

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»**

Кафедра электрооборудования судов

**Б1.В.01 Электрические машины**

*Методические указания к самостоятельной работе  
по направлению подготовки  
13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» (уровень бакалавриата),  
профиль подготовки «Энергообеспечение предприятий»*

Мурманск  
2020

Составитель – Кучеренко Владимир Владимирович, доцент кафедры электрооборудования судов Мурманского государственного технического университета

Методические указания рассмотрены и одобрены кафедрой электрооборудования судов, 26 января 2020 г., протокол № 5

**ОГЛАВЛЕНИЕ**

ОБЩИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ.....	4
ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН. ....	6
ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	8
СОДЕРЖАНИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ ТЕМ.....	9

**Цель дисциплины** приобретение знаний, умений и навыков в области знания назначения, устройства, принципа действия, основных характеристик, методов анализа и расчета статических и динамических режимов работы, правил технической эксплуатации и ремонта электрических машин

**Задачи дисциплины:** ознакомить обучающихся с устройством электрических машин постоянного и переменного тока, их характеристиками и режимами работы, режимами пуска, торможения и регулирования оборотов машин постоянного и переменного тока, трансформаторами, их устройством, характеристиками и режимами работы, испытательными режимами холостого хода и короткого замыкания трансформаторов, правилами эксплуатации трансформаторов.

**В результате изучения дисциплины бакалавр должен::**

**Знать:** принципы действия и устройство коллекторных электрических машин постоянного тока, асинхронных, синхронных машин, силовых и специальных трансформаторов; классификацию электрических машин, их сравнительные особенности; достоинства и недостатки; принципы образования якорных обмоток машин постоянного тока и синхронных машин, статорных обмоток асинхронных машин; математические модели электрических машин; методологию испытания электрических машин; условные графические изображения и обозначения элементов электрических машин: пуска, регулирования частоты вращения, электрического торможения, включения на параллельную работу, перераспределения нагрузки.

**Уметь:** производить классификацию электрических машин на основе их внешних признаков и паспортных данных; читать электрические принципиальные схемы, содержащие элементы электрических машин; использовать модели электрических машин для анализа их режимов работы; производить испытания электрических машин с целью получения их эксплуатационных характеристик; производить пуск и регулирование частоты вращения двигателей постоянного и переменного тока; включать генераторы постоянного тока, синхронные генераторы и трансформаторы на параллельную работу, производить перераспределение нагрузки между параллельно работающими генераторами; составлять отчет о проведенных испытаниях электрических машин.

**Владеть:** теоретическими методами анализа режимов работы электрических машин; методами сбора, обработки и анализа результатов испытания электрических машин; умений и навыками чтения электрических принципиальных схем, содержащих элементы электрических машин.

**Содержание разделов дисциплины:** (

Электрические машины постоянного тока,: генераторы двигатели. Электрические машины переменного тока: трансформаторы, асинхронные двигатели, синхронные генераторы, двигатели специального назначения.

**Таблица 1. - Результаты обучения**

№ п/п	Код и содержание компетенции	Степень реализации компетенции	Этапы формирования компетенции (Индикаторы сформированности компетенций)
-------	------------------------------	--------------------------------	--------------------------------------------------------------------------

1.	<b>ОПК-5</b> <b>Способен проводить измерения электрических и неэлектрических величин на объектах теплоэнергетики и теплотехнике.</b>	Компетенция реализуется полностью	<b>ИОПК-5.1</b> Выбирает средства измерения электрических и неэлектрических величин на объектах теплоэнергетики и теплотехники.
----	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

## ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

№	Содержание разделов (модулей), тем дисциплины	Количество часов, выделяемых на виды учебной работы по формам обучения												
		Очная				Очно- заочная				Заочная				
		Л	ЛР	ПР	СР	Л	ЛР	ПР	СР	Л	ЛР	ПР	СР	
Семестр 5														
1.	<p style="text-align: center;"><b>Модуль 1</b></p> <p style="text-align: center;"><b>Электрические машины постоянного тока</b></p> <p>Принцип действия МПТ в генераторном и . двигательном режимах. Устройство коллекторных машин постоянного тока. Обмотки якоря МПТ. Петлевые, волновые, комбинированные обмотки якоря. . Уравнительные соединения. Электродвижущая сила и электромагнитный момент МПТ. Магнитная цепь МПТ. Реакция якоря МПТ. Коммутация в МПТ. Прямолинейная и криволинейная коммутация, способы улучшения коммутации. Радиопомехи при работе МПТ и способы их подавления. Генераторы постоянного тока (ГПТ). Основные схемы возбуждения (независимого, параллельного и смешанного) характеристики ГПТ (внешняя, регулировочная, нагрузочная, холостого хода, короткого замыкания). Параллельная работа ГПТ. Двигатели постоянного тока (ДПТ). Основные схемы возбуждения и характеристики. Способы пуска, регулирования частоты вращения, электрического торможения ДПТ.</p>	8	4	6	16					1	2			30
2.	<p style="text-align: center;"><b>Модуль 2</b></p> <p style="text-align: center;"><b>Трансформаторы</b></p> <p>Назначение, принцип действия, устройство однофазного трансформатора. Уравнение напряжений, магнитодвижущих сил и токов трансформатора. Приведение параметров вторичной обмотки к первичной, электрическая схема замещения и векторная диаграмма</p>	6	4	6	16					1	2	4		30

	<p>трансформатора.</p> <p>Опытное определение параметров схемы замещения трансформатора.</p> <p>Внешняя характеристика, потери и КПД трансформатора.</p> <p>Трехфазные трансформаторы, схемы и группы соединения обмоток.</p> <p>Параллельная работа трансформаторов.</p> <p>Специальные трансформаторы (автотрансформаторы, выпрямительные, сварочные, измерительные трансформаторы).</p>											
3.	<p align="center"><b>Модуль 3</b></p> <p align="center"><b>Асинхронные машины</b></p> <p>Устройство и принцип действия асинхронного двигателя (АД). Обмотки якоря машин переменного тока.</p> <p>Уравнение напряжений, МДС и токов АД. Приведение параметров обмотки ротора, электрические схемы замещения и векторная диаграмма АД.</p> <p>Опытное определение параметров, построение круговой диаграммы и рабочих характеристик АД.</p> <p>Пуск, регулирование частоты вращения, электрическое торможение и реверс АД.</p>	8	4	4	16				1	1		30
4.	<p align="center"><b>Модуль 4</b></p> <p align="center"><b>Синхронные машины</b></p> <p>Устройство и принцип действия синхронных машин (СМ). Магнитное поле и реакция якоря СМ.</p> <p>Уравнение напряжения и векторные диаграммы синхронного генератора (СГ). Характеристики СГ.</p> <p>Включение СГ на параллельную работу и изменение его нагрузки. Угловые и U-образные характеристики СГ.</p> <p>Синхронный двигатель (СД). Способы пуска СД. Синхронный компенсатор и СД специального назначения.</p> <p>Электромагнитные и электромеханические переходные процессы в синхронных машинах.</p>	8	4	4	16				1	1		30
5.	<p align="center"><b>Модуль 5</b></p> <p align="center"><b>Специальные электрические машины</b></p> <p>Электрические машины постоянного тока специального назначения.</p>	2			4				1			6

	Электрические машины переменного тока специального назначения.												
<b>6.</b>	<b>Модуль 6</b> <b>Эксплуатация электрических машин.</b> Правила технической эксплуатации электрических машин.	2			4					1		1	2
	<b>Итого</b>	34	16	20	74					6	6	4	128

### ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вольдек А.И., Попов В.В. Электрические машины. Введение в электромеханику. Машины постоянного тока и трансформаторы. Учебник для вузов. - СПб; Питер, 2008
2. Вольдек А.И., Электрические машины. Л.; энергия, 1978.
3. Мезин Е.К., Судовые электрические машины, Л.; Судостроение, 1985
4. Кацман М.М., Электрические машины, М.: Высшая шк.: изд. Центр "Академия", 2001
5. Копылов И.П., Электрические машины, М.; Высшая школа.; Логос, 2000
6. Тихомиров П.М. Расчет трансформаторов. Учеб. пособие для вузов. Изд. перераб. и доп. М.: Энергия, 1976.
7. Справочник по электрическим машинам. Под ред. И.П. Копылова и Б.К. Клопова, М.: Энергоатомиздат, 1988

## СОДЕРЖАНИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ ТЕМ

### Тема 1. Электрические машины постоянного тока

Принцип действия МПТ в генераторном и . двигательном режимах. Устройство коллекторных машин постоянного тока.

Обмотки якоря МПТ. Петлевые, волновые, комбинированные обмотки якоря. . Уравнительные соединения. Электродвижущая сила и электромагнитный момент МПТ.

Магнитная цепь МПТ. Реакция якоря МПТ. Коммутация в МПТ. Прямолинейная и криволинейная коммутация, способы улучшения коммутации. Радиопомехи при работе МПТ и способы их подавления.

Генераторы постоянного тока (ГПТ). Основные схемы возбуждения (независимого, параллельного и смешанного) характеристики ГПТ (внешняя, регулировочная, нагрузочная, холостого хода, короткого замыкания). Параллельная работа ГПТ.

Двигатели постоянного тока (ДПТ). Основные схемы возбуждения и характеристики. Способы пуска, регулирования частоты вращения, электрического торможения ДПТ.

Вопросы для самопроверки:

1. Какими параметрами характеризуется обмотка якоря?
2. В чем принципиальное различие между петлевыми и волновыми обмотками?
3. Чем сложные обмотки якоря отличаются от простых?
4. Какие способы возбуждения применяются в машинах постоянного тока?
5. Каковы нежелательные последствия реакции якоря машины постоянного тока?
6. Какое влияние на действие реакции якоря оказывает смещение щеток с геометрической нейтрали?
7. Какие причины могут вызвать искрение на коллекторе?
8. Почему прямолинейная коммутация не сопровождается искрением?
9. Почему криволинейная замедленная коммутация вызывает искрение?
10. Объясните назначение добавочных полюсов в коллекторной машине?
11. Каковы причины появления кругового огня по коллектору?
12. Какие характеристики определяют свойства генераторов постоянного тока?
13. Какие условия необходимы для самовозбуждения генераторов постоянного тока?
14. Какие методы ограничения пускового тока применяются в двигателях постоянного тока?

Литература: [1], [2], [3], [4].

### Тема 2 Трансформаторы

Назначение, принцип действия, устройство однофазного трансформатора. Уравнение напряжений, магнитодвижущих сил и токов трансформатора.

Приведение параметров вторичной обмотки к первичной, электрическая схема замещения и векторная диаграмма трансформатора.

Опытное определение параметров схемы замещения трансформатора. Внешняя характеристика, потери и КПД трансформатора.

Трехфазные трансформаторы, схемы и группы соединения обмоток. Параллельная работа трансформаторов.

Специальные трансформаторы (автотрансформаторы, выпрямительные, сварочные, сварочные, измерительные трансформаторы).

Вопросы для самопроверки:

1. Каков принцип работы трансформатора?

2. По каким признакам классифицируются трансформаторы?
3. Какова роль трансформаторного масла?
4. Каковы основные уравнения трансформатора?
5. Что такое приведенный трансформатор?
6. Каков порядок построения векторной диаграммы трансформатора?
7. На что расходуется мощность, потребляемая трансформатором при опытах х.х. и к.з.?
8. Что называется напряжением к.з.? Каково обычно значение этого напряжения (в процентах)?
9. Какую обмотку целесообразно замыкать накоротко при опыте к. з.? Влияет ли это на величину мощности к. з.?
10. Каковы достоинства трехобмоточных трансформаторов?

Литература: [1], [2], [3], [4].

### **Тема 3. Асинхронные машины**

Устройство и принцип действия асинхронного двигателя(АД).Обмотки якоря машин переменного тока. Уравнение напряжений, МДС и токов АД. Приведение параметров обмотки ротора , электрические схемы замещения и векторная диаграмма АД.

Опытное определение параметров, построение круговой диаграммы и рабочих характеристик АД.

Пуск, регулирование частоты вращения, электрическое торможение и реверс АД.

Вопросы для самопроверки:

1. Какие требования предъявляются к обмотке статора и от чего зависит их выполнение?
2. Какова зависимость частоты вращения МДС от числа полюсов в обмотке и частоты тока?
3. Как изменить направление вращения МДС обмотки статора?
4. Что такое скольжение асинхронной машины?
5. Каков диапазон изменения скольжения асинхронной машины в различных режимах ее работы?
6. Каким образом асинхронный двигатель можно перевести в режим электромагнитного торможения?
7. Объясните устройство короткозамкнутого и фазного роторов.
8. Запишите и объясните физический смысл основных уравнений асинхронной машины.
9. Объясните порядок построения векторной диаграммы асинхронного двигателя.
10. Какими показателями характеризуются пусковые свойства асинхронных двигателей?
11. Каковы достоинства и недостатки пусковых свойств асинхронных двигателей с фазным ротором?
12. Каковы достоинства и недостатки пуска двигателей непосредственным включением в сеть?
13. Какие существуют способы пуска асинхронных двигателей при пониженном напряжении?
14. Перечислите способы регулирования частоты вращения асинхронных двигателей и дайте им сравнительную оценку.
15. Почему при частотном регулировании одновременно с частотой тока необходимо менять напряжение?

Литература: [1], [2], [3], [4].

### **Тема 4. Синхронные машины**

Устройство и принцип действия синхронных машин (СМ). Магнитное поле и реакция якоря СМ. Уравнение напряжения и векторные диаграммы синхронного генератора (СГ). Характеристики СГ.

Включение СГ на параллельную работу и изменение его нагрузки. Угловые и U-образные характеристики СГ.

Синхронный двигатель (СД). Способы пуска СД. Синхронный компенсатор и СД специального назначения.

Электромагнитные и электромеханические переходные процессы в синхронных машинах.

Вопросы для самопроверки:

1. Какие системы возбуждения применяют в синхронных машинах?
2. В чем состоит явление реакции якоря?
3. Каковы действия реакции якоря при активной, индуктивной и емкостной нагрузках синхронного генератора?
4. Что такое синхронизация генератора, включаемого на параллельную работу?
5. Какие применяются способы синхронизации генераторов? Изложите их содержание.
6. Почему синхронный двигатель нуждается в специальных способах пуска?
7. Почему при асинхронном пуске синхронного двигателя обмотку возбуждения нельзя оставлять разомкнутой?
8. Каково назначение синхронного компенсатора?

### **Тема.5**

#### **Специальные электрические машины**

Электрические машины постоянного тока специального назначения.

Электрические машины переменного тока специального назначения.

Вопросы для самопроверки:

1. Объясните принцип действия тахогенератора постоянного тока.
2. Объясните принцип действия синхронных машин с постоянными магнитами.