

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «МГТУ»)**

Методические указания

к самостоятельной работе аспирантов

по дисциплине Б1.В.04 Электротехнические комплексы и системы

для подготовки аспирантов направления

13.06.01 Электро и теплотехника

код и наименование направления подготовки (специальности)

Электротехнические комплексы и системы

наименование профиля /специализаций/образовательной программы

Мурманск

2019

Составитель зав. кафедрой «Электрооборудование судов»

д.т.н., профессор Власов Анатолий Борисович

МУ к СР рассмотрены и одобрены на заседании кафедры – разработчика
«Электрооборудования судов»

протокол № 9 от 17.06.19

Рецензент – Урванцев В.И., доцент

ОГЛАВЛЕНИЕ

Наименование разделов	Стр.
Общие организационно – методические указания	4
Тематический план.....	5
Список рекомендуемой литературы.....	6
Содержание и методические указания к изучению тем дисциплины.....	7

ОБЩИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО - МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Данные методические указания составлены в соответствии с квалификационной характеристикой аспиранта ФГОС 878 от 30.07. 2014

Дисциплина " Электротехнические комплексы и системы " изучается на третьем курсе. Изучению этой дисциплины должно предшествовать усвоение курсов "Электротехника и основы электроники", "Судовая электроника и силовая преобразовательная техника".

В результате изучения курса будущий специалист должен знать:

- современные инженерные методики расчета элементов и отдельных структур электротехнических систем;
- современные методы математического моделирования, а также методы обработки контролируемых параметров;
- уметь:
 - производить проектирование и моделирование электротехнических систем
 - обладать: способностью адаптировать результаты современных исследований в области электротехнических комплексов и систем для решения актуальных проблем, возникающих в деятельности организаций и предприятий

Таблица 4

№ п/п	Наименование тем, их содержание	Лекции	Лабор	Самостоят.	ПК
	Семестр 5				
1	Функции, выполняемые общепромышленным и тяговым приводом, и его обобщенные функциональные схемы. Характеристики электромеханического преобразователя энергии и его математическое описание в двигательном и тормозном режимах.	1		8	ПК-2
2	Обобщенная электрическая машина как основной компонент электропривода. Электромеханические свойства двигателей постоянного тока, асинхронных, синхронных и шаговых двигателей. Механические устройства. Нагрузка двигателя. Сопряжение двигателя с рабочим механизмом (редукторы, муфты	2		8	ПК-2
3	Математические модели и структурные схемы электромеханических систем с электродвигателями разных типов.	4	4	10	ПК-2
4	Установившиеся режимы работы электропривода. Частотный и спектральный анализ. Учет упругих звеньев и связей. Учет нелинейностей. Построение адекватных моделей с использованием компьютерных технологий.	2		10	ПК-2
5	Переходные процессы в электроприводах. Линейные и нелинейные системы, передаточные и переходные функции электропривода.	4	8	8	ПК-2
6	Примеры формирования оптимальных переходных процессов при разгоне и торможении электропривода с учетом процессов в рабочем механизме	2		10	ПК-2
7	Обобщенный алгоритм компьютерного моделирования	2		10	ПК-

	линейных или нелинейных систем автоматизированного электропривода; представление и обработка результатов моделирования.				3
8	Регулирование координат электропривода. Характеристика систем электроприводов: управляемый преобразователь-двигатель постоянного тока, преобразователь частоты – асинхронный двигатель, преобразователь частоты – синхронный двигатель, системы с шаговыми двигателями, системы с линейными двигателями и сферы их применения	4	8	10	ПК-3
9	Основные характеристики приборных систем электроприводов. Следящие электроприводы. Многодвигательные электромеханические системы. Тяговые электроприводы.	2	5	8	ПК-3
10	Выбор типа и мощности электродвигателя, обоснование структуры, типа и мощности преобразователя. Основные этапы эскизного и рабочего проектирования электропривода	2		10	ПК-4
	Всего	25	25	94	
	Семестр 6				
1	Основные функции и структуры автоматического управления электроприводом. Типовые, функциональные схемы и типовые системы, осуществляющие автоматический пуск, стабилизацию скорости, реверс и остановку электродвигателей. Синтез систем с контактными и бесконтактными элементами. Принципы выбора элементной базы	2	5	6	ПК-4
2	Общие вопросы теории замкнутых систем автоматического управления электроприводом (САУ) при заданном рабочем механизме.	2		3	ПК-4
3	Методы анализа и синтеза замкнутых, линейных и нелинейных, непрерывных и дискретных САУ. Применение методов вариационного исчисления и пакетов прикладных программ для ПЭВМ.	2		3	ПК-4
4	Системы управления электроприводами постоянного и переменного тока. Типовые структуры систем управления асинхронными и синхронными двигателями. Особенности построения систем управления асинхронными и синхронными двигателями. Особенности построения систем управления электроприводов с тиристорными преобразователями. Системы с машинами двойного питания. Структура управления специальным приводами (тяговые, крановые, муфтовые и т.п.). Управление электроприводами с линейными двигателями.	2	5	3	ПК-4
5	Управление электроприводами при наличии редуктора и упругой связи двигателя с механизмом. Стабилизирующие системы управления электроприводами. Защита от перегрузок и аварийных режимов	3	5	3	ПК-4
6	Типовые узлы и типовые САУ, поддерживающие постоянство заданных переменных. Типовые узлы и ти-	2		3	ПК-4

	повые следящие САУ непрерывного и дискретного действия.				
7	Оптимальные и инвариантные САУ. Анализ и синтез следящих САУ с учетом стохастических воздействий. Цифровые САУ.	2		3	ПК-4
8	Электроприводы в робототехнических комплексах и гибких автоматизированных производствах. Применение микропроцессоров и микроЭВМ для индивидуального и группового управления электроприводами технологических объектов и транспортных средств.	2		3	ПК-4
9	Адаптивные системы автоматического управления и принципы их управления. Алгоритмы адаптации в электроприводах.	2	5	3	ПК-4
10	Надежность и техническая диагностика электроприводов	2		3	ПК-4
	Всего	20	20	32	
	Итого по курсу	45	45	126	

Литература

Основная

1. Богомолов, В. С.
Судовые электроэнергетические системы и их эксплуатация : учеб. для сред. проф. учеб. заведений / В. С. Богомолов. - Москва : Мир, 2006. - 317, [1] с. : ил. - (Учебники и учебные пособия для студентов средних специальных учебных заведений). - ISBN 5-03-003767-5 : 395-92. (20)
2. Расчет управляемого полупроводникового выпрямителя [Электронный ресурс] : методические указания и контрольные задания к курсовой работе по дисциплине «Судовая электроника и силовая преобразовательная техника» / М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, ФГБОУ ВО "Мурман. гос. техн. ун-т", Кафедра электрооборудования судов ; сост. А. Б. Власов. - Электрон. текстовые дан. (1 файл : 702 Кб). - Мурманск : Изд-во МГТУ, 2019. - 36 с. : ил. - Доступ из локальной сети Мурман. гос. техн. ун-та. - Загл. с экрана. *P 12*
3. Лабораторный практикум "Силовая преобразовательная техника" [Электронный ресурс] : метод. указания по курсам "Судовая электроника и силовая преобразовательная техника", "Практическая схмотехника", "Силовые полупроводниковые преобразователи", "Электротехника, электроника и схмотехника" для технических специальностей / М-во образования и науки Рос. Федерации, ФГБОУ ВО "Мурман. гос. техн. ун-т", Каф. электрооборудования судов ; сост. А. Б. Власов, А. Н. Капустин, В. А. Мухалев. - Электрон. текстовые дан. (1 файл : 6,55 Мб). - Мурманск : Изд-во МГТУ, 2018. - Доступ из локальной сети Мурман. гос. техн. ун-та. - Загл. с экрана. - Имеется печ. аналог 2018 г. (34)
4. Лабораторный практикум "Силовая преобразовательная техника" : метод. указания по курсам "Судовая электроника и силовая преобразовательная техника", "Практическая схмотехника", "Силовые полупроводниковые преобразователи", "Электротехника, электроника и схмотехника" для техн. специальностей / М-во образования и науки Рос. Федерации, ФГБОУ ВО "Мурман. гос. техн. ун-т", Каф. электрооборудования судов ; сост. А. Б. Власов, А. Н. Капустин, В. А. Мухалев. - Мурманск : Изд-во МГТУ, 2018. - 184 с. : ил. - Имеется электрон. аналог 2018 г. - Библиогр.: с. 160-161. - 233-70.
5. Власов, А. Б. Лабораторный практикум "Электроника" [Электронный ресурс] : по курсам "Электротехника и электроника", "Судовая электроника и силовая преобра-

зоват. техника" / А. Б. Власов, З. Н. Черкесова; Федер. агентство по рыболовству, ФГОУ ВПО "Мурман. гос. техн. ун-т". - Электрон. текстовые дан. (1 файл : 2 Мб). - Мурманск : Изд-во МГТУ, 2010. - Доступ из локальной сети Мурман. гос. техн. ун-та. - Загл. с экрана. - Имеется печ. аналог 2010 г.

б. Власов, А. Б.

Лабораторный практикум "Электроника" : по курсам "Электротехника и электроника", "Судовая электроника и силовая преобразовательная техника" / А. Б. Власов, З. Н. Черкесова; Федер. агентство по рыболовству, ФГОУ ВПО "Мурман. гос. техн. ун-т". - Мурманск : Изд-во МГТУ, 2010. - 122 с. : ил. - Имеется печ. аналог 2010 г. - Библиогр.: с. 121-122. - 144-8

Дополнительная литература

1. Переходные процессы в электроэнергетических системах : учеб. пособие для студентов, обучающихся по направлению подгот. 140400.62 "Электроэнергетика и электротехника" / А. Е. Веселов [и др.] ; Федер. агентство по рыболовству, ФГБОУ ВПО "Мурман. гос. техн. ун-т" ; ФГБУН Центр физико-техн. проблем энергетики Севера КНЦ РАН. – Мурманск : Изд-во МГТУ, 2015. – 134 с. : ил. – Имеется электрон. аналог 2015 г. – Библиогр.: с. 132-134. (10 экз)
2. Невретдинов, Ю. М. Атмосферное электричество и молниезащита в электроэнергетике : учеб. пособие по дисциплине "Атмосферное электричество и молниезащита" для студентов направления 140400.62 "Электроэнергетика и электротехника" / Ю. М. Невретдинов, Г. П. Фастий ; Федер. агентство по рыболовству, ФГБОУ ВПО "Мурман. гос. техн. ун-т" ; ФГБУН Центр физико-техн. проблем энергетики Севера КНЦ РАН. – Мурманск : Изд-во МГТУ, 2015. – 187 с. : ил. – Имеется электрон. аналог 2015 г. – Библиогр.: с. 179-187. Всего: 10
3. Горелов С. В. , Хомутов С. О. , Поляков И. А. , Денчик Ю. М. Автоматизация расчетов режимов перетоков активной мощности в электроэнергетических системах: монография, М., Берлин: Директ-Медиа, 2016 (ЭБС)
4. Демин Ю. В. , Демина Р. Ю. , Горелов В. П. Обеспечение долговечности электросетевых материалов и конструкций в агрессивных средах. Кн. 1. Теоретические основы, М., Берлин: Директ-Медиа, 2016, под редакцией: Горелов В.П., 2-е изд., стер. (ЭБС)
5. Горелов В. П. , Горелов С. В. , Данилов Г. А. , Манчук Г. Р. Применение электрических неоднородных композитов в электросетевых конструкциях: монография. М., Берлин: Директ-Медиа, 2016. .Под редакцией: Горелов В.П., Сальников В.Г. 2-е изд., стер. (ЭБС)
6. Вишнягов М. Г. , Горелов С. В. , Данилов Г. А. , Денчик Ю. М. , Иванова Е. В. Электромагнитные помехи при электроснабжении водного транспорта от береговых электрических подстанций: монография. М., Берлин: Директ-Медиа, 2016. Под редакцией: Горелов В.П., Сальников В.Г.(ЭБС)
7. Розанов Ю.К. Соколова Е.М. Электронные устройства электромеханических систем –М Изд. Центр « Академия» 2004 -272с (ЭБС)
8. Полупроводниковые выпрямители / Под ред. Ф.И.Ковалева, Г. П. Мостковой. — 2-е изд. — М.: Энергоатомиздат, 1978. (ЭБС)
9. Иванов М.Н. Управляемые преобразователи напряжения для систем автоматизированного электропривода: Учеб. пособие. — М.: Изд-во МЭИ, 1984. (ЭБС)
10. С. Рама Редди. Основы силовой электроники –М. Техносфера 2006 -288с.(ЭБС)
11. Воронин П. А. Силовые полупроводниковые ключи: семейства, характеристики, применение. — М.: «ДОДЭКА-XX1», 2001 (ЭБС)
12. Розанов Ю.К Основы силовой электроники. — М.: Энергоатомиздат, 1992 (ЭБС)
13. Дж.Мэрфи. Тиристорное управление двигателями переменного тока. — М.: Энергия, 1979. (ЭБС)

14. Уильяме Б. Силовая электроника: приборы, управление, применение: Справочное пособие: Пер. с англ. — М.: Энергоатомиздат, 1993.
15. Электрические и электронные аппараты: Учебник для вузов / Под ред. Ю.К.Розанова. — 2-е изд. — М.: Информэлектро, 2001.
16. Белов, Н. В. Электротехника и основы электроники : учеб. пособие для вузов / Н. В. Белов, Ю. С. Волков. - Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2012. - 430 с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Библиогр.: с. 425. - ISBN 978-5-8114-1225-9 (12)

Перечень ресурсов информационно - телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

1. . Mirknig/ kom Учебники [http:// mirknig/ kom](http://mirknig/kom)
 2. Электроэнергетический информационный центр: <http://www.elektrocentr.info/>
 3. [http://www. google.ru](http://www.google.ru)
 4. <http://yandex.ru>

 5. <http://www.rambler.ru>
 6. Электронная библиотечная система «Издательство Лань» [http:// e/lanbook.com](http://e/lanbook.com)
 7. Электронная библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» <http://biblioklub.ru>
-
-

СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Введение

Разделы темы: Функции, выполняемые общепромышленным и тяговым приводом, и его обобщенные функциональные схемы. Характеристики электромеханического преобразователя энергии и его математическое описание в двигательном и тормозном режимах. (2. С.П. Голиков гл.1.1)

Методические указания. Необходимо иметь представление о функциональном назначении электрооборудования на судне, о составе и структуре АЭЭС как о едином комплексе, включающем в себя источники, преобразователи, потребители электроэнергии, связанные воедино через распределительные устройства с помощью линий электропередач (ЛЭП). С точки зрения управления - это многофункциональная система, имеющая в своем составе ряд подсистем управления и контроля параметров перечисленных элементов. Конструкция и качество функционирования электрооборудования зависят от условий эксплуатации в море. Правила Регистра судоходства предъявляют определенные требования к судовому электрооборудованию, работающему в условиях вредных климатических и механических нагрузок. Следует знать эти требования и меры защиты электрооборудования от вредных воздействий .

Вопросы для самопроверки

1. Что входит в состав судовой электроэнергетической системы?
2. Что представляет собой электромашинный преобразователь энергии?
3. На какие группы по назначению подразделяются потребители электроэнергии на судах?
4. Каково назначение электрической сети? Какие элементы она в себя включает?
5. На какие группы по назначению подразделяются электрические аппараты?
6. Какие факторы определяют условия работы судового электрооборудования?
7. Какие районы плавания определяет Регистр для морских судов? Какими параметрами они характеризуются?
8. Какие защитные исполнения устанавливает Регистр для судового электрооборудования?
9. Назовите основные конструктивные элементы, обеспечивающие защиту судового электрооборудования от повышенной влаги.

2 Обобщенная электрическая машина как основной компонент электропривода. Электромеханические свойства двигателей постоянного тока, асинхронных, синхронных и шаговых двигателей. Механические устройства. Нагрузка двигателя. Сопряжение двигателя с рабочим механизмом (редукторы, муфты)

Разделы темы. Генераторные агрегаты. Приводы генераторов и их основные характеристики (2. Голиков гл.2.1; 2.3), генераторные установки отбора мощности (1. гл.2 р.6), Судовые синхронные генераторы. аккумуляторы (1.В.С. Богомолов гл.9.2. 1. С.П. Голиков гл.2 р.8) и преобразователи (. В.М. Ремезовский гл.2 р.9) .

Методические указания. Приступая к освоению данной темы, необходимо повторить материал, изучаемый в курсе "Электротехника":

- конструкцию генераторов переменного тока,
- зависимости э.д.с. генератора от величины магнитного потока и частоты вращения ротора,

Основными источниками электроэнергии на судах являются генераторные агрегаты, включающие в себя две машины: приводной двигатель и электромашинный генератор. Необходимо оценить потери энергии в тепловых приводных двигателях и дать сравнительный анализ их эксплуатационных характеристик.

Затем ознакомиться с особенностями исполнения и конструкции основных серий судовых генераторов переменного тока и требованиями к их электротехническим параметрам. Генераторные установки отбора мощности от главных двигателей судна нашли широкое применение на водном транспорте. Необходимо изучить основные принципы отбора мощности, обратив особое внимание на применение валогенераторов переменного тока при переменной скорости вращения гребного вала. Обязательным требованием к любой электроэнергетической установке является наличие в ней аварийного источника электроэнергии и аккумулятора. Аккумуляторы широко применяются как источники резервного и аварийного питания а также в источниках бесперебойного питания. Необходимо ознакомиться с основными процессами в кислотных и щелочных аккумуляторах, их конструкцией, зависимостью основных параметров от различных факторов. Студент должен изучить методы заряда кислотных и щелочных аккумуляторов. Особое внимание следует обратить на требования к размещению аккумуляторов на судне и устройству аккумуляторных помещений. Трансформатор является основным видом преобразователя переменного напряжения. Следует ознакомиться с типами судовых трансформаторов, требованиями Регистра судоходства к трансформаторам. На судах широкое применение нашли статические преобразователи напряжения из переменного в постоянный и наоборот. Такие преобразователи применяют в системах электродвижения судов, в мощных электроприводах, устройствах заряда аккумуляторных батарей. Следует изучить принцип работы неуправляемого и управляемого выпрямителей, иметь представление о структуре и основных характеристиках. Преобразователи постоянного тока в переменный регулируемой частоты (инверторы) находят применение в валогенераторных установках, судовых электроприводах, источниках бесперебойного питания. Следует ознакомиться со способами формирования выходного напряжения инвертора.

Вопросы для самопроверки

1. Перечислите основные конструктивные элементы синхронного генератора. Расскажите о назначении этих элементов.
2. Какие основные отличия в конструкции бесщеточных синхронных генераторов по сравнению с обычными. Покажите на эти отличия на принципиальных схемах самовозбуждения этих генераторов.

3. В чем принципиальное отличие систем вентиляции генераторов по разомкнутому и замкнутому циклу?
4. Какие требования предъявляют к стабильности выходного напряжения синхронных генераторов при изменении нагрузки в пределах номинальной? 5. Какую перегрузку по току и по скорости вращения должны выдерживать синхронные генераторы?
6. Назовите способы отбора мощности от главной энергетической установки судна.
7. Какие принципы сопряжения валогенератора с гребным валом реализуют на судах рыбного флота?
8. Каким образом можно обеспечить стабильную частоту вращения валогенератора?
9. Какие судовые потребители получают питание от аккумуляторов?
10. Какими величинами определяются технические характеристики аккумуляторов?
11. В чем отличие гальванических элементов от аккумуляторов? Где применяются гальванические активируемые элементы?
12. Область применения кислотных аккумуляторов на судах. В чем достоинства кислотных аккумуляторов?
13. Область применения щелочных аккумуляторов. В чем преимущества щелочных аккумуляторов?
14. Чем различаются методы заряда кислотных и щелочных аккумуляторов?
15. Каковы требования Морского Регистра к устройству аккумуляторных помещений.
16. С какой целью применяют трансформаторы на судах?
17. На какие группы подразделяют трансформаторы по назначению?
18. Назовите основные параметры, типы и исполнение судовых трансформаторов.
19. В чем принципиальное отличие судовых статических преобразователей от электромашинных. Покажите на примере преобразования переменного тока в постоянный.
20. Какие элементы входят в структуру статического выпрямителя?
21. Объясните принцип работы выпрямителя на примере трехфазной мостовой схемы.
22. Какими основными параметрами характеризуется выпрямитель?
23. Поясните алгоритм переключения транзисторов инвертора напряжения.
24. Что входит в структуру преобразователя частоты со звеном постоянного тока?

1. С.П. Голиков Судовые автоматизированные электроэнергетические системы. Часть 1 Судовые электрические станции Киев Кондор 2013г 198с

2. В.С. Богомолв Валогенераторные установки судов теория и эксплуатация. Уч. пособие для вузов. Калининград ИПО 2008г

Дополнительная литература

1. Н.Ф. Карнаухов Электромеханические и мехатронные системы Феникс 2006г

2. В.К. Баранников Эксплуатация электрооборудования промысловых судов. Изд-во Моркнига 2009г

3. В.М. Ремезовский Источники питания судовой электронной аппаратуры Мурманск 2016г

Установившиеся режимы работы электропривода. Частотный и спектральный анализ. Учет упругих звеньев и связей. Учет нелинейностей. Построение адекватных моделей с использованием компьютерных технологий.

Разделы темы. Состав судовой электростанции и функциональные задачи обеспечения бесперебойного снабжения электроэнергией (2. В.М. Ремезовский 3.1). Типовая функциональная схема электростанции. Схемы соединения основных и аварийных источников электроэнергии. Питание с берега. (2 В.С. Богомолв 3.1; С.П. Голиков 1 гл.7 р.30, р.6). Методы расчета нагрузки и мощности, выбор числа и мощности генераторных агрегатов (2 С.П. Голиков 3.2; 3.3)

Методические указания. Судовая электростанция должна обеспечить судно необходимым количеством электроэнергии требуемого Правилами Регистра качества. Для обеспечения

бесперебойной и экономичной работы электростанции (в смысле экономии топлива) разработаны типовые функциональные схемы электростанций для судов различного назначения. Следует изучить функции отдельных элементов этих схем и возможности их взаимодействия. Отдельно рассмотреть функциональные возможности аварийной электростанции, требования к ней и её связь с основной, Поскольку электростанции характеризуются числом, номинальной мощностью и типом установленных генераторов, необходимо уметь рассчитать мощность электростанций с целью их выбора. В зависимости от типа и назначения судна применяют разные методы расчета потребной мощности: аналитические, таблиц нагрузок, вероятностные. Следует ознакомиться с основами применения этих расчетных методик. Зная расчетную потребную мощность можно приступить к выбору необходимого количества и мощности генераторов исходя из требований и рекомендаций, которые необходимо изучить и знать проектировщику. (В.С. Богомолов гл.3.3)

Вопросы для самопроверки

1. Что входит в состав электроэнергетической системы? Что входит в состав электростанции?
 2. Какие основные требования предъявляются к судовой электростанции?
 3. Какие элементы входят в типовую схему цепи главного тока судовой электростанции?
 4. С какой целью применяют параллельную работу генераторов на общие шины?
 5. Зачем применяют секционирование сборных шин?
 6. Какое назначение имеют коммутационные аппараты в схеме главного тока электростанции?
 7. Каким образом осуществляется электроснабжение с берега? Поясните порядок операций по подключению шин судовой электростанции к береговому питанию.
 8. Назначение аварийной электростанции. Какие элементы входят в типовую схему аварийной электростанции?
 9. Где размещается аварийная электростанция?
 10. Как осуществляется связь аварийной электростанции с основной?
 11. Почему энергопотребление на судах носит случайный характер?
 12. Что такое потребная мощность в судовой энергосистеме? В чем сущность метода таблиц нагрузок для расчета потребной мощности?
 13. Что такое коэффициент одновременности и коэффициент нагрузки однотипных потребителей?
 14. Как учитывается возможность одновременной работы разнотипных потребителей в расчетном режиме работы судна?
 15. Как определить кажущуюся (полную) потребную мощность для заданного режима работы судна?
 16. На чем основана идея аналитического метода расчета нагрузки судна для ходового и маневрового режима работы судна?
 17. Каково обязательное условие для выбора мощности генераторов судовой электростанции?
 18. Какая должна быть величина коэффициента загрузки генераторов для длительных по времени режимов работы судна?
 19. Каковы требования к числу устанавливаемых генераторов?
 20. Как оценивается экономическая эффективность вариантов комплектации электростанции?
4. Переходные процессы в электроприводах. Линейные и нелинейные системы, передаточные и переходные функции электропривода.

Разделы темы. Стабилизация параметров генераторов. (С.П. Голиков гл.3 р.10-11). Системы автоматического регулирования напряжения. (1 В.С. Богомолов гл.3 р.13; 2 С.П. Голиков гл.4.2). Регуляторы частоты вращения первичных двигателей (гл.3 р.14; 2 Вилесов гл.4.1). Параллельная работа генераторов. (С.П. Голиков гл.4.3;).

Методические указания. Необходимо ознакомиться со скоростными характеристиками дизеля при совместной работе с электромашинным генератором. Следует понять роль регулятора частоты вращения как регулятора мощности, передаваемой дизелем нагрузке, изучить классификацию, структуры и характеристики регуляторов, обратив особое внимание на применение их при одиночной и параллельной работе дизель-генераторов. Необходимо проанализировать связь между регулированием частоты вращения и распределением активной мощности между генераторными агрегатами. Качественные характеристики энергии, отдаваемой первичным двигателем, зависят от динамических свойств регулятора частоты вращения. Динамический характер судовой нагрузки ввиду частых пусков асинхронных двигателей, включения и выключения различных потребителей, а также параллельная работа генераторов привели к необходимости автоматической стабилизации напряжения.

Необходимо ознакомиться с классификацией систем АРН и требованиями Морского Регистра к этим системам.

Поскольку задача распределения нагрузок между параллельно работающими агрегатами является достаточно сложной, рассмотрению ее следует уделить главное внимание. Необходимо изучить влияние статизма внешних характеристик генераторов переменного тока на распределение нагрузок и практические способы обеспечения их равномерного распределения.

Параллельная работа синхронных генераторов отличается от параллельной работы генераторов постоянного тока характером уравнивающих токов, а также тем, что перераспределение нагрузок производится воздействием на обмотки возбуждения генераторов и уставки регуляторов скорости дизелей. Следует ознакомиться с методом автоматического смещения статических скоростных характеристик дизелей, реализованным в устройствах распределения мощностей между параллельно работающими генераторами.

Необходимо знать условия включения на параллельную работу синхронных генераторов при различных способах синхронизации. В последнее время большое распространение получила автоматическая синхронизация. Следует ознакомиться с системами автоматической точной синхронизации, схемами включения устройств регулирования частоты и распределения активной нагрузки.

Вопросы для самопроверки

1. Какие требования предъявляет Морской Регистр к точности поддержания частоты вращения дизельгенераторов?
2. Расскажите о конструкции регулятора прямого действия. Какие законы регулирования можно осуществить с его помощью?
3. Какие законы регулирования можно осуществить с помощью гидравлических регуляторов?
4. В чем отличие двухимпульсного регулятора от обычного регулятора прямого действия?
5. Каким образом можно распределить мощности при параллельной работе дизелей на общую нагрузку?
6. Какие требования предъявляет Морской Регистр к точности поддержания напряжения судовой сети?
7. Как классифицируются системы автоматического регулирования напряжения?
8. В чем заключается принцип компаундирования синхронных генераторов?
9. Изобразите структурную схему регулятора напряжения, работающего по принципу отклонения регулируемой величины.
10. Как осуществляется распределение активной нагрузки между параллельно работающими синхронными генераторами?
11. Как влияют статические скоростные характеристики приводных двигателей на распределение нагрузок между ними?
12. Расскажите о методе ведущего генератора.
13. Расскажите о методе мнимостатических характеристик.

14. Каковы условия включения на параллельную работу генераторов переменного тока?

5. Регулирование координат электропривода. Характеристика систем электроприводов: управляемый преобразователь-двигатель постоянного тока, преобразователь частоты – асинхронный двигатель, преобразователь частоты – синхронный двигатель, системы с шаговыми двигателями, системы с линейными двигателями и сферы их применения
Разделы темы. Системы распределения электроэнергии на судах. (1 С.П. Голиков гл.5.1).
Выбор кабелей. (В.С. Богомоллов гл.7 р.32). Классификация и конструкция распределительных устройств. ГРЩ. (2 В.С. Богомоллов гл.5.3).

Методические указания. Прежде всего следует ознакомиться с принятыми на судах схемами распределения электроэнергии: радиальной, магистральной, смешанной и кольцевой. При изучении систем распределения электроэнергии следует обратить внимание на характеристики систем с точки зрения обеспечения минимального веса судовой кабельной сети, максимальной надежности электроснабжения потребителей и возможности автоматизации управления генерированием и потреблением. Узнать функции и состав первичной и вторичной электрических сетей. Поскольку для электрического соединения элементов электрооборудования применяют специальные проводники, необходимо знать их классификацию, конструкцию и свойства. Марки судовых кабелей и проводов и поле их применения имеются в справочной литературе (4. Справочник судового электротехника / Под ред. Г.И. Китаенко). Для выбора сечения кабеля необходимо производить расчет электрической сети с методикой расчета сети и выбора кабеля ознакомиться в (1 Михайлов гл.7 р.33). Передаваемая по кабелям электроэнергия поступает к потребителям через распределительные устройства. Распределительные устройства классифицируются по роду тока, назначению и исполнению. Необходимо ознакомиться с назначением, приборным обеспечением и сигнализацией генераторных, распределительных и секций управления ГРЩ, правилами Морского Регистра по размещению и доступу к распределительным щитам. Следует знать типы, классы точности и пределы шкал измерительных приборов, устанавливаемых на ГРЩ. Выбор конфигурации шин и расчет их сечения производить по допустимому нагреву и с учетом естественного охлаждения.

Вопросы для самопроверки

1. Какие системы распределения электроэнергии нашли применение на судах?
2. Как подразделяются по назначению распределительные устройства?
3. Какие требования предъявляются к установке и конструкции ГРЩ?
4. Какие основные элементы входят в состав генераторной секции ГРЩ?
5. Укажите типы измерительных приборов, устанавливаемых на ГРЩ?
6. Каким образом должны подключаться к шинам ГРЩ выключатели?
7. Почему в цепях контроля и управления ГРЩ установлены автоматы или предохранители?
8. Как производится выбор шин ГРЩ?
9. Какие типы кабелей и проводов применяют на судах?
10. Как влияет способ прокладки кабеля на допустимую величину тока, проходящего по нему?
11. Как влияет температура окружающей среды на выбор сечения кабеля?
12. Каковы нормы падения напряжения в сетях согласно правил Морского Регистра?

6. Выбор типа и мощности электродвигателя, обоснование структуры, типа и мощности преобразователя. Основные этапы эскизного и рабочего проектирования электропривода
Разделы темы. Классификация судовых электродвигателей. (Н.Ф. Карнаухов гл.6.1). Электродвигатели постоянного тока (В.К. Баранников гл.6.3). Асинхронные двигатели. Характеристики и режимы работы асинхронных двигателей. (Н.Ф. Карнаухов гл.63).
Методические указания. В судовых электроприводах применяют электрические машины постоянного и переменного тока. Необходимо знать особенности конструкции и исполне-

ния судовых машин, способы установки и крепления на судне. Особое внимание обратить на температурные режимы работы узлов электрических машин и требования к изоляции обмоток. Подавляющее число приводов на судах – насосы и вентиляторы и для них применяются машины общего назначения. Следует знать их основные характеристики. Машины динамических режимов отличаются конструкцией и особенностями применения. Особенно это касается двигателей постоянного тока, которые применяются в настоящее время все реже и только для специальных приводов. Поэтому надо знать положительные свойства их электромеханических характеристик и особенности эксплуатации. Асинхронный короткозамкнутый двигатель, наиболее распространенный на судах, имеет очевидные преимущества, вследствие дешевизны, простоты в эксплуатации и надежности. Однако особенности механических характеристик, с которыми необходимо ознакомиться, требуют специальных методов регулирования скорости.

Вопросы для самопроверки

1. Для каких механизмов используются электродвигатели общего назначения и для каких приводов электродвигатели динамических режимов?
2. В каком диапазоне температур должны работать судовые двигатели и какие классы изоляции должны иметь их обмотки?
3. В каком климатическом исполнении выпускаются судовые электродвигатели?
4. Что такое продолжительность включения электродвигателя?
5. Покажите, какие естественные механические характеристики могут иметь двигатели постоянного тока параллельного, смешанного и последовательного возбуждения?
6. Какие способы крепления корпусов электродвигателей вы знаете?
7. Назовите основные узлы асинхронного короткозамкнутого двигателя?
8. Что такое синхронная частота вращения магнитного поля статора и как она зависит от числа пар полюсов асинхронного двигателя?
9. Почему частота вращения асинхронного двигателя меньше частоты вращения магнитного поля статора? Что такое скольжение ротора двигателя и в каких пределах оно может изменяться?
10. Изобразите механическую характеристику асинхронного двигателя. Покажите пределы устойчивой работы двигателя на этой характеристике.
11. Какие способы регулирования скорости асинхронного двигателя вы знаете?
12. Как перевести асинхронный двигатель в режим работы генератора?
13. Как создать тормозной режим работы асинхронного двигателя?

2. 1.Н.Ф. Карнаухов Электромеханические и мехатронные системы Феникс 2006г

3. 2.В.К. Баранников Эксплуатация электрооборудования промысловых судов. Изд-во Моркнига 2009г

4. 3. В.М. Ремезовский Источники питания судовой электронной аппаратуры Мурманск 2016г

7. Основные функции и структуры автоматического управления электроприводом. Типовые, функциональные схемы и типовые системы, осуществляющие автоматический пуск, стабилизацию скорости, реверс и остановку электродвигателей. Синтез систем с контактными и бесконтактными элементами. Принципы выбора элементной базы

Разделы темы. Назначение и классификация аппаратуры управления. Контакторы. Командоконтроллеры (В.К. Баранников гл.6.4; 6.5). Магнитные пускатели. Электромеханические тормоза. (В.К. Баранников гл.2 р. 6.6).

Методические указания. Электрические аппараты, применяемые в системах электропривода, можно разделить на силовые аппараты, применяемые в силовых цепях для непосредственного подвода напряжения к электродвигателям, аппараты в системах управле-

ния, применяемые для управления аппаратами в силовых цепях, и аппараты защиты, сигнализации и др.

Электрические аппараты данного назначения можно разделить на аппараты ручного управления и аппараты дистанционного управления. Аппараты ручного управления включаются непосредственно рукоятками или педалями, а аппараты дистанционного управления — кнопками управления, контактами датчиков и реле, контактами других аппаратов. Первые практически не применяются для управления судовым электроприводом за исключением магнитных контроллеров для управления грузовыми устройствами. В состав магнитного контроллера входит командоконтроллер и контакторы. Контактторы – это управляемые с помощью кнопок электромагниты. Следует ознакомиться с конструкцией контактора и их классификацией. На базе контакторов и кнопок выпускают простые устройства дистанционного пуска, реверса и остановки асинхронных двигателей - магнитные пускатели. Разобраться с принципом его работы следует на принципиальной схеме реверсивного пускателя асинхронного двигателя. Следует пояснить на схеме включение реле защит электродвигателя. Для управления электроприводом по определенной программе применяют командоконтроллеры – аппараты, содержащие коммутирующее устройство, силовые контакторы и реле защит и сигнализации. Следует знать назначение и принцип составления таблицы замыканий контактов контроллера, коммутирующих цепи управления контакторами и реле. В электродвигателях грузоподъемных устройств применяют встроенные электромеханические тормоза, обеспечивающие безопасность персонала и грузов при перерывах в электропитании и неисправностях в системе управления приводом. Следует знать требования к величинам тормозных моментов, конструкцию и методы регулировки тормозов.

Вопросы для самопроверки

1. Какие аппараты относятся к аппаратам ручного управления электродвигателями?
2. Какие аппараты относятся к аппаратам дистанционного управления электродвигателями?
3. Поясните принцип действия контактора. Какие типы контактов имеет контактор, их назначение. Назначение и принцип действия дугогасительного устройства.
4. Из каких элементов состоит магнитный пускатель? Чем отличается реверсивный пускатель от обычного? Какую функцию выполняют тепловые реле?
5. Для управления электродвигателями каких механизмов применяют станции управления?
6. Какие элементы входят в состав станций управления?
7. Какие функции выполняет командоконтроллер? Какие типы командоконтроллеров вы знаете?
8. Каково назначение конечного выключателя?
9. От чего зависит предельная величина тормозного момента электромеханического тормоза?
5. Н.Ф. Карнаухов Электромеханические и мехатронные системы Феникс 2006г
6. В.К. Баранников Эксплуатация электрооборудования промысловых судов. Изд-во Моркнига 2009г
7. В.М. Ремезовский Источники питания судовой электронной аппаратуры Мурманск 2016г

8. Электроприводы в робототехнических комплексах и гибких автоматизированных производствах. Применение микропроцессоров и микроЭВМ для индивидуального и группового управления электроприводами технологических объектов и транспортных средств

.Разделы темы. Типы электроприводов. (гл7 р 7.1). Механика электропривода. Основное уравнение движения. Нагрузочные характеристики. (.Н.Ф. Карнаухов гл7 р 7.2; .Н.Ф. Карнаухов гл. 1 р. 5-1, 5-2))

Методические указания. Судовые электроприводы отличаются разнообразием характеристик, режимами эксплуатации в зависимости от назначения и места установки на судне. В зависимости от типа применяемого в приводе электродвигателя применяются различные способы и системы управления. Следует ознакомиться с существующими и перспективными системами управления в (2 Вилесов стр. 167 табл. 7.2). В настоящее время широкое применение находят электроприводы на основе асинхронного короткозамкнутого электродвигателя с управлением от статического преобразователя частоты инверторного типа. В основе расчета механических характеристик электропривода лежит равенство момента на валу, определяемого нагрузкой (момента сопротивления M_c) и момента, развиваемого электродвигателем. Виды механической характеристики судового механизма $M_c=f(n)$ зависят от его типа и рассмотрены в (.Н.Ф. Карнаухов стр.171-172).

Вопросы для самопроверки

1. Дайте определение и математическое выражение динамического момента на валу электродвигателя в основном уравнении движения привода.
2. Как изменяется знак динамического момента при разгоне и остановке электропривода?
3. Что такое маховый момент электропривода ?
4. Изобразите механическую характеристику грузовой лебедки.
5. Изобразите механическую характеристику гребного винта.
6. По каким признакам отличаются электроприводы палубных механизмов от электроприводов механизмов, обеспечивающих работу главной силовой установки?

9. Общие вопросы теории замкнутых систем автоматического управления электроприводом (САУ) при заданном рабочем механизме.

Разделы темы: Функции электропривода, способы обеспечения надежности рулевого устройства. Требования Регистра к мощности и перегрузочной способности электродвигателя. Механические характеристики простого и балансирного рулей. Нагрузочные характеристики привода секторного типа. (2 Вилесов гл.7.6).

Методические указания. Электропривод рулевого устройства должен быть особо надежным механизмом. Необходимо знать требования Морского Регистра РФ к составу рулевого привода, защите и нагрузочной временной диаграмме. Исходя из требований по времени перекадки руля и известному передаточному числу рулевого механизма, например, секторного типа, определяется скорость электродвигателя. Если известна механическая характеристика руля и время перекадки пера руля, можно определить эквивалентный момент двигателя.

Вопросы для самопроверки

1. Каковы требования Регистра к времени перекадки пера руля с борта на борт?
2. Изобразите механические характеристики простого и балансирного руля.
3. Почему механическая передача от вала электродвигателя к балеру руля должна быть самотормозящейся?
4. Какие параметры руля необходимо определить для выбора его электродвигателя?

10 Методы анализа и синтеза замкнутых, линейных и нелинейных, непрерывных и дискретных САУ. Применение методов вариационного исчисления и пакетов прикладных программ для ПЭВМ.

Разделы темы: Требования Регистра к параметрам выбора якорной цепи и швартовных тросов. Нагрузочная диаграмма электропривода брашпиля. Условия выбора электродвигателя.

Методические указания. Электроприводы брашпиля и шпиля относятся к особо ответственным механизмам судна. Электропривод брашпиля имеет достаточно сложную нагрузочную диаграмму, состоящую из нескольких стадий, характеризующихся разными мо-

ментами на валу и скоростями выбирания якоря. Исходя из требований Регистра к постоянству тягового усилия выборки цепи и времени выбирания определяется номинальный момент электродвигателя и производится его проверка на нагрев. Для электроприводов палубных механизмов необходимы многоскоростные двигатели.

11. Адаптивные системы автоматического управления и принципы их управления. Алгоритмы адаптации в электроприводах

Разделы темы. Типы электроприводов. (гл7 р 7.1). Механика электропривода. Основное уравнение движения. Нагрузочные характеристики. (.Н.Ф. Карнаухов гл7 р 7.2; .Н.Ф. Карнаухов гл. 1 р. 5-1, 5-2))

Методические указания. Судовые электроприводы отличаются разнообразием характеристик, режимами эксплуатации в зависимости от назначения и места установки на судне. В зависимости от типа применяемого в приводе электродвигателя применяются различные способы и системы управления. Следует ознакомиться с существующими и перспективными системами управления в (2 Вилесов стр. 167 табл. 7.2). В настоящее время широкое применение находят электроприводы на основе асинхронного короткозамкнутого электродвигателя с управлением от статического преобразователя частоты инверторного типа. В основе расчета механических характеристик электропривода лежит равенство момента на валу, определяемого нагрузкой (момента сопротивления M_c) и момента, развиваемого электродвигателем. Виды механической характеристики судового механизма $M_c=f(n)$ зависят от его типа и рассмотрены в (.Н.Ф. Карнаухов стр.171-172).

Вопросы для самопроверки

1. Дайте определение и математическое выражение динамического момента на валу электродвигателя в основном уравнении движения привода.
2. Как изменяется знак динамического момента при разгоне и остановке электропривода?
3. Что такое маховый момент электропривода ?
4. Изобразите механическую характеристику грузовой лебедки.
5. Изобразите механическую характеристику гребного винта.
6. По каким признакам отличаются электроприводы палубных механизмов от электроприводов механизмов, обеспечивающих работу главной силовой установки?