциплины (модуля)

Краткий исторический обзор развития электрических машин. Содержание и построение дисциплины. Указания по работе над дисциплиной. Принцип действия и устройство машин постоянного тока. Принцип действия генератора и двигателя постоянного тока. Основные конструктивные части и узлы судовых машин постоянного тока, их назначение. Серии судовых машин постоянного тока. Якорные обмотки. Шаг секции и шаг соединения обмотки. Простые и сложные петлевые обмотки. Простые и сложные волновые обмотки. Параллельные ветви обмоток. Уравнительные соединения первого и второго видов. ЭДС обмотки якоря. Магнитная цепь. Устройство магнитной цепи машины постоянного тока. Характеристика намагничивания машины. Реакция якоря. Линейная нагрузка якоря. Учет поперечной и продольной МДС реакции якоря. Коммутация. Основное уравнение коммутации. Прямолинейная, замедленная и ускоренная коммутация. Оценка коммутации. Средства улучшения коммутации. Генераторы. Типы генераторов постоянного тока. Классификация характеристик генераторов. Характеристика холостого хода и короткого замыкания. Реактивный треугольник. Генератор независимого возбуждения, его характеристики. Генератор параллельного возбуждения. Условия самовозбуждения. Характеристики и свойства генератора параллельного возбуждения. Генератор смешанного возбуждения, его характеристики и свойства. Параллельная работа генераторов постоянного тока. Условия включения на параллельную работу генераторов постоянного тока. Генераторный и двигательный режим машин. Двигатели. Противозлектродвижущая сила якоря. Частота вращения электродвигателей. Способы реверсирования электродвигателей. Пуск двигателя. Вращающий момент машины постоянного тока. Двигатель независимого возбуждения, его характеристики. Двигатель последовательного возбуждения, его характеристики и свойства. Двигатель смешанного возбуждения, его характеристики и свойства. Основные способы регулирования частоты вращения и торможения двигателей постоянного тока. Специальные машины постоянного тока. Потери и КПД. Нагревание электрических машин. Уравнение теплового ба-

ланса частей машины. Кривые нагревания и охлаждения электрических машин. Допустимая температура перегрева отдельных частей машины. Способы охлаждения машин. Классификация номинальных режимов работы машин по ГОСТу. Защита электрических машин от воздействия окружающей среды. Однофазные трансформаторы. Принцип действия и устройство трансформатора. ЭДС трансформатора. Холостой ход трансформатора. Приведение вторичной обмотки трансформатора к первичной. Векторные диаграммы трансформатора при активной и смешанной нагрузках. Схемы замещения. Опыт короткого замыкания трансформатора. Потери и КПД трансформатора. Трехфазные трансформаторы. Группы соединения фазных обмоток трехфазных трансформаторов. Холостой ход трехфазных трансформаторов. Работа трехфазного трансформатора при нагрузке. Параллельная работа трансформаторов. Переходные процессы в трансформаторе. Специальные трансформаторы. Автотрансформатор. Сварочные трансформаторы. Основные виды машин переменного тока, принцип их действия и устройство. Устройство судовых синхронных машин. Устройство трехфазных асинхронных двигателей с короткозамкнутым и фазным ротором. Скольжение. Частота вращения ротора. Статорные обмотки. Принцип образования трехфазной обмотки. Однослойные и двухслойные обмотки. ЭДС и МДС обмоток. Электродвижущая сила секции. Коэффициент укорочения обмотки. Электродвижущая сила фазы. Коэффициент распределения обмотки. Магнитодвижущая сила однофазной обмотки. Магнитодвижущая сила трехфазной обмотки. Векторные диаграммы асинхронного двигателя с неподвижным ротором. ЭДС и ток ротора. Приведение обмотки ротора к обмотке статора. Векторная диаграмма и схема замещения асинхронного двигателя с вращающимся ротором. Вращающий момент и энергетическая диаграмма асинхронного двигателя. Характеристика вращающего момента. Критическое скольжение и максимальный момент. Устойчивость работы асинхронного двигателя. Круговые диаграммы. Упрощенная круговая диаграмма. Опыт холостого хода и короткого замыкания. Определение по круговой диаграмме мощностей, потерь, вращающего момента, КПД, скольжения и коэффициента мощности. Рабочие характеристики и режимы асинхронной машины. Пуск асинхронных двигателей. Условия пуска асинхронного двигателя и его схемные решения. Пуск переключением обмотки статора со звезды на треугольник. Частотный пуск. Асинхронные двигатели с вытеснением тока в обмотке ротора, двухклеточный и с глубокопазым ротором. Основные способы регулирования частоты вращения асинхронных двигателей. Регулирование частоты вращения воздействием со стороны статора. Регулирование частоты вращения воздействием со стороны ротора. Торможение асинхронных двигателей. Специальные асинхронные машины. Однофазные асинхронные двигатели. Асинхронный преобразователь частоты. Реакция якоря синхронных машин при различных видах нагрузки. Принцип двух реакций. Количественный учет влияния продольной и поперечной реакции якоря. ЭДС статора при нагрузке. Векторная диаграмма напряжений. Векторные диаграммы напряжений неявно- и явнополюсных синхронных генераторов. Упрощенные векторные диаграммы напряжений. Параметры синхронных машин. Характеристики холостого хода и короткого замыкания синхронного генератора. Реактивный треугольник. Отношение тока короткого замыкания (ОКЗ). Нагрузочные характеристики. Построение реактивного треугольника. Внешние и регулировочные характеристики. Самовозбуждающиеся и бесщеточные синхронные генераторы. Особенности режима работы синхронного генератора на выпрямительную нагрузку. Потери и КПД синхронных машин. Параллельная работа судовых синхронных генераторов соответствующая требованиям ПДМНВ. Условия включения генераторов на параллельную работу. Методы синхронизации. Работа синхронного генератора параллельно с мощной станцией. Параллельная работа соизмеримых по мощности синхронных генераторов. Электромагнитные мощности и момент синхронной машины. Синхронизирующая мощность и момент. V-образная и угловая характеристики синхронных генераторов. Распределение активной и реактивной мощностей параллельно работающих генераторов. Синхронные двигатели. V-образная характеристика синхронного двигателя. Векторная диаграмма синхронного двига-

теля. Рабочие характеристики синхронного двигателя. Пуск синхронного двигателя. Регулирование частоты вращения синхронных двигателей. Вентильный двигатель. Синхронный компенсатор. Переходные процессы в синхронных машинах. Дифференциальные уравнения синхронной машины. Сверхпереходные, переходные режимы и синхронные индуктивные сопротивления. Эквивалентные схемы замещения. Внезапное короткое замыкание синхронного генератора. Колебания судовых синхронных машин. Понятие об устойчивости синхронных машин при колебаниях ротора. Вынужденные колебания. Резонанс колебаний. Успокоительные обмотки. Эксплуатационные вопросы, связанные с изоляционными качествами и нагревом судовых электрических машин. Требования к изоляции электрических машин, основные методы контроля ее состояния. Основные факторы, влияющие на срок службы изоляции и эксплуатационные меры по его увеличению. Методы контроля нагрева судовых электрических машин. Особенности построения систем подвода и подготовки охлаждающего воздуха мощных судовых электромашин и их эксплуатация. Вопросы эксплуатации щеточных устройств судовых электрических машин. Основные методы настройки коммутации судовых электрических машин. Вопросы эксплуатации подшипниковых узлов судовых электромашин. Токи в подшипниковых узлах электромашин, основные причины их возникновения, их влияние, пути устранения. Основные причины возникновения шума и вибрации электромашин, эксплуатируемых в судовых условиях и методы их устранения. Типы применяемых на судах подшипников и смазочных масел. Особенности эксплуатации и ремонта судовых генераторов переменного тока, трансформаторов и электромашинных преобразователей. Обзор аварийности судовых электромашин и основных мер по ее предотвращению в соответствии с требованиями ПДМНВ. Основные нештатные режимы судовых электромашин.

### **3. Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины (модуля)**

- мультимедийные презентационные материалы по дисциплине (модулю) представлены в электронном курсе в ЭИОС МАУ;
- методические указания к выполнению практических, самостоятельных, контрольных работ представлены в электронном курсе в ЭИОС МАУ;
- методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины (модуля) представлены на официальном сайте МАУ в разделе «Информация по образовательным программам, в том числе адаптированным».

1. "Электрические машины: практический курс", учебное пособие в 2-х частях, Мурманск, МГТУ, 2015.
2. Расчет трехфазного трансформатора (Методические указания к курсовому проектированию), Мурманск, МГТУ, 2019.
3. Расчет электромагнитной системы трехфазного трансформатора (Компьютерная обучающая программа), Свид-во №2015615173, 2015
4. Круговая диаграмма и характеристики асинхронной машины (Компьютерная обучающая программа). Свид-во №2010610006. 2010
5. Векторная диаграмма и характеристики однофазного трансформатора (Компьютерная обучающая программа). Свид-во №2010610004. 2010

### **4. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)**

Является отдельным компонентом образовательной программы, разработан в форме отдельного документа, представлен на официальном сайте МАУ в разделе «Информация по образовательным программам, в том числе адаптированным». ФОС включает в себя:

- перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения дисциплины (модуля);

- задания текущего контроля;
- задания промежуточной аттестации;
- задания внутренней оценки качества образования.

**5. Перечень основной и дополнительной учебной литературы** (печатные издания, электронные учебные издания и (или) ресурсы электронно-библиотечных систем)

**Основная литература**

Вольдек А.И., Попов В.В. Электрические машины. Введение в электромеханику. Машины постоянного тока и трансформаторы, Учебник для вузов. — СПб: Питер, 2008. — 320 с.

Вольдек А.И., Электрические машины. Л.: Энергия, 1978

Мезин Е.К., Судовые электрические машины, Л.: Судостроение, 1985

**Model Course 3.04: Survey of Electrical Installations. Model course developed under the IMO-IACS Programme** [Электронный ресурс] / IMO. - Электрон. текстовые дан. (1 файл : 3,95 Мб). - London : IMO, 2004. - Загл. с титул. экрана. - Доступ к файлу в ауд. 227 В. - ISBN 978-82-801-0036-Модельный курс 3.04: Обзор электроустановок. Модельный курс, разработанный в рамках программы ИМО-МАКО

**Model Course 7.08: Electro-technical Officer** [Электронный ресурс] / IMO. - Электрон. текстовые дан. (1 файл : 4,21 Мб). - London : IMO, 2014. - Загл. с титул. экрана. - Доступ к файлу в ауд. 227 В. - ISBN 978-82-801-1580-2. Модельный курс 7.08: Электротехнический сотрудник

**Дополнительная литература**

Копылов И.П., Электрические машины, М.: Высш. школа, : Логос, 2002

Кацман М.М., Электрические машины, М.: Высшая шк.: Изд. центр "Академия", 2001

Копылов И.П., Проектирование электрических машин, М.: Энергия, 1980

Тихомиров П. М. Расчет трансформаторов. Учеб. пособие для вузов. Изд. 4-е, перераб. и доп. М., «Энергия», 1976., 544 с. с ил.

Саватеев Д.А. Электрические машины: практический курс, учебное пособие в 2-х частях, Мурманск, МАУ, 2015

**Справочные системы**

[Электронно-библиотечная система "Издательство "Лань"](http://e.lanbook.com)

<http://e.lanbook.com>

[Электронно-библиотечная система "Университетская библиотека онлайн"](http://biblioclub.ru)

<http://biblioclub.ru>

[Электронная библиотечная система "Консультант студента"](http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785976518940.html)

<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785976518940.html>

[Электронно-библиотечная система "БиблиоРоссика"](http://www.bibliorossica.com)

<http://www.bibliorossica.com>

[Электронно-библиотечная система "ibooks.ru"](http://ibooks.ru)

<http://ibooks.ru>

[Электронно-библиотечная система "КнигаФонд"](http://www.knigafund.ru)

<http://www.knigafund.ru>

**7. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства**

1. Программные продукты Microsoft (подписка на образовательные лицензии, сетевые версии), участие в академической программе Microsoft Azure Dev Tools for Teaching (с февраля 2019 г., ранее Microsoft Imagine, ранее Microsoft DreamSpark, ранее Microsoft MSDN

- Academic Alliance). Подписки действительны по 10.12.2019 (счет-фактура №IM22116 от 12.11.2018, счет №9552401799 от 10.12.2018);
2. Офисный пакет Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN, лицензия № 45676388 от 08.07.2009 (договор №32/224 от 14.07.2009);
  3. MathWorks MATLAB 2010 (сетевая версия) License Number 619865 от 11.12.2009 (договор №32/356 от 10.12.2009);
  4. PascalABC.NET версия 2.2, сборка 903 (23.04.2015) бесплатная некоммерческая лицензия;
  5. Lazarus 1.2.6, версия FPC 2.6.4, ревизия SVN 46529, Лицензия: GNU GPL v.2.0/GNU LGPL v. 2.1;
  6. Scilab-5.5.2 GNU General Public License (GPL) v.2.0;
  7. КОМПАС-3D LT V12, бесплатная некоммерческая версия.

### 8. Обеспечение освоения дисциплины лиц с инвалидностью и ОВЗ

Обучающиеся из числа инвалидов и лиц с ОВЗ обеспечиваются печатными и (или) электронными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.

**9. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)** представлено в приложении к ОПОП «Материально-технические условия реализации образовательной программы» и включает:

- учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой специалитета, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения;
- помещения для самостоятельной работы обучающихся, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде МАУ;

### 10. Распределение трудоемкости по видам учебной деятельности

Таблица 1 - Распределение трудоемкости

Вид учебной нагрузки	Распределение трудоемкости дисциплины по формам обучения											
	Очная				Очно-заочная				Заочная			
	Семестр			Всего часов	Семестр			Всего часов	Семестр/Курс			Всего часов
	5	6							3/6	4/7		
Лекции	20	20		40					4	4		8
Практические работы	20	22		42					4	4		8
Лабораторные работы	22	24		46					4	4		8
Курсовая работа		12										
Самостоятельная работа	10	6		16					89	87		174
Подготовка к промежуточной аттестации	36	36		72					9	9		18
Всего часов по дисциплине	108	108		216					108	108		216



### Формы промежуточной аттестации и текущего контроля

Семестр	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Экзамен					+	+						
Зачет/зачет оценкой												
Курсовая работа (проект)						1						
Количество расчетно-графических работ												
Количество контрольных работ					1							
Количество рефератов												
Количество эссе												

### Перечень лабораторных работ

№ п\п	Темы лабораторных работ
1	2
	5 семестр
1.	Вводная лабораторная работа
2.	Исследование генератора постоянного тока
3.	Параллельная работа генераторов постоянного тока
4.	Регулирование частоты вращения двигателя постоянного тока
5.	Исследование трехфазного трансформатора
6.	Параллельная работа трансформаторов
7.	6 семестр
8.	Схемы включения статорной обмотки асинхронного электродвигателя
9.	Регулирование частоты вращения асинхронного электродвигателя
10.	Исследование синхронного генератора
11.	Параллельная работа синхронных генераторов
12.	Исследование синхронного электродвигателя

### Перечень практических работ

№ п\п	Темы практических работ
1	2
	5 семестр
1.	Расчет и изображение простой петлевой обмотки машины постоянного тока
2.	Преобразование энергии в генераторах постоянного тока
3.	Преобразование энергии в двигателях постоянного тока
4.	Построение характеристик трехфазного трансформатора по результатам опытов холостого хода и короткого замыкания

5.	6 семестр
6.	Расчет параметров магнитной системы трехфазного трансформатора
7.	Расчет обмоток трехфазного трансформатора
8.	Определение параметров схемы замещения трехфазного трансформатора по расчетным данным
9.	Тепловой расчет трехфазного трансформатора
10.	Определение КПД и относительного изменения напряжения трехфазного трансформатора по расчетным данным

### **Перечень тем контрольных и расчетно-графических работ**

1. Генераторы постоянного тока
2. Двигатели постоянного тока
3. Трансформаторы
4. Асинхронные двигатели
5. Синхронные машины
6. Преобразование энергии с электрических машинах постоянного тока

### **Перечень примерных тем курсовой работы /проекта**

1. Расчет трехфазного трансформатора