

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕ-
ЖДЕНИЕ 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

«Ремонт и монтаж судового электрооборудования и средств автоматики»

по специальности
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» 23.10.2024 г., протокол № 2

Составитель рабочей программы

Доцент кафедры ЭУЭС

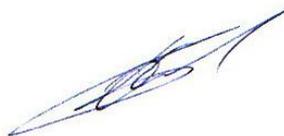


Толстова Л.А..

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

Заведующий кафедрой «ЭУЭС»

«23» октября 2024 г..



Белов О.А.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Современное судно представляет собой сложный комплекс различных технических средств и систем, от надежной работы которых в полной мере зависят эффективность и безопасность использования судна. Однако уровень технической эксплуатации новых систем еще не достаточно высок. Поэтому важное значение имеет подготовка квалифицированных электромехаников, способных рационально решать вопросы обслуживания судового оборудования.

Целью преподавания дисциплины «**Ремонт и монтаж судового электрооборудования и средств автоматики**» является изучение правил монтажа и технологии ремонта судового электрооборудования и средств автоматики.

Задачи изучения дисциплины заключаются в приобретении студентами теоретических знаний и практических навыков, необходимых для грамотной эксплуатации судового электрооборудования.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по направлению подготовки (специальности) 13.03.02 «Энергетика и электротехника» (квалификация (степень) «бакалавриат»), выпускник должен обладать следующими профессиональными компетенциями (ПК):

1. **ПК-3.** Способен осуществлять ремонт электрооборудования, электротехнических средств автоматики, навигации и связи судна.
2. **ПК-5.** Способен осуществлять ремонт электрооборудования, электротехнических средств автоматики, навигации и связи судна.

Планируемые результаты обучения при изучении дисциплины, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы, представлены в таблице.

Таблица - Планируемые результаты обучения при изучении дисциплины, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы:

	Способен планировать и вести деятельность по техническому обслуживанию и ремонту электрооборудования	ИД-1пк-3. Демонстрирует навыки безопасного технического использования систем автоматики и управления главной двигательной установкой и вспомогательными механизмами ИД-2пк-3 Понимает	Знать: - характеристики и ограничения материалов, используемых при изготовлении систем автоматики и управления главной двигательной установкой и вспомогательными механизмами; - характеристики и ограничения процессов, используемых для	3 (ПК-3)1 3 (ПК-3)2
--	--	--	--	--

ПК-3		<p>организацию технического обслуживания, диагностирования и ремонта систем автоматики и управления главной двигательной установкой и вспомогательными механизмами</p> <p>ИД-3_{ПК-3} Обладает необходимыми знаниями для проведения диагностики систем автоматики и управления главной двигательной установкой и вспомогательными механизмами</p>	<p>изготовления и ремонта систем автоматики и управления главной двигательной установкой и вспомогательными механизмами;</p> <p>- свойства и параметры, учитываемые при изготовлении и ремонте систем автоматики и управления главной двигательной установкой и вспомогательными механизмами;</p> <p>- методы выполнения безопасных аварийных и временных ремонтов.</p>	<p>3 (ПК-3)3</p> <p>3 (ПК-3)4</p>
		<p>Уметь:</p> <p>- выполнять основные операции по восстановлению электрических соединений и электрической изоляции;</p> <p>- выполнять основные операции по механической обработке металлов;</p> <p>- выполнять требования по организации рабочего места и безопасному выполнению ремонтных работ;</p>	<p>У(ПК-3)1</p> <p>У (ПК-3)2</p> <p>У (ПК-3)3</p>	
		<p>Владеть:</p> <p>- навыками целеполагания;</p> <p>- методами анализа проблем навыками организации процесса разработки, принятия и реализации управленческих решений.</p>	<p>В(ПК-3)1</p> <p>В (ПК-3)2</p>	
		<p>ИД-1_{ПК-5}. Знает системы электрооборудования, электротехнических средств автоматики, навигации и связи судна</p>	<p>Знать:</p> <p>– устройство, принцип действия и техникоэксплуатационные характеристики отдельных элементов и систем в целом;</p>	<p>3(ПК-5)1</p>

ПК-5	Способен организовывать работу подчиненного персонала	ИД-2 _{ПК-5} . Знает системы автоматического управления вспомогательных котлов	– организацию технической эксплуатации, технического обслуживания и ремонта судового электрооборудования и систем автоматики; – основы безопасной эксплуатации и требования Регистра, предъявляемые к судовому электрооборудованию и средств автоматики.	З(ПК-5)2
		ИД-3 _{ПК-5} . Знает системы автоматического регулирования напряжения и частоты судовой электростанции, параллельной работы и распределения <u>активных и реактивных нагрузок</u>		З(ПК-5)3
		ИД-4 _{ПК-5} . Знает систему автоматики и обслуживания механизмов гребной электрической установки и электростанций, действие и величина установок защит основного оборудования, особенности стояночных, пусковых и рабочих режимов резервного и аварийного оборудования, правила перевода питания потребителей с судовых источников электроэнергии на береговые и наоборот	Уметь: – выбирать состав действующих технических средств в зависимости от производственной необходимости и режима работы судна; – оценивать режим работы и техническое состояние работающих элементов электрооборудования и систем автоматики по контрольным параметрам и косвенным характеристикам их работы; – осуществлять поиск и устранение неисправностей, организовывать техническое обслуживание и ремонт судового электрооборудования и систем автоматики	У(ПК-5)1
		ИД-5 _{ПК-5} . Знает системы автоматического управления рулевым комплексом	– осуществлять поиск и устранение неисправностей, организовывать техническое обслуживание и ремонт судового электрооборудования и систем автоматики	У(ПК-5)2
		ИД-6 _{ПК-5} . Знает системы управления грузовыми операциями, палубными механизмами и грузоподъемными механизмами	– производить необходимые расчёты при проведении ремонтных работ	У(ПК-5)3
ИД-7 _{ПК-5} . Умеет устранять дефекты и отказы в работе электрооборудования	Владеть: – навыками эксплуатации судового электрооборудования и систем автоматики; – навыками построения и чтения электрических схем; – использования технической документации и ведения судовой эксплуатационной документации. – навыками настройки, проверки и диагностики неисправностей электрических аппаратов – навыками ремонта судового электрооборудования и средств автоматики	У(ПК-5)4		
ИД-8 _{ПК-5} . Умеет выполнять ремонт судового высоковольтного электрооборудования		В(ПК-5)1		
ИД-9 _{ПК-5} . Владеет навыками проведения планового и текущего ремонта электрооборудования, электротехнических средств автоматики, навигации и связи судна		В(ПК-5)2 В(ПК-5)3 В(ПК-5)4 В(ПК-5)5		

3. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина «Ремонт и монтаж судового электрооборудования и средств автоматики» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений в структуре основной профессиональной образовательной программы.

Связь с предшествующими и последующими дисциплинами

Изучение дисциплины «Ремонт и монтаж судового электрооборудования и средств автоматики» базируется на знании следующих дисциплин: «Судовые электрические машины», «Автоматизированный электропривод», «Судовые автоматизированные электроэнергетические системы», «Судовая электроника и силовая преобразовательная техника»,

«Элементы и функциональные устройства автоматики», а также прохождении учебной и производственной практики, дающих представление об организации службы на судах.

Теоретические знания, полученные при изучении дисциплины являются базовыми знаниями при эксплуатации судового электрооборудования на судах.

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Тематический план дисциплины

Заочная форма обучения

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
1. ОРГАНИЗАЦИЯ РЕМОНТНОГО ПРОИЗВОДСТВА	10	1	1			9	Опрос	
2. ДИАГНОСТИКА НЕИСПРАВНОСТЕЙ СУДОВОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ	10	1	1			9	Опрос	
3. ДЕФЕКТАЦИЯ СУДОВОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ	10	1	1			9	Составление алгоритмов	
4. АЛГОРИТМЫ РЕМОНТА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН	10	1		1		9	Проверка алгоритмов	
5. ХАРАКТЕРНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ МАШИН ПЕРЕМЕННОГО ТОКА И СПОСОБЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ	13	3	1	2		10	Проверка деревьев неисправностей	
6. ХАРАКТЕРНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ МАШИН ПОСТОЯННОГО ТОКА И СПОСОБЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ	13	3	1	2		10	Проверка деревьев неисправностей	
7. ЭКСПЛУАТАЦИЯ И МОНТАЖ СУДОВЫХ СЕТЕЙ И КАБЕЛЕЙ	11	2	1	1		9	Проверка рефератов	
8. МОНТАЖ СУДОВОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ	12	3	1	2		8	Проверка алгоритмов	
9. ТРЕБОВАНИЯ ПО КОНСЕРВАЦИИ И РАСКОНСЕРВЦИИ СУДОВОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ	12	3	1	2		8	Конспект	
экзамен	9							
Всего	108	18	8	10		81		9

4.2 Содержания дисциплины по темам

1. ОРГАНИЗАЦИЯ РЕМОНТНОГО ПРОИЗВОДСТВА.

Лекция 1. Организация ремонтного производства.

Определение ремонтпригодности электрооборудования. Основные показатели надежности.

Упрощенный алгоритм по определению ремонтпригодности электрооборудования
Практическое занятие 1. «Исследование методов проверки монтажа и ремонта электропривода. Методика проверки асинхронного двигателя после ремонта»

Вопросы для самоконтроля:

1. Понятие ремонтпригодность
2. Перечислить требования безопасности при монтаже низковольтного оборудования
3. Перечислить требования при ремонте осветительного оборудования

Литература: [1]; [4]; [5]

2. ДИАГНОСТИКА НЕИСПРАВНОСТЕЙ СУДОВОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Лекция 2. Задачи технической диагностики.

Задачи технической диагностики. Системы технического диагностирования: структурные схемы и описание.

Лекция 3. Показатели системы диагностирования. Параметры и признаки технического состояния объекта

Практическое занятие 2 «Исследование методов проверки монтажа и ремонта электропривода.

Проверка правильности включения обмоток асинхронного двигателя».

Вопросы для самоконтроля:

1. Система технического диагностирования.
2. Самые распространенные неисправности судового электрооборудования при эксплуатации
3. Показатели системы диагностирования.
4. Параметры и признаки технического состояния объекта

Литература: [1]; [2]; [4]; [5].

3. ДЕФЕКТАЦИЯ СУДОВОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Лекция 4 Дефектация электрооборудования.

Особенности дефектации. Этапы дефектации судового электрооборудования.

Лекция 5. Подготовка электрооборудования к капитальному ремонту.

Практическое занятие 3 «Испытание электрических машин»

Вопросы для самоконтроля:

1. Понятие дефектации.
2. Этапы дефектации
3. Эксплуатация и техническое обслуживание подшипников качения.
4. Виды испытания электрических машин.

Литература: [1]; [4]; [5].

4. АЛГОРИТМЫ РЕМОНТА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Лекция 6. Алгоритмы ремонта электрических машин.

Объемы работ и алгоритмы при текущем, среднем

Лекция 7. Объемы работ и алгоритмы при капитальном ремонте

Практическое занятие 4. Алгоритмы ремонта электрических машин. Сборка и разборка электрических машин.

Практическое занятие 5. Алгоритмы ремонта электрических машин. Ремонт и техническое обслуживание коллекторов, токосъемных устройств, подшипников качения

Вопросы для самоконтроля:

1. Объем работ при текущем, капитальном и среднем ремонте.
2. Алгоритмы проведения ремонтных работ.

Литература [1]; [2]; [4]; [5].

5. ХАРАКТЕРНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ МАШИН ПЕРЕМЕННОГО ТОКА И СПОСЫ

ИХ УСТРАНЕНИЯ

Лекция 8. Характерные неисправности машин переменного тока и способы их устранения.

Лекция 9. Характерные неисправности синхронных генераторов.

Лекция 10. Характерные неисправности асинхронных двигателей.

Практическое занятие 6. «Характерные неисправности машин переменного тока».

Практическое занятие 7 «Характерные неисправности синхронных генераторов и способы их устранения. Построение дерева неисправностей».

Практическое занятие 8. «Характерные неисправности асинхронных двигателей и способы их устранения. Построение дерева неисправностей».

Вопросы для самоконтроля:

1. Характерные неисправности синхронных генераторов.
2. Характерные неисправности асинхронных двигателей.

Литература: [1]; [2]; [4]; [5].

6. ХАРАКТЕРНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ МАШИН ПОСТОЯННОГО ТОКА И СПОСОБЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ

Лекция 11. Характерные неисправности машин постоянного тока и способы их устранения.

Лекция 12. Характерные неисправности генераторов постоянного тока.

Лекция 13. Характерные неисправности двигателей постоянного тока.

Практическое занятие 9. «Общие неисправности машин постоянного тока и способы их устранения. Построение дерева неисправностей».

Практическое занятие 10. «Характерные неисправности генераторов постоянного тока. Построение дерева неисправностей».

Практическое занятие 11. «Характерные неисправности двигателей постоянного тока. Построение дерева неисправностей».

Вопросы для самоконтроля:

1. Характерные неисправности генераторов постоянного тока.
2. Характерные неисправности двигателей постоянного тока.

Литература: [1]; [2].

7. ЭКСПЛУАТАЦИЯ И МОНТАЖ СУДОВЫХ СЕТЕЙ И КАБЕЛЕЙ

Лекция 14. Эксплуатация и монтаж судовых сетей и кабелей.

Лекция 15. Техническое обслуживание судовых сетей и кабелей.

Практическое занятие 12. «Диагностирование судовых сетей и кабелей».

Вопросы для самоконтроля:

1. Типы и маркировка кабеля.
2. Особенности прокладки кабеля.

Литература: [1]; [3]; [4]; [5].

8. РЕМОНТ И МОНТАЖ СУДОВОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Лекция 16. Монтаж судового электрооборудования.

Лекция 17. Ремонт судового электрооборудования.

Вопросы для самоконтроля:

1. Ремонт и монтаж судовых трансформаторов.

Литература: [1]; [2]; [3]; [4]; [5].

9. ТРЕБОВАНИЯ ПО КОНСЕРВАЦИИ И РАСКОНСЕРВЦИИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Лекция 18. Требования по консервации и расконсервации электрооборудования.

Вопросы для самоконтроля:

1. Что такое консервация.

2. Особенности консервации и расконсервации судового электрооборудования.
3. Техника безопасности при ремонте и монтаже СЭО и СА.

Литература: [2]; [3]; [4]; [5].

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

5.1 Внеаудиторная самостоятельная работа курсантов / студентов

Самостоятельная работа студентов (СРС) по дисциплине «Ремонт и монтаж судового электрооборудования и средств автоматики» является важной составляющей частью подготовки и выполняется в соответствии с требованиями к освоению основной образовательной программы подготовки ФГОС ВО.

Самостоятельная работа предназначена для развития навыков самостоятельного поиска необходимой информации по заданным вопросам или поставленной проблеме (теме).

В целом внеаудиторная самостоятельная работа студента при изучении дисциплины включает в себя следующие виды работ:

- проработка (изучение) материалов лекций;
- чтение и проработка рекомендованной основной и дополнительной литературы;
- подготовка к практическим занятиям;
- поиск и проработка материалов из Интернет-ресурсов, периодической печати;
- подготовка презентаций для иллюстрации материалов на заданную тему;
- подготовка к текущему и итоговому (промежуточная аттестация) контролю знаний по дисциплине (экзамен).

Основная доля самостоятельной работы студентов приходится на проработку рекомендованной литературы с целью освоения теоретического курса, подготовку к практическим занятиям, тематика которых полностью охватывает содержание дисциплины.

Для проведения практических и лабораторных занятий, для самостоятельной работы используется

Труднев С.Ю. Ремонт и монтаж судового электрооборудования и средств автоматики: конспект лекций к изучению дисциплины для студентов очной и заочной форм обучения;

Толстова Л.А. Ремонт и монтаж судового электрооборудования и средств автоматики: практикум к изучению дисциплины для студентов очной и заочной форм обучения.

Студентам заочной формы обучения необходимо параллельно с изучением теории вы-полнить контрольную работу. Во время экзаменационно-лабораторной сессии защитить контрольную работу и сдать экзамен по дисциплине.

Рекомендации к выполнению самостоятельной и контрольной работам содержатся в методических указаниях Толстова Л.А. «РиМ СЭО и СА» - методические указания к самостоятельной и контрольной работам по дисциплине для студентов за-очной формы обучения.

Вопросы вынесенные на самостоятельную проработку

1. Алгоритмы проведения ремонтных работ.

Литература [1]; [2]; [4]; [5].

2. Типы и маркировка кабеля.
3. Особенности прокладки кабеля.

Литература: [1]; [3]; [4]; [5].

4. Ремонт и монтаж судовых трансформаторов.

Литература: [1]; [2]; [3]; [4]; [5].

5. Что такое консервация.

6. Особенности консервации и расконсервации судового электрооборудования.

7. Техника безопасности при ремонте и монтаже СЭО и СА.

Литература: [2]; [3]; [4]; [5].

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.

Критерии оценивания качества устного ответа на экзамене

Оценка «5» (отлично) выставляется, если обучающийся показывает всесторонние и глубокие знания программного материала, знание основной и дополнительной литературы; последовательно и четко отвечает на вопросы билета и дополнительные вопросы; уверенно ориентируется в проблемных ситуациях; демонстрирует способность применять теоретические знания для анализа практических ситуаций, делать правильные выводы, проявляет творческие способности в понимании, изложении и использовании программного материала; подтверждает полное освоение компетенций, предусмотренных программой.

Оценка «4» (хорошо) выставляется, если обучающийся показывает полное знание программного материала, основной и дополнительной литературы; дает полные ответы на теоретические вопросы, допуская некоторые неточности; правильно применяет теоретические положения к оценке практических ситуаций; демонстрирует хороший уровень освоения материала и в целом подтверждает освоение компетенций, предусмотренных программой.

Оценка «3» (удовлетворительно) выставляется, если обучающийся показывает знание основного материала в объеме, необходимом для предстоящей профессиональной деятельности; при ответе на вопросы не допускает грубых ошибок, но испытывает затруднения в последовательности их изложения; не в полной мере демонстрирует способность применять теоретические знания для анализа практических ситуаций, подтверждает освоение компетенций, предусмотренных программой на минимально допустимом уровне.

Оценка «2» (неудовлетворительно) выставляется, если обучающийся имеет существенные пробелы в знаниях основного учебного материала по разделу; не способен аргументировано и последовательно его излагать, допускает грубые ошибки в ответах, неправильно отвечает на задаваемые преподавателем вопросы или затрудняется с ответом; не подтверждает освоение компетенций, предусмотренных программой.

Вопросы для подготовки к промежуточной аттестации (экзамен)

1. Организация ремонтных работ СЭО и СА.
2. Организация электромонтажных работ на судах.
3. Подготовка СЭО и СА к ремонту. Типовой процесс ремонта СЭО.
4. Монтаж и демонтаж судовых электромеханизмов.
5. Техническая диагностика СЭО перед ремонтом.
6. Виды ремонта СЭО и СА. Технология ремонта электрических машин.
7. Сборка и разборка судовых электрических машин.
8. Чистка и сушка судовых электрических машин.
9. Ремонт судовых электрических машин.
10. Наладка и испытание судовых электрических машин.
11. Определение «начал» и «концов» электрических обмоток судовых электрических машин.
12. Ремонт подшипников и валов судовых электрических машин.
13. Диагностика и ремонт токосъёмного аппарата СЭМ.
14. Монтаж кабельных сетей.
15. Монтаж распределительных устройств.
16. Монтаж судового осветительного электрооборудования.
17. Ремонт электрических аппаратов и распределительных устройств.
18. Характерные неисправности пускорегулирующей, коммутационной и защитной аппаратуры и способы их устранения.
19. Диагностика и ремонт элементов судовой автоматики.
20. Наладка и испытание судовой электрической аппаратуры.
21. Наладка судовой автоматики.
22. Техника безопасности при проведении монтажных, ремонтных и наладочных работ.

7. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

7.1 Основная литература

1. Основы технической эксплуатации судового электрооборудования и автоматики: учебное пособие / под ред. Кузнецова С.Е. – СПб.: Судостроение, 1995. – 448 с. (411экз)
2. Кузнецов С.Е. Автоматизированные системы управления техническим обслуживанием и ремонтом судовых технических средств: учеб. пособие / С.Е. Кузнецов, Е.Л. Каулин, Д.В. Исаков. Учебное пособие. – СПб.: 2006. – 148 с. (22 экз)

7.2 Дополнительная литература

3. Технология судовых электромонтажных работ. Учебник.— Изд. 3-с, прераб. К. Е. Акулов, Б. Д. Гандин, Ю. П. Шакурин, Г. С. Яковлев.— Л.: Судостроение, 2012. 208 с. (1экз)

7.3 Методическое обеспечение:

4. Труднев С.Ю. Ремонт и монтаж судового электрооборудования и средств автоматики: конспект лекций к изучению дисциплины для студентов очной и заочной форм обучения / С.Ю. Труднев. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2019. – 97 с.
5. Труднев С.Ю. Ремонт и монтаж судового электрооборудования и средств автоматики: лабораторный практикум к изучению дисциплины для студентов очной и заочной форм обучения / С.Ю. Труднев. – Петропавловск-Камчат-ский: КамчатГТУ, 2019. – 34 с.

8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО- ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ»

1. Электронно-библиотечная система «eLibrary»: [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.elibrary.ru>

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 и 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 литературы. 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 интересующие или затруднительные вопросы, высказывать и аргументировать свое мнение.

Рекомендации по организации самостоятельной работы. Самостоятельная работа включает изучение учебной литературы, поиск информации в сети Интернет, подготовку к практическим занятиям, экзамену, выполнение самостоятельных практических заданий (рефератов, расчетно-графических заданий/работ, оформление отчетов по лабораторным работам и практическим заданиям, решение задач, изучение теоретического материала, вынесенного на самостоятельное изучение, изучение отдельных функций прикладного программного обеспечения и т.д.).

Необходимым условием успешного освоения дисциплины является прочное знание

принципов описания и анализа динамических звеньев, заложенных при изучении дисциплин «Математический анализ», «Теоретические основы электротехники» и «Теория автоматического управления». Поэтому обучающийся должен при наличии пробелов в предыдущем образовании обратить первоочередное внимание на указанные разделы. Большое значение имеет навык чтения схем электронных устройств, поскольку современные функциональные устройства судовой автоматики выполнены на микроэлектронной элементной базе. Однако понимания принципов работы электронных схем невозможно достичь только изучением теоретического материала. Представления об изучаемых устройствах должны быть закреплены в процессе выполнения лабораторных работ. Настоятельно рекомендуется получить у преподавателя в личное пользование электронную версию методических указаний по выполнению лабораторных работ и перед выполнением каждой работы подготовиться по теоретическим вопросам. При выполнении лабораторных работ следует осознавать, что моделирование функциональных устройств всегда оставляет некоторую свободу в выборе способа реализации функций устройства. Поэтому следует не копировать «слепо» готовые решения, а наоборот, пытаться найти способ построения адекватной модели самостоятельно.

Все рекомендации по выполнению практических работ содержатся в методических указаниях [РП, 7 п.5].

10. КУРСОВОЙ ПРОЕКТ (РАБОТА)

Выполнение курсового проекта (работы) не предусмотрено учебным планом.

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

1. электронные образовательные ресурсы, представленные в п. 7 и 8 данной рабочей программы;
2. использование слайд-презентаций;

11.2. Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса

При освоении дисциплины используется лицензионное программное обеспечение:

1. текстовый редактор MicrosoftWord;
2. электронные таблицы MicrosoftExcel;
3. презентационный редактор MicrosoftPowerPoint.

11.3 Перечень информационно-справочных систем

- Сайт об электромеханике электротехнике электронике elektromehanika.org

12. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1. для проведения занятий лекционного типа, практических и лабораторных занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежу-

точной аттестации, самостоятельной работы учебная аудитория № 3-403 с комплектом учебной мебели на 32 посадочных места;

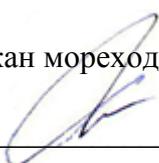
2. доска аудиторная;
3. комплект лекций в MicrosoftWord по темам курса «РиМ СЭО и СА»;
4. мультимедийное оборудование (ноутбук, проектор);
5. плакаты;
6. обучающие программные пакеты;
7. практикум по дисциплине;
8. компьютеры;
9. плакаты;
10. схемы.

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

Факультет МОРЕХОДНЫЙ

Кафедра «ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ И ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ СУДОВ»

УТВЕРЖДАЮ
Декан мореходного факультета



С.Ю. Труднев

«23» октября 2024 г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДИСЦИПЛИНЫ
«Ремонт и монтаж судового электрооборудования и средств автоматики»

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

профиль: «Электрооборудование и автоматика судов»
квалификация: бакалавр

Петропавловск-Камчатский
2024

Фонд оценочных средств дисциплины составлен 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» 23.10.2024 г., протокол № 2.

Составитель фонда оценочных средств
К.т.н., доцент кафедры «ЭУЭС»



(подпись)

Рак А.Н.
(ФИО.)

Фонд оценочных средств рассмотрен на заседании кафедры «Энергетические установки и электрооборудование судов»

«17» октября 2024 г, протокол № 4

Заведующий кафедрой «Энергетические установки и электрооборудование судов»

«23» октября 2024 г.



Белов О.А.

АКТУАЛЬНО НА

2025 / 2026 учебный год



(подпись)

Белов О.А.
(ФИО. зав.кафедрой)

2026 / 2027 учебный год

(подпись)

(ФИО. зав.кафедрой)

2027 / 2028 учебный год

(подпись)

(ФИО. зав.кафедрой)

2028 / 2029 учебный год

(подпись)

(ФИО. зав.кафедрой)

2029 / 2030 учебный год

(подпись)

(ФИО. зав.кафедрой)

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации студентов по дисциплине «**Ремонт и монтаж судового электрооборудования и средств автоматики**» представлен в приложении к рабочей программе дисциплины и включает в себя:

1. паспорт фонда оценочных средств по дисциплине;
2. перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы;
3. описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание их шкал оценивания;
4. методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков, характеризующих этапы формирования компетенций.

После освоения теоретического материала и выполнения практических работ студент **должен:**

Знать: современные методы диагностики и ремонта судового электрооборудования и систем автоматического управления;

Уметь: проводить сбор и анализ данных о режимах работы судового электрооборудования; осуществлять техническое наблюдение за безопасной эксплуатацией судового электрооборудования и средств автоматики, проведения экспертиз, сертификации судового электрооборудования и средств автоматики и услуг;

Обладать: способностью к переоценке накопленного опыта, анализу своих возможностей, самообразованию и постоянному совершенствованию в профессиональной, интеллектуальной, культурной и нравственной деятельности; способностью использовать, обобщать и анализировать информацию, ставить цели и находить пути их достижения, самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения, стремиться к саморазвитию; способностью использовать и генерировать новые идеи, выявлять проблемы, связанные с реализацией профессиональных функций, формулировать задачи и намечать пути их решения; способностью и готовностью к самостоятельному обучению в новых условиях производственной деятельности; способностью применять базовые знания фундаментальных и профессиональных дисциплин, проводить технико-экономический анализ, обосновывать принимаемые решения по использованию судового электрооборудования и средств автоматики, решать на их основе практические задачи профессиональной деятельности.

1 Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине «Ремонт и монтаж судового электрооборудования и средств автоматики»

№	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1	Организация ремонтных работ СЭО и СА.	ПК-3, ПК-5	Контроль СРС, защита практических работ
2	Подготовка СЭО и СА к ремонту. Монтаж и демонтаж судовых электрических машин.		
3	Диагностика и ремонт судового электрооборудования и средств автоматики.		

2 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Наименование контролируемой компетенции	Наименование дисциплины формирующей компетенцию	Этапы формирования компетенции (курсы)				
				1	2	3	4	5
1	ПК-3	Способен планировать и вести деятельность по техниче-	Судовые электрические машины			3		
			Судовые электроприводы				4	

		скому обслуживанию и ремонту электрооборудования	Теория автоматического управления			3		
			Техническая эксплуатация судна					5
			Ремонт и монтаж СЭиСА					5
			Производственная практика			3	4	
2	ПК-5	Способен организовывать работу подчиненного персонала	Системы управления Э и ТП					5
			Техническая эксплуатация судна					5
			Ремонт и монтаж СЭиСА					5
			Производственная практика			3	4	
			Итоговая государственная аттестация					5

3 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание их шкал оценивания

Контроль поэтапного формирования результатов освоения дисциплины для студентов заочной формы обучения осуществляется в рамках текущего контроля и промежуточной аттестации в ходе выполнения заданий на практических занятиях, выполнении заданий, вынесенных на самостоятельную работу (СР).

Критерии выставления оценок за практическую работу

Оценка «отлично» выставляется, если студент показал глубокие знания и понимание программного материала по теме практической работы, умело увязывает лекционный материал с практикой, грамотно и логично строит ответ на контрольные вопросы.

Оценка «хорошо» выставляется, если студент твердо знает программный материал по теме практической работы, грамотно его излагает, не допускает существенных неточностей в ответе на контрольные вопросы. Правильно применяет полученные знания при решении практических вопросов.

Оценка «удовлетворительно» выставляется, если студент имеет знания только основного материала по поставленным контрольным вопросам, но не усвоил его деталей, для принятия правильного решения требует наводящих вопросов, допускает отдельные неточности или недостаточно четко излагает учебный материал по теме практической работы.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется, если студент допускает грубые ошибки в ответе на контрольные вопросы, не может применять полученные знания на практике.

Критерии выставления оценок за самостоятельную работу

Оценка «отлично» выставляется, если студент показал глубину проработки темы самостоятельной работы, умело привязывает материал к области практического применения и показал высокий уровень освоения изложенного материала.

Оценка «хорошо» выставляется, если студент показал глубину проработки темы самостоятельной работы, умело привязывает материал к области практического применения, показал достаточно высокий уровень освоения изложенного материала, однако при оформлении конспекта допускает немногочисленные ошибки в схемах радиотехнических цепей и при выводах основных выражений.

Оценка **«удовлетворительно»** выставляется, если студент показал глубину проработки темы самостоятельной работы, показал удовлетворительный уровень освоения изложенного материала, однако не увязывает изложенный материал с областью практического применения, при оформлении конспекта допускает грубые ошибки в схемах радиотехнических цепей и при выводах основных выражений.

Оценка **«неудовлетворительно»** выставляется, если студент провел поверхностное изучение темы самостоятельной работы, показал неудовлетворительный уровень освоения изложенного материала, не увязывает изложенный материал с областью практического применения, при оформлении конспекта допускает грубые ошибки в схемах радиотехнических цепей и при выводах основных выражений.

Критерии оценки знаний, умений и навыков на промежуточной аттестации

Оценка студенту на зачете может быть выставлена по текущим оценкам приобретенных практических навыков в ходе прохождения практики и при наличии конспекта вопросов, отданных на самостоятельное изучение **при условии отсутствия пропусков занятий без уважительной причины.**

При несоблюдении данных условий студент дополнительно проходит собеседование по теоретическим вопросам. В случае несогласия студента с выставляемой оценкой по результатам выполнения практических заданий в семестре ему предоставляется шанс повысить данную оценку посредством теоретических вопросов.

По результатам собеседования студенту выставляется оценка:

«отлично», если студент показал глубокие знания и понимание программного материала по поставленному вопросу, умело увязывает его с практикой, грамотно и отлично строит ответ, быстро принимает оптимальные решения при решении практических вопросов и задач, безусловно владеет правилами работы с контрольно-измерительной аппаратурой;

«хорошо», если студент твердо знает программный материал, грамотно его излагает, не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет полученные знания при решении практических вопросов и задач, владеет приемами работы с контрольно-измерительной аппаратурой;

«удовлетворительно», если студент имеет знания только основного материала по поставленному вопросу, но не усвоил деталей, требует в отдельных случаях наводящего вопроса для принятия правильного решения, допускает отдельные неточности и недостаточно четко выполняет правила работы с контрольно-измерительной аппаратурой;

«неудовлетворительно», если студент допускает грубые ошибки в ответе на поставленный вопрос, не может применить полученные знания на практике, неуверенно работает с контрольно-измерительной аппаратурой.

Вопросы для подготовки к промежуточной аттестации

1. Организация ремонтных работ СЭО и СА.
2. Организация электромонтажных работ на судах.
3. Подготовка СЭО и СА к ремонту. Типовой процесс ремонта СЭО.
4. Монтаж и демонтаж судовых электромеханизмов.
5. Техническая диагностика СЭО перед ремонтом.
6. Виды ремонта СЭО и СА. Технология ремонта электрических машин.
7. Сборка и разборка судовых электрических машин.
8. Чистка и сушка судовых электрических машин.
9. Ремонт судовых электрических машин.
10. Наладка и испытание судовых электрических машин.
11. Определение «начал» и «концов» электрических обмоток судовых электрических машин.
12. Ремонт подшипников и валов судовых электрических машин.
13. Диагностика и ремонт токосъемного аппарата СЭМ.

14. Монтаж кабельных сетей.
15. Монтаж распределительных устройств.
16. Монтаж судового осветительного электрооборудования.
17. Ремонт электрических аппаратов и распределительных устройств.
18. Характерные неисправности пускорегулирующей, коммутационной и защитной аппаратуры и способы их устранения.
19. Диагностика и ремонт элементов судовой автоматики.
20. Наладка и испытание судовой электрической аппаратуры.
21. Наладка судовой автоматики.
22. Техника безопасности при проведении монтажных, ремонтных и наладочных работ.

Методические указания по написанию РЕФЕРАТА

С целью закрепления учебного материала и более детальной проработки отдельных вопросов студенты выполняют реферат по одной из предложенных тем. Тема и сроки выполнения реферата согласовываются с преподавателем.

При выполнении реферата отрабатываются навыки по систематизации, закреплению и расширению теоретических и практических знаний по специальности и применение этих знаний при решении конкретных прикладных задач. Также развиваются навыки работы с учебной, научной литературой и нормативно-технической документацией.

Объем реферата составляет 15-25 страниц формата А-4 и включает в себя титульный лист, содержание, введение, основную часть, заключение и список использованной литературы и электронных источников. Основная часть включает в себя 2-3 главы, которые в свою очередь могут делиться на параграфы и пункты.

Документ должен быть набран на компьютере и отпечатан на принтере с использованием современных текстовых и, если необходимо, графических редакторов на одной стороне листа (без рамки) белой бумаги формата А4. Размеры полей: левое - 30 мм, правое - 15 мм, верхнее - 20 мм и нижнее - 20 мм. Рекомендуемое расстояние между строками (базовое) – полтора интервала.

Таблицы, рисунки, чертежи, схемы, графики, фотографии как в тексте, так и в приложении должны быть выполнены на стандартных листах формата А4 (при больших схемах допускается использовать сложенный лист формата А3). Подписи и пояснения к рисункам должны быть на лицевой стороне.

Нумерация страниц документа, включая приложения, должна быть сквозная по всему тексту (все без исключения листы документа должны быть пронумерованы). Номера страниц проставляются в правом верхнем углу без точки. На титульном листе номер страницы не ставится, а только подразумевается (первая страница).

Текст основной части документа разделяют на главы, параграфы и пункты. Главы должны иметь порядковые номера в пределах всего документа, обозначенные арабскими цифрами и записанные с абзацного отступа. Параграфы должны иметь нумерацию в пределах каждой главы, пункты – в пределах каждого параграфа. Номер пункта состоит из номеров главы, параграфа и пункта, разделенных точками. Точка после номера главы, параграфа и пункта не ставится.

Главы, параграфы, пункты должны иметь заголовки. Заголовки печатаются с абзацного отступа, без точки в конце, не подчеркивая. Перенос слов в заголовках не допускается. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой. Слова, "Глава", "Параграф", "Пункт" не печатаются ни в оглавлении, ни в заголовках основной части.

Для набора текста использовать следующие стили форматирования:

– **заголовки первого уровня** (главы, введение, заключение, список литературы, приложения)

Шрифт: Arial, 16 пт, полужирный, все прописные, Отступ: Слева 0,9 см, Первая строка 0 см, По центру, интервал Перед: 12 пт, После 6 пт, Не отрывать от следующего.

– **заголовки второго уровня** (параграфы)

Шрифт: Arial, 14 пт, полужирный, курсив, Отступ: Слева 0,9 см, Первая строка 0 см, По центру, интервал Перед: 12 пт, После 6 пт, Не отрывать от следующего.

Если заголовок параграфа следует непосредственно после заголовка главы, то используется интервал Перед: 0 пт.

– **заголовки третьего уровня** (пункты)

Шрифт: Arial, 14 пт, курсив, Отступ: Слева 0,9 см, Первая строка 0 см, По центру, интервал Перед: 12 пт, После 6 пт, Не отрывать от следующего.

– **текст пояснительной записки**

Шрифт: Times New Roman, 14 пт, Отступ: Первая строка: 0,9 см, По ширине, Междустрочный интервал: полуторный, Запрет висячих строк.

– **формулы**

Отступ: Первая строка: 0,9 см, По центру.

Подготовка и работа над рефератом состоит из следующих основных этапов:

- выбор и согласование темы реферата;
- разработка общей структуры реферата;
- сбор и анализ материала по теме реферата;
- проработка структуры реферата и формирование основной части;
- оформление реферата и предъявление его на кафедру для рецензирования;
- защита реферата.

Реферат представляется преподавателю в установленные сроки и определяется даты защиты. Защита реферата осуществляется в виде собеседования по теме реферата.

4 Методические материалы определяющие, процедуры оценивания знаний, умений, навыков и или опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Оценка знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций по дисциплине проводятся в форме текущего контроля, промежуточной и итоговой аттестации.

Текущий контроль проводится в течение сессии с целью определения уровня усвоения обучающимися знаний, формирования умений и навыков, своевременного выявления преподавателем недостатков в подготовке обучающихся и принятия необходимых мер по её корректировке, а так же для совершенствования методики обучения, организации учебной работы и оказания индивидуальной помощи обучающемуся.

Промежуточная и итоговая аттестации по дисциплине проводится в виде контрольного опроса. За знания, умения и навыки, приобретенные обучающимися в период их обучения,

выставляются оценки: «ОТЛИЧНО», «ХОРОШО», «УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО», «НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО».

Для оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности в университете применяется система оценки качества освоения образовательной программы.

Оценка проводится при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций обучающихся.

Рейтинговая оценка знаний является интегрированным показателем качества теоретических и практических знаний и навыков студентов по дисциплине и складывается из следующих компонентов:

Процедура оценивания – порядок действий при подготовке и проведении аттестационных испытаний и формировании оценки.

Аттестационные испытания проводятся ведущим преподавателем по данной дисциплине. Присутствие посторонних лиц в ходе проведения аттестационных испытаний без разрешения ректора или проректора не допускается (за исключением работников университета, выполняющих контролирующие функции в соответствии со своими должностными обязанностями). В случае отсутствия ведущего преподавателя аттестационные испытания проводятся преподавателем, назначенным письменным распоряжением заведующим кафедрой.

Инвалиды и лица с ограниченными возможностями здоровья, допускаются на аттестационные испытания в сопровождении ассистентов-сопровождающих.

– Во время аттестационных испытаний обучающиеся могут пользоваться программой учебной дисциплины, а также с разрешения преподавателя справочной и нормативной литературой, калькуляторами.

– Время подготовки ответа при сдаче зачета/экзамена в устной форме должно составлять не менее 20/30 минут соответственно, (по желанию обучающегося ответ может быть досрочным). Время ответа – не более 15 минут.

– Оценка результатов устного аттестационного испытания объявляется обучающимся в день его проведения. При проведении письменных аттестационных испытаний или компьютерного тестирования – в день их проведения или не позднее следующего рабочего дня после их проведения.

– Результаты выполнения аттестационных испытаний, проводимых в письменной форме, форме итоговой контрольной работы или компьютерного тестирования, должны быть объявлены обучающимся и выставлены в зачётные книжки не позднее следующего рабочего дня после их проведения.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Камчатский государственный технический университет»
Мореходный факультет
Кафедра «Энергетические установки и электрооборудование судов»

РЕМОНТ И МОНТАЖ СУДОВОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ И СРЕДСТВ АВТОМАТИКИ

Методические указания к практической работе
для студентов,
обучающихся по специальности 13.03.02
«Электроэнергетика и электротехника»
профиль «Электрооборудование и
автоматика судов»
заочной формы обучения

Петропавловск-Камчатский

2024

Рецензент

Толстова Людмила Александровна, доцент кафедры ЭУЭС

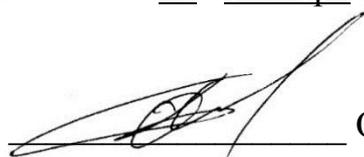
Ремонт и монтаж судового электрооборудования и средств автоматики: методические указания к практической работе по дисциплине для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» профиль «Электрооборудование и автоматика судов» заочной формы обучения / Л.А. Толстова – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2024. – с.90

Методические указания к практической работе составлены в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» профиль «Электрооборудование и автоматика судов», утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 28 февраля 2018 г. № 144 (уровень бакалавриат).

Обсуждены:

на заседании кафедры ЭУЭС «17» октября 2024 г., протокол № 4

Зав. кафедрой ЭУЭС



О.А. Белов

Методические указания к практической работе по дисциплине «Ремонт и монтаж судового электрооборудования и средств автоматики» рассмотрены и утверждены на заседании УМС протокол № 2 от «02» октября 2024 г.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Практическая работа студентов (ПРС) по дисциплине «Ремонт и монтаж судового электрооборудования и средств автоматики» является важной составляющей частью подготовки студентов по специальности 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» профиль «Электрооборудование и автоматика судов» и выполняется в соответствии с ФГОС ВО. Основной целью ПРС является:

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

В соответствии с требованиями ФГОС ВО по специальности 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» профиль «Электрооборудование и автоматика судов» изучение дисциплины «Ремонт и монтаж судового электрооборудования и средств автоматики» направлено на формирование у выпускника следующих профессиональных компетенций:

- способность планировать и вести деятельность по техническому обслуживанию и ремонту электрооборудования (**ПК-3**);
- способность организовывать работу подчиненного персонала (**ПК-5**).

1.2. В результате изучения дисциплины студент должен знать:

- организационно-распорядительные, нормативно-технические и методические документы по вопросам эксплуатации высоковольтных линий электропередачи;
- основы экономики и организации производства, труда и управления в энергетике;
- правила технической эксплуатации электрических станций, сетей: техническое обслуживание и ремонт силовых кабелей;
- правила технической эксплуатации электроустановок потребителей: техническое обслуживание и ремонт силовых кабелей;
- правила организации технического обслуживания и ремонта оборудования, зданий и сооружений электростанций и сетей;
- правила пользования инструментом и приспособлениями, применяемыми при ремонте и монтаже энергетического оборудования;

- требования охраны труда, промышленной и пожарной безопасности, производственной санитарии и противопожарной защиты, регламентирующие деятельность по трудовой функции;
- инструкции по оказанию первой помощи при несчастных случаях на производстве;
- законодательные и нормативные правовые акты, методические материалы по вопросам производственного планирования и оперативного управления производством;
- нормативные правовые акты и методические документы по вопросам деятельности подразделения; положения и инструкции по расследованию и учету технологических нарушений, несчастных случаев на производстве;
- методы анализа качественных показателей работы оборудования подстанций электрических сетей;
- принципы и правила производственного планирования в организации в части технического обслуживания и ремонта оборудования подстанций электрических сетей;
- нормативные правовые акты, определяющие направления развития электроэнергетики;
- методики проведения противоаварийных и противопожарных тренировок;
- правила работы с персоналом в организациях электроэнергетики;
- основы трудового законодательства Российской Федерации.

1.3. В результате изучения дисциплины студент должен уметь:

- вести техническую и отчетную документацию;
- планировать и организовывать работу подчиненных работников;
- применять автоматизированные системы мониторинга и диагностики кабельных линий электропередачи;
- применять справочные материалы, анализировать научно-техническую информацию в области эксплуатации кабельных линий электропередачи;
- проводить визуальные и инструментальные обследования и испытания;
- работать с текстовыми редакторами, электронными таблицами, электронной почтой и браузерами, специализированными компьютерными программами;
- разрабатывать предложения по текущему и перспективному планированию работ по техническому обслуживанию и ремонту кабельных линий электропередач;
- принимать управленческие решения на основе анализа оперативной рабочей ситуации;

- оценивать результаты своей деятельности и деятельности подчиненных;
- формулировать задания подчиненному персоналу по техническому обслуживанию и ремонту оборудования подстанций электрических сетей;
- организовывать рабочие места, их техническое оснащение;
- контролировать деятельность, исполнение решений;
- оценивать потребность в дополнительной подготовке персонала исходя из профиля должности и квалификации работников.

1.4. В результате изучения дисциплины студент должен владеть:

- навыками оформления заявок на оборудование, материалы, запасные части, и др. необходимые для технического обслуживания и ремонта материальные ресурсы, а также проектно-конструкторскую и нормативно-техническую документацию, контроль выполнения заявок;
- навыками подготовки предложений в планы-графики осмотров, ремонта и технического обслуживания кабельных линий электропередачи;
- контролирует подготовку исходных и технических условий для проектирования строительства и реконструкции высоковольтных линий электропередачи;
- контроль подготовки планов-графиков осмотров, ремонта и технического обслуживания кабельных линий и контроль их выполнения;
- владеет навыками контроля подготовки утвержденных дефектных ведомостей, проектов проведения работ и карт организации труда;
- владеет навыками проведения аттестации и подготовки к сертификации рабочих мест на соответствие требованиям охраны труда;
- проверяет корректность расчетов, выполненных с целью обоснования планов и программ деятельности по техническому обслуживанию и ремонту кабельных линий электропередач;
- навыками распределения производственных задач для подчиненного персонала, расстановка персонала по участкам, бригадам, обслуживаемым объектам;
- организации обеспечения рабочих мест персонала нормативной, методической, проектной документацией и инструкциями по техническому обслуживанию и ремонту оборудования подстанций электрических сетей;
- контроль сроков и качества работ подчиненного персонала по техническому обслуживанию и ремонту оборудования подстанций электрических сетей;
- контроль соблюдения подчиненным персоналом производственной и трудовой дисциплины, своевременности прохождения проверки знаний и медицинских осмотров;

- организует разработку и пересмотра должностных инструкций подчиненного персонала;
- организация и контроль соблюдения подчиненным персоналом требований промышленной, пожарной, экологической безопасности и охраны труда в процессе работы по техническому обслуживанию и ремонту оборудования подстанций электрических сетей, принятие мер по устранению выявленных нарушений;
- организация и проведение инструктажей, тренировок, технической учебы персонала по работе с закрепленным оборудованием подстанций электрических сетей, по охране труда, пожарной и промышленной безопасности.

2. ВВЕДЕНИЕ

Развитие флота неразрывно связано с совершенствованием организации и технологии судостроительного и судоремонтного производства, обеспечивающего повышение его технико-экономических показателей.

Длительность постройки и ремонта судов определяется в основном существующим уровнем технологии и организации производства и в свою очередь оказывает существенное влияние на их стоимость. Этим объясняется повышенное внимание, которое уделяется в настоящее время совершенствованию технологии судостроения и судоремонта.

Техническое совершенствование судов сопровождается непрерывным ростом степени их насыщения различного рода механизмами, устройствами, комплексами, автоматизированными системами управления, контроля, сигнализации. Поскольку практически все они работают с использованием электрической энергии, всё более важное значение в устройстве современного судна и производственном процессе его постройки и ремонта приобретают электромонтажные работы. В настоящее время электромонтажные работы по трудоемкости и продолжительности соизмеримы со всеми другими видами судоремонтных работ, включая и корпусные, и в ряде случаев составляют более 25 % общей трудоемкости постройки и ремонта судна.

На большинстве рыбопромысловых судов применима система непрерывного технического обслуживания и ремонта (СНТОР), согласно которой техническое обслуживание, мелкий и средний ремонт выполняется силами электротехнического персонала. Своевременный и качественный ремонт напрямую зависит от квалификации электротехнического персонала судна.

Изучение дисциплины «Ремонт и монтаж СЭО и СА» позволит студенту освоить:

- современные методы ремонта судового электрооборудования;
- современные методы и виды монтажных работ;
- основные виды неисправностей электрооборудования и методы по их устранению.

Практическое занятие 1

Исследование методов проверки монтажа и ремонта электропривода. Методика проверки асинхронного двигателя после ремонта.

Изучить источники [2], с.8-11, информационный материал практического занятия 1.

ЗАДАНИЕ

Создайте памятку по проверке асинхронного двигателя для электрика по следующей схеме:

1. В каком объеме выполняется проверка асинхронного двигателя после ремонта.
2. Какие данные надо выяснять по щитку электродвигателя.
3. Схемы соединения АД на колодке.
4. На что надо обратить внимание при внешнем осмотре АД.
5. Как измерить биение АД.
6. Для каких режимов проводят замеры сопротивления изоляции и технология замеров.
7. Приведите схемы измерения сопротивления обмоток постоянному току.
8. Опишите технологию первоначального пуска.

ПАМЯТКА ЭЛЕКТРИКУ ПО ПРОВЕРКЕ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ ПОСЛЕ РЕМОНТА.

Представьте эту памятку преподавателю на листе формата А4 в печатном виде.

На судах основным типом электропривода являются асинхронные электродвигатели.

Проверку асинхронных двигателей после ремонта выполняют в следующем объеме:

- внешний осмотр;
- проверка механической части;
- измерение сопротивления изоляции обмоток относительно корпуса и между обмотками;
- измерение сопротивлений обмоток постоянному току;
- испытание обмоток повышенным напряжением промышленной частоты;
- пробный пуск.

Внешний осмотр асинхронного двигателя начинают со щитка.

На щитке должны быть следующие данные:

- наименование или товарный знак завода-изготовителя;
- тип и заводской номер;

- номинальные данные (мощность, напряжение, сила тока, частота вращения, схема соединения обмотки, коэффициент полезного действия, коэффициент мощности);
- год выпуска;
- масса и ГОСТ на двигатель.

Ознакомление со щитком двигателя в начале работы является обязательным. Затем проверяют состояние внешней поверхности двигателя, его подшипниковых узлов, выходного конца вала, вентилятора и состояние клеммных выводов.

Обмотки статора трехфазного электродвигателя, рассчитанного на напряжение 220/380 В, при напряжении в сети 3-220 В соединяются по схеме треугольник (рис. 1.1, а), при напряжении 3-380 В - по схеме звезда (рис. 1.1, б). Напряжение на каждой обмотке неизменно остается равным 220 В. Выводы обмоток трехфазного электродвигателя маркируются буквами С и цифрами. Начало первой обмотки обозначается С1, второй - С2, третьей - С3, конец первой обмотки - С4, второй - С5, третьей - С6.

Выводы обмоток подключают к клеммному щитку, при этом к одному ряду клемм подводят начала обмоток, к другому - концы.

Если выводы обмоток электродвигателя не подключаются к клеммному щитку, их маркируют на бирках. При этом из одного отверстия в корпусе электродвигателя выводятся начала обмоток, из другого - концы (рис. 1.1, в).

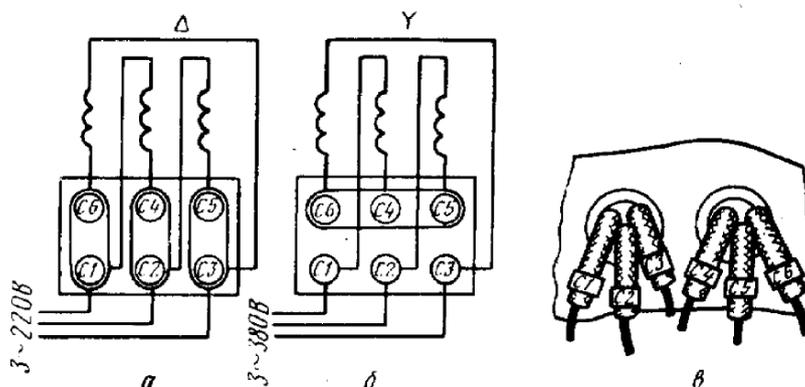


Рис. 1.1. Соединение обмоток трехфазного двигателя

Если трехфазный двигатель не имеет составных и секционированных обмоток на статоре, то выводы обозначают в соответствии с таблицей 1.1, а при наличии таких обмоток - выводы обозначают теми же буквами, что и простые обмотки, но с дополнительными цифрами впереди прописных букв.

Для многоскоростных асинхронных двигателей впереди букв ставят цифры, указывающие на число полюсов данной секции.

Обозначение выводов АД

Таблица 1.1

Наименование и схема соединения обмоток	Число выводов	Наименование выводов	Обозначение выводов	
			Начало	Конец

Открытая схема	6	1-я фаза 2-я фаза 3-я фаза	C ₁ C ₂ C ₃	C ₄ C ₅ C ₆
Звезда	3 или 4	1-я фаза 2-я фаза 3-я фаза нуль	C ₁ C ₂ C ₃ 0	
Треугольник	3	1-я фаза 2-я фаза 3-я фаза	C ₁ C ₂ C ₃	

Маркировку щитков многоскоростных двигателей и способы их включения на разные скорости можно объяснить с помощью таблицы 1.2.

При внешнем осмотре асинхронного двигателя особое внимание надо обращать на состояние коробки выводов и выводные концы, в которых очень часто встречаются различные нарушения изоляции, при этом измеряют расстояние между токоведущими частями и корпусом. Оно должно быть достаточно велико, чтобы не происходили перекрытия по поверхности.

Примечание к таблице 1.2: клеммы с нумерацией П — подключены к сети, С – свободны, З – закорочены

При внешнем осмотре асинхронного двигателя особое внимание надо обращать на состояние коробки выводов и выводные концы, в которых очень часто встречаются различные нарушения изоляции, при этом измеряют расстояние между токоведущими частями и корпусом. Оно должно быть достаточно велико, чтобы не происходило перекрытия по поверхности.

Маркировка щитков многоскоростных двигателей

Таблица 1.2

Клеммы	Номинальная частота вращения двигателя об/мин												
	двухскоростного					трехскоростного				четырёхскоростного			
	500	750	1000	1500	3000	750	1000	1500	3000	500	750	1000	1500
2C ₁ , 2C ₂ , 2C ₃				С	П		С	С	П	С			
4C ₁ , 4C ₂ , 4C ₃		С	С	П	З	С	С	П	З	С	С	С	П
6C ₁ , 6C ₂ , 6C ₃	С		П	С		С	П	С	С	С	С	П	С
8C ₁ , 8C ₂ , 8C ₃		П		З		П	С			С	П	С	З
12C ₁ , 12C ₂ , 12C ₃	П		З							П	С	З	С

Не менее важной является *величина выбега вала в осевом направлении*, которая по нормам не должна превышать 2 мм (по 1 мм в одну сторону) для двигателей до 40 кВт.

Большое значение имеет *величина воздушного зазора*, так как оказывает существенное влияние на характеристики асинхронных двигателей, поэтому после ремонтов или в случае неудовлетворительной работы двигателя измеряют воздушный зазор в четырех диаметрально противоположных точках. Зазоры должны быть одинаковы по всей окружности и не должны отличаться в любой из этих четырех точек более, чем на 10% от среднего значения.

Биение - отклонение от заданного (правильного) взаимного расположения поверхностей вращающихся или колеблющихся деталей типа тел вращения. Различают радиальные и торцовые биения. Для всех машин биения нежелательны, так как при этом нарушается нормальная работа подшипниковых узлов и машины в целом. Величину биения измеряют с помощью часового индикатора, который позволяет измерять биения от 0,01 мм до 10 мм. При измерении биения вала наконечник индикатора упирают в вал, вращающийся с небольшой скоростью. По отклонению стрелки часового индикатора судят о величине биения, которая не должна превышать значений, указанных в технических условиях на двигатель.

Изоляция электрической машины является важным показателем, так как от ее состояния зависит долговечность и надежность машины. Согласно ГОСТ сопротивление изоляции обмоток в МОм электрических машин должно быть не меньше

$$R_{\text{из}} = \frac{U_{\text{ном}}}{1000 + 0,1 \cdot P_{\text{ном}}} \quad (1.1)$$

где $U_{\text{н}}$ — номинальное напряжение обмотки, В; $P_{\text{н}}$ — номинальная мощность машины, кВт. Сопротивление изоляции измеряют перед пробным пуском двигателя при его первичном монтаже или после ремонта любого типа, а затем в процессе эксплуатации периодически, кроме того, контролируют после длительных перерывов в работе и после каждого аварийного отключения привода.

Сопротивление изоляции обмоток относительно корпуса и между обмотками измеряют при холодных обмотках и в нагретом состоянии, при температуре обмоток, равной температуре номинального режима, непосредственно перед проверкой электрической прочности изоляции обмоток.

Если в двигателе выведены начало и конец каждой фазы, то сопротивление изоляции измеряют отдельно для каждой фазы относительно корпуса и между обмотками. У многоскоростных двигателей сопротивление изоляции проверяют для каждой обмотки в отдельности.

Для измерения сопротивления изоляции электродвигателей напряжением до 1000 В применяют мегомметры на 500 и 1000 В. Измерение проводят следующим образом, зажим мегомметра «Экран» присоединяют к корпусу машины, а второй зажим гибким проводом с надежной изоляцией присоединяют к выводу обмотки. Концы проводников должны быть заделаны в ручки из изоляционного материала с металлическим штырем, заостренным на конце, для обеспечения надежного контакта. Ручку мегомметра вращают с частотой, примерно равной 2 об/с. Двигатели небольшой мощности имеют небольшую емкость, поэтому стрелка прибора устанавливается в положение, соответствующее сопротивлению изоляции обмотки машины.

Для новых машин сопротивление изоляции, как показала практика, колеблется при температуре 20° С в пределах от 5 до 100 МОм. Сопротивление изоляции должно соответствовать норме для данного двигателя. Снижение сопротивления изоляции в процессе эксплуатации вызывается поверхностной

влажностью, загрязнением поверхности изоляции токопроводящей пылью, проникновением в толщу изоляции влаги, химическим разложением изоляции. Для уточнения причин снижения сопротивления изоляции необходимо произвести измерение с помощью двойного моста, например Р-316, при двух направлениях тока в контролируемой цепи. При разных результатах замеров наиболее вероятная причина — проникновение влаги в толщу изоляции.

Конкретно вопрос о включении асинхронного двигателя в работу должен решаться только после проведения испытания обмоток повышенным напряжением. *Включение двигателя, имеющего малое значение сопротивления изоляции, без испытания повышенным напряжением допускается только в исключительных случаях, когда решается вопрос, что выгоднее: подвергнуть опасности двигатель или допустить простой.*

В процессе эксплуатации двигателя возможны повреждения изоляции, приводящие к снижению ее электрической прочности ниже допустимых норм. Согласно ГОСТ испытание электрической прочности изоляции обмоток по отношению к корпусу и между собой производят при отключенном от сети двигателе в течение 1 мин испытательным напряжением, величина которого должна быть не менее величины, приведенной в таблице 1.3.

Испытательное напряжение для проверки прочности изоляции Таблица 1.3

Мощность, кВт	Номинальное напряжение $U_{ном}$, В	Испытательное напряжение (эффективное значение), В
1	До 36	$500+2 U_{ном}$
1 - 3	Свыше 36	$1000+2 U_{ном}$
3	Свыше 36	$1000+2 U_{ном}$, но не менее 1500 В

Повышенное напряжение подают на одну из фаз, а остальные фазы присоединяют к корпусу двигателя. Если обмотки соединены внутри двигателя в звезду или треугольник, то испытание изоляции между обмоткой и корпусом проводят одновременно для всей обмотки. При выполнении испытаний напряжение нельзя прикладывать мгновенно. Испытание начинают с $1/3$ испытательного напряжения, затем постепенно поднимают напряжение до испытательного, причем время подъема от половинного до полного испытательного напряжения должно составлять не менее 10 с. Полное напряжение выдерживают в течение 1 мин, после чего его плавно снижают до $1/3 U_{исп}$ и отключают испытательную установку.

Результаты испытания считают удовлетворительными, если во время испытания не происходило пробоя изоляции или перекрытий по поверхности изоляции, при этом по приборам не наблюдались резкие толчки, свидетельствующие о частичных повреждениях изоляции. Если при испытании произошел пробой, находят его место и ремонтируют обмотку. Место пробоя можно найти путем повторного приложения напряжения с последующим наблюдением за появлением искр, дыма или легким потрескиванием при искрении, невидимом снаружи.

Измерение сопротивления обмоток постоянному току, которое проводят для уточнения технических данных элементов схемы, дает возможность в

некоторых случаях определить наличие короткозамкнутых витков. Температура обмоток при измерении не должна отличаться от окружающей более чем на 5° С. Измерения выполняют с помощью одинарного или двойного моста, по методу амперметра - вольтметра или методом микрометра (рис.1.2, рис.1.3). Величины сопротивлений не должны отличаться от средней более чем на 20%. Согласно ГОСТ при измерении сопротивления обмоток каждое сопротивление должно быть измерено 3 раза. При измерении сопротивления обмотки по методу амперметра - вольтметра каждое сопротивление должно быть измерено при трех различных значениях тока. За действительную величину сопротивления принимают среднее арифметическое из трех измерений.

Метод амперметра—вольтметра (рис.1.2) применяют в тех случаях, когда не требуется большой точности измерения.

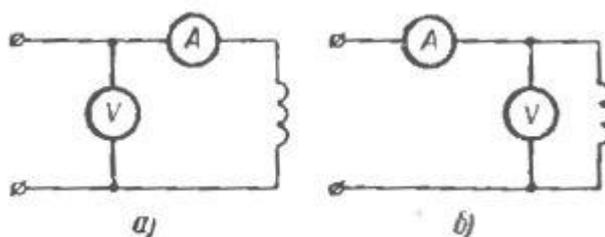


Рис. 1.2. Схема измерения сопротивления обмоток постоянному току по методу амперметра - вольтметра

Измерение методом амперметра—вольтметра основано на законе Ома:

$$I = \frac{U}{R_x} \text{ или } R_x = \frac{U}{I} \quad (1.2)$$

где R_x — измеряемое сопротивление, Ом; U — показание вольтметра, В; I — показание амперметра, А. Точность измерения при этом методе определяется суммарной погрешностью приборов. Так, если класс точности амперметра 0,5%, а вольтметра — 1%, то суммарная погрешность составит 1,5%.

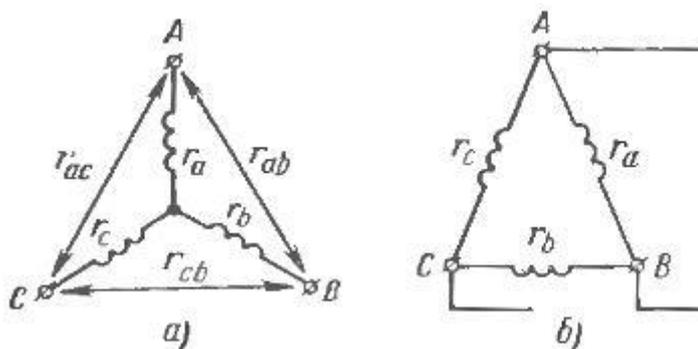


Рис. 1.3. Схема измерения сопротивления обмотки статора асинхронного двигателя, соединенной в звезду (а) и в треугольник (б)

Для того чтобы метод амперметра - вольтметра давал более точные результаты, необходимо соблюдать следующие условия:

1. точность измерения в значительной степени зависит от надежности контактов, поэтому перед измерением рекомендуется контакты пропаять;
2. источником постоянного тока должна служить сеть или хорошо заряженная батарея напряжением 4 - 6 В, для того чтобы избежать влияния падения напряжения на источнике;
3. отсчет по приборам должен производиться одновременно.

Измерение сопротивления с помощью мостов применяется главным образом в тех случаях, когда необходимо получить большую точность измерения. Точность мостовых методов достигает 0,001%. Пределы измерений мостов колеблются от 10-5 до 106 Ом. Микроомметром измеряют при большом числе замеров, например переходных сопротивлений контактов, межкатушечных соединений. Измерения проводят быстро, так как отсутствует необходимость в регулировке прибора. Сопротивление обмотки постоянному току для двигателей до 10 кВт измеряют не ранее, чем через 5 ч по окончании его работы, а для двигателей более 10 кВт — не менее чем через 8 ч при неподвижном роторе. Если у статора двигателя выведены все шесть концов обмоток, то измерение проводят на обмотке каждой фазы отдельно. При внутреннем соединении обмоток в звезду попарно измеряют сопротивление двух последовательно соединенных фаз (рис. 1.3, а). При этом сопротивление каждой фазы

$$\begin{aligned} r_a &= \frac{r_{ab} + r_{ac} - r_{bc}}{2} \\ r_b &= \frac{r_{ab} + r_{bc} - r_{ac}}{2} \\ r_c &= \frac{r_{bc} + r_{ac} - r_{ab}}{2} \end{aligned} \quad (1.3)$$

При внутреннем соединении в треугольник измеряют сопротивление между каждой парой выводных концов линейных зажимов (рис. 1.3, б). Считая, что сопротивления всех фаз равны, определяют сопротивление каждой фазы:

$$r_a = r_b = r_c = \frac{3}{2} \cdot r_{ab} = \frac{3}{2} \cdot r_{bc} = \frac{3}{2} \cdot r_{ac} \quad (1.4)$$

Для многоскоростных двигателей аналогичные измерения проводят для каждой обмотки или для каждой секции.

Первоначальное включение асинхронного двигателя. Для выяснения полной исправности двигателя испытывают его в режиме холостого хода и под нагрузкой. Предварительно вновь проверяют состояние механических частей, наполнение смазкой подшипников. Легкость хода двигателя проверяют путем проворачивания вала вручную, при этом не должно быть слышно треска, скрежета и тому подобных звуков, свидетельствующих о соприкосновении ротора и статора, а также вентилятора и кожуха, затем проверяют правильность направления вращения, для этого двигатель включают кратковременно.

Продолжительность первого включения 1-2 с. Одновременно наблюдают величину пускового тока. Кратковременный пуск двигателя целесообразно повторить 2-3 раза, постепенно увеличивая продолжительность включения, после чего двигатель можно включить на более длительный период. За время работы двигателя на холостом ходу наладчик должен убедиться в хорошем состоянии ходовых частей: отсутствии вибраций, толчков тока, отсутствии нагрева подшипников.

При удовлетворительных результатах пробных пусков двигатель включают совместно с механической частью (проверяют в действии). Время проверки работы двигателя колеблется от 5 до 8 ч, при этом контролируют температуру основных узлов и обмоток машины, коэффициент мощности, состояние смазки подшипников узлов.

Практическое занятие 2.

Исследование методов проверки монтажа и ремонта электропривода. Проверка правильности включения обмоток асинхронного двигателя.

Изучить информационный материал практического занятия 2.

ЗАДАНИЕ

Продемонстрировать методику маркировки на экспонате асинхронного двигателя.

ГОС – вопрос (обязателен к обсуждению). Подготовить вопрос к защите.

Посмотреть видео:

Воспользоваться видеотекой или Яндекс: в строке набираем «определение начала и конца обмоток трехфазного электродвигателя (простой способ)»

Иногда после ремонта асинхронный электродвигатель может поступить без маркировки выводных концов обмоток, тогда их маркировку можно определить либо последовательным выполнением пробных пусков, либо методом Петрова.

Определение согласованных выводов (начал и концов) фаз статорной обмотки.

Маркировка выводных концов обмоток асинхронного электродвигателя *методом Петрова* заключается в том, что один из выводов обмотки принимается за начало одной из фаз, а конец её соединяют с выводом другой фазы. Эти две последовательно соединённые фазы включаются на пониженное напряжение (15 – 20% от номинального) во избежание перегрева обмоток; в случае фазного ротора его обмотка должна быть разомкнута. Третья фаза присоединяется к вольтметру.

Если ЭДС этой фазы равно нулю, то первые две обмотки электродвигателя соединены одноимёнными выводами. Далее опыт повторяется таким образом, что его фаза, ранее подключаемая к вольтметру, меняется с одной из двух фаз подключенных к сети. Найденные начала фаз обозначаются С1, С2,

С3, а концы С4, С5, С6. Дальнейшее соединение обмоток производится в зависимости от напряжения сети в треугольник либо в звезду.

На практике, когда отсутствуют обозначения выводов, приходится опытным путем определять начала и концы обмоток. Прежде всего *при помощи контрольной лампы* или других индикаторов находят пары выводов, принадлежащие отдельным фазным обмоткам (рис. 2.1).

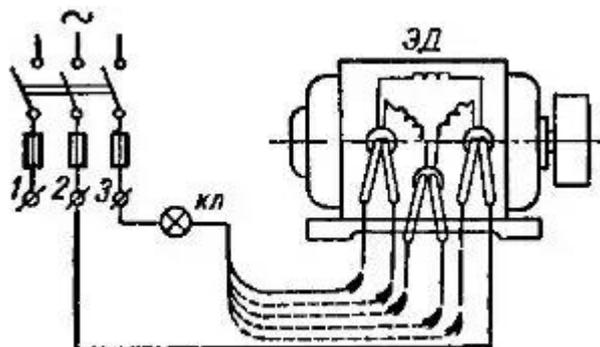


Рис. 2. 1. Определение фазных обмоток при помощи контрольной лампы.

К зажиму сети 2 подключают один из шести выводов статорной обмотки двигателя, а к другому зажиму сети 3 подключают один конец контрольной лампы. Другим концом контрольной лампы поочередно касаются каждого из остальных пяти выводов статорных обмоток до тех пор, пока лампа не загорится. Если лампа загорелась, значит, два вывода, присоединенные к сети, принадлежат одной фазе. Необходимо следить при этом, чтобы выводы обмоток не замыкались друг с другом. Каждую пару выводов помечают (например, завязав ее узелком).

Определив фазы статорной обмотки, приступают к *определению согласованных выводов или "начал" и "концов"*. Работы проводят тогда, когда утрачена маркировка концов АД. Эта часть работы может быть выполнена двумя способами.

1. *Способ трансформации.* В одну из фаз включают контрольную лампу. Две другие фазы соединяют последовательно и включают в сеть на фазное напряжение.

Если эти две фазы оказались включенными так, что в точке О условный "конец" одной фазы соединен с условным "началом" другой (рис.2.3, а), то магнитный поток $\sum \Phi$ пересекает третью обмотку и индуцирует в ней ЭДС.

Лампа укажет наличие ЭДС небольшим накалом. Если накал незаметен, то следует применить в качестве индикатора вольтметр со шкалой до 30 - 60 В. Если в точке О встретятся, например, условные "концы" обмоток (рис.2.3, б), то магнитные потоки обмоток будут направлены противоположно друг другу. Суммарный поток будет близок к нулю, и лампа не даст накала (вольтметр покажет 0). В данном случае выводы, принадлежащие какой-либо из фаз, следует поменять местами и включить снова.

Если накал у лампы есть (или вольтметр показывает некоторое напряжение), то концы следует пометить. На одни из выводов, которые встретились в

общей точке О, надевают бирку с пометкой Н1 (начало I фазы), а на другой вывод - К3 (или К2). Бирки К1 и Н3 (или Н2) надевают на выводы, находящиеся в общих узелках (завязанных при выполнении первой части работы) с Н1 и К3 соответственно.

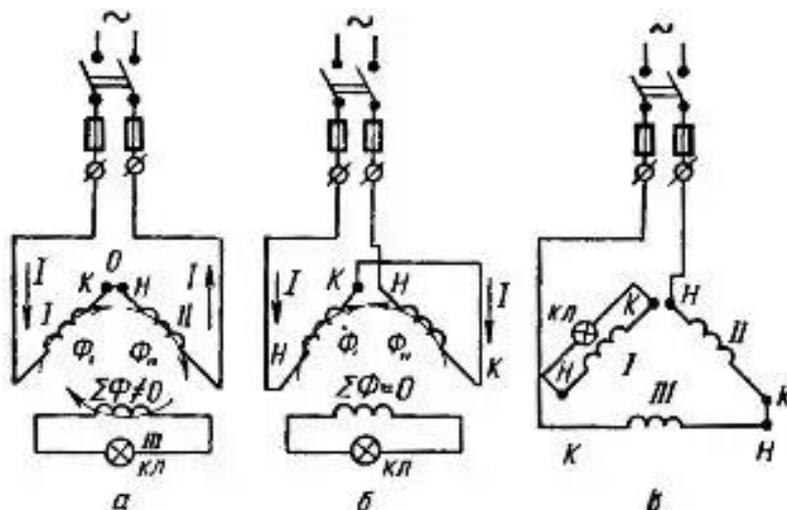


Рис. 2.3. Определение начал и концов в фазных обмотках двигателя методом трансформации

Для определения согласованных выводов третьей обмотки собирают схему, представленную на рисунке 2.3,в. Лампу включают в одну из фаз с уже обозначенными выводами. Источником может быть также аккумулятор или батарея. Тогда в качестве индикатора используют милливольтметр или мультиметр (желательно стрелочный). Схемы проверки аналогичны схемам, с тем отличием, что подключение обмоток к аккумулятору (батарее) должно быть кратковременным (мгновенным, или, как говорят, «на искру»). При этом следует помнить, что в момент размыкания в обмотках может возникнуть импульсное напряжение 200 - 300 В. Если в общей точке встретились условные начало и конец, то в момент замыкания и размыкания обмоток стрелка гальванометра отклоняется от начального положения. Направление отклонения в данном случае значения не имеет.

2. Способ подбора фаз. Этот способ определения согласованных выводов (начал и концов) фаз статорной обмотки можно использовать для двигателей небольшой мощности - до 3 - 5 кВт.

После того как определены выводы отдельных фаз, их наугад соединяют в звезду (по одному выводу от фазы подключают к сети, а по одному — соединяют в общую точку) и включают двигатель в сеть. Если в общую точку попали все условные "начала" или все "концы", то двигатель будет работать нормально.

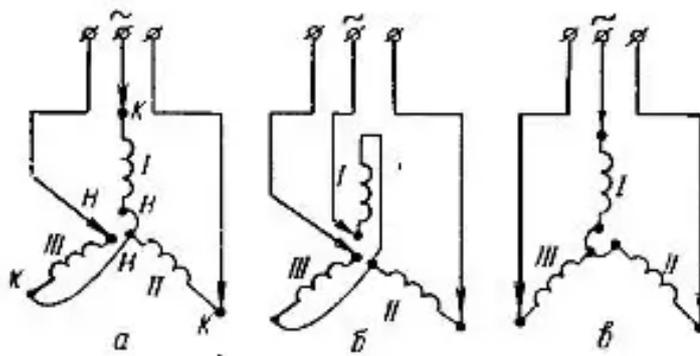


Рис. 2.4. Определение "начал" и "концов" обмотки методом подбора схемы "звезда".

Если же в общей точке оказались, например, два начала и один конец, то электродвигатель сильно гудит, ротор его не сразу трогается с места и плохо вращается. В подобном случае не следует долго (более 2 - 3 с) держать двигатель, включенным в сеть.

Если одна из фаз (III) оказалась "перевернутой" (рис.2.4,а), то двигатель сильно гудит, хотя и может вращаться (но легко может быть заторможен). В этом случае выводы любой из обмоток наугад (например, I) следует поменять местами (рис.2.4,б).

Если двигатель опять гудит и плохо работает, то фазу следует снова включить, как прежде (как в схеме а), но повернуть другую фазу - III (рис.2.3,в).

Если двигатель и после этого гудит, то эту фазу следует также поставить по-прежнему, а повернуть следующую фазу - II.

Когда двигатель станет работать нормально (рис.2.4,в), все три вывода, которые соединены в общую точку, следует пометить одинаково, например "концами", а противоположные - "началами". После этого можно собирать рабочую схему, указанную в паспорте двигателя.

Практическое занятие 3.

Испытания судовых электрических машин

Изучить источники [2], с.10-11, информационный материал практического занятия 3.

ЗАДАНИЕ

Письменно ответить на следующие вопросы:

1. Какие работы входят в испытания электромашин на стенде.
2. Как проводят стендовые испытания на нагревание (длительного, кратковременного и повторно – кратковременного режимов).
3. Какие данные заносят в испытательную ведомость.
4. Как испытывают на нагревание реверсивные электрические машины.
5. Как проводят испытание на прочность изоляции.
6. Как испытывают механическую прочность электрической машины.
7. Как испытывают электродвигатели на перегрузку.
8. Особенности испытаний электродвигателей рулевых устройств и швартовных механизмов.

9. Организация сдаточных испытаний электрооборудования.
10. Содержание ходовых и швартовных испытаний.
11. В соответствии с какими основными документами проводят швартовные и ходовые испытания.

Стендовые испытания судовых электрических машин

Заключительным этапом ремонта электрических машин в условиях ремонтного предприятия являются стендовые испытания, в процессе которых проверяют качество ремонта и соответствие параметров машины паспортным данным.

Испытание на стенде, как правило, производят в комплекте со штатной аппаратурой управления по программам контрольных испытаний заводоизготовителей. К испытанию на стенде допускаются отремонтированные в соответствии с требованиями технологических инструкций и технических условий на ремонт электрические машины и аппараты, предварительно проверенные и настроенные на стендах пооперационной приемки.

В контрольные проверки и испытания на стенде входят следующие работы: внешний осмотр; измерение сопротивления обмоток постоянному току, а также сопротивление их изоляции относительно корпуса машины и между собой в холодном состоянии; проверка правильности установки щеток на нейтраль; испытание на нагревание и проверка номинальных данных; определение класса коммутации; измерение температуры нагрева отдельных частей машины и соответствие ее допустимым нормам; измерение сопротивления изоляции обмоток в горячем состоянии; испытание электрической прочности витковой изоляции обмоток и механической прочности деталей и обмоток; испытание на перегрузку, электрической прочности изоляции обмоток относительно корпуса и между собой; проверка работы подшипников при нагрузке.

При внешнем осмотре проверяют комплектность электрической машины, отсутствие внутри нее случайно попавших посторонних предметов и легкость вращения якоря (ротора) от руки.

Сопротивление изоляции обмоток относительно корпуса и между собой в холодном состоянии должно быть не менее 5 МОм для машин мощностью до 100 кВт (кв-А) и 3 МОм при мощности 100-1000 кВт и напряжении до 500 В.

Испытание машин на нагревание производят при номинальных значениях напряжения, тока нагрузки и частоты вращения до практически установившейся температуры отдельных частей машины, но не менее 2 ч. Температура считается практически установившейся, если ее изменение в течение 1 ч не превышает 1°С при неизменных значениях температуры охлаждающего воздуха и параметров нагрузки.

Машины, предназначенные для кратковременного режима работы, испытывают в течение того промежутка времени, который указан на заводском щитке (паспорте) машины.

Машины, предназначенные для повторно-кратковременного режима работы, испытывают при указанной в его паспорте продолжительности включения до тех пор, пока температура не будет достигать в конце периодов работы и в конце пауз практически одинаковых значений. Если в паспорте не указана продолжительность рабочего цикла машины, то ее принимают равной 10 мин. Стандартные значения продолжительности включения составляют 15, 25 и 40%. При продолжительности включения, равной 15%, машина 1,5 мин работает в номинальном режиме, а 8,5 мин стоит (пауза). При испытании электрических машин с продолжительным и повторно-кратковременным режимами работы, через каждые 0,5 ч записывают данные о режиме работы, температуре подшипников, степени искрения и температуре охлаждающего (окружающего) воздуха.

Реверсивные электрические машины испытывают при левом и правом вращении в течение равного времени. В случае несоответствия параметров данным, указанным в паспорте, машину настраивают и регулируют. Класс коммутации проверяют в процессе испытаний на нагревание и записывают в протоколе.

Нагрузку двигателей осуществляют либо специальными тормозами, либо загрузкой их нагрузочными генераторами. Нагрузку генераторов производят специальными нагрузочными устройствами, обеспечивающими возврат энергии в сеть. В последнее время такие устройства изготавливают на базе тиристорных преобразователей. Тиристорные нагрузочные устройства дают возможность автоматизировать процесс нагрузки машин, просты в управлении и обеспечивают любой режим работы.

Замер температуры и сопротивления изоляции в горячем состоянии начинают сразу после окончания испытания на нагревание и заканчивают не позже чем через 5 мин с момента остановки машины. Сопротивление изоляции обмоток по отношению к корпусу и между собой в горячем состоянии должно быть не менее 2 мОм для машин мощностью до 100 кВт и 1 мОм при мощности 100-1000 кВт и напряжении до 500 В.

После испытания на нагревание испытывают электрическую прочность изоляции. Это делают при неподвижном состоянии машины, кроме испытания изоляции обмоток роторов турбогенераторов, которые при этом вращаются с номинальной частотой. Изоляция обмоток относительно корпуса машины и между собой должна выдерживать в течение 1 мин напряжение переменного тока частотой 50 Гц. Испытания начинают с напряжения, не превышающего одной трети испытательного. Подъем напряжения осуществляют плавно или ступенями, не превышающими 5% полного значения. Время подъема напряжения от половины испытательного до полного значения должно быть не менее 10 с.

Полным испытательным напряжением проверяют машины, у которых была заменена вся изоляция обмоток. Частично перемотанные и отремонтированные обмотки испытывают напряжением, составляющим 130% номи-

нального, но не менее 50% испытательного. Изоляция считается выдержавшей испытание, если не произошло ее пробоя.

Электрическую прочность изоляции на судне можно испытывать с помощью переносного прибора ВИП-3.

Электрическую прочность междувитковой изоляции испытывают на холостом ходу машины путем повышения подводимого или генерируемого напряжения на 30% сверх номинального.

Для синхронных машин, у которых при номинальном токе возбуждения напряжение холостого хода превышает номинальное значение более чем на 30%, испытание производят при напряжении холостого хода, соответствующем номинальному току возбуждения. У машин постоянного тока с числом полюсов более четырех повышение напряжения при испытании должно быть не более того значения, при котором напряжение между смежными коллекторными пластинами получится равным 24В.

Прочность витковой изоляции обмоток статоров асинхронных двигателей с фазовыми роторами испытывают при неподвижном и разомкнутом роторе, а с короткозамкнутыми роторами - при холостом ходе путем подачи на статор повышенного на 30% напряжения. Витковую изоляцию испытывают в течение 3 мин. У возбuditелей, рассчитанных на форсирование возбуждения, витковую изоляцию обмоток испытывают при номинальном напряжении форсирования в течение 1 мин.

Механическую прочность деталей и обмоток машины испытывают при повышенной на 20% против номинальной частоте вращения в течение 2 мин.

Электродвигатели с регулированием частоты вращения и двигатели с последовательной обмоткой возбуждения испытывают при частоте вращения, превышающей на 20% наибольшую, указанную на заводском щитке, но не менее 50% сверх номинальной для двигателей с последовательным возбуждением.

Испытание на перегрузку производят в нагретом состоянии машины после замеров температуры и сопротивления изоляции обмоток. Указанные перегрузки машины должны выдерживать без повреждений и остаточных деформаций.

При испытании электродвигателей рулевых устройств и швартовных механизмов необходимо учесть следующее: электропривод рулевого устройства (для рулей с непосредственным приводом) должен обеспечивать стоянку двигателя под током в течение 1 мин с нагретого состояния; электропривод якорного механизма после работы в течение 30 мин при номинальной нагрузке должен обеспечивать возможность стоянки под током двигателя переменного тока с короткозамкнутым ротором при номинальном напряжении в течение не менее 30 с.

Электродвигатели постоянного и переменного тока с фазным ротором должны выдерживать такой режим стоянки под током, но при моменте в два раза превышающем номинальный, причем напряжение может быть ниже номинального.

Аналогичные требования предъявляются и к электродвигателям швартовых механизмов. Разница лишь в том, что они должны выдерживать стоянку под током в течение 15 с. При этом превышение температуры отдельных частей машины не должно быть более 130% допустимого значения для машин с соответствующим классом изоляции.

Одновременно со стендовыми испытаниями электрических машин проверяют и регулируют пускорегулирующую аппаратуру в комплекте с управляемыми двигателями и генераторами.

Результаты комплексных испытаний заносят в протокол испытания. Выдержавшее все испытания электрооборудование допускается к установке на судно.

Кроме того, после капитального ремонта судна проводят сдаточные испытания электрооборудования на судне (швартовые и ходовые).

Организация и содержание сдаточных испытаний электрооборудования на судне после капитального ремонта судна

По окончании монтажных и наладочных работ приступают к сдаточным испытаниям. Этот период подразделяют на два этапа: швартовые и ходовые испытания.

На швартовых испытаниях определяют соответствие электрооборудования судна требованиям технической документации путем проверки его в действии совместно со штатными механизмами, системами и устройствами.

На ходовых испытаниях проверяют работу электрооборудования по прямому назначению.

Сдаточные испытания проводятся в соответствии со следующими основными документами: программой швартовых и ходовых испытаний, журналом удостоверений, методиками испытаний, инструкциями по обслуживанию. Все эти документы предъявляют приемной комиссии. Результаты испытаний заносят в соответствующее удостоверение. Все удостоверения, сброшюрованные в одну книгу, составляют журнал удостоверений. Каждое удостоверение содержит перечень документации, предъявляемой заказчику, перечень контрольно-измерительных приборов, методические указания по проведению приемки, таблицы с результатами измерений. Удостоверение подписывают представители заказчика и отдел технического контроля ремонтного предприятия (ОТК).

Программа испытаний определяет задачи каждого этапа испытаний, их объем, порядок и продолжительность. Продолжительность сдачи каждого электроустройства в общем цикле испытаний регламентируется типовым графиком. На его основе составляют оперативный сетевой график, учитывающий все обстоятельства, сложившиеся к моменту окончания монтажных работ. График определяет необходимую последовательность испытаний и время сдачи каждого вида электрооборудования. При составлении графика

рекомендуется учитывать следующее. В предшвартовный период сразу же после приемки питания с берега должны быть испытаны вспомогательные системы (охлаждения забортной водой, масляные системы, системы гидравлики и т. п.), обеспечивающие работу основного электрооборудования.

Для создания нормальных условий работы и безопасности труда на судне в первую очередь необходимо обеспечить работу пожарных и отливных насосов, освещения, вентиляции и системы кондиционирования воздуха.

Для возможности выполнения сдаточными бригадами по системам автоматического регулирования потребителей подготавливают источники их питания - электромашинные и статические преобразователи. Одновременно ведут подготовку к испытаниям турбо- и дизель-генераторов и механизмов основных судовых систем.

Испытания электрооборудования и систем, не связанных между собой электрически, ведут параллельно. Графиком предусматривается исключение взаимных помех, возникающих при испытаниях систем, имеющих электрические и электромеханические связи. Параллельное проведение наладочных работ и испытаний этих систем (например, системы автоматического управления и управляемых механизмов) должно быть обеспечено определенной технологической последовательностью испытаний с применением соответствующей оснастки. При этом сначала испытывают и принимают (ОТК или заказчик) силовое электрооборудование при ручном управлении с проведением теплового режима и снятием замеров. В период испытаний систем автоматического управления и контроля повторные испытания электрооборудования не производятся.

В состав технологической документации по испытаниям электрооборудования входит структурная схема организации сдаточных работ, определяющая количество сдаточных бригад и их подчиненность. Организация работ сдаточной команды на серийных судах должна базироваться на принципе повторяемости одних и тех же операций на всех судах. Согласно структурной схеме настройщики выполняют сдаточные работы идентичного характера и объема. Сдаточную команду разбивают на несколько бригад, численность которых зависит от схемной специализации настройщиков и установленной продолжительности швартовных и ходовых испытаний. За каждым бригадным участком закрепляют строго определенный и технически законченный объем сдаточных работ (удостоверений).

Трудоемкость испытания и сдачи судового электрооборудования зависит главным образом от организации работ и наличия специальной оснастки, применение которой позволяет сократить время наладки и сдачи электрооборудования и гарантировать работу оборудования в эксплуатационных режимах.

Анализ затрат на выполнение электромонтажных, наладочных и сдаточных работ, проведенный по ряду судов, показывает, что трудоемкость электромонтажных работ на последующих судах серии, как правило, снижается, в

то время как продолжительность наладочно-испытательных работ остается прежней.

С ростом энерговооруженности современных судов наблюдается тенденция к повышению трудоемкости наладочно-испытательного комплекса. Перенос этих работ с судна в цех и проверка электрооборудования на специальных стендах позволяют сократить цикл швартовых испытаний. На таких стендах могут быть испытаны электрические агрегаты, в том числе снабженные сложными системами автоматики. При правильной организации работ объем электрических схем, сдаваемых в дошвартовый период, может составлять более 40%. Для этого необходимо в каждом случае дифференцированно подходить к программе швартовых испытаний, внося в нее электрические схемы, которые могут быть проверены в дошвартовый период. На основе такой программы должны быть разработаны специальные методологические указания, в которых бы подробно описывалась технология проведения тех или иных испытаний с учетом специфики стендов.

Практическое занятие 4

Алгоритмы ремонта электрических машин. Сборка и разборка судовых электрических машин

Изучить информационный материал практического занятия 4.

Посмотреть видео из видеотеки или Яндекс: набираем «разборка электродвигателя видео». Выбираем « разборка и сборка электродвигателя» ч.1 и ч.2 (электромеханик показывает алгоритм разборки и сборки в электромастерской на судне).

ЗАДАНИЕ

1. Составьте алгоритм процесса разборки электрических машин.
2. Составьте алгоритм процесса сборки электрических машин.

Разборка электрических машин. Разборку производят осторожно, избегая ударов молотком или больших усилий. Туго отвинчивающиеся болты или гайки предварительно смачивают керосином и оставляют на несколько часов, чтобы они легче отвинчивались.

На основные узлы и детали навешивают бирки, на которых указывают принадлежность их к данной машине. Мелкие детали складывают в ящики. Болты, гайки и шпильки после разборки ввертывают на место во избежание их потери.

Рассмотрим последовательность и способы разборки машин.

Снятие подшипниковых щитов. Отвинчивают болты крепления фланцев подшипников, снимают фланцы, ослабляют крепления. Отвинчивают болты, крепящие подшипниковый щит к корпусу. Не снимая щит, наносят на него и корпус метки, по которым при сборке машины щит устанавливают на свое

место. Легкими ударами молотка через деревянную прокладку по выступающим частям щита отделяют его от корпуса. Чтобы предохранить ротор и статор от повреждения при ремонте тяжелых машин, до отделения подшипниковых щитов от корпуса ротор подвешивают при помощи подъемного приспособления.

Отделив подшипниковый щит от корпуса, передвигают его вдоль вала машины. Чтобы не повредить железо и изоляцию обмоток при снятии щита, предварительно в воздушный зазор между ротором и статором кладут лист плотного картона, на который и ляжет ротор, когда щит будет снят.

Выемка ротора из корпуса. В небольших машинах после снятия обоих подшипниковых щитов ротор вынимают вручную. В крупных машинах ротор вынимают подъемными приспособлениями. При выемке ротора следят за тем, чтобы он двигался строго по оси машины.

Разборка подшипников. Шарико- и роликоподшипники снимают с вала съемником. Захваты съемника накладывают на внутреннее кольцо подшипника. В трудных случаях подшипники до съема нагревают, поливая их горячим маслом температурой не более $100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Втулки или вкладыши подшипников скольжения выбивают или выпрессовывают из подшипниковых щитов. В первом случае слегка ударяют молотком по деревянной выколотке, которую прикладывают к торцевой стороне втулки. При этом щит помещают на деревянную подставку, имеющую отверстие, диаметр которого должен быть больше наружного диаметра выбиваемой втулки. Во втором случае пользуются несложным приспособлением, при помощи которого втулку можно выпрессовать и опять запрессовать. Предварительно нужно вывернуть стопорный винт и вывести через прорез смазочное кольцо. В последнее время разработаны гидравлические съемники, облегчающие распрессовку подшипников.

Вспомогательные операции. После снятия основных частей (щитов, подшипников, траверс, вкладышей масленок, уплотнений) с машины их промывают бензином или керосином. Обмотки очищают от пыли сильной струей сжатого воздуха, после чего протирают чистой тряпкой, смоченной в бензине. Исправные детали хранят в промежуточной кладовой цеха, поврежденные направляют в ремонт. При разборке машины строго соблюдают правила безопасности труда.

Осмотр деталей разобранной машины. Легкими ударами молотка простукивают подшипниковые щиты, выявляя, нет ли в них трещин. Места, вызывающие сомнение, осматривают через лупу для обнаружения волосяных трещин. Границы трещин отмечают мелом.

Рабочую поверхность подшипников скольжения проверяют на отсутствие трещин, выбоин, неравномерной выработки. Маслораспределительные, маслоулавливающие канавки, а также маслосасывающие щели по бокам нижнего вкладыша и между шейкой с верхним вкладышем должны соответствовать чертежам или размерам соответствующих деталей у новой машины.

В шарико- и роликоподшипниках не должно быть выбоин, шелушения шариков или беговых дорожек, недопустимо также увеличение радиального и осевого люфтов.

Далее осматривают и тщательно проверяют *щеткоподъемный механизм*, щеткодержатели, пальцы, изоляторы, траверсы, крепеж.

Обращают особое внимание на отсутствие пятен на статоре, характеризующих местные перегревы стали сердечника, и на места паек (сварки) стержней и торцевых колец короткозамкнутого ротора. На поверхности контактных колец не должно быть больших следов выработки, выбоин, трещин, подгаров; на валу - трещин; на шейках вала - раковин, шероховатостей, задиров, царапин. Проверяют диаметры посадочных мест, их овальность и конусность, состояние вентилятора и его крепление, сохранность паек петушков, коллектора, плотность прессовки коллекторных пластин и отсутствие на них подгаров, выбоин, дорожек и выступающей слюды. Измеряют величину сопротивления изоляции между каждой парой смежных коллекторных пластин, между коллектором и валом, между коллектором и бандажами. Проверяют прочность пайки проводов между обмоткой и контактными кольцами. Измеряют сопротивление изоляции роторных обмоток. Проверяют прочность бандажей и плотность посадки клиньев.

Производят статическую или динамическую балансировку ротора.

Корпус машины тщательно осматривают и проверяют на отсутствие трещин и забоин в местах посадки подшипниковых щитов. Корпус бракуют, если трещины имеют значительную величину и не могут быть устранены. Проверяют исправность лап.

Определяют плотность прессовки листов стали, надежность установки распорок между отдельными пакетами, отсутствие пятен, свидетельствующих о перегреве, следов ржавчины и смещение пакетов сердечника.

Определяют состояние изоляционной панели коробки выводов, выводных концов зажимов и гаек, контролируют пайку наконечников.

Установление объема ремонта обмоток - самая сложная и ответственная задача. Смотрят, нет ли повреждений изоляции лакового покрытия лобовых частей в виде вмятин, вспучивания или трещин; в сомнительных случаях проверяют частично снятую изоляцию на механическую прочность.

Проверяют, нет ли вспучивания изоляции стержней в пазах, потемнений в отдельных местах обмотки в результате местных перегревов, следов масла на лобовых частях обмотки, которые могут появиться при плохом уплотнении вследствие выброса его из подшипников.

Все данные осмотра и проверки заносят в ведомость дефектов.

После этого отдельные части, нуждающиеся в ремонте, направляют соответственно в обмоточное и механическое отделения. При ремонте пользуются заводскими чертежами, чтобы ремонтируемые узлы и детали по своим размерам, допускам и техническим требованиям полностью соответствовали новым.

Сборка электрической машины. Электрические машины собирают на специальной площадке, свободной от всяких посторонних, не относящихся к сборке, предметов. Перед сборкой проверяют комплектность отремонтированных узлов и деталей.

Рассмотрим процесс сборки отдельных узлов и всей машины в целом.

Установка подшипников скольжения. Изготовленные вкладыши или втулки подшипников скольжения запрессовывают в подшипниковые щиты обычно винтовым или гидравлическим прессом. До запрессовки устанавливают в прорезь смазочное кольцо и следят, чтобы оно не мешало установке втулки или вкладыша на место. При запрессовке особое внимание обращают на правильное положение втулки в гнезде щита (отсутствие перекосов).

Сборка ротора. На вал насаживают контактные кольца и укрепляют их; закрепляют вентилятор. Если машина имеет шариковые подшипники, то их после тщательной промывки разогревают в масляной ванне до температуры 90—100°С и напрессовывают на вал. Подшипники разогревают в ванне в подвешенном состоянии. Мелкие подшипники иногда опускают в ванну в металлической сетке. Подшипники не кладут на дно ванны и не разогревают пламенем паяльной лампы во избежание неравномерного нагрева или отпуска стали. Насаживают на вал подшипник легкими ударами молотка по трубе. Трубу берут из малоуглеродистой стали или оконцованную медным ободком. Диаметр трубы должен соответствовать диаметру внутренней обоймы подшипника. Подшипники могут быть разогреты более совершенным способом - индукционным.

Питание индуктора осуществляется от трансформатора «0-220/36-12 В мощностью 250 Вт. Время разогрева в 2 - 3 раза меньше, чем разогрев в масляной ванне. Контроль температуры осуществляется термометром или термомпарой. Индукционная установка смонтирована на асбоцементной плите.

Установка ротора в статор и щитов. Ротор устанавливают в статор осторожно, чтобы не повредить обмотки и сердечник. Приемы установки ротора те же, что и при выемке. Легкий ротор вводят в статор вручную, тяжелый - с помощью подъемных приспособлений. В зазор между статором и ротором укладывают временную картонную прокладку.

Установив ротор на место, устанавливают *задний подшипниковый щит*. При этом следят, чтобы смазочное кольцо при подшипниках скольжения было поднято и не мешало установке щита. При правильной установке щита риски, нанесенные на щит и корпус машины до ее разборки, совпадают, установленный щит слегка прихватывают болтами. Удаляют временную прокладку и надевают передний щит, который также прихватывают болтами. Болты затягивают попеременно в диаметрально противоположных точках, завертывая болт каждый раз примерно на половину оборота.

Сборка машины в целом. Не затягивая болты подшипниковых щитов до отказа, поворачивают ротор от руки. При правильной сборке ротор легко вращается. Поворачивание ротора только при приложении значительного усилия объясняется наличием загустевшего масла в подшипниках, посторон-

них предметов между статором и ротором, перекосом деталей при сборке, посадкой подшипников качения на вал или в корпус с недопустимо большим натягом (хруст в подшипниках) и другими причинами.

Устранив неполадки, окончательно затягивают болты щитов и *устанавливают фланцы*. Масляные камеры подшипников скольжения заливают маслом. Устанавливают все остальные детали машины.

Проверяют щупом воздушный зазор между ротором и статором, а также осевое перемещение (разбег) ротора, которое не должно превышать 1 - 2 мм.

Величину воздушного зазора между ротором и статором изменяют с обеих сторон в четырех точках через 90° по окружности для машин малой и средней мощности и восьми точках для крупных машин. Среднеарифметические значения измеренных зазоров для асинхронных двигателей А2 и А02 не должны отличаться от номинальных более чем на ±10%. Величина зазора, измеренная в каждой точке (неравномерность воздушного зазора), также не должна отличаться от среднего значения более чем на 10%. Окончательно затягивают все болты, винты и гайки и передают машину на испытательный стенд для проведения испытаний.

Контроль и испытания. При ремонтных работах большое внимание уделяют контролю и испытаниям машины и ее отдельных частей как в процессе ремонта, так и при выпуске отремонтированной машины. Различают предремонтные испытания отдельных частей машины в процессе ремонта и испытания отремонтированной машины (выпускные испытания).

В процессе ремонта осуществляют пооперационный контроль, т. е. контроль качества выполняемых работ после каждой операции. При этом убеждаются в отсутствии витковых замыканий после ремонта или после изготовления новой обмотки до пайки схемы и в отсутствии обрывов провода уложенных секций и катушек. В процессе ремонта проверяют сопротивление изоляции обмоток между собой и на корпус, расстояния в местах пересечения лобовых частей катушек и секций, вылет лобовых частей обмотки, сечения и маркировку выводных концов.

Перед пропиткой обмотки изоляцию между фазами и на корпус испытывают на электрическую прочность. При этом испытательное напряжение принимают несколько большим, чем при выпускных испытаниях.

Электрические машины мощностью до 100 кВт и напряжением до 1000 В подвергают в соответствии с «Нормами испытания электрооборудования» только некоторым электрическим испытаниям:

- проверка сопротивления изоляции всех обмоток относительно корпуса и между собой. Эту проверку производят при номинальном напряжении для машин до 1000 В мегаомметром на напряжение 1000 или 2500 В.
- измерение сопротивления обмоток постоянному току. Отклонения измеренного сопротивления от расчетного свидетельствуют об обрывах проводов в местах пайки, металлических замыканиях между витками, ошибках при подборе диаметра провода при намотке обмоток и других неисправностях.

- испытание изоляции повышенным напряжением (электрической прочно-сти). Эти испытания производят переменным током промышленной частоты путем приложения к изоляции обмоток в течение 1 мин повышенного на-пряжения. Величина этого напряжения для обмоток статора машин перемен-ного тока равно $0,75 (1000 + K_{\text{ном}}) \text{ В}$, но не ниже 1100 В, где $K_{\text{ном}}$ - номиналь-ное напряжение машины. Испытание производят мегаомметром.

-опыт холостого хода. Эта проверка позволяет установить существенные неполадки, например: повышенный против нормы ток холостого хода указы-вает на увеличенный зазор между статором и ротором или малое число вит-ков в обмотке статора; повышенные потери мощности при холостом ходе на междувитковое замыкание, повреждение сердечника или повышенное трение в подшипниках.

Результаты испытаний заносят в протокол. Объем и норму испытаний принимают в каждом отдельном случае согласно нормам или ведомственным инструкциям.

Испытания, как правило, проводят в специально оборудованной лабора-тории на стендах. Часть испытаний может быть осуществлена на рабочем ме-сте ремонтника с обязательным соблюдением правил безопасности труда.

Практическое занятие 5

Алгоритмы ремонта электрических машин. Диагностика и техническое обслуживание коллекторов, токосъёмных устройств, подшипников ка-чения

Изучить информационный материал практического занятия 5.

ЗАДАНИЕ

1 бригада создает инструкцию по диагностике состояния щёточно – коллек-торного узла;

2 бригада создаёт инструкцию по чистке, шлифовке и проточке коллектора и смене (установке) щёток электрических машин;

3 бригада создаёт инструкцию по диагностике состояния и техническому об-служиванию (ремонту) подшипников электрических машин.

Результат разработок предьявляется в печатном виде А4 формат 4 эк-земпляра.

ГОС – вопрос. Обязательно провести обсуждение и обмен инструкциями. Одну инструкцию предоставить преподавателю.

*Ремонт и техническое обслуживание коллектора, колец, щеток
Как определить допустимую величину износа коллекторных пластин или контактных колец?*

В соответствии с правилами Регистра РФ электрические машины постое-янного тока, предназначенные для привода гребных установок, и электриче-ской машины постоянного тока мощностью 200кВт и более должны иметь

смотровые окна, обеспечивающими наблюдение за состоянием коллектора и щёток без демонтажа крышек.

Допустимая величина износа коллекторных пластин или контактных колец должна быть указана на их торцевой стороне. Эту величину следует принимать не менее 20% высоты коллекторов или контактных колец. Для якорей массой более 1000 кг должна быть предусмотрена возможность обработки коллектора без выемки якоря из машины. Отвод тока от щётки должен производиться гибким медным проводом. Использование пружин щёткодержателя для отвода тока не допускается.

Какая степень искрения допустима при работе машин постоянного тока?

На всех режимах работы электрической машины постоянного тока необходимо проверять коммутацию, качество которой оценивают визуально по искрению на коллекторе под сбегаящим краем щетки с помощью шкалы искрения (табл.5.1).

Коллекторные машины должны работать практически без искрения при любой нагрузке в пределах от холостого хода до номинальной. При требуемых перегрузках, реверсировании машин и пуске машин не должно появляться искрения в такой степени, чтобы возникали повреждения щёток или коллекторов.

Степени искрения и их характеристики

Таблица 5.1.

Степень искрения	Характеристики степени искрения	Состояние коллектора и щеток
1	Отсутствие искрения (темная коммутация)	Отсутствие почернения на коллекторе и нагара на щетках
1 ¼	Слабые точечные искрения под небольшой частью щеток	Отсутствие почернения на коллекторе и нагара на щетках
1 ½	Слабое искрение под большей частью щеток	Появление следов почернения на коллекторе, легко устранимых протиркой бензином, а также следов нагара на щетках
2	Искрение под всем краем щетки	Появление следов почернения, не устранимых протиркой бензином, а также следов нагара на щетках
3	Значительное искрение под всем краем щетки с наличием крупных и вылетающих искр	Значительное почернение на коллекторе, не устранимое протиркой бензином, а также подгар и разрушение щеток

При номинальном режиме работы машины степень искрения должна быть не выше 1½, если она не оговорена в соответствующем стандарте или в технических условиях на данную машину. Основным критерием для оценки степени искрения служит состояние рабочей поверхности коллектора и щеток.

Причинами искрения щеток могут быть вибрация электрической машины, неправильная установка щеток, биение, выработка, загрязнение коллектора, не-

правильный выбор марки щеток. Класс коммутации для судовых электрических машин продолжительного режима работы не должен превышать - 1,25, для кратковременного и повторно-кратковременного режимов— 1,5.

Марку щеток выбирают по указаниям завода-изготовителя, размер щеток должен обеспечивать их свободное перемещение в обойме. Щетки с предельным изнашиванием при ремонте заменяют на новые. Установленные щетки необходимо притереть к коллектору, подкладывая между щеткой и коллектором стеклянную бумагу № 100 (абразивной поверхностью к щетке), которую затем протягивают от одного крайнего положения до другого до тех пор, пока щетка не притрется. После замены щеток (50 % и более) они должны приработаться к коллектору до зеркальной поверхности при уменьшенной нагрузке $-1/4$ или $1/3$ номинальной.

Полезным может оказаться наблюдение за цветом искр. Небольшое искрение, наблюдаемое часто на сбегавшем крае щетки, не представляет собой никакой опасности, причем в этом случае искры обычно имеют белый или голубовато-белый цвет, они небольшого размера («точечное искрение»). Вытянутые искры желтоватого оттенка на многих щетках свидетельствуют о неправильной коммутации. Зеленая окраска искр и наличие меди на зеркале щеток являются следствием сгорания меди и указывают на механические причины искрения, например выступание коллекторных пластин, эксцентricность коллектора, вибрацию щеток и т. п.

Для выявления причин искрения под щетками необходимо произвести тщательное обследование машины и устранить все дефекты в скользящем контакте и в электрической и магнитных цепях машины. Лишь после этого приступают к исследованию коммутации по методу безыскровой зоны и к регулировке добавочных полюсов.

Если после устранения всех дефектов и регулировки добавочных полюсов коммутация машины все же неудовлетворительная, то приходится изменять марку щеток и применять слоистые и разрезные (двойные) щетки. Разрезные щетки благодаря их меньшей ширине по сравнению с целой щеткой лучше пришлифовываются к коллектору и дают лучший контакт.

Для увеличения поперечного сопротивления щеток можно на рабочей поверхности существующих щеток прорезать несколько взаимно перпендикулярных канавок шириной 1 мм и глубиной 3 мм. Благодаря этим надрезам улучшается также вентиляция, а следовательно, и охлаждение щеток.

В некоторых случаях улучшения коммутации можно достигнуть, расширяя коммутационную зону или применяя более широкие щетки. Чтобы расширить коммутационную зону, щетки каждого brackets траверсы смещают относительно друг друга по окружности коллектора, располагая их в шахматном порядке. В нереверсивных машинах улучшение коммутации может быть иногда достигнуто сдвигом траверсы.

В каких случаях требуется шлифовка контактных колец (коллекторов) и как она должна осуществляться?

Поверхность нормально работающего коллектора или колец должна быть всегда чистой, ровной, полированной и покрыта тонкой блестящей плёнкой несколько темнее коллектора ("политурой"). Наличие плёнки увеличивает сопротивление скользящего контакта, улучшает коммутацию и уменьшает износ коллектора и в некоторой степени щёток. В процессе эксплуатации машины необходимо систематически удалять с коллектора и колец медноугольную пыль сухой мягкой неволокнистой ветошью. Если поверхность загрязнена или на ней появился незначительный нагар или масло, коллектор следует почистить мягкой неволокнистой ветошью, слегка смоченной в бензине или спирте. Такая чистка допускается после остановки машины. Если на поверхности коллектора (колец) появились следы значительного обгорания, шероховатости и неровности, вызывающие возрастание искрение щёток, коллектор (кольца) необходимо отшлифовать. Чтобы машина не засорилась медной и абразивной пылью, перед шлифовкой рекомендуется лобовую часть обмотки и "петушки" оклеить бумагой, а стеклянную бумагу слегка смазать чистым вазелином. Желательно обеспечить отсос выделяемой пыли или отвод её струёй сжатого воздуха.

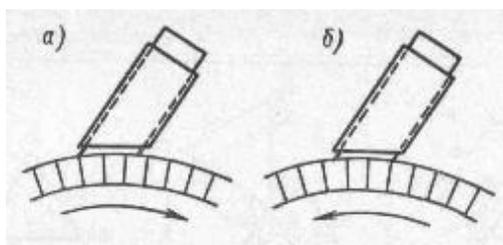
При появлении на коллекторе (кольцах) таких повреждений, как сильно выгоревшие места, глубокие забоины, эксцентricность более 0,050,1мм, а также при недопустимых биениях, неустранённых шлифовкой, коллектор (кольца) следует проточить. Направление его вращения при проточке и шлифовке должно быть таким же, как при работе машины. Перед проточкой коллектор следует нагреть до 80-90 градусов С и проверить затяжку болтов (шпилек), а после его охлаждения проверить вторично. Затягивать следует только ослабевшие болты.

Как правильно устанавливаются щётки?

Правильное положение щеток может быть достигнуто правильной установкой траверсы и щеткодержателей. Последние нужно устанавливать на пальцах траверсы или bracketах так, чтобы ось расположения щеток была параллельна оси коллектора. Для этого нужно одинаковые щеткодержатели установить по линейке, расположенной параллельно оси коллектора.

Установка радиальных щеткодержателей не зависит от направления вращения якоря. Установка реактивных щеткодержателей (наклоненных к вертикали под углом 30 — 40°) зависит от направления вращения якоря.

При правильной установке острый край щетки направлен против направления вращения, т. е. этот край является набегающим. На рисунке 5.1, а показана правильная установка щеткодержателя, а на рисунке 5.1,б — непра-



вильная. Направление вращения в обоих случаях показано стрелкой.

Рис. 5.1. Правильная (а) и неправильная (б) установка щеткодержателя.

Наклонные щеткодержатели (с углом наклона не более 15°) устанавливаются так, чтобы острый край щетки был направлен по вращению коллектора, т. е. острый край щетки должен быть сбегающим.

Щетки должны быть так установлены по окружности коллектора, чтобы расстояния между сбегающими краями щеток соседних бракетов траверсы были практически одинаковы. В противном случае может быть искрение под щетками, так как они замыкают накоротко витки обмотки, несколько сдвинутые с нейтрали. Для правильной установки щеток нужно на коллектор, под щетки, положить полоску бумаги, размеченную на равные части соответственно числу бракетов. Производить проверку равномерной установки щеток по окружности по числу коллекторных пластин, заключенных между сбегающими краями щеток соседних бракетов, не следует, так как это может дать ошибку. Указанным способом можно выдержать одинаковые расстояния между соседними рядами щеток с точностью ± 1 мм, что является достаточным для нормальной работы машины.

Причиной искрения под щетками может быть повышенный зазор между щеткой и обоймой щеткодержателя или, наоборот, защемление щетки в щеткодержателе при работе. Нормальный зазор между щеткой и обоймой составляет 0,2—0,3 мм.

Расстояние L от обоймы щеткодержателя до поверхности коллектора (рис.5.2) должно составлять 2,5—3 мм у крупных машин, 1,5—2,5 мм у машин типа ПН28.5—ПН550 и около 1 мм у машин типа ПН5—ПН 17,5.

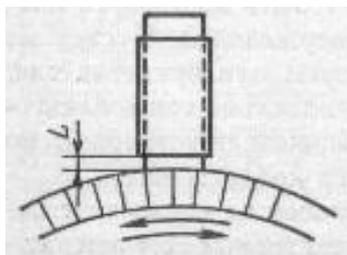


Рис. 5.2. Расстояние от обоймы щеткодержателя до поверхности коллектора

Как определить нажатие щёток?

Нажатие на щетку, создаваемое пружиной щеткодержателя, должно соответствовать определенному удельному давлению, зависящему от марки щеток и от окружной скорости кол лектора или контактных колец.

Для уменьшения механических потерь на коллекторе или кольцах стремятся установить минимальное нажатие, при котором щетки работают без искрения. Следует также учесть, что чем больше окружная скорость, тем большим устанавливают нажатие, чтобы щетки могли следовать за всеми неровностями на поверхности коллектора или колец и удовлетворительно работали при возможных вибрациях щеткодержателей. Разница в нажатии на отдельные щетки не должна превышать 10 % среднего его значения.

Проверка нажатия щеток производится динамометром, закрепленным за

рычажок щеткодержателя, прижимающий щетку к коллектору. Значение нажатия может быть определено, если между щеткой и коллектором проложить лист бумаги и производить постепенное натяжение динамометра; показание динамометра, при котором бумага может быть легко изъята, и будет соответствовать нажатию щетки на коллектор.

Возможна аналогичная проверка без использования динамометра: нажатие щёток нормальное, если лист бумаги обычной плотности не рвется или не выпадает при попытке её изъятия.

Как можно чистить коллектор и контактные кольца?

Коллектор, контактные кольца и щетки требуют тщательного ухода. Они должны быть всегда чистыми. Особенно вредна для них металлическая и угольная проводящая пыль, которая, смешиваясь с попавшим на контактные поверхности маслом, образует грязь и вызывает искрение.

Коллектор и контактные кольца можно чистить на ходу машины при помощи дощечки, обернутой сухой тряпкой. При этом следует соблюдать правила безопасности, заключающиеся в том, чтобы изолировать себя от соприкосновения с токопроводящими частями и не задевать руками и одеждой вращающиеся части машины.

Угольные щетки должны иметь зеркально блестящую поверхность на всей площади соприкосновения с коллектором или контактными кольцами. Сработавшиеся щетки нужно заменять щетками той же марки.

Щетки должны быть притерты к поверхности коллектора или контактных колец. Для этого под щетки 2—3 бракетов траверсы подкладывают стеклянную бумагу, обращенную рабочей стороной к щеткам; после этого бумагу передвигают взад и вперед при нормальном давлении пружин на щетки (рис.5.3).



Рис. 5.3. Правильная (а) и неправильная (б) пришлифовка щеток.

Применение наждачного или карборундового полотна для пришлифовки щеток недопустимо.

Для правильной притирки щеток концы бумаги нужно отогнуть вниз (рис. 8.3,а), так как при отгибании бумаги вверх (рис.8.3,б) края щеток будут опилены, и уменьшится активная ширина щеток, что может вызвать искрение на коллекторе. Притирку щеток твердых марок начинают с более крупных номеров бумаги и кончают более мелкими, лишь щетки мягких марок пришлифовываются мелкими номерами бумаги. После притирки щеток производятся очистка и продувка сжатым воздухом коллектора, контактных колец, щеток и щеткодержателей для удаления угольной пыли и зерен стекла.

При продувке имеет место, однако, крайне вредный перенос угольной

ныли из одной части машины в другую; во избежание этого нужно по возможности применять для чистки машины пылесос.

В каких случаях необходимо проводить проточку коллектора?

Контактные поверхности коллектора и контактных колец должны быть строго цилиндрическими и иметь гладкий, полированный вид, без неровностей, царапин и горелых мест; слюда между коллекторными пластинками не должна выступать за поверхность коллектора. Допустимое биение коллекторов быстроходных машин с окружной скоростью до 50 м/с, например турбовозбудителей, не должно превышать 0,02—0,03 мм, в тихоходных машинах может быть допущено, без ущерба для работы машины, значительно большее биение — порядка 0,1 — 0,2 мм.

При большом биении коллектора производят обточку его резцом или шлифовку, а при биении и неровностях до 0,5 мм — шлифовку.

Перед проточкой коллектора его следует нагреть до 100°С, затянуть в нагретом состоянии, затем дать ему остыть и снова затянуть. Затягивать следует только ослабевшие болты. Чрезмерное затягивание болтов (шпилек) коллектора может вызвать ненормальную деформацию коллектора.

Проточку коллектора производят при скорости резания примерно 90 м/мин и подаче не более 0,05—0,1 мм на оборот. Коллекторы крупных машин протачивают высококачественными резцами при вращении якоря в своих подшипниках; суппорт токарного станка пристраивают у коллектора и устанавливают так, чтобы резец был обращен режущей кромкой вверх, немного выше центра. Перед проточкой коллектора желательно предварительно «продорожить» его с тем, чтобы затяжка меди не затрудняла операцию продороживания коллектора после проточки.

Как проводят шлифовку коллектора?

Шлифовку коллектора производят мелкозернистыми камнями, укрепленными неподвижно в суппорте, либо вращающимся карборундовым мелкозернистым кругом диаметром 150—300 мм, установленным на специальном приспособлении или суппорте; целостность круга следует проверить, а работу производить при наличии достаточно прочных предохранительных щитков. При шлифовке коллектора неподвижным камнем оптимальная окружная скорость коллектора находится в пределах 10—20 м/с, шлифовка может производиться также и при номинальной окружной скорости.

При шлифовке коллектора при помощи вращающегося круга последний должен вращаться навстречу коллектору, подача должна быть весьма незначительной.

Как проводят шлифовку коллектора?

При наличии царапин, нагара и прочих местных дефектов коллектор подвергается полировке. Этой операции коллектор подвергается и после проточки или шлифовки. Полировка устраняет следы обработки коллектора (резцом или камнем) и создает благоприятные условия для образования оксидной пленки («политуры») на его поверхности, необходимой для правильной работы коллектора и щеток. Полировку производят при номинальной частоте

вращения, применяя мелкую стеклянную бумагу № 100.

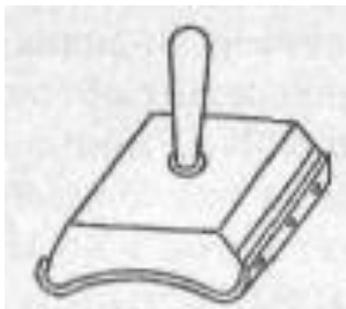


Рис. 5.4. Колодка для полировки коллектора

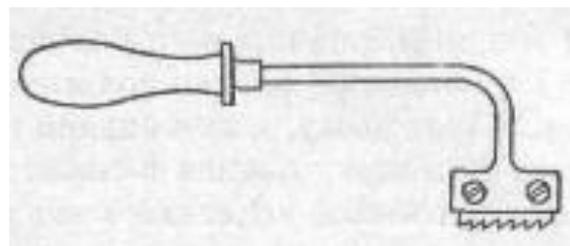


Рис. 5.5. Пилка для выпиливания слюды

Для полировки коллектора стеклянную бумагу прикрепляют к деревянной колодке (рис.5.4), которую пригоняют точно по диаметру коллектора; ширину бруска выбирают такой, чтобы он мог свободно помещаться между щетками двух соседних бракетов. Колодку прижимают к вращающемуся коллектору. По достижении гладкой поверхности коллектор очищают и продувают сжатым воздухом, к колодке прикрепляют новую стеклянную бумагу, на которую наносят тонкий слой чистого вазелина, и продолжают полировку до получения поверхности равномерного темного цвета. Все сказанное относительно требований, предъявляемых к коллектору и его обработке, относится также и к контактным кольцам. Разница лишь в одном: в связи с более легкими условиями работы контактных колец для них может быть допущено несколько большее биение.

Как проводят продоразживание коллектора?

Слюду (миканит) между коллекторными пластинами выпиливают на глубину 1,5—2 мм; эта операция называется продоразживанием коллектора.

Продоразживание можно производить либо специальной фрезой, вращаемой небольшим электродвигателем, либо вручную — при помощи специальной пилки (рис.5.5), которую обычно изготавливают из небольшого куска ножовочного полотна (без развода зубцов) и зажимают в рукоятку.

Перед производством работ по проточке, шлифовке и полировке коллектора или контактных колец должны быть приняты соответствующие меры для предотвращения попадания стружки и абразивной пыли внутрь машины; по окончании этих работ необходимо произвести осмотр, чистку и продувку машины сжатым воздухом.

Как проводят диагностику состояния и ремонт подшипников?

Наиболее ответственными частями электрической машины после коллекторов и токосъёмных устройств являются подшипники. Для судовых электрических машин мощностью до 100 кВт применяют, как правило, подшипники качения - шариковые и роликовые, подшипники скольжения используют в более мощных машинах.

При ремонте электрических машин шариковые и роликовые подшипники снимают с вала и заменяют новыми в случае изнашивания, при появлении повышенных радиальных и осевых зазоров, а также язвин на поверхности шариков и роликов и на дорожках качения.

Подшипники в эксплуатации систематически контролируют внешним осмотром, а также по нагреву, шуму и вибрации.

Повышенный нагрев подшипника может быть вызван его загрязнением, избытком или отсутствием смазки, задеванием вращающихся деталей о неподвижные, а также чрезмерным его износом или разрушением.

Температура подшипников качения для большинства электрических машин не должна быть более 100 °С. Обычно температура подшипника превышает температуру окружающей среды не более чем на 30 °С, а температуру подшипникового щита на 5—10 °С. Ненормальный нагрев подшипника обнаруживают сравнением их температур на нескольких однотипных машинах. Температуру в этом случае контролируют рукой, прикладывая ее к поверхности щита или крышки вблизи подшипника.

По характеру шумов и стуков в подшипнике при известном навыке можно определить его состояние. Проверку выполняют стетоскопом или длинной отверткой с пластмассовой ручкой. Лезвие отвертки прикладывают возможно ближе к месту установки подшипника, ручку - к уху. В исправном подшипнике слышится легкий равномерный шелест или тонкое жужжание. Свист или резкий звенящий шум свидетельствует об отсутствии смазки или защемлении тел качения. Гремящий шум (частые звонкие стуки) указывает на появление язвин на рабочих поверхностях или попадание в подшипник абразивной пыли. Глухие удары появляются при ослаблении посадки подшипника.

Выброс смазки из подшипника происходит из-за износа или недостаточной эффективности уплотняющих устройств или избытка смазки. Своевременное добавление или замена смазки необходимы для нормальной работы подшипника. Смазка уменьшает трение в подшипнике и предохраняет его детали от коррозии. Недостаток или избыток смазки, неправильный выбор ее марки приводят к преждевременному износу подшипника. Для подшипников качения применяют жидкие смазочные масла и мазеобразные пластичные смазки. Смазочные масла по сравнению со смазками существенно уменьшают трение, лучше проникают к поверхностям трения через узкие зазоры и отводят теплоту от подшипника. Однако при жидкой смазке усложняется конструкция уплотнений, смазочная система требует тщательного ухода в эксплуатации. Пластичные смазки хорошо удерживаются в подшипнике, заполняя малые зазоры в уплотнениях, они надежно предохраняют подшипники от проникновения в них грязи, пыли и влаги. Эксплуатация машины упрощается, так как не требуется постоянного контроля за системой смазки. Пластичные смазки получают из смазочных масел путем их загущения. Добавленный в смазку загуститель создает в ней каркас из переплетенных волокон, который придает смазке пластичность и удерживает в ячейках смазочное масло.

Окончательное решение о применении той или иной марки смазки для конкретных машин принимается после длительной проверки работы подшипников в эксплуатационных условиях.

В подшипниках качения смазочные функции выполняет лишь тонкая пленка смазки, находящаяся на поверхностях трения. Избыток смазки приводит к нагреву подшипника из-за дополнительных потерь на трение при ее перемешивании. Количество смазки, которое закладывают в подшипник, зависит от его свободного объема, который складывается из пустот в самом подшипнике и подшипниковых крышках и скоростного параметра подшипника. Скоростной параметр равен произведению d_{cp}/n , где d_{cp} — средний диаметр подшипника (мм), равный полусумме наружного и внутреннего его диаметров, n — частота вращения (об/мин).

В быстроходных подшипниках, скоростной параметр которых превышает 100 000, заполняют 1/3 или самое большее 1/2 свободного объема, при средних и небольших скоростях — от 1/3 до 2/3.

Надежная работа подшипников зависит не только от количества смазки, но и от правильной ее закладки. Смазкой заполняются пустоты в самом подшипнике, остальная ее часть должна образовать защитный слой, который предохранит подшипник от загрязнения. Все щели в уплотнениях и жировые канавки должны быть заполнены смазкой при сборке. Это необходимо потому, что смазка в зазорах уплотнений не перемалывается телами качения, имеет меньшую температуру, чем смазка в самом подшипнике, и лучше сохраняет вязкость, обеспечивая надежное уплотнение. *Периодичность замены смазки в подшипнике зависит от многих факторов: скоростного параметра, нагрузки, рабочей температуры подшипника и оговаривается в инструкции по эксплуатации машины.* Для пополнения и замены смазки в подшипниках предусматриваются специальные отверстия для ввода свежей смазки и выхода отработанной. В новых конструкциях электрических машин, например в серии 4А, смазка подается через пресс-масленку, проходит по горизонтальному отверстию в крышке-капсюле и заполняет полость между крышкой и подшипником. Затем проходит через подшипник, попадает в промежуток между смазочным диском и левой стенкой капсюля и выходит через отверстие в нижней части капсюля. Смену смазки производят на вращающейся машине и при снятой заслонке, закрывающей входное отверстие. Вращающийся смазочный диск отбрасывает смазку к выходному отверстию, облегчая ей прохождение через подшипник. Смазку надо подавать постепенно, так как при большом давлении она может выйти через зазоры в уплотнениях. Ее нагнетают шприцем, головка которого закрепляется на масленке.

Подшипники надевают на вал нагретыми до температуры 90 — 100 °С. Нагрев производят в ваннах с минеральным маслом. Если подшипник не устанавливается на вал свободно, его насаживают ударами молотка через монтажную трубу.

Подшипники качения снимают с вала при их замене, а также в случаях, когда они мешают демонтажу с вала других частей ротора. При разборке машины шарикоподшипники и внутренние кольца роликоподшипников остаются на валу. Это облегчает демонтаж подшипников. После выемки ротора подшипники промывают и завертывают в промасленную бумагу, чтобы

предохранить от загрязнения. Загрязненные подшипники не следует вращать, так как абразивные частицы повредят поверхности дорожек и тел качения.

Подшипники с вала снимают за внутреннее кольцо. При стягивании за наружное кольцо нагрузка передается через тела качения и вызывает появление вмятин на дорожках. Съёмник со сменными плитками позволяет снимать подшипники с различными внутренними диаметрами.

Предварительную оценку состояния неразборных подшипников после снятия с вала можно провести путем контроля качества их вращения. Дефектуемый подшипник сравнивают с эталонным. Подшипник удерживается в горизонтальном положении за внутреннее кольцо, наружное кольцо проворачивают в ту или другую сторону. Причиной тугого вращения может быть загрязнение подшипника или высыхание смазки. Заедание подшипника, т. е. относительно легкое проворачивание, но с остановками в некотором положении, может быть вызвано наличием на рабочих поверхностях местных налетов продуктов разложения смазки, прилипанием посторонних частиц или вмятинами на дорожках и телах качения. Если после промывки и смазки нормальное вращение не восстанавливается, подшипник бракуют. Повышенный шум в подшипниках обнаруживается при быстром вращении его от руки. Он может появиться из-за сильного увеличения радиального зазора или износа сепаратора.

При капитальном ремонте подшипники подлежат замене независимо от их состояния.

Практическое занятие 6

Характерные неисправности синхронных генераторов и способы их устранения.

Построение дерева неисправностей.

Изучить источники [3], Раздел 6, с. 346 – 360, информационный материал практического занятия 6.

ЗАДАНИЕ

На основании этих материалов построить дерево неисправностей синхронного генератора, используя программу S- план. Чертеж вывести в формате А4 или А3 и представить для защиты преподавателю.

Характерные неисправности синхронных генераторов переменного тока и способы их устранения занесены в таблицу 6.1.

Основные неисправности синхронных генераторов. Таблица 6.1.

Причины	Способы устранения
Синхронные генераторы	
<i>Повышенный нагрев подшипников</i>	
Недостаточное или чрезмерное смазывание, загрязнение смазки, попадание воды в смазку	Вскрыть подшипник, промыть его и вновь наполнить рекомендуемой смазкой
Механическое повреждение подшипников	Заменить подшипники

Неудовлетворительная центровка генераторных агрегатов Прохождение тока через подшипники	Проверить центровку Восстановить изоляцию подшипников
<i>Искрение щеток и обгорание контактных колец</i>	
Контактные кольца и щетки загрязнены и шероховаты Чрезмерное радиальное биение контактных колец Поставлены щетки несоответствующей марки	Произвести чистку и шлифовку колец и щеток Проточить и отшлифовать контактные кольца, притереть щетки Поставить щетки соответствующей марки
<i>Общий нагрев генератора</i>	
Генератор перегружен Засорены вентиляционные каналы, загрязнились фильтры, активная сталь и обмотки покрылись грязью Нет доступа воды в холодильник	Устранить перегрузку Очистить генератор, продуть сжатым воздухом, промыть сетки фильтров Открыть клапан, регулирующий подачу воды в холодильник
<i>Чрезмерное нагревание обмотки статора</i>	
Генератор перегружен или нарушена его нормальная вентиляция	Устранить перегрузку, восстановить вентиляцию
<i>Активная сталь статора равномерно перегрета (при номинальной нагрузке генератора)</i>	
Генератор работает с напряжением, превышающим номинальное Генератор работает с частотой вращения ниже номинальной	Понизить напряжение до номинального Повысить частоту вращения до номинального значения
<i>Активная сталь местами сильно перегревается</i>	
Между отдельными листами активной стали происходят местные замыкания, вызванные заусенцами, образовавшимися при опиловке или задевании ротора о статор	Удалить заусенцы, обработать места замыкания напильником, разъединить соединяющие листы статора и покрыть их изоляционным лаком воздушной сушки
<i>Перегрев обмотки ротора</i>	
Генератор работает с напряжением, превышающим номинальное Частота вращения ниже номинальной Генератор работает с пониженным коэффициентом мощности (его реактивная мощность слишком велика) Междувитковое замыкание	Понизить напряжение до номинального значения, проверить работу системы самовозбуждения Повысить частоту вращения Снизить реактивную нагрузку или принять меры к увеличению коэффициента мощности (у одиночно работающего генератора) Устранить междувитковое замыкание
<i>Низкое сопротивление изоляции</i>	

Загрязнение обмоток статора, ротора, контактных колец, траверсы, панели выводов и др.	Удалить грязь и пыль, продуть генератор сжатым воздухом, доступные части протереть ветошью, смоченной бензином или смесью спирта и ацетона, и просушить
Чрезмерная влажность обмоток	Просушить обмотки
Нарушена изоляция токоведущих частей	Восстановить изоляцию, покрыв ее влагостойкой электроизоляционной эмалью
Понижилось сопротивление изоляции подводных кабелей	Найти и устранить причину
<i>Повышенная вибрация генератора</i>	
Неправильная центровка генератора с приводным двигателем	Отцентрировать генератор с приводным двигателем
Недостаточная жесткость фундаментной рамы	Увеличить жесткость фундаментной рамы
Неудовлетворительная балансировка ротора после ремонта	Отбалансировать ротор
<i>Генератор не возбуждается</i>	
Обрыв в цепи генератора начального пуска	Найти место обрыва и устранить его
Обрыв на стороне переменного или постоянного тока силовых выпрямителей	Найти место обрыва и устранить его
Пробой вентиля в блоке силовых выпрямителей или в выпрямителе начального возбуждения	Проверить каждый вентиль, поврежденные заменить
Плохой контакт щеток с контактными кольцами	Проверить каждый вентиль, поврежденные заменить
<i>Напряжение на генераторе понижено или уменьшен ток ротора при параллельной работе генератора</i>	
Замыкание цепи обмоток управления	Проверить схему соединения обмоток
<i>Напряжение на генераторе повышено и не регулируется</i>	
Обрыв в цепи питания корректора напряжения или в цепи обмоток управления	Найти обрыв и устранить
Пробой вентиля в блоках корректора напряжения	Проверить вентили, поврежденные заменить
<i>Устойчивые колебания напряжения генераторов</i>	
Обрыв в цепи обратной связи по ротору корректора напряжения	Найти обрыв и устранить
<i>Ток ротора при параллельной работе сильно понижен (повышен)</i>	
Обрыв в цепи уравнивающих соединений	Найти и устранить

Практическое занятие 7

Характерные неисправности асинхронных двигателей и способы их устранения.

Построение дерева неисправностей.

Изучить источники [3], Раздел 6, с. 346 – 360, информационный материал практического занятия 7.

ЗАДАНИЕ

На основании этих материалов построить дерево неисправностей асинхронного двигателя, используя программу S- план. Чертеж вывести в формате А4 или А3 и представить для защиты преподавателю.

Неисправности, вызывающие повышенный нагрев обмоток и других частей машины переменного тока.

Наиболее вероятными причинами общего повышенного нагрева машины могут быть:

- перегрузка машины;
- работа двигателя повторно-кратковременного режима в длительном режиме;
- неисправность воздухоохладителей или слишком маленькое давление охлаждающей воды (при наличии водяного охлаждения);
- загрязнение машины (ухудшаются условия вентиляции);
- засорение фильтра очистки воздуха;
- большой слой эмали и краски на обмотках и корпусе электрической машины, что ухудшает условия охлаждения машины.

При повышенном нагреве машины проверяют её нагрузку или режим работы путём замера времени работы, скорости и потребляемого тока. Если отклонений от номинального режима не обнаружено, то проверяют условия вентиляции, загрязнённость машины и толщину окрасочного слоя обмоток, который не должен превышать 300 мк.

Нагрев подшипников электрических машин может быть вызван следующими причинами:

- загрязнением или вытеканием смазки;
- старением или разложением смазки под действием паров растворителей, влаги, масел;
- неправильной заменой смазки, в результате чего в подшипник заложено смазки больше допустимой нормы;
- неправильной сборкой подшипниковых узлов, в результате чего наружные обоймы подшипников могут оказаться поджатыми буртиками наружных крышек подшипников внутрь машины или, наоборот, буртиками внутренних крышек в противоположную сторону. В этом случае при работе может наблюдаться заклинивание ротора (якоря) внутри машины;
- неправильной центровкой ротора (якоря) внутри статора (полюсов).

Для обнаружения причины вскрывают подшипниковые узлы и проверяют смазку. Непригодную смазку удаляют, промывают полости подшипниковых узлов бензином и заполняют новой смазкой всё свободное пространство в самих подшипниках, а углубления в наружной и внутренней крышках от 1/3 до 2/3 объёма.

Подшипниковые узлы проверяют по чертежам заводов-изготовителей. Необходимо строго соблюдать величины зазоров между обоймами подшипников и упорными буртиками фланцев и крышек подшипников, так как в противном случае может произойти смещение ротора относительно железа статора или наруше-

ние центровки шариков (роликов) относительно беговых дорожек внутренней и внешней обойм подшипников качения.

При тепловом расширении (удлинении) ротора работающей машины может оказаться, что зазоров в подшипниковых узлах не хватит для компенсации удлинения вала, в результате чего произойдёт заклинивание ротора, или даже может лопнуть крышка подшипника. По этой же причине нельзя заменять один из роликовых подшипников, предусмотренных конструкцией машины, на шариковый.

Если чертежей подшипниковых узлов не оказалось, то ориентировочно правильность центровки ротора внутри статора и правильность сборки подшипниковых узлов можно проверить кратковременным включением машины в работу при ослабленных креплениях крышек подшипников. Смазка 8 подшипниках при нормальных условиях должна заменяться после 3000 - 4000 ч. Работы, но не реже одного раза в 3 года, если инструкцией по эксплуатации машины не предусмотрены другие сроки.

Неисправности обмоток машин переменного тока

В большинстве случаев неисправности в обмотках машин переменного тока сопровождаются нагревом, неравномерным гулом и другими характерными признаками.

- При витковом замыкании в одной из фаз обмотки статора, коротком замыкании на корпус в двух местах или коротком замыкании между фазами двигатель сильно гудит, ротор медленно набирает скорость, обмотка статора местами сильно нагревается. Место повреждения иногда можно обнаружить на ощупь по сильному нагреванию короткозамкнутых витков, а также по потемнению изоляционных материалов и местному вытеканию лака или компаунда. Если фазы соединены звездой, то в повреждённой фазе ток будет больше, чем в других. Если фазы соединены треугольником, то ток в двух линейных проводах, подключённых к дефектной фазе электродвигателя, будет больше, чем в третьем линейном проводе сети. В большинстве случаев при замыкании витков обмотки статора повреждённые секции приходится заменять, но при незначительных повреждениях в лобовых частях обмотки возможна местная изоляция повреждённых мест.

- При обрыве одной из фаз обмотки статора чаще всего из-за нарушения контакта в местах соединения катушечных групп или из-за неисправности аппаратуры электродвигатель сильно гудит и нагревается, а при отключении от сети и повторном включении двигатель гудит, но не вращается. Прежде всего необходимо убедиться в исправности аппаратуры управления электродвигателем и наличии напряжения на всех фазах электродвигателя. Фазу, имеющую обрыв или плохой контакт, можно найти мегомметром или омметром. Обрывы или нарушения качества пайки чаще всего происходят в межкатушечных соединениях или в местах пайки стержневых обмоток.

- У электродвигателей с короткозамкнутым ротором при обрыве одного или двух стержней

обмотки ротора, плохом контакте между стержнями и короткозамыкающим кольцом или разрыве короткозамыкающего кольца наблюдается:

- двигатель гудит и развивает пониженный вращающий момент;

- скорость вращения двигателя ниже номинальной;

- ток нагрузки в различных фазах колеблется при вращении ротора.

Если обрывы или плохая пайка находятся на наружной части, то место дефекта можно определить при тщательном осмотре. Для определения обрыва в пазовой части ротор немного выдвигают из статора, расклинивают и подают на статор пониженное напряжение. Место обрыва определяют с помощью тонкой стальной пластинки. Для этого к каждому пазу ротора поочередно прикладывают пластинку так, чтобы она перекрывала два соседних зуба. При отсутствии дефекта пластинка притягивается и дребезжит. При отсутствии дефекта дребезжание осла-

бевае́т ли́бо по́лно́стью исче́зает. Плохую пайку после обнаружения исправляют зачисткой и тщательной перепайкой. Стержни, имеющие обрыв заменяют. Лопнувшие стержни литых обмоток можно высверлить и перезалить вновь.

- При неправильно включённой одной из фаз обмотки статора (фаза перевернута) обмотка

сильно нагревается, двигатель плохо идёт в ход и сильно гудит, сила тока во всех фазах различна и при холостом ходе превышает номинальную. Это может произойти из-за отсутствия маркировки начал и концов фаз при подключении электродвигателя. Проверка сводится к определению начал и концов каждой фазы. Стандартная маркировка выводов проводов на клеммник электродвигателя производится символами С1, С4 - для первой фазы, С2, С5 - для второй фазы и С3, С6 - для третьей. Начало фаз маркируется символами С1, С2, С3, концы - С4, С5, С6 соответственно. Проверка производится по следующему алгоритму:

- маркируют концы первой фазы символами С1 и С4;

- соединяют начало первой фазы (С1) с одним из выводов второй фазы, т. е. соединяют последовательно первую и вторую фазы;

- на третью фазу подают пониженное переменное напряжение;

- измеряют напряжение между выводом С4 первой фазы и свободным выводом второй фазы.

При прохождении переменного тока в третьей фазе в первой и второй фазах наводятся ЭДС, и на выводах последовательно соединённых первой и второй фаз результирующая ЭДС будет определяться алгебраической суммой ЭДС этих фаз. Если эти ЭДС будут направлены встречно, то показания вольтметра будут равны нулю, и это будет означать, что начало первой фазы С1 соединено с началом второй фазы, и маркируем его символом С2. Если показания вольтметра не будут равны нулю, это означает, что вывод С1 первой фазы соединён с концом второй фазы, маркируем его символом С5, а другой вывод символом С2. Аналогично определяют выводы начала С3 и конца С6 третьей фазы, соединяя последовательно вторую и третью фазы и подавая напряжение на первую.

Неисправности, вызывающие повышенную вибрацию и шум

Причинами неравномерного шума, гула, или вибрации электрических машин могут быть:

- нарушение балансировки вращающихся частей из-за поломки лопастей вентиляторов, выпадения балансировочных грузов и т. п.;

- попадания посторонних предметов внутрь машины;

- нарушение центровки электрических машин с приводимыми механизмами;

- неисправности в подшипниковых узлах и повреждения подшипников;

- ослабление прессовки сердечников;

- ослабление креплений полюсов;

- неравномерность воздушных зазоров между ротором (якорем) и железом статора;

- повреждения обмоток (короткие замыкания или обрывы).

Шум внутри машины, вызванный перекачиванием или задеванием посторонних предметов о вращающиеся части, легко обнаружить прослушиванием. Машину необходимо остановить, тщательно осмотреть и удалить посторонние предметы.

Стук внутри машины может появиться при незначительном ослаблении креплений сердечников полюсов и задевании их за статор (якорь). При сильном ослаблении креплений или срыве резьбы у болтов, крепящих полюсные сердечники к станине, может произойти притяжение сердечника якорем и заклинивание якоря.

Неравномерный шум или стук в подшипниках качения может появиться при деформации шариков или роликов, разрушении сепараторов, появлении забоин или трещин на беговых дорожках обойм при проворачивании вала внутри обоймы подшипника или наружной обоймы подшипника внутри подшипникового гнезда вследствие перекоса подшипников и изменения посадочных размеров.

Характерные неисправности асинхронных двигателей переменного тока и способы их устранения занесены в таблицу 7.1.

Основные неисправности асинхронных двигателей

Таблица 7.1

Асинхронные двигатели	
<i>Электродвигатель не запускается при холостом ходе</i>	
Подводимое к электродвигателю напряжение ниже номинального Обрыв в фазе статора или ротора	Довести напряжение до номинального
Повреждены секции пускового реостата	Проверить цепь ротора и статора и устранить повреждение
Оседание ротора на статор	Проверить и исправить
	Проверить зазоры между ротором и статором
<i>Электродвигатель не запускается при пуске с нагрузкой</i>	
Подводимое к электродвигателю напряжение ниже номинального	Довести напряжение до номинального
Обрыв в фазе статора или ротора	Проверить цепь ротора и статора и устранить повреждения
Соединение обмотки статора „звездой“ вместо соединения „треугольником“	Проверить соединение обмотки
Велик тормозной момент приводного механизма	Устранить причину ненормальной работы приводного механизма (выполняют механики)

Схема автоматизированного управления торможением способом противовключения асинхронного двигателя с фазным ротором представлена на рисунке 7.1.

Дерево неисправностей асинхронного двигателя с фазным ротором в качестве примера представлено на рисунке 7.2.

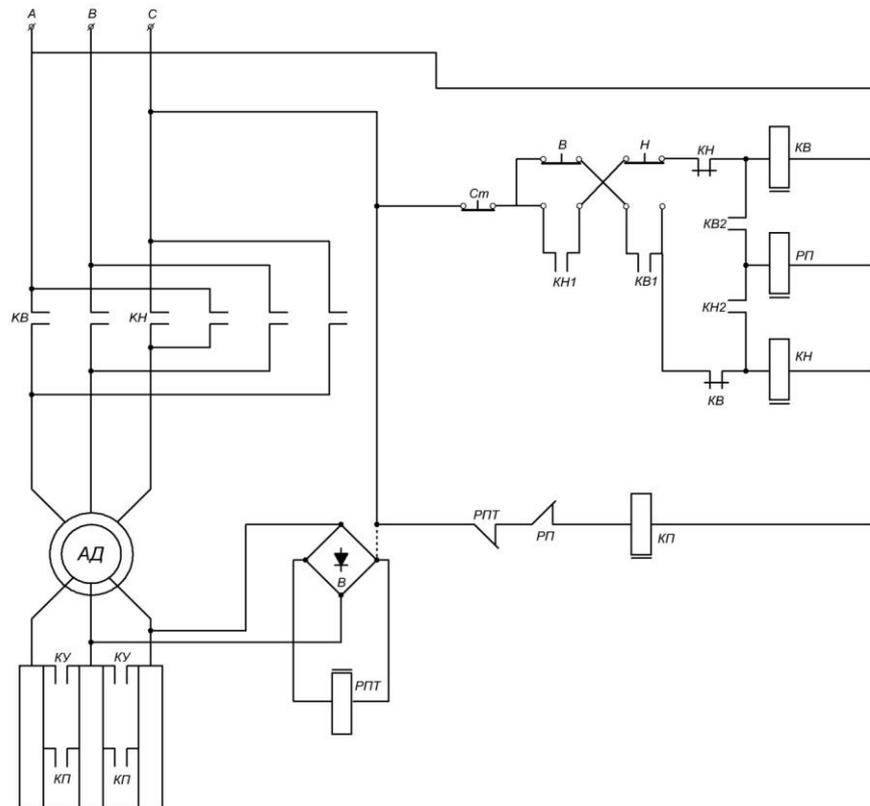


Рис. 7.1. Элементная схема автоматизированного управления торможением способом противовключения асинхронного двигателя с фазным ротором

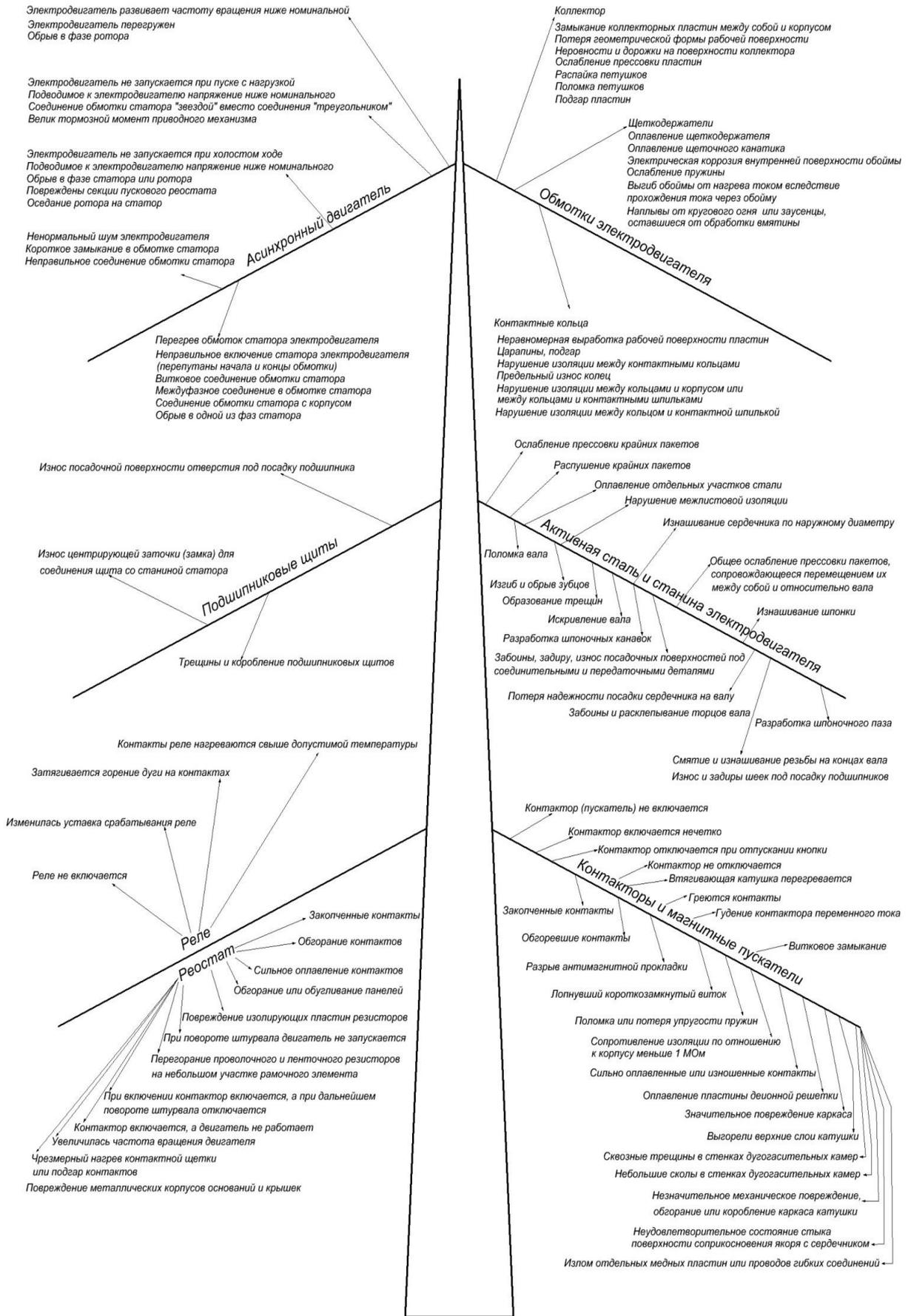


Рис. 7.2. Дерево неисправности асинхронного двигателя с фазным ротором

Практическое занятие 8

Характерные неисправности машин постоянного тока и способы их устранения.

Изучить источники [3], Раздел 6, с. 346 – 360, информационный материал практического занятия 8.

ЗАДАНИЕ

На основании этих материалов построить дерево неисправностей генератора постоянного тока (*вариант 1*) или двигателя постоянного тока (*вариант 2*), используя программу S- план. Чертеж вывести в формате А4 или А3 и представить для защиты преподавателю.

Характерные неисправности генераторов постоянного тока

1. *Генератор не возбуждается. Магнитная стрелка, поднесенная к полюсным башкам, не дает указания на определенную полярность (одним и тем же полюсом машины притягиваются как северный, так и южный концы стрелки).*

Генератор потерял остаточный магнетизм.

Вновь намагнитить машину от постороннего источника тока (аккумуляторной батареи, общего распределительного щита или от другой машины). Для сохранения правильной полярности машины пропустить намагничивающий ток через параллельную обмотку возбуждения в направлении, соответствующем нормальной работе генератора. Включать и выключать ток через реостат, во избежание возможного пробоя изоляции обмотки.

2. *Магнитная стрелка, поднесенная к полюсным башкам, показывает правильную полярность машины, но (даже после намагничивания машины) генератор не возбуждается.*

А. *Неправильно положение щеток.* При монтаже новых машин, отправленных с завода в разобранном виде, а также при сборке машин, разбиравшихся для ревизии при ремонте, щеткодержатели иногда устанавливаются неправильно, в обратную сторону, вследствие чего щетки, несмотря на то, что траверса установлена по заводским меткам, далеко сдвинуты с нейтрали. Проверить нейтраль и правильно установить щетки по заводским меткам.

Б. *Направление вращения машины выбрано неправильно или параллельная обмотка неправильно соединена с якорем.* Вследствие этого действие самовозбуждения машины противоположно действию остаточного магнетизма. Переменить направление вращения или, в случае неправильного соединения, соединить параллельную обмотку с якорем соответственно направлению вращения по приложенной к машине схеме, а при отсутствии последнем — по нормальной схеме.

В. *Параллельная обмотка возбуждения заземлена в двух местах.* Устранить избыточное заземление.

Г. *Междувитковое соединение или короткое замыкание в одной или в нескольких катушках возбуждения.*

Найти неисправную катушку отремонтировать её или заменить новой.

Д. *Короткое замыкание в обмотке якоря, между пластинами или пятаками коллектора.*

Е. *Обрыв или плохой контакт в обмотке якоря.*

Ж. *Регулятор возбуждения неправильно присоединен к машине.*

Проверить соединение и исправить по заводской схеме соединение регулятора возбуждения с генератором.

3. *Обрыв или плохой контакт в цепи возбуждения. Сопротивление цепи возбуждения слишком велико (выше критического).*

Неисправность наблюдается большей частью в регуляторе возбуждения, редко в обмотке машины. Часто причиной служит загрязнение контактов регулятора.

4. *Генератор дает напряжение ниже номинального.*

А. *Скорость вращения генератора ниже номинальной.*

Проверить скорость вращения первичного двигателя и правильность подбора шкивов при ременной передаче.

Б. *Обрыв или плохой контакт в цепи возбуждения. Сопротивление цепи возбуждения слишком велико (выше критического).*

Неисправность наблюдается большей частью в регуляторе возбуждения, редко в обмотке машины. Часто причиной служит загрязнение контактов регулятора.

В. *Отдельные катушки полюсов неправильно соединены между собой.*

Проверить полярность главных полюсов.

5. *Генератор при холостом ходе дает нормальное напряжение; при нагрузке генератора напряжение его сильно падает.*

А. *Понижается скорость первичного двигателя или повышенное скольжение приводного ремня.* Если первичным двигателем служит асинхронный двигатель, то его неисправность может быть причиной понижения скорости вращения. Устранить причины понижения скорости вращения первичного двигателя при нагрузке или увеличенного скольжения ремня. Проверить цепь ротора асинхронного двигателя. Возможен обрыв в обмотке ротора, щеточном аппарате, пусковом реостате или соединениях между ротором и пусковым реостатом.

Б. *Неправильна полярность дополнительных полюсов,* т. е. неправильно чередование главных и дополнительных полюсов. Такая неисправность, так же как и неправильное включение последовательной обмотки, вызывает сильное падение напряжения при нагрузке и обычно сопровождается сильным искрением щеток.

Проверка полярности полюсов. При проверке правильности соединения обмоток полюсов сначала определяют, обеспечивают ли соединения между катушками отдельных полюсов чередование полярности как главных, так и дополнительных полюсов, а затем определяют правильность включения каж-

дой обмотки в целом. Необходимо, чтобы чередование дополнительных полюсов по отношению к чередованию главных полюсов соответствовало определенному направлению вращения машины, в зависимости от того, работает ли машина в качестве двигателя или генератора. При работе машины в качестве генератора главные и дополнительные полюсы должны чередоваться так, чтобы по направлению вращения машины за любым главным полюсом находился разноименный дополнительный ($\rightarrow N - s - S - n$), а при работе машины в качестве двигателя — за главным находился одноименный дополнительный ($\rightarrow N - n - S - s$).

Определение чередования полюсов внешним осмотром. При осмотре прослеживают за направлением протекания тока по обмотке и, пользуясь правилом буравчика, определяют полярность полюсов, задаваясь условным направлением тока. Этот способ удобен при доступности обмоток и наглядности выполнения катушек или когда известно, что все катушки имеют одинаковое направление намотки и одинаковое расположение одноименных выводов, т. е. начал и концов. Особенно удобен этот способ для катушек последовательных обмоток, когда благодаря большому сечению витков направление намотки наиболее наглядно.

Схемы намотки катушек главных и дополнительных полюсов обычно одинаковы. На рисунке 8.1, а показано последовательное соединение всех катушек главных полюсов, а на рисунке 8.1, б дано соединение полюсов в две ветви; начала и концы обмоток отдельных полюсов обозначены соответственно буквами Н и К (с цифрой, обозначающей порядковый номер полюса); в одной ветви находятся все четные полюсы, в другой — нечетные, т. е. в каждой ветви находятся полюсы одинаковой полярности; каждая ветвь состоит из полюсов, соединенных последовательно через один.

Подобного рода соединение катушек полюсов имеет место в крупных машинах, когда применяют параллельное соединение последовательных обмоток главных и дополнительных полюсов или последовательное соединение обмоток добавочных полюсов, обе ветви которых находятся по разные стороны якоря.

Существуют и другие способы определения чередования полюсов.

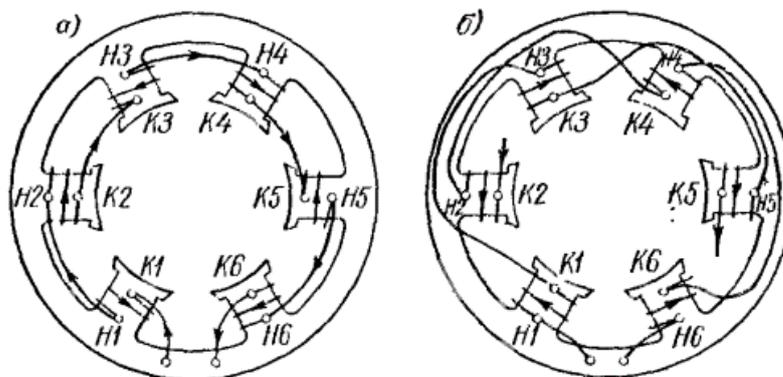


Рис. 8.1. Соединение катушек полюсов: а — последовательное; б — в две параллельные ветви

В. У генератора смешанного возбуждения последовательная обмотка включена неправильно. Действие магнитного поля последовательной обмотки противоположно действию поля параллельной обмотки. Поменять местами выводные концы последовательной обмотки. Проверить полярность полюсов: а — при включении одной параллельной обмотки; б — при включении одной последовательной обмотки.

б. Отключенный от сети генератор дает нормальное напряжение; щетки не искрят. При включении генератора в сеть напряжение падает, несмотря на нормальную скорость вращения генератора. Падение напряжения обычно сопровождается искрением щеток.

А. Параллельная обмотка или регулятор возбуждения соединены с корпусом. Если сеть одним полюсом постоянно заземлена или из-за какой-либо неисправности имеет случайное заземление, то параллельная обмотка шунтируется и происходит ослабление поля. Отыскать место заземления параллельной обмотки или регулятора возбуждения и устранить его. Если заземление произошло внутри катушки, то перемотать её или заменить повой.

7. Генератор даёт повышенное напряжение при холостом ходе и при нагрузке. Других неисправностей в машине не обнаружено.

А. Скорость вращения приводного двигателя выше номинальной.

Установить номинальную скорость вращения двигателя.

Б. Недостаточно сопротивление регулятора возбуждения. Включить в цепь возбуждения генератора, последовательно с имеющимся регулятором, постоянное добавочное сопротивление или заменить регулятор другим, с большим сопротивлением.

В. Катушки полюсов соединены не последовательно, а параллельно (редко встречающийся случай).

Если возникло сомнение в правильности соединения катушек, запросить завод-изготовитель.

8. Отключенный от сети генератор дает нормальное напряжение; регулятор возбуждения действует правильно; при включении генератора на сеть напряжение повышается; передвижение рукоятки регулятора возбуждения не вызывает изменения напряжения. В некоторых случаях бездействующей оказывается только часть регулятора, в других случаях он весь не действует.

А. Регулятор замкнулся на корпус или же заземлен провод, соединяющий регулятор с параллельной обмоткой генератора. Если сеть соединена с землей (случайно или намеренно), то регулятор частично или весь шунтируется, ток возбуждения генератора вследствие этого увеличивается и напряжение повышается. Отыскать место замыкания на землю и устранить последнее.

9. У параллельно работающих генераторов параллельного возбуждения при изменениях нагрузки она распределяется неравномерно и несоответственно мощности генераторов. При пиковых нагрузках один из генераторов принимает на себя большую часть нагрузки.

А. Неодинаковы внешние характеристики генераторов (по-разному изменяется напряжение при изменении нагрузки) или различно изменение скорости их первичных двигателей.

Чтобы автоматически, равномерно и соответственно их мощностям распределялась нагрузка между генераторами параллельного возбуждения, напряжение генераторов должно одинаково изменяться, а у их первичных двигателей должно быть одинаковое относительное падение скорости вращения между холостым ходом и номинальной нагрузкой. Если эти условия не соблюдены, то равномерное распределение нагрузки между генераторами достигается соответствующей регулировкой их возбуждения.

Автоматическое равномерное распределение нагрузки между генераторами, имеющими неодинаковые внешние характеристики, можно получить за счет либо увеличения падения напряжения генератора, принимающего на себя большую часть нагрузки, либо уменьшения падения напряжения второго генератора. Этого можно достигнуть незначительным передвижением траверсы, если при этом не возникает недопустимое искрение щеток. При сдвиге щеток по направлению вращения якоря падение напряжения генератора увеличивается, а при сдвиге щеток против направления вращения — уменьшается.

Если сдвигом щеток не удастся достигнуть равномерного распределения нагрузки, то в качестве временной меры в цепь генератора с меньшим падением напряжения можно включить небольшое добавочное сопротивление (оно снижает к. п. д. установки).

Радикальным средством для равномерного распределения нагрузки является регулировка зазора между якорями и главными полюсами генераторов, а также применение уравнительной обмотки.

10. При параллельной работе генераторов смешанного возбуждения наблюдаются сильные колебания нагрузки отдельных генераторов; часто происходит перемагничивание одного из генераторов, сопровождаемое сильным искрением щеток.

А. Отсутствует уравнительный провод между последовательными обмотками генераторов. Без уравнительного провода устойчивая параллельная работа генераторов смешанного возбуждения невозможна. Поставить уравнительный провод достаточного сечения. Чтобы обеспечить надежную параллельную работу генераторов, сопротивление уравнительного провода должно быть меньше суммы сопротивлений последовательных обмоток обоих генераторов; еще лучше, если оно будет меньше сопротивления последовательной обмотки каждого из генераторов. При несоблюдении этого условия параллельная работа генераторов, даже при наличии уравнительного провода, не будет устойчивой и будет происходить перемагничивание генераторов.

11. Нагрузка генератора колеблется, причем других неисправностей в генераторе не обнаружено.

А. Если колебания нагрузки не зависят от потребителя, то причиной их являются неисправности первичного двигателя или неравномерное скольжение приводного ремня. Когда первичным двигателем является асинхронный, то неисправность его ротора может вызвать колебания нагрузки.

Устранить неисправность первичного двигателя или неравномерное скольжение ремня.

Б. Плохой контакт в цепи возбуждения генератора.

Проверить цепь возбуждения генератора, обратить внимание на регулятор в цепи возбуждения.

Характерные неисправности двигателей постоянного тока

1. Двигатель не идет в ход. В якоре нет тока при включенном пусковом реостате.

А. Перегорели предохранители.

Поставить новые предохранители.

Б. Произошел обрыв в пусковом реостате или в проводах.

Найти при помощи контрольной лампы или мегомметра поврежденное место и устранить обрыв.

В. Обрыв в обмотке якоря.

2. Ток в якоре имеется. Двигатель с нагрузкой не идет в ход. Без нагрузки, развернутый от руки, развивает очень большую скорость вращения и может «понести».

А. Отсутствие или ослабление магнитного поля.

Б. Междувитковое соединение или короткое замыкание в одной или в нескольких катушках параллельного возбуждения.

Найти неисправную катушку, отремонтировать её или заменить новой

В. Отдельные катушки полюсов неправильно соединены между собой.

Проверить полярность главных полюсов.

Г. Параллельная обмотка возбуждения соединена с корпусом или с другими обмотками, вследствие чего она частично или полностью шунтируется.

Ток возбуждения увеличивается. Отключить концы параллельной и последовательной обмоток и определить при помощи контрольной лампы или мегомметра место повреждения. Если это место легко доступно, то заизолировать его; в противном случае перемотать неисправную катушку или заменить ее новой.

Д. Параллельная обмотка возбуждения неправильно соединена с двигателем и пусковым реостатом, вследствие чего обмотка возбуждения подключена к линии одной полярности (рис. 8.2, 8.3). Соединить обмотки правильно (рис. 8.4).

3. Двигатель идет в ход только вхолостую; с нагрузкой в ход не идет. После установки щетки пускового реостата на последний контакт (рабочее положение) двигатель работает нормально.

А. Параллельная обмотка возбуждения присоединена неправильно после пускового реостата (рис. 8.3). Вследствие этого параллельная обмотка возбуждения во время пуска двигателя получает очень небольшой ток, полюсы слабо намагничиваются и двигатель не может развить достаточный пусковой момент. По мере уменьшения сопротивления пускового реостата ток в параллельной обмотке возбуждения увеличивается, и после установки щетки реостата на последний контакт двигатель работает нормально.

В случае пускового реостата с двумя зажимами присоединить параллельную обмотку возбуждения согласно рисунку 8.4.

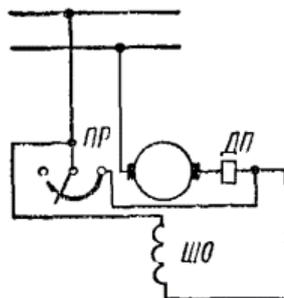


Рис.8.2. Неправильное соединение параллельной обмотки возбуждения с двигателями и пусковым реостатом. ПР — пусковой реостат; ДП — обмотка добавочных полюсов; ШО — параллельная обмотка возбуждения.

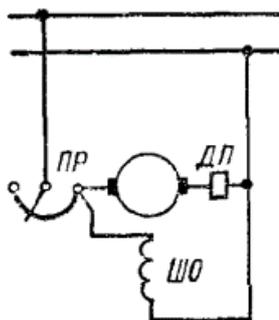


Рис. 8.3. Неправильное соединение параллельной обмотки возбуждения двигателя. ПР — пусковой реостат; ДП — обмотка добавочных полюсов; ШО — параллельная обмотка возбуждения.

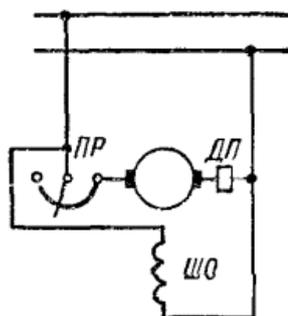


Рис.8.4. Правильное соединение параллельной обмотки возбуждения двигателя. ПР — пусковой реостат; ДП — обмотка добавочных полюсов; ШО — параллельная обмотка возбуждения.

4. Ток в якоре и параллельной обмотке возбуждения имеется. Двигатель не идет в ход или работает с сильно пониженной скоростью вращения. Щетки сильно искрят.

А. Обрыв или плохой контакт в обмотке якоря.

Дефект имеет место большей частью в соединениях между обмоткой и коллектором (петушки) вследствие плохой пайки. Тщательно проверить пайку всех соединений между обмоткой якоря и почерневшими пластинами коллектора. Все неисправные и внушающие подозрение места пайки вновь перепаять. Наружным осмотром редко удастся обнаружить плохую пайку, поэтому рекомендуется проверить пайку методом падения напряжения. Если это неосуществимо из-за отсутствия постоянного тока или милливольтметра, то следует все соединения между обмоткой и чернеющими пластинами вновь перепаять.

Лобовые части чернеющих пластин коллектора отметить кернером, что облегчит дальнейший контроль.

Коллектор обточить; изоляцию между пластинами продорожить.

Б. Междувитковое соединение или короткое замыкание в якоре.

Междувитковое соединение или короткое замыкание в якоре возможны из-за того, что некоторые соседние пластины коллектора замкнуты заусенцами, не удаленными после обточки коллектора. Осторожно удалить все заусенцы острым шабером; отшлифовать коллектор стеклянной шкуркой, а в случае надобности обточить.

Также между петушками коллектора или хомутиками имеется замыкание, например наплывами олова, не удаленными после пайки. Осмотреть все петушки и хомутики, устранить замыкания; затекшее олово осторожно удалить.

5. Скорость вращения двигателя при номинальном напряжении превышает номинальную. Двигатель смешанного возбуждения развивает, кроме того, пониженный пусковой момент.

А. Щетки сдвинуты с нейтрали против направления вращения двигателя.

Поставить щетки на нейтраль.

Б. Сопротивление регулятора возбуждения слишком велико. Уменьшить сопротивление регулятора возбуждения, и в случае надобности совершенно выключить его.

В. Междувитковое соединение или короткое замыкание в одной или в нескольких параллельных катушках возбуждения.

Найти неисправную катушку, отремонтировать её или заменить новой.

Г. У двигателя смешанного возбуждения последовательная обмотка включена противоположно параллельной.

Действие магнитного поля последовательной обмотки противоположно действию поля параллельной обмотки. Поменять местами выводные концы последовательной обмотки. Проверить полярность полюсов.

6. Скорость вращения двигателя при номинальном напряжении меньше номинальной.

А. Щетки сдвинуты с нейтрали по направлению вращения двигателя.

Поставить щетки па нейтраль.

Б. Сопротивление регулятора возбуждения слишком мало.

Увеличить сопротивление регулятора возбуждения.

В. Катушки полюсов соединены не последовательно, а параллельно (редко встречающийся случай).

Если возникло сомнение в правильности соединения катушек, запросить завод-изготовитель.

7. Двигатель «качает». Он хорошо идет в ход и спокойно работает при небольшой нагрузке, но при увеличении нагрузки и ослаблении поля (для регулировки скорости вращения) начинает «качаться», т. е. происходят сильные колебания силы тока к скорости вращения. Если двигатель вовремя не выключить, то он может «понести» и сила тока может достигнуть опасной для двигателя величины.

А. Двигатель работает с сильно ослабленным полем (пример: двигатель с регулировкой скорости). При повышении нагрузки, вследствие реакции якоря, повышается также и скорость вращения.

В большинстве случаев качание двигателя можно устранить, сдвинув щетки с нейтрали по направлению вращения. Если по условиям коммутации нельзя сдвинуть щетки до положения, необходимого для устойчивой работы, то можно устранить качание двигателя надежно, намотав па главные полюсы небольшую вспомогательную последовательную обмотку, усиливающую поле. В большинстве случаев достаточно намотать на каждый полюс по 2—3 витка (в крупных машинах — по 1 витку).

Если такие двигатели смешанного возбуждения работают как реверсивные, то одновременно с переменной направления вращения необходимо переключать и последовательную обмотку.

Б. Щетки сдвинуты с нейтрали против поправления вращения двигателя или прилегают к коллектору только набегающим краем.

Установить щётки на нейтраль.

В. Последовательная обмотка включена противоположно параллельной.

Поменять местами выводные концы последовательной обмотки.

Практическое занятие 9

Характерные неисправности и ремонт коллекторов и токосъемных устройств

Изучить источники [3], Раздел 6, с. 346 – 360, информационный материал практического занятия 5 и 9.

ЗАДАНИЕ

На основании этих материалов построить дерево неисправностей коллектора машины постоянного тока, используя программу S- план. Чертеж вывести в формате А4 или А3 и представить для защиты преподавателю.

Наиболее часто встречающимися неисправностями коллектора являются потеря геометрически правильной формы рабочей поверхности и подгар пла-

стин, замыкание коллекторных пластин между собой и с корпусом, поломка петушков, ослабление прессовки пластин, износ пластин. У контактных колец часто повреждаются рабочая поверхность, изоляция между кольцами или кольцами и корпусом, или контактными шпильками. У щеткодержателей наиболее часто происходят оплавление, механические повреждения, ослабление пружин.

На всех режимах работы электрической машины необходимо проверять коммутацию, качество которой оценивают визуально по искрению на коллекторе под сбегающим краем щетки с помощью шкалы искрения. Причинами искрения щеток могут быть вибрация электрической машины, неправильная установка щеток, биение, выработка, загрязнение коллектора, неправильный выбор марки щеток.

Класс коммутации для судовых электрических машин продолжительного режима работы не должен превышать $1^{1/4}$, для кратковременного и повторно-кратковременного режимов – $1^{1/2}$.

Марку щеток выбирают по указаниям завода-изготовителя, размер щеток должен обеспечивать их свободное перемещение в обойме. Щетки с предельным изнашиванием при ремонте заменяют на новые. Установленные щетки необходимо притереть к коллектору, подкладывая между щеткой и коллектором стеклянную бумагу № 100 (абразивной поверхностью к щетке), которую затем протягивают от одного крайнего положения до другого до тех пор, пока щетка не притрется. После замены щеток (50 % и более) они должны приработаться к коллектору до зеркальной поверхности при уменьшенной нагрузке – $1/4$ или $1/3$ номинальной. Характерные неисправности и ремонт элементов токосъёмных устройств указаны в таблице 9.1.

Характерные неисправности и ремонт элементов токосъёмных устройств Таблица 9.1

Вид неисправности	Способ ремонта
Коллектор	
Потеря геометрической формы рабочей поверхности, подгар пластин, неровности и дорожки на поверхности коллектора	При выработке глубиной 0,2 мм применяют полировку, до 0,5 мм — шлифовку, более 0,5 — обточку. Обточку выполняют чаще всего на токарном станке (или с помощью переносных приспособлений). При обточке скорость резания должна составлять 200..250 м/мин, подача резца 0,04..0,05 мм, глубина резания 0,1..0,3 мм. Шлифовку коллектора выполняют мелкозернистыми карборундовыми кругами СТ-2 или СТ-3 при нормальной частоте вращения ремонтируемой машины. Полировку при такой же частоте вращения выполняют, используя стеклянную шкурку зернистостью № 180..200, наложенную на деревянный брусок, пригнанный по поверхности коллектора. После обточки изоляцию коллектора продораживают на глубину 0,5..0,8 мм у малых машин и 1..1,5 мм у средних. Края пластин следует скосить под углом 45°. Продораживание делают фрезой или ручным резакон, изготовленным из куска ножовочного

<p>Замыкание коллекторных пластин между собой или корпусом</p> <p>Ослабление прессовки пластин</p> <p>Распайка петушков</p> <p>Поломка петушков</p>	<p>полотна. Развод у ножовочного полотна и толщина фрезы должны быть равны ширине паза между, пластинами</p> <p>Замыкание пластин в доступных для осмотра местах (наружное замыкание) устраняют расчисткой дорожек пластинами и обработкой оплавленных или обгоревших пластин шабером</p> <p>Для ликвидации внутренних замыканий требуется частичная или полная разборка коллектора. При разборке коллектора отпаивают концы якорной обмотки, затем, обмотав его рабочую поверхность электрокартоном, стягивают его по окружности хомутом с винтовым зажимом, отвинчивают детали крепления коллектора и снимают его с втулки с помощью стяжек или другим способом. Заменяют изоляционную миканитовую манжету, отделяющую коллектор от втулки, межпластинную изоляцию (листовой твердый миканит КФА, требуемой толщины). Напрессовывают коллектор на втулку и надежно обжимают</p> <p>Подтягивают гайку, а у крупных коллекторов — стяжные болты</p> <p>Для восстановления контакта петушки пропаивают, нагревая их дуговым паяльником с наконечником</p> <p>Отломанный у самой поверхности коллектора петушок заменяют новым. Снимают бандаж с лобовых частей обмотки якоря со стороны коллектора и отпаивают петушок от обмотки. Узким крейцмейселем вырубают из коллекторной пластины оставшуюся в ней часть петушка. Сверлят наклонное отверстие под штифт. Петушок вставляют хвостовиком в прорезь пластины, надевают его головку на проводники обмотки, забивают штифт в хвостовик, пропаивают соединение петушка к коллектору, намазывают бандаж.</p> <p>Если излом произошел на расстоянии не менее 10 мм от коллекторной пластины, части петушка скрепляют скобой, место соединения пропаивают</p>
<p>П р и м е ч а н и е . Нормальное биение коллектора (колец) составляет 0,03. . . 0,05 мм. Предельно допустимое значение 0,10 мм при диаметре коллектора до 125 мм и 0,15 мм при диаметре более 125 мм</p>	
<p>Контактные кольца</p>	
<p>Неравномерная выработка рабочей поверхности колец</p> <p>Царапины, подгар и т. п.</p> <p>Нарушение изоляции между контактными кольцами</p> <p>Предельный износ колец</p> <p>Нарушение изоляции между кольцами и корпусом или между кольцами</p>	<p>Проточить на токарном станке с последующей шлифовкой и полировкой</p> <p>Шлифовать, полировать</p> <p>Зачистить нарушенную изоляцию, промывая синтетическим моющим средством, затем окрасить поврежденное место изоляционной эмалью ГФ-92-ГС, Г-92-ХС, КО-935 и др.</p> <p>Изготовить новые и напрессовать их на вал ротора</p> <p>Заменить изоляцию</p>

и контактными шпильками Нарушение контакта между кольцом и контактной шпилькой	Рассверлить отверстие в кольце и приварить к нему контактные шпильки
Щеткодержатели	
Оплавление щеткодержателя Повреждение щеточного канатика Электрическая коррозия внутренней поверхности обоймы Ослабление пружины Выгиб обоймы от нагрева током вследствие прохождения тока через обойму Наплывы от кругового огня или заусенцы, оставшиеся от обработки, вмятины	При легком оплавлении очистить от копоти грязи и нагара, при сильном заменить новым Заменить щетку Подтянуть контакты в цепи тока. Заменить щетки и арматуру При отсутствии запасных изготовить по образцу неисправных. Навивку проволоки выполнять на оправке, диаметр которой принять меньше внутреннего диаметра старой пружины. Погрузить на 20..30 мин в масляную ванну с температурой 250..300 °С Обеспечить нормальное прохождение тока, обойму выправить Спилить обойму, вмятины выправить

Практическое занятие 10

Диагностирование судовых электрических сетей и кабелей

Изучить источники [3], Раздел 4, с.245-264, информационный материал практического занятия 10.

ЗАДАНИЕ

1 бригада. Создать инструкцию по диагностированию судовых сетей и кабелей (особенности судовых сетей; учет наиболее вероятных причин отказов сети и кабеля; диагностические параметры для сетей и кабеля).

2 бригада. Создать дерево причин и рекомендаций по поиску неисправностей судовых сетей и кабелей.

3 бригада. Создать инструкцию по поиску места повреждения кабеля судовой сети (какие методы и технические средства использовать).

Результат разработок предьявляется в печатном виде А4 формат 4 экземпляра.

ГОС – вопрос. Обязательно провести обсуждение и обмен инструкциями. Одна инструкция предоставляется преподавателю.

В настоящее время техническое состояние кабеля в условиях эксплуатации оценивают при проведении периодических освидетельствований, предремонтной дефектации кабелей и при решении вопроса о возможности эксплуатации кабельной сети судна, срок службы которого истекает. При этом руководствуются рекомендациями и требованиями раздела 15 части 5 „Правил технической эксплуатации судовых технических средств" (РД 31.21.30—83), „Руководством по техническому надзору за судами в эксплуатации" Регистра, „Инструкцией по дефектации кабельных изделий". В соответствии с этими документами оценку технического состояния судовых кабелей осуществляют анализом эксплуатационных данных, измерением сопротивления изоляции, осмотром с разборкой или без разборки, испытанием образцов кабеля.

К основным особенностям судовых электрических сетей следует отнести:

- короткие кабельные линии, не превышающие 100—150 м, и малые сопротивления токоведущих жил, не превышающие 2 Ом;
- извилистые кабельные трассы, групповой способ прокладки кабелей, переходов через водонепроницаемые переборки, многочисленные контактные соединения (падение напряжения в контактах не должно превышать для 1-жильных кабелей 25, для 2-жильных—19, для 3-жильных—18 мВ; в противном случае контакты подлежат переборке);
- разветвленность сети, недоступность для наблюдений отдельных участков при возможности различных воздействий (температурных, атмосферных, затоплений, нефтепродуктов и др.);
- увеличенная опасность поражения электрическим током в условиях повышенной (до 98 %) влажности, стесненности помещений, высокой проводимости окружающей среды;
- значительные затраты времени на поиск неисправности в сети.

По данным СРЗ, стоимость и трудоемкость ремонта судовых кабелей составляет около 15 % стоимости и трудоемкости ремонта всего СЭО. Трудоемкость ТО кабельной сети для судов различных типов составляет в среднем около 5 % трудоемкости всех работ по ТО СЭО.

Для снижения затрат на ТО и ремонт судовых кабелей необходимо с минимальными затратами и достаточно достоверно определять ТС, а также вид и место неисправности кабелей, что позволит устанавливать оптимальный (минимально необходимый) объем работ по ТО или ремонту кабеля.

При оценке технического состояния и поиске неисправности в судовых кабельных сетях объем и последовательность работ следует определять с учетом наиболее вероятных причин, мест и видов отказов судовых кабелей.

Анализ отказов судовых кабелей в условиях эксплуатации показывает, что вероятность появления отказов уменьшается в следующих последовательностях:

- по причинному характеру - механическое воздействие (удары, изгибы, скручивания) агрессивная среда (масло, топливо), температурные воздей-

- ствия, повышенная влажность, длительный срок эксплуатации, вибрации, загрязнения токопроводящей пылью, пр. факторы;
- по районам судна - открытые палубы, машинные, котельные помещения, помещения электрооборудования; бани, душевые, прачечные; помещения, где оборудование должно работать под водой; трюмы и кладовые; умывальные, камбузы; пр. места;
 - по длине кабеля - район ввода кабеля в сальниковое уплотнение; места разделки кабеля; изгибы кабельной трассы;
 - по видам отказов - замыкание на корпус; замыкание жил; обрыв кабеля; обгорание концов.

Для предупреждения и своевременного обнаружения и устранения неисправностей на судах непрерывно контролируют и измеряют щитовыми приборами сопротивления изоляции отдельно силовой сети R_c и сети освещения R_{oc} вместе с соответствующими приемниками электроэнергии. Основной причиной резкого изменения R_c и R_{oc} является включение или отключение кабелей и приемников с пониженным сопротивлением изоляции. При включении или отключении приемников по изменению R_c и R_{oc} можно судить о значении сопротивления изоляции соответствующих приемников и их фидеров.

Основные виды и причины неисправностей судовых кабелей занесены в таблицу 10.1.

Определение неисправности судового кабеля.

Определение неисправности кабеля в судовых условиях рассматривают для следующих характерных видов неисправностей: снижение сопротивления изоляции между жилами кабеля или жилы кабеля относительно корпуса; обрыв жилы кабеля; повышенный нагрев кабеля. Процесс определения неисправности кабеля включает в себя определение вида и причины неисправности, определение неисправного фидера и места неисправности. Для поиска неисправности судовых кабелей могут быть выбраны только те показатели, которые можно контролировать в судовых условиях без существенных затрат и приемлемыми техническими средствами.

Виды и причины неисправностей судовых кабелей

Таблица 10.1

Признаки неисправности						Неисправность и причина ее появления	Рекомендации по поиску: неисправности
Показания			Расчетный параметр сопротивления	Коэффициент изменения сопротивления	Дополнительные признаки		
Мегаомметра	тестера						
МОм	кОм	Ом					
<i>Снижение сопротивления изоляции между жилами или относительно корпуса</i>							
0	0	Менее 10	---	---	Постоянство величины	Замыкание на корпус или между жилами	Поиск в местах возможных механических повреждений и в щитах

0	0	Менее 10	---	---	Постоянство величины	Замыкание на корпус или между жилами через подвижный элемент (дверь щита)	Поиск в потенциально возможных местах	
0	0	50-2000	---	---	Быстрое снижение показаний	Появление воды в щитах, в клемных коробках, в выключателях, в светильниках и т. п.	Поиск оборудования с залитыми водой разделками кабеля	
0	Около 0	Большое R	---	---	Внезапное резкое снижение сопротивления изоляции	Механическое сжатие изоляции без касания жил корпуса или друг друга	Осмотр щитов и мест возможного механического воздействия на кабель	
Ниже нормы	Ниже нормы	Большое R	$R_p < R_{po}$	Менее 1,0	Постепенное снижение сопротивления изоляции	Значительное увлажнение кабеля (заливание) водой	Поиск залитых водой участков кабелей	
Ниже нормы	Ниже нормы	Большое R	$R_p = R_{po}$	Менее 1,0	То же	Увлажнение кабеля (Поверхностное)	Выявление причин увлажнения	
Ниже нормы	Ниже нормы	Большое R	$R_p = R_{po}$	1.0	Постепенное снижение сопротивления изоляции	Загрязнение кабеля (мест разделки)	Поиск в местах возможного загрязнения	
<i>Обрыв жилы кабеля</i>								
Признаки неисправности					Дополнительные признаки	Неисправность и причина ее появления	Рекомендации по поиску неисправности	
Показания								
амперметра			вольтметра					
I_a	I_b	I_c	U_{ab}	U_{bc}	U_{ca}	Двигатель не вращается при пуске, при работе повышенный шум, вибрация и нагрев	Обрыв жилы кабеля в месте перегиба, подключения или другом месте	Проверить омметром кабель на обрыв, контактные соединения, места перегибов и места возможного механического повреждения
0	Увеличение	Увеличение	0	Нормальное значение	0			

<i>Повышение температуры, кабеля (жилы кабеля)</i>			
Признаки неисправности		Неисправность и причина ее появления	Рекомендации по поиску неисправности
Основные	Дополнительные		
Изменение цвета изоляции, появление микротрещин, изменение эластичности изоляции в месте разделки кабеля	Изменение цвета термоиндикаторной краски	Плохой контакт жилы с наконечником или (и) наконечника с зажимом	Проверить состояние контактных соединений и кабельных наконечников
Изменение цвета изоляции, появление микротрещин, изменение эластичности изоляции по длине кабеля	Возможно изменение цвета термоиндикаторной краски на кабельном наконечнике	Повышение температуры кабеля из-за его перегрузки	Проверить силу тока в кабеле
Изменение цвета изоляции, появление микротрещин, изменение эластичности изоляции на отдельных участках кабеля	----	Изменения, вызванные температурой окружающей среды	Проверить температуру окружающей среды

В связи с этим прежде всего могут быть использованы параметры, устанавливаемые на основе измерений мегомметром и тестером:

- *сопротивление изоляции R* постоянному току через 60 с после начала измерения;

- *коэффициент изменения сопротивления изоляции $K_i=R'/R$* ;

- *расчетный параметр сопротивления изоляции $R_p=R_5R/(R-R_5)$* для достаточно длинных кабелей, когда показания мегомметра R_5 через 5 с после начала измерения и R через 60 с различны.

Сопротивление изоляции кабеля R должно быть не менее величины, указанной в „Руководстве по техническому надзору за судами в эксплуатации” Регистра. Следует учитывать, что значение сопротивления изоляции существенно зависит от температуры и приводится к температуре 20 °С по формуле $R_{20}=K_T R_T$, где R_T - сопротивление, измеренное при температуре T , K_T – коэффициент приведения сопротивления изоляции (указан в таблице 10.2).

Коэффициент K_T приведения сопротивления изоляции к температуре 20°С Таблица 10.2

Материал изоляции	Температура °С						
	5	10	15	20	25	30	35
Резина	0,5	0,6	0,8	1	1,32	1,82	2,46
Кремний - органическая	0,3	0,4	0,6	1	1,49	2,23	3,32
Полиэтилен	0,1	0,2	0,5	1	2,01	4,06	8,17

Если сопротивление изоляции фидера кабельной сети измерялось не в нагретом, а холодном состоянии (20. . .25 °С), в качестве предельно допустимого значения сопротивления изоляции следует принять указанное в графе „нормальное”.

При измерении R следует помнить о возможном искажении показаний мегомметра при его подключении к месту разделки жилы кабеля. При измерении R напряжение мегомметра прикладывается к изоляции, в результате чего через измерительную часть прибора течет ток, по которому и определяется сопротивление изоляции. Этот ток складывается из тока $I_{с.п}$ сквозной проводимости изоляции, характеризующего значение R , и поверхностного тока I_u утечки. Последний обусловлен поверхностным загрязнением и увлажнением изоляции. Для сухой изоляции с чистой поверхностью ток утечки мал, и его влияние на результат измерения R можно не учитывать.

При загрязненной и увлажненной поверхности изоляции I_u увеличивается и оказывает влияние на результат измерения R . Для устранения этого влияния третью клемму Э (экран) мегомметра соединяют с наложенным на изоляцию металлическим биндажом (проволочным или ленточным). В этом случае I_u замыкается через клемму, минуя измерительную часть мегомметра.

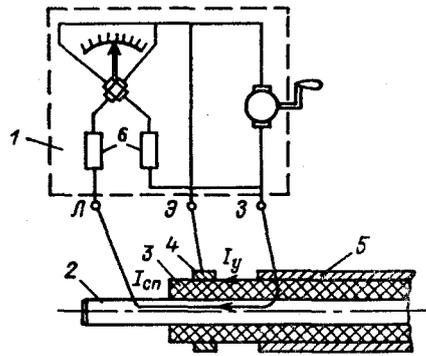


Рис.10.1. Схема измерения сопротивления изоляции кабеля
 1 — мегаомметр; 2 — проводящая жила; 3 — изоляция; 4 — металлический бандаж; 5 —экран;
 6 — ограничительные резисторы

Перед измерением R необходимо убедиться в отсутствии напряжения в проверяемом кабеле, а также в исправности мегомметра. Для этого зажимы мегомметра З (Земля) и Л (линия) замыкают между собой и вращают приводную рукоятку (у индукторных мегомметров). Стрелка исправного прибора устанавливается на делении шкалы 0, а после размыкания - на делении ∞ . Возможные остаточные заряды в изоляции, которые могут повлиять на показания прибора, снимают кратковременным заземлением проверяемого кабеля. Эту операцию выполняют также при повторном измерении и после завершения измерений.

Необходимость поиска фидера с пониженным сопротивлением изоляции относительно корпуса возникает при снижении сопротивления изоляции в СЭЭС (замыкание на корпус).

При устойчивом характере замыкания фидера на корпус поиск неисправного фидера осуществляют поочередным отключением фидеров приемников. Если таким путем неисправный фидер не определяется, то поиск неисправности продолжают в цепях управления. Если цепь управления с пониженным сопротивлением изоляции не выявляется тоже, то производят поиск неисправности в фидерах источников электроэнергии. Если и в этом случае снижение сопротивления изоляции не устанавливается, то проверяют гипотезу о неисправности двух и более фидеров делением СЭЭС на части и поиском неисправности в каждой из частей.

При неустойчивом характере замыкания на корпус поиск неисправного фидера начинается с поочередного отключения фидеров временно работающих приемников. Если при этом неисправный фидер не выявляется, то дальнейший поиск осуществляют в указанной выше последовательности.

Схема алгоритма поиска неисправного фидера при неустойчивом характере замыкания на корпус приведена на рисунке 10.2, где приняты следующие обозначения операторов: Sn — начало; A1 — поступление информации о необходимости поиска фидера с замыканием на корпус; P1 — имеются ли в наличии штатные технические средства поиска фидера?; A2— получение разрешения на отключение фидеров; P2 — сигнал о замыкании на корпус носит непостоянный характер?; A3—поиск неисправного фидера поочередным отключением фидеров временно работающих приемников; P3 — в ре-

зультате поиска фидер выявлен?; А4— поиск неисправного фидера поочередным отключением фидеров приемников; Р4—в результате поиска фидер выявлен?; А5— поиск неисправности в цепях управления; А6—поиск фидера штатными техническими средствами поиска; Р5 — в результате поиска цепь выявлена?; А7 — поиск неисправности в фидерах источников; Р6—в результате поиска фидер выявлен?; А8— проверка гипотезы о неисправности двух и более фидеров, деление электроэнергетической системы на части и поиск неисправности в каждой из частей; А9 — получение разрешения на отключение неисправного фидера; А10—отключение неисправного фидера; S_к — окончание процедуры определения неисправного фидера.

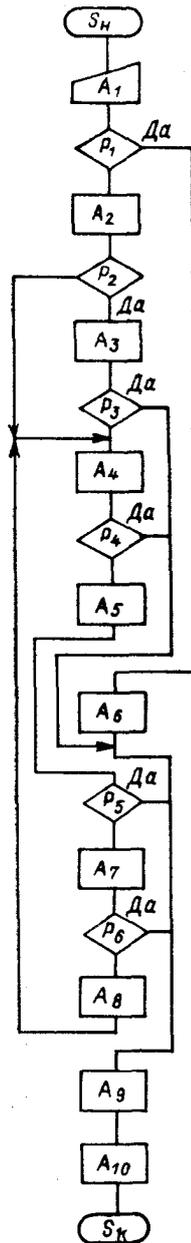


Рис. 10.2. Схема алгоритма поиска неисправного фидера

После нахождения неисправного фидера судовой сети возникает задача определения места неисправности в кабеле (рис.10.3). На рисунке 10.3 при-

няты следующие обозначения операторов: Sn—начало процедуры поиска места неисправности в кабеле; P1— имеются в наличии штатные технические средства поиска места неисправности?; P2—неисправность в виде замыкания на корпус?; P3 — приемник данного фидера отключен?; A 1 — отключение приемника в конце фидера; A2 — включение выключателя фидера на ГРЩ; P4 — подается ли сигнал о замыкании на корпус устройством контроля изоляции?; A3—поиск неисправности в цепях приемника; A4— отключение фидерного выключателя на ГРЩ; A5 — измерение параметров неисправного фидера; A6— расчет параметров неисправного фидера; A7—определение места неисправности штатными техническими средствами согласно их инструкциям; P5—измеренное мегаомметром значение сопротивления изоляции равно нулю?; P6— измеренное тестером значение сопротивления изоляции менее 10 Ом?; A8 — поиск в местах возможного сильного механического сдавливания кабеля; P7—измеренное тестером сопротивление изоляции превышает 2 Ком?;

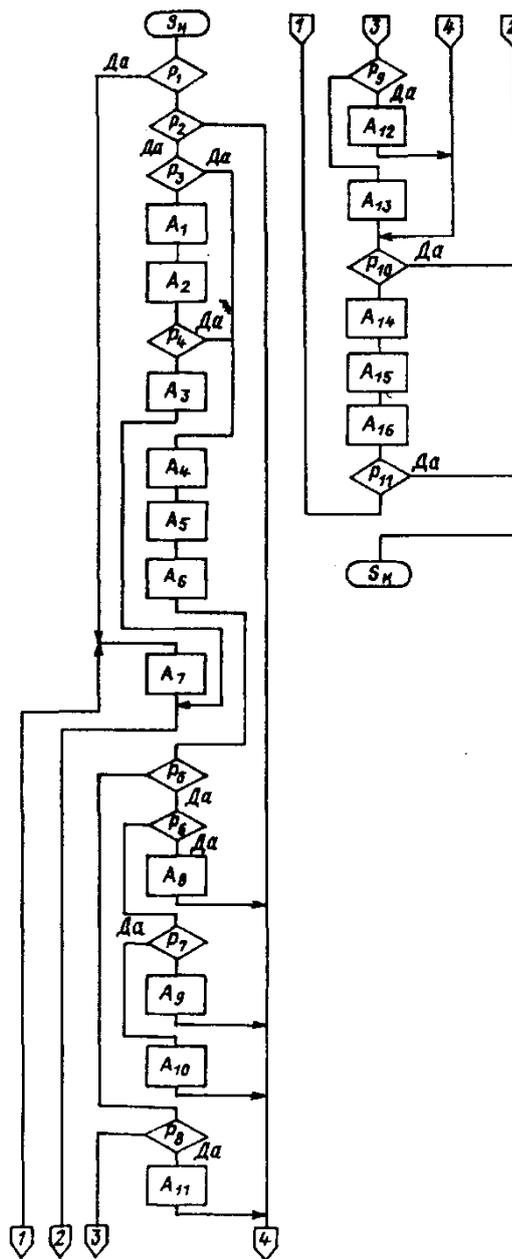


Рис. 10.3. Схема алгоритма поиска места неисправности в кабеле

A9 — проверка разделок кабеля на увлажнение; A10 — поиск неисправности в местах возможного сжатия кабеля; P8 — коэффициент изменения сопротивления равен единице?;

A11—поиск неисправности в местах возможного загрязнения кабеля; P9 — обнаружено значительное изменение величины расчетного параметра сопротивления изоляции R_p ; A12—проверка гипотезы о возможности значительного (объемного) увлажнения кабеля; A13 — проверка гипотезы о возможности поверхностного увлажнения кабеля; P10—место неисправности установлено?; A14—измерение параметров для расчета расстояния до места неисправности; A15—расчет расстояния до места неисправности; A16—поиск неисправности в рассчитанных участках кабеля; P11 — место неисправности установлено?;

Sk—окончание процедуры определения места неисправности.

Место неисправности в кабеле можно определять специальными техническими средствами.

К специальным техническим средствам относят кабельные мосты, приборы типа P5, прибор „Поиск—И" и др. Проведенный анализ и испытания в судовых условиях ряда приборов для определения места повреждения кабелей показали, что для решения практических задач на судне наиболее приемлемы следующие диагностические устройства:

- приборы типа P5, работающие на импульсивном методе и позволяющие непосредственно по шкале прибора, подключаемого в конце (или начале) кабельной линии, определять расстояние и вид неисправности (типа обрыв или короткое замыкание), а также длину непрерывного кабеля;
- прибор „Поиск—И", работающий на индуктивном методе, с помощью которого неисправность типа обрыв и короткое замыкание, а также трасса прохождения кабеля определяются перемещением датчика вдоль кабельной линии, в которую подается от специального генератора электрический сигнал повышенной частоты 4 или 10 кГц;
- устройство фирмы „Ауэроника" типа AJ-2, описанное выше, позволяющее определять место снижения сопротивления изоляции кабеля переносным датчиком.

Приборы, типа P5 предназначены для измерения расстояния до сосредоточенной неоднородности волнового сопротивления кабеля. В исследуемую линию подаются короткие электрические импульсы, которые, отражаясь от места изменения волнового сопротивления (обрыв, короткое замыкание, плохой контакт и др.), возвращаются обратно и фиксируются в приемной части прибора. Прибор показывает расстояние lx до места дефекта, определяемое по скорости v распространения электромагнитной волны в кабеле, времени t с момента посылки импульса и возвращения его обратно: $lx=vt/2$. Полярность отраженного сигнала, фиксируемая индикатором прибора, позволяет судить о характере неисправности: отраженный импульс сохраняет свой знак при увеличении сопротивления (обрыв, асимметрия) и меняет свой знак при уменьшении сопротивления (короткое замыкание, снижение сопротивления). В процессе поиска неисправности прибор подключается в начале или конце кабельной линии и не требуется доступ к месту неисправности. Питание P5 может осуществляться непосредственно от судовой сети 220 В или автономно от внутреннего источника—перезаряжаемого аккумулятора.

Проведенные исследования прибора P5-8 в судовых и лабораторных условиях позволяют сделать следующие выводы. При проведении измерений прибор должен подключаться к двум жилам или одной жиле и экрану (панцирю) исследуемого непрерывного кабеля. Корпус судна не может быть использован в качестве участка измерительной цепи, так как в измерительной цепи с использованием корпуса волновое сопротивление оказывается существенно неоднородным по длине. Длина кабеля определяется с погрешностью, не превышающей 1...2,5%. Место замыкания двух жил кабеля P5-8 об-

наруживают при переходном сопротивлении 200 Ом; при переходном сопротивлении 200 Ом погрешность составляет 2...4%. Место обрыва жил для многожильных и одножильных экранированных кабелей, а также многожильных (две и более жил) неэкранированных кабелей определяется с погрешностью 1...2%. Учитывая нечувствительность прибора на первых 0,5 м, измерения следует производить последовательно с двух сторон обследуемого участка.

Прибор „Поиск—И” состоит из двух частей: генератора импульсов частотой 4 и 10 кГц, включаемого в измерительную цепь, и переносного датчика с измерительным прибором, перемещаемых в непосредственной близости от исследуемой линии. Генератор импульсов питается от судовой электрической сети, а переносной датчик с измерительным прибором имеют встроенные элементы питания. Место неисправности или наличие кабеля в трассе обнаруживается по реакции измерительного прибора на сигналы генератора импульсов. На основе опыта применения прибора „Поиск—И” в судовых условиях и на специальном стенде, имитирующем участок кабельной трассы, можно сделать следующие выводы. Прибор можно использовать для нахождения трассы прокладки кабеля, а также места снижения сопротивления изоляции между жилой кабеля и корпусом или между жилами до значений, меньших 15 кОм, и места обрыва токоведущей жилы в неэкранированном кабеле. При работе с прибором следует обращать внимание на сохранение пространственной ориентации датчика относительно кабеля и возможность появления сильных помех от работающего электрооборудования и больших металлических масс вблизи кабельной трассы и датчика. В случае, когда сопротивление замыкания жилы кабеля на корпус мало (близко к нулю), прибор позволяет определить место замыкания с погрешностью не более 5 см. Погрешность определения места замыкания двух жил в кабеле примерно равна шагу скрутки кабеля, который изменяется в пределах от 10 до 20 диаметров кабеля.

Комплект АЖ-2 фирмы „Аутроника”, состоящий из источника тестового сигнала G 5 Гц и датчика P с разъемным магнитопроводом, предназначен для определения места снижения сопротивления изоляции между жилой кабеля и корпусом. Результаты проведенных лабораторных испытаний комплекта АЖ-2 показали, что АЖ-2 позволяет определять место снижения сопротивления изоляции при $R \geq 50$ кОм с погрешностью 0,2 %. При нахождении датчика вблизи источника G 5 Гц (на расстояние до 0,6 м) в нем наводятся помехи, которые приводят к ложным показаниям приемника комплекта АЖ-2. Основное достоинство комплекта АЖ-2 заключается в высокой точности определения места снижения сопротивления изоляции кабеля, который в процессе поиска может не отключаться от ГРЦ. В качестве недостатка следует отметить, что комплект АЖ-2 имеет ограниченные возможности применения для судовых кабельных трасс, так как при поиске места повреждения изоляции поврежденный кабель должен быть охвачен датчиком.

При отсутствии специальных приборов для определения места неисправности кабеля используют измерительные схемы (содержащие источник, резисторы, миллиамперметры, вольтметры).

Например, если переходное сопротивление в месте дефекта изоляции кабеля меньше допустимого значения, но более 200 Ом, то место дефекта обнаруживается *методом петли* посредством измерительного моста с переменным отношением плеч. Метод эффективен, когда сопротивление изоляции одной из жил кабеля в норме, а жила с дефектной изоляцией не оборвана. Между этими двумя жилами устанавливается перемычка Π , и они подключаются по схеме моста. Плечами моста являются сопротивления r_1 , r_2 и сопротивления жил $[R_2+(R_1-R_x)]$ и R_x . При равновесии моста $r_1 R_x = r_2 [R_2+(R_1-R_x)]$,

Откуда $R_x = r_2(R_1+R_2)/(r_1+r_2)$.

Определение места повреждения кабеля

Способ нахождения места повреждения кабеля выбирают в зависимости от характера повреждения. В таблице 10.3 приведены способы определения места повреждения.

Способы определения места повреждения кабеля

Таблица 10.3

Переходное сопротивление в месте повреждения, Ом	Характер повреждения кабеля	Рекомендуемые способы определения места повреждения
0 - 10000	Заземление одной или нескольких жил на корпус	Магнитный, коммутационный, индукционный, мостовой, импульсный.
----	Замыкание одной, двух или нескольких жил между собой	Магнитный, индукционный, мостовой, импульсный.
0 - 10000	Обрыв одной или нескольких жил	Импульсный, емкостной.

При магнитном способе место повреждения обнаруживают по прекращению колебания стрелки компаса, который перемещают вдоль кабеля, периодически включаемого под напряжение.

При коммутационном способе место повреждения кабеля устанавливается по наибольшим показаниям стрелки микроамперметра, возникающим при шевелении кабеля, находящегося под током.

При индукционном способе место повреждения находят по исчезновению звучания в телефоне, включенном в цепь индукционной рамки перемещаемой вдоль поврежденного кабеля.

Место повреждения кабеля определяют также с помощью мостов и реохордов. Достаточная точность измерений достигается при переходных сопротивлениях в месте повреждения кабеля, не превышающих 200 Ом. При больших значениях переходных сопротивлений повышается напряжение источника питания и, таким образом, увеличивается опасность для судовой команды при измерениях.

В судовой практике применяется искатель кабельных повреждений (ИКП) позволяющий отыскивать трассу кабеля, поврежденный кабель в пучке, расстояние до места обрыва жилы и расстояние до места замыкания на корпус или повреждения изоляции между жилами при значениях переходных сопротивлений в месте повреждения до 100000 Ом. Погрешность измерений при этом составляет не более 2%.

В комплект ИКП входят: прибор ИКП, преобразователь питания схемы, электромагнитный щуп (искатель), телефон, уравнильный резистор сопротивлением 0,17 Ом, уравнильный конденсатор 0,025 мкФ, батарея 5НКН-10, 7 шнуров. Пульсирующий ток для искателя получают с помощью механического прерывателя, включаемого в цепь аккумуляторной батареи 6 – 12 В. Расстояние до места повреждения кабеля относительно корпуса с помощью ИКП определяют так же, как и мостом с реохордом.

Практическое занятие 11

Монтаж судовых сетей и кабелей.

Изучить информационный материал практического занятия 11.

ЗАДАНИЕ

Письменно ответить на вопросы:

1. Перечислите разновидности технологий электромонтажных работ на судне.
2. Перечислите этапы электромонтажных работ на судне.
3. Перечислите технологические операции подготовки электрооборудования к монтажу на судне.
4. Состав электромонтажных работ на судне.
5. Перечислите требования по размещению кабель – трасс на судах.
6. Прокладка кабелей через палубы и водонепроницаемые переборки.

ГОС – вопрос. Обязательно обсуждение вопроса.

Электромонтажные работы на судне.

На современных судах масса всех электрических устройств и систем определяется в основном массой проложенных кабелей, а трудоемкость и продолжительность выполнения электромонтажных работ - их количеством, суммарной длиной и технологией прокладки. Поэтому одной из важнейших задач при разработке проекта по электротехнической части судна является такое проектирование кабельных трасс, которое обеспечивает минимизацию длин и массы кабелей путем определения оптимальных маршрутов их расположения, а также использование наиболее технологичных методов и способов выполнения операций внешнего электромонтажа, обеспечивающих снижение его трудоемкости.

*Технология судовых электромонтажных работ в общем цикле проектирования
и строительства судов*

Общий технологический план, определяющий последовательность и продолжительность выполнения работ на отдельных этапах и их взаимосвязь с общей технологией строительства судна, называют принципиальной технологией монтажа судового электрооборудования.

Применительно к судам различных типов и разным методам их постройки в настоящее время при выполнении электромонтажных работ получили распространение следующие разновидности принципиальной технологии: параллельная, параллельно-районная, параллельно-блочная, параллельно-этапная, узловая, последовательно-районная, автономно-районная, критических зон и выборочный монтаж. Они отличаются друг от друга либо количеством монтажных районов, либо числом этапов монтажа (определяемых как технологией постройки судна, так и насыщенностью его электрооборудованием и кабелями), но в основе их заложен один и тот же принцип – принцип параллельной технологии.

Параллельная технология основана на параллельном выполнении внешнего и внутреннего монтажа электрооборудования (кабелей) во всех одновременно подготовленных к монтажу помещениях судна с прокладкой каждого кабеля от прибора до прибора – без промежуточных бухтовок.

При выполнении монтажа по параллельной технологии руководствуются следующей организационной схемой производства работ:

- К электромонтажным работам приступают только после выполнения предусмотренных технологией подготовительных работ, готовность которых фиксируют актом. Окончание этапа удобнее всего ограничить началом швартовых испытаний.

До начала этапа монтажа электрооборудования во всех помещениях судна должны быть закончены следующие подготовительные работы:

- установка всех до изоляционных и после изоляционных изделий для крепления электрооборудования и прокладки кабелей;
- изоляция помещений (переборок, подволоков и других корпусных конструкций);
- установка всего электрооборудования;
- временный демонтаж деталей, мешающих прокладке кабелей;
- установка технологической оснастки, лесов, ограждений, монтаж временного освещения и громкоговорящей связи;
- доставка на судно, непосредственно к местам прокладки всех магистральных, а также местных кабелей.

Каждый затянутый и окончательно уложенный в конструкции для крепления кабель вводят в электрооборудование, не ожидая окончания

затяжки и укладки всех кабелей данного пучка. Это позволяет выполнять внутренний монтаж электрооборудования параллельно с внешним монтажом, до окончания последнего.

Параллельная технология дает возможность выполнять монтаж судового электрооборудования в сжатые сроки, обеспечивая высокую производительность работ и их хорошее качество. Она допускает изменение в широких пределах продолжительности этапа монтажа электрооборудования, что позволяет применять ее на мелких, малых и средних судах при их серийной постройке. На больших и крупных судах она неприменима, так как подготовить под монтаж электрооборудования одновременно вес помещения этих судов практически невозможно.

Параллельно-районная технология основана на параллельном выполнении внешнего и внутреннего монтажа электрооборудования в двух-трех технологических районах самостоятельными бригадами в каждом районе. Подобную технологию применяют при островном методе постройки судов, когда каждый остров представляет собой самостоятельный технологический район. Электромонтажные работы начинают в островах до их стыкования на стапеле.

Параллельно-районная технология по сравнению с параллельной имеет следующие недостатки:

- повышаются трудоемкость и стоимость электромонтажных работ в связи с необходимостью бухтовки и разбухтовки магистральных кабелей, переходящих из одного острова в другой, а также дополнительной организации их затяжки;
- до стыкования островов не представляется возможным закончить внешний и внутренний монтаж электрооборудования и произвести проверку схем, что повышает напряженность в работе непосредственно перед швартовными испытаниями.

Несмотря на указанные недостатки параллельно-районная технология наиболее приемлема для выполнения электромонтажных работ при островном методе постройки судов.

Параллельно-блочная технология основана на параллельном выполнении внешнего и внутреннего монтажа электрооборудования в отдельных блоках судна (до их стыкования на стапеле) самостоятельными бригадами в каждом блоке. В этом случае каждый блок рассматривают как самостоятельный технологический район, в пределах которого монтаж электрооборудования выполняется по параллельной технологии. Параллельно-блочная технология по сравнению с параллельной имеет те же недостатки, что и параллельно-районная технология. Несмотря на это она является единственно возможной технологией монтажа электрооборудования при блочной постройке судов.

Параллельно-этапная технология основана на одновременном выполнении внешнего и внутреннего монтажа электрооборудования во всех одновременно подготавливаемых к монтажу помещениях судна, но в

двух различных периодах его постройки, разделенных между собой некоторым промежутком времени. Ее применяют для отдельных помещений судов, насыщенных механизмами, оборудованием, электрооборудованием, трубопроводами, осуществить монтаж электрооборудования в которых по общей параллельной технологии невозможно. В связи с этим после установки креплений для электрооборудования и подготовки кабельных трасс в этих помещениях в первом периоде производят кабельные работы, а во втором – установку электрооборудования, ввод кабелей, их разделку, оконцевание и включение. Оба периода разделены между собой промежутком времени, необходимым для установки и монтажа механизмов, трубопроводов и другого судового оборудования.

При применении параллельно-этапной технологии для выполнения электромонтажных работ руководствуются следующим планом:

- Выделяют четко определенные первый и второй периоды этана монтажа электрооборудования. Начало первого периода определяется окончанием подготовительных работ, начало второго периода – окончанием судомонтажных работ, а конец – подготовкой к швартовным испытаниям.
- Точно устанавливают объем работ, который невозможно выполнить одновременно с монтажом всего электрооборудования, и относят его на второй период этана монтажа электрооборудования.
- До начала первого периода монтажа во всех помещениях судна выполняют подготовительные работы в том же объеме, что и при параллельной технологии, за исключением работ, отнесенных на второй период этапа.
- После подписания акта о готовности всех помещений судна к первому периоду этапа монтажа приступают к его выполнению одновременно во всех помещениях судна по принципам параллельной технологии.
- По окончании судомонтажных работ и подписании акта о готовности судна ко второму периоду этапа монтажа производят установку оставшегося электрооборудования, его внешний и внутренний монтаж и опробование схем в действии.

Применение параллельно-этапной технологии допускается в исключительных случаях и только при монтаже отдельных помещений судна, насыщенных оборудованием, так как при этом по сравнению с параллельной технологией значительно увеличивается продолжительность этапа монтажа электрооборудования, снижаются производительность труда и качество работ, а также возрастают их трудоемкость и стоимость.

Последовательно-районная технология основана на последовательном выполнении одними и теми же бригадами внешнего и внутреннего монтажа электрооборудования в отдельных строго ограниченных технологических районах судна, поочередно подготовляемых к монтажу. В

границах каждого района монтаж электрооборудования ведут по правилам параллельной технологии.

Последовательно-районная технология предусматривает деление судна на несколько технологических районов монтажа (обычно два-три района). Ее применяют преимущественно при монтаже электрооборудования на больших судах единичной постройки с длительным циклом их строительства.

Последовательно-районная технология по сравнению с параллельной технологией имеет следующие недостатки:

- значительно увеличивается продолжительность этапа монтажа электрооборудования;
- снижается производительность труда и возрастает трудоемкость выполнения работ в связи с необходимостью бухтования магистральных кабелей на границах смежных технологических районов;
- ухудшается качество работ вследствие более длительного процесса монтажа и возможных повреждений кабелей при их бухтовании;
- при нечеткой регламентации начала монтажа во втором и последующих районах последовательно-районная технология превращается в выборочный монтаж.

Указанные недостатки снижают ценность последовательно-районной технологии. Однако она позволяет производить монтаж электрооборудования на больших судах с длительным циклом постройки по принципам параллельной технологии (в пределах технологических районов) и способствует равномерной загрузке электромонтажного цеха, что является ее достоинством.

Автономно-районная технология имеет следующие положительные качества: *Автономно-районная технология* основана на параллельном выполнении внешнего и внутреннего монтажа электрооборудования в отдельных, строго ограниченных (автономных) районах судна, поочередно подготовляемых к монтажу.

- обеспечивает равномерную загрузку электромонтажных участков и цехов;
- позволяет сократить число электромонтажников при выполнении электромонтажных работ;
- обеспечивает ритмичную работу судостроительного завода и широкий фронт работ всех специализаций;
- исключает бухтовку магистральных кабелей;
- позволяет создать гибкую систему управления электромонтажным производством.

Подобная технология рекомендуется к применению на больших и крупных судах. При этом рабочая документация должна разрабатываться с учетом следующих требований:

- размещение электрооборудования необходимо производить с учетом обеспечения возможно большей замкнутости кабельных связей внутри автономных районов;

- трассы кабелей должны быть разделены на трассы местных и магистральных внутрирайонных кабелей и трассы межрайонных кабелей;
- в некоторых случаях целесообразно также выделить в отдельную трассу смежные межрайонные кабели;
- трассы кабелей необходимо располагать в местах, доступных для укладки кабелей в течение всего времени их монтажа;
- в рабочих чертежах зашивки помещений необходимо предусматривать свободный доступ к отдельным участкам трасс магистральных кабелей на протяжении всего времени монтажа или установку зашивки в этих местах (в сетевом графике постройки судна) после окончания всех работ по затяжке, укладке и креплению кабелей.

Узловая технология основана на выполнении в цеховых условиях большей части электромонтажных работ путем сборки на шаблонах и натуральных макетах монтажных и кабельных узлов. Это наиболее прогрессивный вид технологии. Подобный метод позволяет выполнить в условиях цеха до 50–65% всех электромонтажных работ. Узловая технология обеспечивает наименьшую продолжительность этапа монтажа электрооборудования на судне, наибольшую производительность труда и высокое качество работ. Она рекомендуется к применению на катерах и других мелких судах.

При монтаже судов любых типов и при любой технологии всегда целесообразно максимально возможный объем работ выполнять с применением элементов узловой технологии.

Опыт строительства судов показал, что монтаж электрооборудования некоторых комплексов в особо насыщенных помещениях – критических зонах по обычной, параллельной, технологии заканчивается значительно позднее, чем в остальных помещениях, что тормозит окончание электромонтажных работ и строительства судна в целом. Поэтому для монтажа таких систем (комплексов) в особо насыщенных помещениях применяется так называемая технология критических зон, предусматривающая выделение их в самостоятельные технологические районы по схемному (системному) признаку. В технологический район могут входить помещения, расположенные в разных районах судна, но насыщенные электрооборудованием, составляющим один комплекс. В укрупненном сетевом графике, который согласуется с судостроительным заводом, в этих помещениях предусматривается первоочередное выполнение работ, находящихся на критическом пути с таким расчетом, чтобы окончание монтажа, наладки и регулировки системы или комплекса систем, предназначенных для решения одной задачи, заканчивалось одновременно с остальными помещениями.

Всякое отступление от перечисленных технологических методов выполнения электромонтажных работ неизбежно приводит к выборочному монтажу. При этом подготовительные работы на судне выполняются в небольшом объеме, большую часть этих работ производят одновременно с монтажом электрооборудования. Монтаж электрооборудования ведут в недостаточно

подготовленных помещениях. На судне отсутствуют четко определенные технологические районы монтажа. Монтаж электрооборудования выполняют в любом помещении независимо от готовности соседних помещений, в случайной последовательности. При выборочном монтаже почти все кабели в процессе их прокладки подвергаются многократному бухтованию, что приводит к многочисленным их повреждениям; электрооборудование длительное время находится в процессе монтажа, в связи с чем неизбежны его повреждения.

Подготовка электрооборудования к монтажу на судне

Весь объем электромонтажных работ подразделяют на следующие этапы:

- электромонтажные работы в цехе;
- подготовительные работы на судне;
- электромонтажные работы на судне;
- подготовка и проведение сдаточных испытаний.

Подготовку электрооборудования в цехе к монтажу на судне можно подразделить на следующие технологические операции:

- входной контроль;
- количественная комплектация;
- предмонтажная подготовка; сборка монтажных заготовок и узлов;
- технологическая комплектация;
- комплектация ЗИП, инструмента и монтажных материалов.

Входной контроль заключается в том, что все оборудование распаковывают, проверяют соответствие его паспортным данным, наличие консервации, отсутствие коррозии и т. п. У кабелей проверяют количество жил и сечение, целостность верхнего слоя и закрепление конца на кабельном барабане. По материалам проверяют соответствие сертификатным данным, дату выпуска (сроки хранения).

При обнаружении серьезных дефектов отдел технического контроля (ОТК) совместно с представителем заказчика составляет рекламационный акт на данное оборудование или материалы.

Количественная комплектация заключается в накоплении и подборе оборудования на складе по типам и назначению в количестве, которое должно соответствовать конструкторской документации, в том числе приборы и аппараты электrorаспределительных устройств, электроприводов, сетей освещения, телефонной связи, приборов управления судном, кабели и провода, электронavigационные приборы, нагревательные приборы и прочее.

Предмонтажная подготовка электротехнических устройств включает следующие основные виды работ:

- нанесение проектной индексации (маркировка) и других сведений в зависимости от места установки;
- закрепление временных пластмассовых или картонных бирок;
- проверка наличия заглушек в сальниках и их состояния;

- затяжка гаек и винтов разъемных соединений;
- установка временных защитных крышек из фанеры на стекла приборов, демонтаж стекол плафонов, бра и т. п.;
- нанесение антикоррозионной смазки на хромированные и никелированные поверхности;
- подготовка контактных поверхностей, предназначенных для заземления устройства.
- очистка поверхности шкуркой, напильником или металлической щеткой с последующим смазыванием ее техническим вазелином.

Поверхности из алюминиевого сплава зачищают под слоем вазелина, затем протирают и снова наносят вазелин.

При длительности этапа монтажных работ на судне более 30 дней дополнительно к выше перечисленному под щетки машин постоянного тока подкладывают прессшпан, снимают электроизмерительные приборы и стеклянные колпаки, рукоятки выключателей электроустановочной аппаратуры, микротелефонные трубки.

Объем предмонтажной подготовки устанавливают применительно к реальным условиям не только в зависимости от продолжительности этапа монтажа, но и от организации работ на судостроительном заводе. Временно снятые при предмонтажной подготовке детали выдают затем одновременно с электрооборудованием мастеру соответствующего монтажного участка, который хранит их на складе до установки на судне.

Переносное электрооборудование (головные микротелефоны, переносные лампы и вентиляторы и пр.) предмонтажную подготовку не проходит, и его выдают на судно в период швартовных испытаний.

Сборка электромонтажных заготовок заключается в том, что электрооборудование, прошедшее предмонтажную подготовку, комплектуют крепежом, амортизаторами, перемычками заземления и т. п. Все эти детали по возможности привертывают к лапам устройств.

Электромонтажными узлами называют электромонтажные заготовки, в которых выполнен частично или полностью внешний и внутренний монтаж.

Монтажные узлы обычно собирают на макетах, выполненных в натуральную величину. Опыт показывает, что подобные узлы могут широко применяться при строительстве катеров и других судов небольших размеров. На больших судах такие узлы рационально применять для монтажа постов, рубок и других помещений относительно небольшой площади.

Технологическая комплектация заключается в накоплении на складах технологических комплектов электротехнических устройств, кабелей, электромонтажных заготовок, которые подлежат установке на судне.

Одновременно с этим производится *комплектация ЗИП*, монтажных материалов (изоляционных лент, защитных трубок, лаков и т. д.), кре-

пежных изделий (болтов, шпилек, винтов и т. п.), припоев, флюсов, ниток, шнуров.

Состав электромонтажных работ на судне

Судовые электромонтажные работы осуществляются в четыре этапа.

Это:

- подготовительные работы;
- внешний и внутренний монтаж;
- швартовные испытания;
- ходовые испытания.

К подготовительным работам относят: установку ограждений, настилов, подмостков; временный демонтаж оборудования, мешающего прокладке кабелей; выполнение вырезов и установку конструкций для прохода кабелей сквозь переборки и палубы; разметку и установку конструкций, предназначенных для крепления кабелей и электротехнических устройств; установку и крепление электротехнических устройств; установку технологической оснастки для затяжки кабелей.

Подготовительные работы подразделяются на работы, выполняемые до начала устройства тепловой и звуковой изоляции палуб и переборок судна, и работы, выполняемые после устройства изоляции.

Внешний монтаж заключается в затяжке, укладке, маркировке, разводке, вводе, разделке, уплотнении мест прохода кабелей сквозь переборки и палубы, заземлении и креплении кабелей и кабельных трасс.

Внутренний монтаж заключается в отрезке, оконцевании, маркировке, укладке и подключении жил кабелей к зажимам электротехнических устройств. После чего производится опробование электротехнических схем в действии и сдача их представителям отдела технического контроля (ОТК). В результате электрооборудование считается готовым к проведению швартовных испытаний.

В процессе *швартовных и ходовых испытаний* производится проверка соответствия электрооборудования требованиям Регистра РФ и заказчика, а также ознакомление экипажа со специфическими особенностями эксплуатации судна.

Электромонтаж судовых кабель - трасс

Судовые кабельные трассы состоят в основном из магистральных кабелей и лишь на отдельных участках включают в себя местные. К их размещению предъявляют эксплуатационные и монтажные требования, основные из которых заключаются в следующем:

- кабельные трассы по возможности должны размещаться в легкодоступных местах;

- трассы должны быть удалены от мест возможного непосредственного воздействия воды, пара, масел, топлива, высоких температур или иметь соответствующее исполнение и защиту;
- в местах наиболее вероятных механических воздействий должны быть предусмотрены специальные меры защиты (прокладка в трубах, желобах, закрытие кожухами и т. п.);
- не допускается размещать кабели на съемных листах и в местах возможных технологических вырезов, вскрытие которых производится в период ремонта судна:
- не рекомендуется проход кабельных трасс сквозь набор корпуса (бимсы, шпангоуты и т. п.);
- трассы должны быть по возможности прямолинейными и ортогональными с минимальным числом пересечений;
- радиусы поворота трасс должны быть не менее допустимых радиусов изгиба входящих в них кабелей;
- должна предусматриваться преимущественно пучковая прокладка кабелей с учетом требований совместимости кабелей и принятого технологического метода проведения ЭМР;
- в отдельные пучки должны быть выделены следующие кабели: высокочастотные; кабели, связывающие ГРЩ с источниками электрической энергии; аварийных систем; с защитными оболочками пониженной механической прочности; входящие в состав систем с длительным циклом настройки;
- кабели должны прокладываться по кратчайшим возможным маршрутам.

Трассы, как правило, размещают на бортах, переборках, подволоках, в отдельных случаях - на палубах под настилом. Целесообразна прокладка основных магистральных трасс в специальных кабельных коридорах или подпалубных каналах.

При выборе способа крепления необходимо учитывать габариты трассы, количество и размеры пучков, толщину корпусных конструкций, наличие изоляции, место прокладки, особенности метода выполнения электромонтажных работ.

На судах прокладывают кабели из отдельных кабельтрасс или отдельных кабелей. Группы образуют ряды и пучки. Ряд- это группа кабелей имеющая общее крепление, которое каждый кабель соприкасается с двумя соседними кроме крайних. Если группа кабелей состоит из двух рядов и не имеет зазоров и имеющая общее крепление, то прокладка называется двухрядной. Если в группе три и более рядов то кабели образуют пучок.

При прокладке отдельных кабелей применяют скобы, скоб-мосты и перфорированные панели. При прокладке рядов и пучков кабелей, применяют специальные подвески, называемые кассетами. Обычно кассета состоит из П-образного корпуса и подвижного замка, который перемещается либо вверх либо вниз в зависимости от ее заполнения. Кассеты приваривают к корпусу судна на определенном расстоянии одной от другой, в любом положении. В кассеты кабель укладывают без крепления, что ускоряет и упрощает монтаж.

Кассетами и скобами крепят кабель с площадью поперечного сечения пучка до 400 квадратных сантиметров, скобами до 150 квадратных сантиметров.

Кабельные трассы должны быть прямыми и доступными для просмотра и обслуживания, места изгиба кабеля должны иметь определенное значение внутреннего радиуса. Обычно радиус равен от 2 до 10 умноженному на d , где d внешний диаметр кабеля. Для снижения трудоемкости монтажа не рекомендуется применять одножильные кабели с площадью сечения жилы более 240 квадратных миллиметров. А так же 2х и 3х жильные с площадью сечения жил более 120 миллиметров квадратных. При прокладке кабельных трасс стремятся к минимальному числу пересечений, а в местах пересечения устанавливают мостики, что бы избежать взаимного касания трасс. При прокладке кабелей идущих к параллельным переборкам, подвержены запотеванию, между кабелями и переборками должно оставаться свободное пространство. Расстояние кабельных трасс от наружной обшивки водонепроницаемых и противопожарных переборок должно быть не менее 120 мм, от двойного дна и цистерн с топливом и маслом не менее 50 мм, от источников тепла не менее 100 мм. во взрывоопасных и пространствах разрешается прокладывать кабели предназначенные только для электрооборудования установленных в этом помещении и пространствах. Не рекомендуется прокладывать кабель под настилом, если же такая прокладка неизбежна то кабель должен находиться в металлической трубе или аналогичных закрытых каналах. В местах трассы где возможен разрыв или повреждение кабеля в следствии деформации корпуса судна или волнения моря, или нагрева, устраивают компенсационные петли, внутренний диаметр которых должен составлять не менее двенадцати наружных диаметров кабеля.

При прокладке кабеля через водонепроницаемые переборки, применяют сальники для одиночных кабелей и кабельные коробки для пучков. Проходы кабелей через водонепроницаемые, газонепроницаемые, противопожарные переборки и палубы, должны быть уплотнены. При прокладке кабелей через водонепроницаемые переборки или набора толщиной менее 6 мм в отверстия для прохода кабелей должны устанавливаться облицовки или втулки. Если же толщина проницаемой переборки более 6 мм втулки не ставят, но края отверстия должны быть закруглены.

Прокладка кабелей через палубы должна быть выполнена одним из следующих способов:

- В стальных трубах выступающих над палубой не менее чем на 900мм в местах где возможно механическое повреждение кабеля.
- В металлических стаканах или коробках с дополнительной защитой кабеля в кожных на высоте 900мм. стаканы и коробки должны быть заполнены уплотнительными массами.

Уплотнение кабельных проходов через противопожарные переборки должны быть такими, что бы они могли выдержать пожар.

Для заземления применяют медный провод или металлические скобы которые крепко прилегают к оболочке кабеля, если кабель проходит через ка-

бельный сальник, то для заземления применяют кольца, которые находятся внутри сальника. Для образования ответвления для судовых кабелей и проводов, применяют разветвительные или крестовые коробки, внутри которых электрические соединения кабелей, проводят при помощи винтовых зажимов. Для маркировки кабелей и проводов применяют, бирки, пластинки прикрепленные к кабелю пояском из латуни или оцинковки.

Внутреннее поперечное сечение трубы должно быть заполнено кабелями не более чем на 40%. – Регистр РФ.

Уплотнительные устройства устанавливают отдельно для каждого пучка кабелей. Индивидуальные сальники размещают на переборках нажимными гайками к средней части судна, на палубах - нажимными гайками вверх. Кабельные уплотнительные коробки устанавливают таким образом, чтобы заливочные отверстия располагались со стороны помещений, в которых лучше условия для установки оснастки и проведения заливки компаундом.

В местах ввода кабелей в уплотнительные устройства необходимо предусматривать прямолинейные участки длиной не менее 80 мм.

Практическое занятие 12

Ремонт и монтаж судовых трансформаторов и аппаратов

Изучить источники [3], Раздел 6, с. 361 – 375, информационный материал практического занятия 12.

ЗАДАНИЕ

1 бригада. Создать дерево неисправностей судовых трансформаторов и способов их устранения.

2 бригада. Создать инструкцию по технологическим операциям ремонта судовых трансформаторов.

3 бригада. Создать инструкцию по ремонту и монтажу судовых аппаратов.

Результат разработок предьявляется в печатном виде А4 формат 4 экземпляра.

Обязательно провести обмен инструкциями.

Одна инструкция предоставляется преподавателю.

Ремонт трансформаторов

На судах используют сухие однофазные и трехфазные трансформаторы относительно небольших мощностей. Трехфазные трансформаторы мощностью до 25 кВ-А включительно позволяют переключать концы обмоток со „звезды" на „треугольник" и наоборот и получать напряжения: со стороны высшего напряжения - 380 или 220 В; 660 или 380 В; со стороны низкого напряжения - 230 или 133 В.

При наличии технической документации дефектация сводится к осмотру и определению состояния и комплектности трансформатора, уточнению условий и возможностей ремонта трансформатора на месте. При отсутствии технической документации осмотр и дефектацию производят в полном объеме с выполнением необходимых замеров и испытаний. Результаты заносят в специальную ведомость дефектов. Каждый трансформатор должен соответствовать требованиям электрической прочности, термической и электродинамической стойкости.

Объем работ по восстановлению технического состояния трансформаторов и место проведения ремонта определяются видом ремонта (табл. 12.1).

Объемы работ при текущем и капитальном ремонтах силовых трансформаторов

Таблица 12.1

Вид ремонта	Объём работ	Ремонтные нормативы
Текущий	Удаление грязи, устранение обнаруженных при осмотре дефектов, подтяжка болтовых соединений	Поступившие в ремонт трансформаторы должны быть чистыми, все части и детали в наличии и на своих местах
Капитальный	Отсоединение выводов от катушек. При необходимости разболчивание и расширивание магнитопровода с распрессовкой и снятием катушек, их заменой или ремонтом изоляции обмоток низшего и высшего напряжений. Переизолировка стали	Не должно быть ослабления прессовки, лаковая поверхность катушек без трещин, морщин и натеков лака

Наиболее часто встречающиеся при работе характерные неисправности трансформаторов и способы их устранения приведены в таблице 12.2.

Характерные неисправности трансформаторов

Таблица 12.2

Неисправность	Причина	Способ устранения
Перегрев трансформатора	Перегрузка трансформатора	Разгрузить трансформатор, отключив менее ответственные потребители или включив еще один трансформатор
	Высокая температура в помещении, где установлен трансформатор	Улучшить вентиляцию помещения

Ненормальное гудение трансформатора	Слабая опрессовка шихтованного магнитопровода	Подтянуть прессующие болты
	Вибрируют крайние листы магнитопровода	Расклинить листы электрокартоном
	Ослабли болтовые соединения	Проверить затяжку болтовых соединений
	Несимметричная нагрузка фаз	Уменьшить несимметрию нагрузки
	Трансформатор работает при повышенном напряжении	Установить соответствующие напряжения
	Междуфазовое или междувитковое замыкание в обмотке	Найти короткозамкнутый виток

Вторичные напряжения не одинаковы при нагрузке	Плохой контакт в соединении одного из выводов. Плохой контакт внутри обмотки одной из фаз	Найти плохой контакт или обрыв
Первичные напряжения одинаковы	Обрыв в первичной обмотке при соединении „треугольник" или „звезда-звезда"	Ликвидировать обрыв
Вторичные напряжения не одинаковы при нагрузке и холостом ходе	Перепутаны начало и конец обмотки одной из фаз вторичной обмотки при соединении „звездой"	Перебросить начало и конец
Пробой обмоток	Износ изоляции	Восстановить обмотку или заменить её
Замыкание между витками	Разрушение витковой изоляции вследствие старения, механических повреждений, деформации обмоток при коротких замыканиях	Осмотр активной части. Измерение сопротивления обмоток постоянному току
Замыкание между фазами	Замыкание на вводах или отводах. Дефект изоляции вследствие старения. Попадание влаги или грязи. Перенапряжение. Деформация обмоток при коротких замыканиях	Осмотр активной части. Проверка мегаомметром
Обрыв в обмотках	Обгорание выводных концов из-за плохих соединений или вследствие электродинамических усилий при коротких замыканиях, некачественная пайка проводов.	Проверка показаний амперметров, включенных в разные фазы. Проверка мегаомметром при соединении обмоток „звездой" Измерение сопротивлений обмоток постоянному току между линейными выводами при соединении в „треугольник". Внешний осмотр активной части

Основные части трансформаторов - обмотки и магнитопровод. В судовых трансформаторах чаще всего используются концентрически расположенные (одна внутри другой) прямоугольные или цилиндрические обмотки, преимущественно из медного провода марок ПЭЛБО или ПББО. Обмотки трансформаторов мощностью до 0,5 кВА имеют изоляцию класса А (в качестве изоляции применены кабельная бумага и электроизоляционный картон). Обмотки трансформаторов от 1 кВА и выше имеют изоляцию класса В (в качестве изоляции применены стеклоткань и стеклотекстолит). Технология ремонта обмоток и других частей трансформатора приведены в таблице 12.3.

На судах применяются специальные типы судовых трансформаторов для установки на открытых палубах и в закрытых помещениях. Все судовые трансформаторы выпускаются в закрытых кожухах, снабженных лапами для крепления.

Технологические операции ремонта обмоток и других частей трансформатора

Таблица 12.3

Операция	Способ выполнения	Примечания
Ремонт изоляции обмоток	Старую изоляцию удаляют отжигом в печи при температуре 450..500 °С. Провод очищают от следов изоляции. Витки изолируют	Изолированной катушке придают нужный размер путем обтяжки на шаблоне. Пропитывают лаком ГФ-Э5 и запекают при 100 °С

	бумажной тафтяной лентой в два слоя с перекрытием	в течение 10 ч
Изготовление многослойной катушки из круглого провода	Каждый новый слой катушки обматывают кабельной бумагой так, чтобы она покрывала все витки и пояски, уложенные в торцах шаблона	Поясок из электрокартона толщиной, равной диаметру провода, закрепляют лентой из телефонной бумаги и укладывают в торце шаблона
Изготовление многослойной катушки из провода прямоугольного сечения	Каждый новый виток однослойной катушки закрепляют киперной лентой в целях предохранения их от ослабления и распускания. У многослойной катушки бандажирования не требуется	При переходе из одного слоя в другой в местах перехода подкладывают полоску прессшпана на 4... 5 мм больше ширины витка
Соединение проводов, пайка	Провода соединяют с помощью пайки	При пайке проводов применяют припой — фосфористую бронзу или серебряные припои ПСр-45, ПСр-70, флюс—канифоль, порошкообразную буру
Подготовка пластин электро-технической стали к изоляции	Обычно магнитопроводы полностью не ремонтируют, а заменяют новыми. Ремонту подвергают лишь трансформаторы старых выпусков с бумажной изоляцией. Сначала удаляют старый слой изоляции. Листы, покрытые бумажной изоляцией, отпаривают в горячей воде, затем обжигают при температуре 300... 400 °С в течение 2... 3 мин	
Изолировка пластин, запекание лаковой пленки	Толщина двустороннего покрытия должна быть не более 0,002 мм. При температуре 300... 600 °С лак сохнет в течение 1 мин	
Изготовление новых пластин	Раскрой проводят так, чтобы длинная сторона была обязательно вдоль проката. Отверстия для шпилек делают штампом	
Шихтовка ярма	Шихтуют ярмо с середины пакета одновременно с двух сторон ярма	
Очистка поверхности бака от грязи и ржавчины, осмотр	Внутреннюю (наружную) поверхность очистить металлической щеткой, протереть ветошью, смоченной бензином, покрыть антикоррозийной эмалью ГФ-92-ГС	
Устранение вмятин и погнутости бака	Дефектную часть бака предварительно нагреть и со стороны, противоположной удару, подставить металлический упор, выправить стечки бака с помощью молотка	
Устранение трещин бака	Заварить ацетилено-кислородной сваркой или наложить пластину из листовой стали с последующей приваркой. Тонкие трещины зачеканить или запаять	
Ревизия выводов кабеля	Уплотнение сальникового ввода заменить новым. При срыве резьбы исправить резьбу	

Трансформатор перед включением в сеть необходимо осмотреть и убедиться в отсутствии пыли, грязи, воды, масла и посторонних предметов на нем, а также вблизи вентиляционных отверстий. При этом надо по возможности проверить состояние внутренних и наружных соединений (контактов).

Ремонт и монтаж судовых аппаратов

При обслуживании электрической аппаратуры основное внимание необходимо обращать на её рабочие части. Подвижные части должны перемещаться без заеданий и перекосов, а также чётко фиксироваться в рабочих положениях. При осмотрах нужно обращать внимание на состоянии рабочих поверхностей контактов, нагрев токоведущих частей аппаратов и сопротивление их изоляции. Неисправности электрических аппаратов в зависимости от причин их возникновения можно подразделить на механические и электрические.

Механические неисправности появляются вследствие износа трущихся частей, ослабления нажатия пружин и их поломки (из-за усталости и коррозии металла), а также в результате заедания и перекосов подвижных систем, вызванных неправильной эксплуатацией, загрязнением или отсутствием смазки. Эти неисправности обнаруживают при внешнем осмотре аппаратов и опробовании их в обесточенном состоянии.

Электрические неисправности возникают вследствие воздействия электрического тока на отдельные части аппарата при его работе. К таким повреждениям относятся оплавления контактов (в результате воздействия электрической дуги при разрыве цепи), выгорание электроизоляционных материалов (из-за нагрева токоведущих деталей), пробой изоляции (при загрязнении или чрезмерном увлажнении) и другие дефекты.

Наибольшему износу в процессе эксплуатации подвергаются контакты аппаратов ручного и автоматического управления. Износ контактов зависит от состояния поверхности их соприкосновения и правильности регулирования аппарата. При недостаточной силе нажатия и малой поверхности их соприкосновения переходное сопротивление в контактной группе значительно возрастает, что приводит к недопустимому нагреву контактов. В результате поверхности контактов оплавляются и выходят из строя. Наличие электрической дуги в момент разрыва цепи способствует оплавлению контактов и уносу расплавленного металла. В отдельных случаях из-за чрезмерного перегрева контактов происходит их сваривание, что может привести к тяжёлым авариям механизмов, так как в нужный момент аппарат не сможет разорвать электрическую цепь. Для уменьшения вредного воздействия дуги в аппаратах применяют специальные дугогасящие устройства, которые растягивают и разрывают дугу в минимально возможное время. Поэтому при осмотре аппаратов необходимо обращать внимание на исправность этих устройств. Перегрев токоведущих частей аппаратов приводит также к обугливанию и разрушению изоляционных плат, что, в свою очередь, может привести к короткому замыканию внутри аппарата и выходу его из строя.

Особую группу составляют неисправности электрических аппаратов, вызванные нарушением их регулировки (вследствие ослабления регулирующих пружин, самооткручивания регулировочных винтов и гаек, заеданий в подвижных системах и других причин).

Ремонт рубильников, пакетных выключателей и предохранителей

При незначительном выгорании и оплавлении губок и ножей неровности на контактных поверхностях зачищают личным или шлифовальным напильником и подгоняют плоскости или линии соприкосновения. При этом необходимо учитывать, что толщина губок и ножей после зачистки должна быть не менее 90% первоначальной.

При значительном выгорании и износе контактных поверхностей губок и ножей дефектные поверхности наплавляют однотипным металлом с помощью газовой горелки или электросваркой специальными электродами. При наплавке газовой горелкой в качестве флюса используют буру; излишки металла убирают напильниками.

Ослабленные или поломанные пружины разрывных ножей и контактов заменяют новыми из запасных частей или изготовленными по образцу.

Разрывные угольные или меднографитовые контакты при значительном износе заменяют. Признаком недопустимого износа является исчезновение зазора между главными контактами при начале касания разрывных контактов и недостаточное нажатие разрывных контактов при выходе главных контактов из соприкосновения.

Правильность прилегания контактных поверхностей рубильников, рубящих переключателей и предохранителей проверяют щупом. При поверхностном контакте щуп толщиной 0,05 мм не должен проходить более чем на 1/3 контактной поверхности, а при линейном контакте - более чем на 1/3 линии.

Правильность прилегания стыкового или щёточного контакта проверяю по отпечатку копировальной бумаги на папиросной при соприкосновении подвижного и неподвижного контактов. Отпечаток должен быть не менее 2/3 поверхности контакта. При меньшем соприкосновении поверхности притирают или пришабривают.

Ремонт контакторов и магнитных пускателей

В зависимости от сложности судовой электрической аппаратуры (реостатов, автоматических выключателей, контакторов, магнитных пускателей, реле и др.) и объема ремонтных работ различают текущий, средний и капитальный ремонты электрической аппаратуры.

Текущий ремонт электрической аппаратуры включает чистку деталей от пыли, частичную разборку, зачистку рабочих поверхностей или замену изношенных контактов, механическую регулировку, окраску.

Средний ремонт кроме работ по текущему ремонту дополнительно содержит работы по изготовлению или замене быстроизнашивающихся деталей, восстановлению их гальванических покрытий, по замене изоляционных панелей и т. д.

Капитальный ремонт предполагает изготовление и замену значительной части узлов и деталей.

Различают механические и электрические неисправности электрической аппаратуры. Механические неисправности обнаруживаются во время очередного осмотра при медленном перемещении подвижных частей аппарата от руки, при этом выявляют различные заедания, перекосы, задевание за стенку дугогасительных камер, определяют степень нажатия пружин и т. п. Причинами механических неисправностей могут быть отсутствие смазки в трущихся частях, загрязнение подвижных частей, коррозия и изнашивание различных деталей.

К электрическим неисправностям относятся оплавление контактов, выгорание изоляционных панелей, повреждение катушек, пробой изоляции и т. п. Одной из частых причин отказа электрической аппаратуры является недопустимый нагрев их токопроводящих частей.

Работа контактора сопровождается сильными ударами при замыкании магнитной цепи, поэтому все соединения механических деталей и электрический монтаж должны быть выполнены надёжно и защищены от расшатывания и самоотвинчивания резьбовых соединений. Основное условие надёжной работы контактора является исправное состояние его контактов. Необходимо проверять нажатие, провал и раствор (кратчайшее расстояние между полностью разомкнутыми подвижным и неподвижным контактами) контактов в соответствии с данными заводских инструкций.

Площадь соприкосновения контактов может быть определена по следам нанесённой легкосмываемой краски. Процесс скольжения контакта по контакту можно проверить, нажимая на якорь контактора рукой. Если будет обнаружено, что площадь соприкосновения контактов мала или не наблюдается их перекатыва-

ния, контакты нужно заменить.

На работу контакторов, кроме того, влияет правильная регулировка нажатия, раствора и провала контактов. Начальное нажатие контактов измеряют при отключённом контакторе. Из тонкой проволоки делают петлю и надевают её на контакт в точке касания контактов. Между контактом и упором контакта вкладывают тонкую полоску бумаги. Пружинный динамометр, на крюк которого надета петля, оттягивают в направлении стрелки. Начальное нажатие определяют по показаниям динамометра в момент, когда полоску бумаги можно легко вытянуть. Конечное нажатие измеряют при замкнутом от руки контакторе. Во время регулировки конечного нажатия полоску бумаги вставляют между контактами. Провал контактов непосредственно измерить нельзя. Величина его контролируется измерением зазора между подвижным контактом и упором.

При смене контактов необходимо убедиться, что профиль рабочей части заменяемого контакта соответствует профилю изношенного данного контактора.

Увеличение провала неизбежно ведёт к уменьшению раствора контактов. Начальное нажатие не должно быть меньше нормы во избежание вибрации контактов и приваривания их во время включения. Уменьшенное конечное нажатие при нормальном начальном указывает на уменьшение провала из-за износа контактов.

Магнитная система включённого контактора издаёт лёгкий равномерный гул, похожий на гудение трансформатора. Если же гул сопровождается дребезжанием, то это означает, что контактор неисправен по причинам:

- чрезмерного нажатия контактов;
- повреждения короткозамкнутого витка;
- грязи или ржавчины на торцовой шлифованной поверхности ярма или якоря; заедания вала в подшипниках;
- повреждения катушки;
- перекоса торцовых плоскостей ярма или якоря.

При выходе катушки из строя её следует заменить, а если запасной катушки нет, то надо перемотать на исправную, сохранив прежние размеры, число витков, диаметр и марку провода. Перекос торцовых поверхностей ярма и якоря может произойти от механического износа, от смещения листов шихтованных сердечников или изменения положения якоря относительно ярма. Для проверки точности пригонки поверхностей ярма и якоря между ними прокладывают лист копировальной бумаги и контактор замыкают от руки. По отпечатку на шлифованной поверхности судят о величине площади соприкосновения, которая должна составлять не менее 70% от общей площади магнитопровода. При меньшей площади поверхности соприкосновения производят поворотом ярма, а в случае образования зазора производят пришабривание вдоль слоев шихтовки ярма и якоря.

Необходимость ремонта катушек возникает в случае поломки каркасов, прооя изоляции на корпус или между витками, обрыве выводных концов и низком сопротивлении изоляции от корпуса. С помощью эпоксидного компаунда можно ремонтировать каркасы, изготовленные из пластмассы или из слоистых пластиков: места изломов или повреждений зачищают, обезжиривают и заливают компаундом. Обрывы или короткие замыкания в верхних слоях обмотки находят путём сматывания части витков. Обрыв устраняют скруткой и пайкой проводников. Смотанные витки снова укладывают на катушку, изолируют оголённые места и восстанавливают наружную изоляцию.

Новые катушки наматывают на специальных намоточных станках, где ведётся счёт числа витков. При отсутствии станков новую катушку можно намотать на старый каркас до полного заполнения объёма последнего. Для скрепления витков и придания катушке монолитности в процессе намотки каждый намотанный слой промазывают электроизоляционным лаком или эпоксидным компаундом. После пропитки и сушки катушки покрывают электроизоляционной эмалью для защиты

от грязи и влаги.

Дугогасительные камеры очищают от нагара и капель расплавленного металла. Выгоревшие места восстанавливают массой, состоящей из смеси размельчённого материала камеры и жидкого стекла или эпоксидного компаунда. Эпоксидным компаундом ремонтируют также изломанные или лопнувшие дугогасительные камеры. Дугогасительные камеры, восстановить которые склеиванием невозможно изготавливают вновь из асбоцемента. Выгоревшие и оплавленные пластины деионных решёток зачищают, рихтуют и омедняют. Сильно обгоревшие и изломанные пластины заменяют. При сборке камер особое внимание обращают на зазоры между пластинами деионных решёток, а также на установочные размеры и зазоры между подвижными контактами и стенками камер.

Ремонт электрораспределительных устройств

Во время эксплуатации распределительных устройств на судне могут возникнуть различные неисправности, связанные с повреждениями установленной на них аппаратуры, электроизмерительных приборов, клеммных плат, шинопроводов и проводов внутренней коммутации. Неисправность деталей распределительных устройств обнаруживают при наружном осмотре, а также при проверке их в работе.

Необходимость в ремонте распределительных устройств возникает при резком понижении сопротивления изоляции токопроводов и при неисправностях в установленных на них аппаратах. Сопротивление изоляции токоведущих частей главных и вторичных распределительных щитов от корпуса и сопротивление изоляции между токоведущими частями различных полюсов (фаз) должно быть не ниже 0,3 МОм при напряжении до 100 В, 1МОм при напряжении от 100 до 500 В и 2000 Ом на каждый Вольт номинального рабочего напряжения при напряжении выше 500 В. Участки, имеющие пониженную изоляцию, обнаруживают, разъединяя токоведущие части щитов на отдельные, не связанные между собой цепи и измеряя сопротивление их изоляции. Если понижение сопротивления произошло из-за загрязнения или увлажнения щита, то все изоляционные панели щита, шинодержатели и провода внутренней коммутации чистят, промывают спиртом. Повреждённые изоляционные детали и коммутацию заменяют. При ремонте щитов производят лужение контактных поверхностей шинопроводов. Обгоревшие или оплавленные шины заменяют или ремонтируют путём наплавки медью. Производится защитное и контактное оконцевание проводов внутренней коммутации щитов.

Ремонт вторичных распределительных щитов, как и главных, сводится к ремонту аппаратуры, установленной внутри ящиков> замене или ремонту проводов внутренней коммутации, обтяжке неразъёмных контактных соединений, чистке от грязи и ремонту изоляционных панелей. Кроме того требуют ремонта защитные уплотнения от попадания внутрь влаги.

Уплотнение выполняют из профильной резины, укладываемой в специальные жёлоба. Качество уплотнения проверяют по отпечатке на резине натёртого мелом буртика крышки щита. При наличии трещин на резиновом шнуре или при разъедании резины растворителями и маслом уплотнение заменяют. Резину на стыках склеивают клеем № 88. Клей на тщательно очищенные и обезжиренные бензином поверхности наносят тонким слоем, после чего дают подсохнуть до исчезновения отлипа; вновь наносят тонкий слой клея и дают немного подсохнуть. Затем соединяют склеиваемые поверхности, сжимают место соединения тисками или струбциной и выдерживают в сжатом состоянии не менее 7 часов. После склеивания резину укладывают в желобок, смазанный клеем, и прижимают крышкой. Отремонтированные щиты проверяют на правильность монтажа и испытывают на электрическую прочность изоляции токоведущих частей.

Стендовые испытания электрических аппаратов и электrorаспределительных устройств

Цель испытания - обнаружение скрытых дефектов и проверка коммутации аппаратов на нагревание, окончательная проверка и регулировка взаимодействия различных элементов аппаратов. Регулировка и настройка судовых автоматов, реле и другой аппаратуры автоматики должны проводиться только в условиях специализированных предприятий и лабораторий.

На стендовых испытаниях проверяют:

- правильность маркировки внешних выводов в соответствии с принципиальной и монтажной схемами;
- надёжность и правильность срабатывания аппаратов;
- правильность работы механических и электрических блокировок;
- величину сопротивления изоляции в нагретом состоянии;
- нагрев контактов и отдельных частей аппаратов при номинальном токе;
- настройку на заданные уставки срабатывания;
- электрическую прочность изоляции.

Перед началом испытаний проверяют работу подвижных систем пробным включением от руки, затем собирают схему и проверяют очерёдность и надёжность срабатывания схемной аппаратуры вначале без подключения электрической машины (потребителя). Подключив электрическую машину, производят пробный пуск и проверяют работу аппаратуры на холостом ходу электродвигателя. Затем электродвигателю дают номинальную нагрузку и следят за нагревом аппаратов. Особое внимание обращают на нагрев контактов и контактных соединений шин и проводов.

Предельно допустимые температуры нагрева отдельных частей аппаратов не должны превышать значений, указанных в нормативных документах. Сопротивление изоляции токоведущих частей аппаратов должно быть не менее 1Мом в нагретом состоянии.

3. ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Труднев СЮ. Ремонт и монтаж судового электрооборудования и средств автоматики. Конспект лекций: к изучению дисциплины «Ремонт и монтаж судового электрооборудования и средств автоматики» - Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2019. -98 с.
2. Труднев СЮ. Ремонт и монтаж судового электрооборудования и средств автоматики. Методические указания к выполнению практических работ дисциплины «Ремонт и монтаж судового электрооборудования и средств автоматики» - Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2019. - 32 с.
3. Кузнецов С. Е. Филев В. С. Основы технической эксплуатации судового электрооборудования и автоматики: Учебник.— СПб.; Судостроение, 1995.—448 с, -ил.

Дополнительная

4. Технология судовых электромонтажных работ. Учебник.— Изд. 3-с, прераб. К. Е. Акулов, Б. Д. Гандин, Ю. П. Шакурин, Г. С. Яковлев.— Л.: Судостроение, 2012. 208 с. (1экз)
5. Гемке Р.Г. Неисправности электрических машин. Л. Энергия, 1975 296с.