

**Ю.С. Висленов  
Г.В. Егоров**

**ЭКСПЛУАТАЦИЯ  
И НАЛАДКА  
СУДОВОГО  
ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ**

RIVER-STORE.RU

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бегунков А. И., Иванов В. И. Автоматизация речных судов. М., «Транспорт», 1970. 216 с.
2. Белоусов А. К., Савченко В. С. Электрические разъемные контакты в радиоэлектронной аппаратуре. М., «Энергия», 1975. 320 с.
3. Браудо С. И. Сохранение надежности. М., «Советское радио», 1965. 466 с.
4. Власенко А. А. Эксплуатация судового электрооборудования. М., «Транспорт», 1975. 296 с.
5. Гемке А. Г. Ненормированные электрические машины. Л., «Энергия», 1975. 296 с.
6. Головин Ю. К., Ицкович Ю. Л. Судовые электрические приводы. М., «Транспорт», 1974. 416 с.
7. Давидович Ф. С. Испытания судовых электроэнергетических систем. Л., «Судостроение», 1975. 239 с.
8. Захаров О. Г. Настройка аппаратуры и систем судовой электроавтоматики. Л., «Судостроение», 1975. 167 с.
9. Каплер А. А. Монтаж, наладка и эксплуатация автоматических устройств. М., «Машиностроение», 1969. 310 с.
10. Крепак О. Ф. Судовая светотехника. Л., «Судостроение», 1971. 216 с.
11. Никифоровский Н. М., Норневский Б. И. Судовые электрические станции. М., «Транспорт», 1974. 431 с.
12. Правила обслуживания судового электрооборудования и ухода за ним. Л., «Транспорт», 1969 (Минречфлот РСФСР). 76 с.
13. Правила техники безопасности при эксплуатации и ремонте электрооборудования судов речного флота. М., «Транспорт», 1968. 65 с. (Минречфлот РСФСР).
14. Правила классификации и постройки судов внутреннего плавания. Ч. IX «Электрическое оборудование». М., «Транспорт», 1974. 167 с. (Речной Регистр РСФСР).
15. Роджеро Н. И., Перлин А. И. Эксплуатация судового электрооборудования. М., «Транспорт», 1964. 300 с.
16. Руководство по технике безопасности при эксплуатации и ремонте судовых аккумуляторов. М., «Транспорт», 1970. 80 с. (Минречфлот РСФСР).
17. Румшинский Л. З. Математическая обработка результатов эксперимента. М., «Наука», 1971. 192 с.
18. Самойлов В. Г. Автоматизация судовых электроустановок. Л., «Судостроение», 1972. 287 с.

19. Ткаченко И. Г., Малышев Е. П. Механизация ремонта электрооборудования речных судов. М., «Транспорт», 1971. 160 с.
20. Техническая эксплуатация речного флота. Под ред. А. Ф. Видецкого. М., «Транспорт», 1976. 464 с.
21. Технология судовых электромонтажных работ. Л., «Судостроение», 1973. 239 с. Авт.: К. Е. Акулов, Б. Д. Гандин, Ю. П. Шакурни, Г. С. Яковлев.
22. Тун А. Я. Наладка электрических машин и электроприводов. М., «Энергия», 1970. 193 с.
23. Турбаков А. А., Трошанов Н. А. Электрооборудование судов. М., «Транспорт», 1973. 448 с.

## ГЛАВА I. ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

### § 1. ЗАДАЧИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Современное судно представляет собой сложный комплекс, в котором большое значение имеют электротехнические установки.

По мере повышения уровня электрификации и автоматизации судов непрерывно увеличивается количество разнообразно монтируемого на судне электрооборудования, используются более сложные схемы управления.

Электрифицированные судовые механизмы и установки обеспечивают безопасность плавания, удобство и простоту управления, повышают производительность труда, позволяют сократить численность персонала, создать необходимые бытовые условия команде и пассажирам.

Это возможно только в том случае, если обеспечивается безотказная работа электрооборудования в заданном режиме. Для этого электрооборудование необходимо проверять, следить за его работой, своевременно устранять неполадки и неисправности, поддерживать оптимальный режим работы и т. д.

Другими словами, должно быть обеспечено такое состояние судового электрооборудования, при котором электрифицированные судовые установки и механизмы могли бы осуществлять возложенные на них функции при наименьших трудовых, материальных и финансовых затратах, что выполнимо только при хорошо организованной и технически грамотной эксплуатации.

Под технической эксплуатацией судового электрооборудования понимается совокупность мероприятий, проводимых для поддержания его в работоспособном состоянии в течение навигации, обеспечения безопасности персонала и пожарной безопасности судна.

Безотказная работа судового электрооборудования обеспечивается [20]:

соответствующей технической подготовкой обслуживающего персонала, знанием устройства и принципов действия электроустановок, имеющихся на судне, знанием и точным выполнением инструкций по эксплуатации электрооборудования, правил техники безопасности при эксплуатации и ремонте электрооборудования;

проведением ежедневных осмотров электрооборудования, выполнении предварительного ремонта на судне. Этим умень-

шаются сроки стоянки судов на ремонте и значительно разгружаются судоремонтные предприятия, осуществляющие только сложный ремонт электрооборудования;

своевременным и качественным проведением технического обслуживания электрооборудования;

качественным планово-предупредительным ремонтом электрооборудования в электроцехах судоремонтных предприятий;

выполнением ремонта и государственной проверки электроизмерительных приборов в сроки, установленные Правилами по обслуживанию судового электрооборудования и уходу за ним;

правильным и своевременным ведением технической документации;

применением передовых методов труда, направленных на повышение качества эксплуатации электроустановок.

## § 2. ОРГАНИЗАЦИОННАЯ СТРУКТУРА ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

В пароходствах организация технической эксплуатации судового электрооборудования возложена на службу судового хозяйства (ССХ), которая через свой линейный аппарат осуществляет технический надзор за содержанием и использованием электрооборудования на судах и соблюдением судовыми командами требований правил и инструкций по эксплуатации судового электрооборудования. В БУПах (УСК) руководство технической эксплуатацией осуществляют ССХ или ОСХ (отдел судового хозяйства).

Общая структурная схема организации технической эксплуатации судового электрооборудования в системе речного транспорта показана на рис. 1.

Основная обязанность механика-наставника по электрооборудованию — изучение и распространение передовых инженерных методов технической эксплуатации электрооборудования, осуществление надзора за его техническим состоянием и содержанием не только через групповых и линейных механиков по электрооборудованию, капитанов, механиков и электромехаников, но и непосредственно.

Основная обязанность группового механика по электрооборудованию — обеспечение правильной технической эксплуатации судового электрооборудования закрепленных групп судов и содержание его в исправном техническом состоянии, оказание командам судов практической помощи в отношении внедрения передовых инженерных методов технической эксплуатации судового электрооборудования и его технического обслуживания.

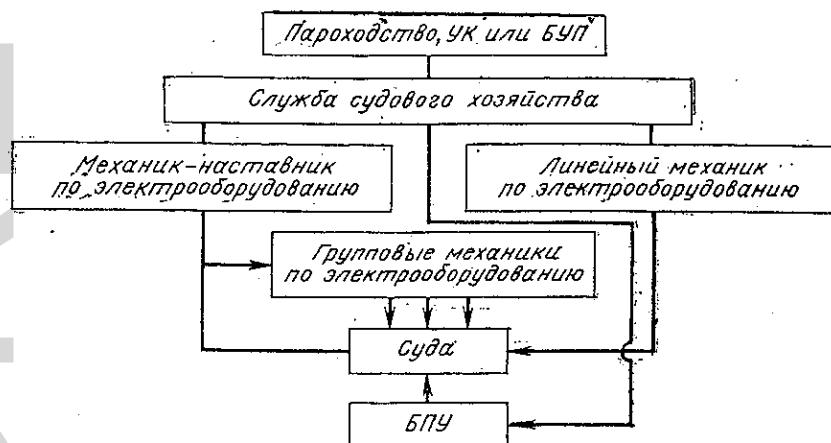


Рис. 1. Схема организации технической эксплуатации судового электрооборудования

Организатором навигационного технического обслуживания судового электрооборудования в период навигации является линейный механик по электрооборудованию, который обслуживает все суда, прибывающие на его участок, независимо от их принадлежности.

Механики-наставники, а также линейные и групповые механики по электрооборудованию в навигационный период должны систематически контролировать техническое состояние электрооборудования на судах, проверять его состояние при постановке судна на зимний ремонт, контролировать качество ремонта электроустановок в период судоремонта и принимать участие в их испытании при подготовке судов к навигации.

Развитие средств комплексной автоматизации судовых систем ведет к увеличению количества команд, работающих по методу совмещения профессий.

Чтобы обеспечить надлежащее техническое обслуживание судов, работающих с сокращенным штатом, при предприятиях созданы береговые производственные участки (БПУ) навигационного технического обслуживания флота, которые выполняют работы по техническому обслуживанию судового электрооборудования.

Сроки проведения технического обслуживания электроустановок, а также объем работ, выполняемых БПУ, определяет ССХ. Объемы работ, выполняемые БПУ на судах смежных пароходств, ССХ перед открытием навигации согласовывает с соответствующими пароходствами.

Ответственность за состояние судового электрооборудования на судне несет электромеханик (первый помощник механика по электрооборудованию) или лицо, его замещающее.

Устранение отказов электрооборудования выполняет электромеханик судна (первый помощник механика по электрооборудованию) или лицо, его замещающее, с привлечением по мере необходимости работников БПУ.

### § 3. ТЕХНИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

Все суда должны иметь документацию, которая регламентирует работу команды по технической эксплуатации электрооборудования. Принимать в эксплуатацию суда, на которых такая документация отсутствует, запрещается. Обеспечение недостающей документацией судов, находящихся в эксплуатации, производится пароходством.

В эксплуатационную документацию входят: техническое описание электроустановок, инструкции по эксплуатации и техническому обслуживанию, формуляр, паспорт, ведомость запасных изделий (ЗИП) и прочие документы.

Техническое описание служит для изучения смонтированного на судне электрооборудования. Оно содержит описание его устройства и принципа действия, а также технические характеристики и другие сведения, необходимые для полного использования технических возможностей электрооборудования.

Инструкция по эксплуатации определяет правила обращения с электрооборудованием и дает сведения, необходимые для правильной эксплуатации и поддержания его в постоянной готовности.

Инструкция по техническому обслуживанию устанавливает порядок и правила технического обслуживания электрооборудования при подготовке к работе, в процессе работы, при остановке и хранении, выполнение которых обеспечивает постоянную исправность и готовность его к использованию по прямому назначению.

Формуляр составляется на электрооборудование, для которого необходимо вести учет технического состояния в процессе эксплуатации. Он является документом, удостоверяющим гарантированные предприятием-изготовителем основные параметры и технические характеристики электрооборудования.

Паспорт является документом, удостоверяющим гарантированные предприятием-изготовителем основные параметры и характеристики электрооборудования, которые необходимо сообщить потребителю.

Ведомость ЗИП устанавливает номенклатуру, назначение и количество запасных частей, инструментов, принадлежностей и материалов, необходимых при эксплуатации и ремонте электрооборудования.



Кроме того, на судне должна храниться и содержаться в надлежащем порядке следующая техническая документация: журнал по электрооборудованию на дизель-электроходах и на судах, имеющих в штате электромехаников или помощников механика по электрооборудованию (на остальных судах записи производятся в вахтенном журнале); отчетные чертежи и схемы электрооборудования; Правила обслуживания судового электрооборудования и ухода за ним; отдельные инструкции по обслуживанию, утвержденные Минречфлотом РСФСР; ведомости различного назначения; нормативные документы (например, расходы ЗИП и материалов); таблица замеров сопротивления изоляции; судовой аккумуляторный журнал; график технического обслуживания электрооборудования; учебно-технические плакаты и т. д.

В журнале по электрооборудованию или в вахтенном журнале производится запись о времени пуска и остановки генераторов и электромеханизмов, о замеченных неисправностях электрооборудования, о работах, выполненных за время вахты.

В заводские формуляры или общий формуляр электрооборудования вносят записи о характере неисправностей и их причинах, перечень выполненных работ по ремонту, записи о времени и месте выполненных работ, сведения об изменениях заводских характеристик после ремонта и т. д.

Все изменения, произведенные в схемах после ремонта или переоборудования, должны отражаться в документации. Следует обращать особое внимание на обеспечение своевременного, технически грамотного и точного заполнения документации. Это необходимо для улучшения эксплуатационно-технических показателей работы электрооборудования, своевременного устранения выявленных недостатков в процессе эксплуатации, определения конструктивных и технологических дефектов электрооборудования.

Кроме того, судовая техническая документация является документом при разборе аварий, аварийных происшествий, а также при оформлении рекламационных актов заводам-строителям.

Записи в журнале и формулярах являются основой при составлении ведомости зимнего ремонта. Наконец, накопленный в процессе эксплуатации опыт позволяет сделать выводы и немедленно их использовать. Ведение технической документации на судне возлагается на электромеханика (первого помощника механика по электрооборудованию) или лицо, его замещающее. Сведения о состоянии электрооборудования, а также акты о выходе из строя электрических установок или аппаратуры администрация судна направляет в ССХ (ОСХ) пароходства (БУП, УСК).

## ГЛАВА II. СОДЕРЖАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

### § 4. ОБСЛУЖИВАНИЕ СУДОВОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Обеспечение поддержания судового электрооборудования в надлежащем техническом состоянии в период навигации (при нормальной эксплуатации судна) возлагается на судовой электротехнический персонал.

Правилами обслуживания судового электрооборудования и ухода за ним регламентированы сроки проведения технического обслуживания электроустановок.

Техническое обслуживание (ТО) проводят в навигационный период по графикам, разрабатываемым ССХ для каждой серии судов. В зависимости от объема, характера и сроков проведения работ различают три вида технического обслуживания: № 1 — без разборки электрооборудования; № 2 — с частичной разборкой; № 3 — с полной разборкой.

Техническое обслуживание № 1 проводится ежедневно и через определенные периоды времени. При этом, кроме электриков, в работе принимает участие весь вахтенный персонал машинного отделения. Главное назначение ТО № 1 сводится к проверке технического состояния оборудования и поддержанию его в чистоте и исправности.

Техническое обслуживание № 2 проводится периодически (один раз в неделю, месяц и т. д.). На судах, в штатном расписании которых предусмотрена должность электромеханика (первого помощника механика по электрооборудованию), ТО № 2 выполняется электромехаником с привлечением работников БПУ. На судах, не имеющих электротехнического персонала, ТО № 2 выполняется лицом, назначенным механиком судна, с привлечением работников БПУ. При ТО № 2 производятся работы, связанные с вскрытием смотровых вентиляционных крышек, проверкой состояния щеток, коллекторов, контактов, установочной арматуры, постов управления и т. д.

Техническое обслуживание № 3 проводится один раз в течение навигации или нескольких навигаций в зависимости от интенсивности работы электрооборудования. При ТО № 3 по существу выполняется текущий ремонт (проверка обмоток электрических машин, нанесение лаковых покрытий, замена износившихся частей и т. д.). Большая часть работ производится в течение зимнего ремонта судна. Подобные работы в навигационный период осуществляются во время стоянки су-

дов. Они выполняются электромеханиками, работниками БПУ и судоремонтных предприятий. На время технических обслуживаний электрооборудование должно быть отключено.

В зависимости от степени ответственности и интенсивности работы судовое электрооборудование разделяется на три группы:

1-я — система управления дизель-генератором, электропривод рулевого устройства, рулевые указатели, телеграфы, электрическое ДАУ главными и вспомогательными двигателями, коммутатор сигнальных огней, электронavigационные приборы, котельная автоматика, аккумуляторы, сигнализация и приборы контроля, аварийное освещение, переносное электрооборудование, бытовое и камбузное электрооборудование;

2-я — генераторы, ГРЩ, АРЩ, аварийный дизель-генератор, подруливающее устройство, регуляторы напряжения, вся остальная аппаратура управления и защиты, не вошедшая в 1-ю группу; аппаратура водоподготовки, электроприводы санитарного, топливоподкачивающего и резервно-масляного насосов, зарядное устройство аккумуляторных батарей;

3-я — РЩ, пульты управления приводами, электроприводы, не вошедшие в 1-ю и 2-ю группы.

Техническое обслуживание № 1 ответственных электроустановок должно проводиться в первую очередь.

Техническое обслуживание № 2 чаще следует проводить по ответственным и интенсивно работающим электроустановкам.

Техническое обслуживание № 3 нужно проводить в первую очередь по интенсивно работающим электроустановкам.

Ежедневное обслуживание электрооборудования судов заключается в его подготовке к работе, опробовании и наблюдении. Все это должно выполняться в строгом соответствии с заводскими инструкциями и Правилами обслуживания судового электрооборудования и ухода за ним.

Нормальная работа электрооборудования в общем случае определяется:

соответствием рабочих параметров номинальным — расчетным (напряжение, ток, частота вращения, частота тока и т. д.); состоянием и сопротивлением изоляции токопроводящих частей относительно корпуса, между фазами, отдельными обмотками и т. д.;

степенью нагревания отдельных частей; своевременным срабатыванием сигнализации и защиты, правильностью показаний приборов;

соответствием фактических условий работы расчетным; исправным состоянием электрооборудования.

Техническую эксплуатацию электрооборудования следует осуществлять, руководствуясь в основном перечисленными факторами. Обслуживающему персоналу необходимо следить

за тем, чтобы напряжение, частота тока, ток нагрузки всех элементов электрооборудования не превышали номинальных значений.

Повышенное напряжение, например, приводит к быстрому перегоранию ламп накаливания, нагревательных приборов, перегреву катушек реле и т. д.

Повышение частоты вращения электрических машин связано с увеличением искрения на коллекторах, возможностью разрыва бандажей, повреждением обмоток роторов и т. д.

Длительное превышение тока нагрузки приводит к чрезмерному перегреву всех аппаратов, кабелей и машин. Степень нагревания электрооборудования должна контролироваться по указателям температуры, измерениям сопротивления обмоток или на ощупь.

Постоянный контроль состояния изоляции электрооборудования, измерение и поддержание сопротивления изоляции на должном уровне являются одними из основных факторов, обеспечивающих успешную эксплуатацию электрооборудования.

Все электроустановки имеют те или иные средства сигнализации и автоматической защиты от ненормальных режимов работы. В процессе эксплуатации электрооборудования необходимо периодически проверять состояние этих средств.

Электротехнический персонал судов должен следить за тем, чтобы устанавливаемое на судах электрооборудование по своим техническим параметрам и расчетным условиям работы соответствовало фактическим условиям и режимам. В противном случае оно быстро изнашивается и часто отказывает в работе.

#### § 5. КЛАССИФИКАЦИЯ И ПЕРИОДИЧНОСТЬ РЕМОНТА СУДОВОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Износ электрооборудования обычно происходит медленно, постепенно нарастая. Однако существует предел, за которым износ начинает быстро увеличиваться и может повлечь за собой повреждение электрооборудования. Поэтому признано рациональным не доводить износа до этого предела, а назначать ремонт оборудования через определенные сроки, близкие к началу наступления критического износа. Такой ремонт называется планово-предупредительным (ППР).

Согласно Правилам ремонта судов внутреннего плавания различают три категории ремонта судового электрооборудования — текущий, средний (первого и второго объемов) и капитальный.

Текущий ремонт производится ежегодно, периодичность средних и капитальных ремонтов по типам судов установлена действующими Правилами.

Текущий ремонт заключается в выполнении работ по поддержанию электрооборудования в исправном техническом состоянии и финансируется за счет эксплуатационных расходов пароходства. В зависимости от объема работ текущий ремонт может осуществляться как в заводских условиях, так и без вывода судна из эксплуатации. При текущем ремонте одновременно выполняют техническое обслуживание № 3 и модернизационные работы по электроустановкам.

При среднем ремонте восстанавливаются техническое состояние и паспортные показатели электрооборудования на определенный Правилами срок между средними ремонтами с учетом выполнения ежегодного текущего ремонта.

Средний ремонт является основным видом ППР. Электроремонтные работы при среднем ремонте буксирных, грузовых и пассажирских судов составляют 15—20% общего объема ремонта судна. Средний ремонт обычно выполняется судоремонтными предприятиями в зимний период и заканчивается до открытия навигации.

Капитальный ремонт электрооборудования не является плано-предупредительным. Он относится к вынужденному виду ремонта, вызванному поломками и повреждениями.

Судовое электрооборудование ремонтируется согласно плану, разработанному на основании актов освидетельствования судна инспекторами Речного Регистра РСФСР, записей в журнале технического состояния судна и наблюдений за состоянием электрооборудования в период эксплуатации.

По этим документам составляют подробный перечень ремонтных работ — ремонтную ведомость. В ней указывают конкретный перечень ремонтных работ, материалов, необходимых для ремонта, заменяемых типов подшипников качения, типов и диаметров обмоточного провода, марок и размеров щеток и т. д.

Ремонтная ведомость разделяется на основную и дополнительную. Основная ведомость составляется за несколько месяцев до постановки судна на ремонт. Эта ведомость содержит объем работ, определенный по опыту эксплуатации, и т. п. При постановке судна на ремонт выявляются работы, которые указываются в дополнительной ремонтной ведомости. Эта ведомость составляется на основании дефектации электрооборудования.

Для судов серийной постройки первичным ремонтным документом служит Единая ремонтная ведомость. Она содержит перечень ремонтных работ с указанием наименования объекта, содержания и расчетного объема работ, необходимой рабочей силы на единицу и расчетный объем с указанием специальности и разряда по каждой работе; данные о требуемых материалах, полуфабрикатах и сменных деталях с указанием ко-

количества основных материалов на единицу и на расчетный объем работ; данные об отпускной стоимости каждой работы на единицу и расчетный объем; сводные данные о затратах рабочей силы и стоимости ремонта с распределением по технологическим комплектам и цехам; ведомость сменных деталей и готовых изделий, поставляемых в централизованном порядке; ведомость сменных деталей, изготавливаемых судоремонтными предприятиями; ведомость отливок; сводную ведомость материалов. Работы, не учтенные в Единой ведомости, записываются в разделе «Дополнительные работы».

Введение Единых ремонтных ведомостей в практику способствует установлению типового технологического процесса ремонта, организации централизованного изготовления сменных деталей и значительно упрощает техническую подготовку ремонтного производства.

Ремонтные работы, выполняемые судовым персоналом в порядке эксплуатационного обслуживания, особой оплате не подлежат. К таким работам относятся:

- определение мест повреждений электрооборудования и сетей;

- поддержание сопротивления изоляции электрооборудования и сетей в необходимых пределах;

- ремонт поврежденных кабелей, не требующий разборки обшивки судовых помещений;

- замена и ремонт установочной электроарматуры;

- переборка и чистка электрооборудования, замена изношенных частей запасными;

- покрытие обмоток, изоляционных деталей и проводов изоляционным лаком;

- продоразивание коллекторов электрических машин, притирка щеток, исправление щеткодержателей, промывка подшипников;

- зарядка и промывка аккумуляторных батарей;

- регулирование электрической аппаратуры, приборов связи и сигнализации;

- аварийный ремонт электрооборудования.

Работы по ремонту судового электрооборудования, выполняемые электротехническим персоналом в период заводского ремонта, учитываются отдельной ведомостью. В объем заводского ремонта такие работы не включаются.

#### § 6. КОНСЕРВАЦИЯ, ХРАНЕНИЕ И РАСКОНСЕРВАЦИЯ СУДОВОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

При постановке судна на зимний отстой исправное судовое электрооборудование подлежит консервации, которая обеспечивает его длительное хранение в нерабочем состоянии. Обо-

рудование, требующее ремонта, направляется в электроремонтный цех предприятия и после ремонта сдается на судно или на хранение на склад. Консервировать неисправное электрооборудование запрещается.

У электрооборудования, подготовленного к консервации, проверяют сопротивление изоляции, которое должно быть не ниже: 1 МОм — у электрических машин и трансформаторов; 2 МОм — у распределительных устройств; 3 МОм — у электрических аппаратов; 10 МОм — у отдельных кабелей. Если оно окажется ниже допустимых норм, такое электрооборудование следует просушить и восстановить сопротивление его изоляции до нормы.

Консервацию электрооборудования необходимо производить в сухом, чистом помещении. Если электрооборудование находится на палубе, то консервацию нужно осуществлять только в сухую погоду, при положительной температуре. С целью герметизации электрооборудования все отверстия в нем должны быть закрыты, а щели заделаны специальной мастикой.

Металлические детали протирают от пыли, грязи и старой смазки ветошью, смоченной бензином Б-70, и очищают от нагара, окислов и коррозии. После этого на окрашенных деталях восстанавливают окраску. Стальные детали покрывают техническим вазелином. Способ смазки выбирают исходя из конкретных условий. Толщина защитного слоя не должна превышать 3 мм, так как при повышенных температурах окружающего воздуха (более 45°С) смазка может стекать с оборудования.

Медные и латунные части покрывают тонким слоем трансформаторного масла или смазки ЦИАТИМ-20.

При консервации не рекомендуется покрывать смазкой: коллекторы (контактные шельца) электрических машин; резисторы; контакты и кабельные наконечники; изоляционные материалы; внутренние никелированные, хромированные, оцинкованные, луженые и кадмированные детали; детали, покрытые лаком или красками, а также детали герметизируемого оборудования.

Согласно Правилам обслуживания судового электрооборудования и ухода за ним консервации подлежит следующее оборудование: электрические машины; аккумуляторы; аппаратура, установленная на ГРЩ и на открытой палубе; кабели и провода оборудования, снятого в ремонт.

**Электрические машины.** При консервации необходимо сохранить электрические машины в состоянии, обеспечивающем их дальнейшую эксплуатацию. Для этого очищают и протирают от влаги, пыли, масла и т. д. все детали машины, проверяют, не осталось ли на обмотках масляной пленки, очищают необходимые поверхности от следов коррозии, протирают коллектор и продоразивают пазы между коллекторными пласти-

■ нами, после чего машину продувают сжатым воздухом давлением не более 0,2 МПа.

Коллектор (контактные кольца) протирают чистой ветошью, вначале смоченной бензином Б-70, а затем сухой, после чего обертывают прессшпаном или промасленной бумагой и завязывают шпагатом; вынимают щетки из щеткодержателей, завертывают в парафинированную бумагу, кладут на обойму и прижимают нажимными рычагами щеткодержателей; тщательно очищают щеткодержатели от пыли и грязи, покрывают смазкой в один слой, обертывают парафинированной бумагой и обвязывают шпагатом. Металлические части протирают, очищают и консервируют так, как указано выше. Резиновые прокладки покрывают тальком, а непригодные заменяют новыми.

Для защиты от проникновения внутрь машины влаги и пыли плотно закрывают крышки над коллектором, закрывают вентиляционные отверстия в щитке со стороны вентилятора кабельной бумагой или тонким прессшпаном. На машины, установленные на открытой палубе, вешают бирки с указанием даты начала консервации и закрывают штатным чехлом. В остальном при консервации электрических машин следуют указаниям, приведенным в инструкциях завода-изготовителя.

Аккумуляторы. Электрические аккумуляторы хранят в специальных помещениях. Как исключение, щелочные аккумуляторы разрешается хранить на судне при температуре окружающего воздуха до  $-35^{\circ}\text{C}$ .

Кислотные аккумуляторы, находящиеся в эксплуатации, необходимо полностью зарядить, довести плотность и уровень электролита до нормы и закрыть отверстия в крышках пробками, междуэлементные зажимы очистить и смазать вазелином, поверхности аккумуляторов протереть. Такие аккумуляторы следует подзаряжать и периодически подвергать контрольно-тренировочному циклу (см. § 28). К концу заряда плотность электролита должна быть номинальной.

Щелочные аккумуляторы, находящиеся в эксплуатации, необходимо разрядить током нормального режима разряда до 1 В на аккумулятор, довести плотность и уровень электролита до нормы и закрыть пробки. Все наружные поверхности аккумуляторов следует очистить от пыли и солей, металлические части смазать вазелином, поврежденные покрытия корпусов элементов восстановить с помощью битумного или другого щелочестойкого лака. Нельзя смазывать вазелином битумное покрытие и резиновые кольца.

Совместное хранение кислотных и щелочных аккумуляторов не допускается.

Распределительные устройства, аппараты, электрические кабели. Детали электрической аппаратуры очищают от пыли,



влаги, грязи, масла, недоступные места продувают воздухом давлением не более 0,2 МПа. Все неокрашенные и не защищенные гальванически металлические поверхности и крепежные изделия покрывают тонким слоем вазелина. Наружные детали, имеющие гальваническое покрытие, смазывают вазелином, обертывают бумагой и завязывают шпагатом. При герметизации аппаратуры, установленной на открытой палубе, проверяют состояние уплотнительных прокладок, негодные заменяют. Отдельно стоящие аппараты закрывают чехлами.

Концы отключенных проводов и кабелей изолируют лакотканью, покрывают одним слоем изоляционной ленты и прикрепляют бирки с указанием места подключения.

**Расконсервация.** Расконсервацию электрооборудования производят перед его монтажом или вводом в эксплуатацию. Прежде всего удаляют консервирующую смазку с деталей и частей электрооборудования и протирают их чистой ветошью, смоченной бензином Б-70. Затем снимают бумагу, прокладки, закрывающие отверстия в кожухах и корпусах электрооборудования, измеряют сопротивление изоляции и, если оно окажется ниже нормы, проводят работы, связанные с его повышением.

При расконсервации электрических машин необходимо: законсервированные части (конец вала, шпонку, фланец и т. п.) очистить от антикоррозионных покрытий и загрязнений и протереть ветошью, смоченной в бензине Б-70, затем — сухой ветошью;

удалить материалы, которыми были закрыты вентиляционные отверстия и уплотнения люковых крышек;

снять прессшпан с коллектора, вставить щетки в щеткодержатели, продуть машину сухим сжатым воздухом давлением не более 0,2 МПа;

проверить сопротивление изоляции и довести до нормы; проверить электрическую машину в действии.

При расконсервации электрических аппаратов следует: с поверхностей деталей удалить смазку, нанесенную при консервации, ветошью, смоченной в бензине Б-70;

осмотреть все металлические части и удалить обнаруженную коррозию, зачистить контакты;

снять заглушки с вентиляционных и других отверстий, продуть сжатым воздухом, измерить сопротивление изоляции и, если оно окажется ниже 0,5 МОм, произвести сушку;

проверить электрооборудование в действии.

При расконсервации кислотных и щелочных аккумуляторов следует провести контрольно-тренировочную зарядку батарей согласно инструкции завода-изготовителя.

При расконсервации кабелей и проводов необходимо удалить материалы, применяемые при консервации.

## § 7. ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ДОЛГОВЕЧНОСТЬ СУДОВОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Под долговечностью понимают способность электрооборудования к длительной эксплуатации при необходимом техническом обслуживании, в которое могут входить и различные виды ремонтов.

При эксплуатации на электрооборудование воздействует ряд объективных и субъективных факторов.

Рассмотрению объективных факторов посвящено значительное число литературных источников, например [2]. Поэтому мы ограничимся лишь краткой характеристикой важнейших из них.

К эксплуатационным объективным факторам относят факторы, которые можно подразделить на внешние, зависящие от окружающей среды, и внутренние, зависящие от особенностей работы электрооборудования:

Внешними факторами являются: климатические воздействия (температура, влажность, осадки, атмосферное давление, солнечная радиация, примеси воздуха), всевозможные вибрации и сотрясения, пары топлива и масла. Влияние среды учитывается не только при эксплуатации, но и при перевозках, хранении и испытаниях электрооборудования.

К внутренним факторам относятся: процессы старения и износа, механические вибрации, создаваемые отдельными узла

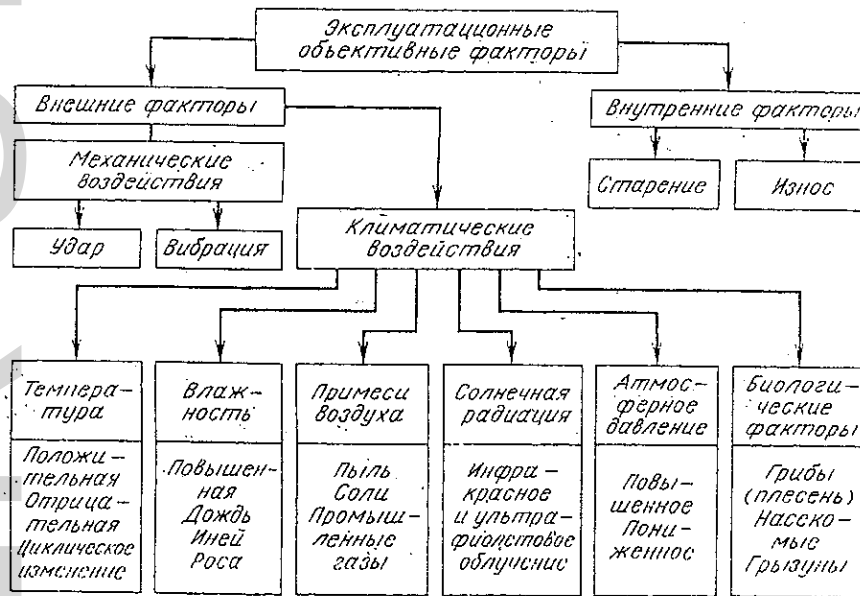


Рис. 2. Эксплуатационные объективные факторы, действующие на судовое электрооборудование

ми электрооборудования (неуравновешенность вращающихся частей вентиляторов и электродвигателей, работа агрегатов преобразователей тока).

Как видно из рис. 2, самыми значительными и многочисленными являются климатические воздействия. Большая часть повреждений является результатом изменений, происходящих в материалах деталей, узлов и на их поверхностях под влиянием окружающей среды в периоды эксплуатации, транспортировки и хранения изделий.

**Действие влаги.** Наиболее опасным для электрооборудования является действие влаги, росы и тумана, особенно когда оно сочетается с повышенной температурой.

Сильному влиянию тумана подвергается электрооборудование, установленное на открытом месте. В этом случае при хорошей смачиваемости материалов на поверхности изделий образуется устойчивая водяная пленка и вода проникает во все поры, трещины, зазоры, капилляры и другие структурные пространства.

В результате ухудшается изоляция токопроводящих элементов, нарушается режим работы электрических цепей, появляются утечки тока, образуются «треки» (токопроводящие мостики) и т. д. Во время тумана даже при небольших понижениях температуры в недостаточно герметизированных конструкциях может происходить конденсация воды.

Обильное поглощение изоляционными материалами влаги (например, пластмассой с наполнителями из древесной муки, бумаги и т. д.) часто приводит к короблению, трещинам, изменению размеров и массы, а иногда к разрушению. У более водостойких пластмасс с минеральными наполнителями (например, из стекловолокна, молотого кварца и т. д.) происходит главным образом поверхностное поглощение влаги (за счет адсорбции), а у гигроскопических пластмасс, кроме поверхностного, бывает еще и объемное поглощение (так называемая абсорбция). Поэтому сопротивление изоляции из водостойких пластмасс при увлажнении хотя и снижается, но почти всегда не выходит за пределы норм.

Быстрому удалению влаги с электрооборудования могут способствовать солнце, ветер, собственный нагрев электрооборудования при его работе. Однако следует иметь в виду, что процессы увлажнения и испарения влаги в материалах не являются идеально обратимыми на весь срок службы. Частая смена сухого нагрева с влажным вызывает ускоренное старение и общее постепенное ухудшение изоляционных качеств.

Осаждаясь на загрязненную поверхность изоляционного материала, вода растворяет наслоения пыли, часто состоящей из углекислых, сернокислых и других солей, и резко снижает сопротивление изоляции, что приводит к увеличению процента повреждаемости за счет недостаточного обслуживания при экс-

плуатации. Кроме того, сама вода в виде паров или капель тумана легко загрязняется в атмосфере и становится опасным высококонцентрированным раствором активных химических веществ, который разрушает защитные покрытия и способствует быстрому развитию коррозии на всех металлических поверхностях.

В этих случаях коррозия может привести к заеданию и повреждению резьбовых соединений, к нарушению электрических контактов, увеличению усилий размыкания и быстрому износу контактных поверхностей и т. д.

**Действие температуры.** Источники теплоты, влияющие на работоспособность электрооборудования, могут быть разделены на внешние и внутренние. К внешним источникам относятся: солнечная энергия, атмосфера и все ближайšie объекты излучающие теплоту. Внутренними источниками являются агрегаты и блоки аппаратуры (в комплекте изделия), излучающая теплота которых превышает собственный нагрев изделия при его работе.

Влияние температуры атмосферы зависит от климатической зоны, где находится электрооборудование. Скорость нагрева электрооборудования от солнечного излучения в свою очередь зависит от теплоемкости и теплопроводности материалов, цвета поверхности и площади облучения с учетом погодных и других условий (температуры и влажности воздуха, силы ветра и т. д.)

Периодические изменения температуры приводят к различным деформациям. При воздействии повышенной температуры (сверх допустимой) происходят структурное изменение и химическое разложение многих изоляционных материалов, значительно ухудшаются их электрические и химические свойства. Так, например, длительное превышение температуры электрических машин на  $10^{\circ}\text{C}$  сверх допустимой снижает срок службы их почти в 2 раза. Кроме того, высокая температура разрушает защитные покрытия, уменьшает вязкость смазки, что вызывает заедание и преждевременный выход из строя подвижных трущихся поверхностей.

При воздействии низких температур у большинства диэлектриков электрические характеристики в основном не ухудшаются, зато изменяются механические свойства.

**Действие биологической среды.** В средних широтах во влажной среде создаются условия для развития плесени. Оптимальными условиями развития большинства видов плесени являются высокая влажность (выше 85%), неподвижность воздуха, температура в пределах  $20\text{--}30^{\circ}\text{C}$  и соответствующая питательная среда (в основном кислород, минеральные соли и органические вещества).

Плесень наиболее опасна при хранении электрооборудования. Она поражает выводы, колодки, переключатели, снижает сопротивление изоляции и приводит иногда к коротким замы-

калиям электрических цепей, ускоряет процесс коррозии металлов, разрушает защитные покрытия, способствует образованию на контактах твердых, плохо проводящих пленок. Наиболее устойчивы к плесени пластмассы с неорганическими наполнителями (асбест, полевои шпат и т. д.) и особенно пластмассы типа фторопласта, полиэтилена и полихлорвинила.

Во влажном тропическом климате используют электрооборудование тропического исполнения, чтобы оно не могло выйти из строя из-за поражения плесенью, микроорганизмами и насекомыми.

**Влияние атмосферного давления.** Понижение атмосферного давления уменьшает электрическую прочность изоляции. Пробивное напряжение воздуха, согласно закону Пашена, зависит от произведения давления  $p$  на расстояние между электродами  $s$  (рис. 3). Из этой зависимости следует, что электрический пробой воздушного промежутка при любых разрежениях возможен только напряжением не ниже 250—300 В. Однако при очень малых расстояниях между электродами (около  $10 \text{ см}^{-3}$ ) электрический пробой, даже в нормальных условиях, может быть при гораздо меньших напряжениях, чем 250 В. При значительных перепадах давлений в герметизированных конструкциях усиливаются механические напряжения, появляются утечки воздуха и в недостаточно прочных конструкциях утрачивается герметизация.

**Влияние солнечного света, пыли.** Действие солнечных лучей на материалы особенно сильно проявляется в сухой зоне, при этом дополнительно ускоряются химические процессы в материалах, что приводит к преждевременному их старению и разрушению. Так, например, на поверхности резины создается корка, а иногда появляются даже трещины под влиянием озона, который образуется из кислорода воздуха; многие пластмассы, лаки и краски обесцвечиваются; большинство синтетических пластмасс под влиянием света и одновременно влаги и ветра подвергаются поверхностному окислению, и электрические свойства их ухудшаются.

Пыль опасна для открытых и слабо защищенных конструкций электрооборудования. Она даже при незначительном движении воздуха проникает в очень малые отверстия и зазоры. Вместе с пылью на поверхности изделий иногда переносятся грибковые споры, которые в пыли находят питательный материал

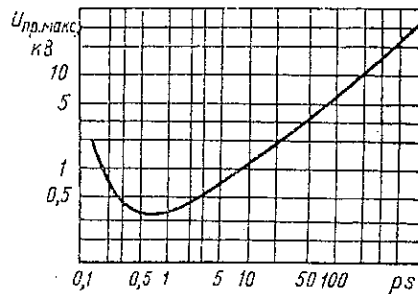


Рис. 3. Зависимость пробивного напряжения воздуха от произведения давления воздуха ( $p$ ) на расстояние между электродами ( $s$ )

■ для своего роста. Пыль, попадая в зазоры между контактами и трущимися частями, задерживает влагу, способствуя развитию коррозии, кроме того, ускоряет износ всех трущихся частей.

**Механические воздействия.** В процессе эксплуатации, транспортировки и хранения электрооборудование может испытывать те или иные механические воздействия. На судах ударные механические нагрузки возникают во время шторма, при качке и сильных ударах штормовой волны о борт судна. Вибрационные нагрузки создаются главным образом винтами и двигателями, ритмичная работа которых вызывает вибрацию корпуса и надстроек. Частота и амплитуда вибрации зависят от типа судна, его машинного оборудования и места расположения электрооборудования.

Вибрации могут вызвать в электрооборудовании механический резонанс и возникновение опасных напряжений в материалах конструкции.

При ударах и вибрации могут появиться следующие повреждения: разрушения паяк, монтажных соединений, крепежных элементов, срыв резьбовых соединений, растрескивание и разрушение корпусов, потеря герметизации и т. д.

При эксплуатации электрооборудование подвергается воздействию топливно-смазочных материалов. Это особенно опасно для резиновой изоляции кабелей и проводов. Непосредственное попадание нефтепродуктов возможно на кабели, проходящие в кабельных трассах вблизи двигателей внутреннего сгорания и под сланями машинного отделения. У кабелей с резиновой изоляцией происходит как поверхностное поглощение нефтепродуктов (адсорбция), так и объемное (абсорбция), в результате чего возникают физико-химические процессы, которые вызывают набухание, размягчение, снижение электрической прочности и сокращение срока службы кабелей.

К субъективным факторам относятся неправильное обслуживание и ошибки в работе электротехнического персонала:

- необоснованно частые включения и выключения аппаратуры, ускоряющие износ некоторых элементов (контакторов, реле, переключателей и т. п.), особенно если при этом нарушаются правила коммутации;

- установка предохранителей, не соответствующих номиналам;

- произвольная регулировка схем или элементов защиты;

- нарушение порядка, объема и методики технического обслуживания и ремонтных работ, связанных с диагностикой и поиском отказов;

- неумение диагностировать причины отказа и вести поиск отказавшего элемента с учетом особенностей примененных в схеме изделий и их возможных неисправностей;

- незнание всех признаков нормальной работы электрооборудования, неумение «видеть» информацию об отказах, в резуль-

тате чего обслуживающему персоналу трудно определить в данный момент, исправно ли электрооборудование.

Полное устранение субъективных факторов, конечно, невозможно, с ними всегда приходится считаться.

## § 8. ПОИСК НЕИСПРАВНОСТЕЙ

Судовое электрооборудование может работать в кратковременном, повторно-кратковременном либо в продолжительном режимах.

Во время работы под воздействием эксплуатационных факторов могут возникать различные неисправности, которые необходимо своевременно устранять.

Процесс поиска неисправностей представляет собой наиболее трудоемкую часть ремонта. По мере повышения уровня электрификации и автоматизации судов используются все более сложные схемы управления. При этом, конечно, нелегко обнаружить неисправную деталь или цепь среди множества других деталей и цепей, территориально разобранных, но влияющих друг на друга. Во всех случаях при обнаружении повреждения необходимо выявить и устранить причину, вызвавшую его, на что также тратится время. Задача осложняется еще и тем, что значительная часть неисправностей носит скрытый характер и не может быть обнаружена при внешнем осмотре.

Однако из сказанного выше не следует, что практическая сложность отыскания неисправностей растет пропорционально сложности схем. Имеется ряд факторов, существенно облегчающих поиск неисправностей. К их числу относятся:

звуковая и световая сигнализация, не только свидетельствующая о неисправности электрооборудования, но и ориентировочно указывающая на участки ее возникновения;

встроенная контрольная аппаратура, позволяющая контролировать не только системы, но и отдельные блоки и узлы;

наличие надежных защитных устройств, позволяющих в процессе поиска, при необходимости, пользоваться эффективным методом вносимой неисправности;

разделение схем управления на отдельные цепи, имеющие законченное целевое назначение.

Быстрое устранение неисправностей возможно только с применением систематизированного поиска. До сих пор в современной практике не определен достаточный и единственный критерий для выбора действительно лучшего метода поиска с учетом внешних признаков отказа, условий, предшествовавших отказу, и т. д. Однако известны [3] некоторые общие положения, которые могут быть взяты за основу метода поиска:

выбирая способ поиска отказа, необходимо учесть последствия этого выбора с точки зрения наименьших затрат времени и

■ наименьшего риска, поскольку неизвестно, какая из возможных причин отказа соответствует действительности;

внешними признаками отказа следует пользоваться таким образом, чтобы вначале попытаться предположить природу отказа, а затем выбрать методику, которая оказалась бы хорошей, если бы причина отказа была установлена правильно;

последовательность поиска и его методы должны исключать случайность полученных результатов и связанную с этим ошибочность последующих действий. Необходимо, чтобы выбранный метод поиска приводил к одному из многих возможных результатов;

всегда должен выбираться тот метод, ожидаемая полезность которого будет максимальной. Сделать это нелегко, однако во многих случаях значение полезности различных методов для данной ситуации дает возможность принять вполне разумное решение. Например, если усилитель искажает форму выходного импульса, то поиск причины этого явления методом последовательной замены всех элементов схемы мало пригоден, в то же время поиск методом вносимой неисправности весьма эффективен, т. е. для данной ситуации полезность метода вносимой неисправности высока. С другой стороны, использование метода вносимой неисправности для проверки эффективности системы защиты передатчика (путем закорачивания на корпус высоковольтных узлов) при отсутствии уверенности в работоспособности последней представляется крайне опасным;

должно быть отдано предпочтение такому методу, для которого возможность ошибки минимальна, либо такому, при котором минимальны затраты времени на то, чтобы убедиться либо в правильности, либо в ошибочности метода;

первоначально должна быть выбрана такая проверка электрооборудования, которая позволяет получить возможно большее количество информации и приводит в результате к наибольшему устранению неопределенности. Поэтому перед началом проверки нужно рассмотреть логическую вероятность того, что каждая из возможных проверок будет успешной или безуспешной.

Ниже приводятся некоторые методы поиска неисправностей.

**Метод внешнего осмотра.** Никогда не следует пренебрегать внешним осмотром. Процедура внешнего осмотра электрооборудования в обесточенном состоянии обычно включает в себя осмотр каждого элемента системы, соединений, проводов в порядке их расположения, с попутным осмотром всех элементов монтажа и фиксацией всех выявленных дефектов, независимо от того, какова их вероятная причина и принадлежат ли они (или не принадлежат) к предположительно отказавшему участку схемы. Это объясняется следующими соображениями: если после выявления какого-либо дефекта сразу же начать провер-



ку поврежденной цепи, а затем, обнаружив дополнительные повреждения, тотчас проверять и другие цепи, то при этом можно ряд элементов, не относящихся к данным цепям, оставить вне поля зрения и, следовательно, пропустить возможные дефекты. Отметим, что неисправности, вызванные случайными причинами (обрывы, нарушения паяк и т. д.), должны быть устранены немедленно, чтобы не терять времени на их повторный поиск.

Еще больше возможности дает внешний осмотр электрооборудования во включенном состоянии при соблюдении двух условий:

- отсутствии аварийных признаков отказа;
- безусловном выполнении правил техники безопасности.

В этом случае можно получить дополнительную информацию о неисправностях элементов в виде появления дыма, чрезмерного нагрева отдельных деталей, появления треска и т. п.

Достоинством метода внешнего осмотра является его простота, однако визуальный осмотр не позволяет обнаружить скрытые неисправности.

**Метод замены.** Он заключается в удалении элемента, который вызывает сомнение, и установке вместо него аналогичного, заведомо исправного элемента. Если после этого признаки ненормальной работы исчезают, то был заменен действительно поврежденный элемент. Если признаки ненормальной работы сохраняются, замена может оказаться неэффективной по двум причинам:

заменяется фактически исправный элемент и состояние отказа в схеме сохраняется;

заменяется действительно неисправный элемент, однако его неисправность является лишь следствием отказа других элементов, через некоторое время после замены он вновь повреждается и состояние отказа схемы сохраняется. Поэтому метод замены нужно использовать только в тех случаях, когда другим путем обнаружить причину неисправности не удается.

**Метод вносимой неисправности.** При этом методе какую-либо цепь или участок цепи замыкают накоротко или разрывают, закорачивают на корпус, отключают какую-либо деталь и т. д.

Все эти действия сопровождаются внимательным наблюдением и анализом того, как ремонтируемый узел реагирует на искусственное повреждение.

Разновидностью вносимой неисправности является способ искусственного изменения паразитных параметров схем. Он позволяет точно определить неисправность, являющуюся результатом влияния паразитных параметров элементов схемы (пониженного сопротивления изоляции отдельных участков схемы, индуктивностей, конденсаторов и т. д.). Например, предположение об увеличении прямого сопротивления диода можно проверить, подключив последовательно с диодом небольшой резистор. Необходимо отметить, что беспорядочное исполь-

зование этого метода не принесет результатов, поэтому перед началом поиска нужно продумать, к каким участкам и точка схемы нужно подключить дополнительные элементы.

**Метод промежуточных измерений.** Очень часто наблюдаемые признаки неисправностей не дают информации об истинно характере их. Тогда применяют способ снятия осциллограмм измерений напряжений, сопротивлений и т. д.

Рассмотрим общий подход к поиску неисправностей. Очевидно, что оптимальная методика поиска должна представлять собой некоторую логическую последовательность действий, позволяющих непрерывно и постепенно сужать границы области неисправности до тех пор, пока конкретный участок неисправности не будет локализован. Условно разделим процесс поиска на несколько этапов.

1. Поиск неисправности всегда должен начинаться с проверки работоспособности аппаратуры, позволяющей хотя бы приблизительно локализовать место повреждения.

2. Необходимо убедиться в том, что в системе (элементе) имеет место неисправность, носящая характер отказа, а не ложный отказ — неисправность, вызванная неправильным положением ручек переключателей или изменением режима работы.

3. Если проверка показала, что работоспособность системы (элемента) нарушена и имеется действительный отказ, необходимо сопоставить его внешние признаки как с реальными условиями отказа, так и с различными неисправностями, которые могли его вызвать.

4. Необходимо выбрать наиболее рациональный метод применительно к конкретным внешним проявлениям отказа (выбран был рекомендован ряд правил, облегчающих этот выбор).

## ГЛАВА III. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

### § 9. ОБСЛУЖИВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Задачей эксплуатации электрических машин является обеспечение надежной и бесперебойной работы электрических машин путем тщательного технического надзора и обслуживания, проведением планово-предупредительных ремонтов.

Контроль работы электрических машин следует осуществлять ежедневно, наблюдая за их нагрузкой, состоянием подшипников и корпусов, за щеточным аппаратом и т. д.

Если электрическая машина долго не работала, то перед пуском ее в ход необходимо произвести тщательный наружный и внутренний осмотр, обращая внимание на надежность крепления проводов и шин внутри машины и на щитке выводов, на наличие смазки в подшипниках, прочность закрепления обмоток бандажами и клиньями, состояние коллектора и контактных колец.

Перед пуском также следует осмотреть пусковую аппаратуру и замерить сопротивление изоляции, затем, если возможно, повернуть на 1—2 оборота вал электрической машины и убедиться в исправности приводимого механизма.

При реостатном пуске на каждой ступени нужно делать выдержку 1,5—2 с. Необходимо убедиться, что машина работает без постороннего шума и искрения, а пусковые резисторы полностью выведены.

Для поддержания электрических машин в исправном состоянии предусмотрено три вида технического обслуживания (ТО).

При техническом обслуживании № 1 удаляют с доступных частей масло, влагу и пыль; проверяют состояние коллектора (колец), крепление траверсы и установку ее по метке; проверяют соединения кабелей, проводов и щеток, а также правильность установки пружин щеткодержателей; проверяют электромагнитный тормоз.

ТО № 1 проводят для машин 1-й группы один раз в неделю, 2-й — один раз в месяц, 3-й — один раз в три месяца.

При техническом обслуживании № 2 производят очистку машины от грязи и окислов в доступных местах; продувку воздухом; проверку крепления щеткодержателей, целостности щеток и состояния их контактных поверхностей, движения щеток в обоймах щеткодержателей; чистку коллектора; замер равномерности износа коллектора (колец); смену полярности на кольцах

генераторов переменного тока; проверку исправности уплотнительных прокладок, надежности крепления машины к фундаменту; проверку работы машины под нагрузкой; измерение сопротивления изоляции машины; проверку наличия и исправности защитного заземления.

ТО № 2 проводят для электрических машин 1-й группы один раз в месяц, 2-й — один раз в три месяца, 3-й — один раз в навигацию.

Техническое обслуживание № 3 предусматривает разборку электрической машины; проверку крепления полюсов и подтягивание ослабевших болтов; очистку и пропитку обмоток изоляционным лаком; проверку высоты щеток, натяжения пружин щеткодержателей; продоразживание коллектора; проверку всех контактных соединений проводов, шин и кабелей; измерение сопротивления изоляции между обмотками, между обмотками и корпусом; проверку состояния бандажей, пайки петушков, надежности междуполюсных соединений на роторе и исправности крылатки; восстановление окраски; измерение зазоров подшипников и междужелезного пространства; замену смазки и опробование машины в действии.

ТО № 3 проводят для электрических машин 1-й группы один раз в год, 2-й — один раз в 2 года, 3-й — один раз в три года.

#### § 10. НЕИСПРАВНОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН, СПОСОБЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ

Все электрические машины имеют общие по назначению узлы: обмотки, контактные кольца, щетки, подшипники, магнитопроводы и т. д. Поэтому некоторые неисправности характерны для всех электрических машин постоянного и переменного тока. К числу их относятся: ухудшение состояния изоляции обмоток, чрезмерное искрение щеток, износ подшипников, ухудшение смазки подшипников, повышенный шум и вибрация, чрезмерный перегрев. В табл. 1 представлены общие неисправности электрических машин независимо от рода тока, в табл. 2, 3, 4 — характерные неисправности их в зависимости от рода тока, а в табл. 5 — неисправности трансформаторов.

Таблица 1

Общие неисправности электрических машин

Признаки	Причины	Способы устранения
Сталь статора или якоря местами нагревается даже при холостом ходе	Местные замыкания между отдельными листами пакета вследствие образования заусен-	Обработать места замыкания напильником и удалить заусенцы; по возможности разведи-

Продолжение табл. 1

Признаки	Причины	Способы устранения
Неформальный шум во время работы машины	<p>Листы при опилровке, обточке или из-за ударов</p> <p>Соединение между тяжкими болтами и активным железом</p> <p>Недостаточная смазка, неисправность или износ шариковых или роликовых подшипников</p> <p>Задевание крылатки вентилятора за корпус машины</p>	<p>Инить листы пакета и покрыть их лаком при нагретом состоянии машины</p> <p>Исправить изоляцию тяжких болтов или заменить поврежденные болты новыми</p> <p>Вскрыть и осмотреть подшипники, промыть бензином и сменить смазку. В случае износа заменить подшипники. Устранить задевание</p>
Недопустимая вибрация	<p>Недостаточная жесткость фундамента</p> <p>Овальность шеек вала</p> <p>Неправильная центровка, неисправность соединительной муфты</p> <p>Неуравновешенность якоря (ротора) из-за некачественной балансировки</p>	<p>Увеличить жесткость фундамента</p> <p>Проточить и отшлифовать шейки вала</p> <p>Проверить центровку, при необходимости исправить муфту</p> <p>Произвести балансировку якоря (ротора) вместе со всеми вращающимися частями и особенно с крылаткой вентилятора</p>
Перегрев подшипников качения	<p>Тугая посадка наружного кольца шарикоподшипника, неудовлетворительная центровка</p> <p>Неудовлетворительное состояние шарико- и роликоподшипников</p> <p>Отсутствие смазки в подшипниках</p>	<p>Проверить посадку подшипника, при необходимости расшабровать отверстие в подшипниковом щите. Проверить центровку</p> <p>Осмотреть и заменить негодные шарико- и роликоподшипники</p> <p>Набить подшипник смазкой на <math>\frac{1}{3}</math> объема его камеры</p>
Вытекание смазки из подшипников качения	<p>Полное заполнение камеры подшипника смазкой</p>	<p>Уменьшить количество смазки</p>
Сильный шум подшипника качения	<p>Износ подшипника</p> <p>Поломка шариков, выкрашивание дорожек на кольцах подшипника</p>	<p>Заменить подшипник</p> <p>Заменить подшипник</p>

Продолжение табл.

Признаки	Причины	Способы устранения
<p>Понижено сопротивление изоляции обмоток</p> <p>Искрение под щетками по механическим причинам</p>	<p>Внутреннее кольцо подшипника слабо сидит на валу Подшипник заедает во время работы</p> <p>Отсыревание обмоток Засорение машины токопроводящей пылью</p> <p>Плохо закрепленные пальцы щеткодержателей вибрируют вместе со щетками</p> <p>Щетка вибрирует в обойме щеткодержателя</p> <p>Недопустимая вибрация машины</p> <p>Щетка только частью рабочей поверхности касается коллектора (кольца)</p>	<p>Наварить шейку вала и проточить до нужного размера Увеличить зазор между бортом крышки подшипником Просушить машину Продуть и прочистить машину</p> <p>Подтянуть крепежные болты или гайки щеткодержателей</p> <p>Заменить щетку большей либо отретировать обойму</p> <p>Устранить вибрацию</p> <p>Притереть щетки</p>
<p>Сильное искрение под одной из щеток, которое при надавливании на щетку исчезает</p> <p>Искрение сопровождается шумом. При поворачивании вручную заметно поднимание и опускание щеток в обойме</p> <p>Коллектор темнеет, при этом щетки не искрят, поверхность коллектора ровная</p> <p>На коллекторе (кольцах) пятна матового оттенка, вызывающие искрение. Иногда под щетками имеется окисл</p> <p>Неравномерный износ коллектора (колец)</p>	<p>Щетку заедает в обойме</p> <p>Недопустимое биение коллектора (колец)</p> <p>Слишком твердые щетки</p> <p>Электрохимический процесс, обычный для мало работающих машин</p> <p>Изоляция выступает над поверхностью коллектора.</p> <p>Неправильное нажатие пружин щеткодержателей</p>	<p>Устранить заедание</p> <p>Проточить коллектор (кольца)</p> <p>Установить щетки соответствующие указаниям в формуляре</p> <p>Провести притирку, если понадобится, шлифовку. При длительном бездействии машин проложить между щетками и коллекторами (кольцами) прессшпатель Продорожить коллектор</p> <p>Проверить и отрегулировать нажатие пружин</p>

Продолжение табл. 1

Признаки	Причины	Способы устранения
Перегрев всей машины	Тугая посадка щеток в обойме щеткодержателей	Проверить зазоры и ослабить посадку щеток в обойме Заменить щетки
	Некачественные щетки или несоответствующей марки Слабая затяжка коллектора Неправильная расстановка положительных и отрицательных щеток на коллекторе	Проверить и поджать стяжные болты Расставить правильно щетки
	Машина перегружена, вентиляция машины неисправна	Уменьшить нагрузку. Исправить вентиляционное устройство

Таблица 2

Характерные неисправности электрических машин постоянного тока и способы их устранения

Причины неисправности	Способы устранения
<b>Генераторы</b>	
<i>1. Генератор не возбуждается</i>	
Генератор размагнитен, потерял остаточный магнетизм	Намагнитить остановленную машину от источника постоянного тока. Проверить полярность
Неправильное соединение параллельной обмотки с якорем	Включение и выключение производить через реостат, поменять места концы кабелей, подходящих к выводам обмотки возбуждения
Обрыв цепи возбуждения	Проверить цепи возбуждения: регулятор возбуждения (отыскать обрыв или плохой контакт), междуполосные соединения, подводимые концы. Устранить обнаруженные неисправности
Щетки смещены с нейтрали	Проверить правильность установки щеток на нейтрали и установить их по заводским меткам индукционным методом или методом наибольших напряжений
Большое переходное сопротивление между коллектором и щетками	Прочистить коллектор, проверить надежность контактов в щеточном аппарате, крепление жгутиков в щетках

*Продолжение табл.*

Причины неисправности	Способы устранения
<p>Параллельная обмотка имеет соединение с последовательной обмоткой, параллельная обмотка зашунтирована (имеет заземление в двух местах)</p> <p>Неправильное соединение секций параллельной обмотки возбуждения между собой (неправильное чередование полярности главных полюсов)</p> <p>Короткое замыкание в обмотке якоря или между пластинами или «петушками» коллектора</p> <p>Регулятор возбуждения неправильно присоединен к генератору</p> <p>Обрыв или плохой контакт в цепи возбуждения регулятора</p> <p>Загрязнение коллектора</p>	<p>Проверить сопротивление изоляции параллельной обмотки относительно корпуса и последовательной обмотки. Устранить найденное замыкание на корпус</p> <p>Проверить полярность отдельных обмоток магнитной стрелкой; соединить параллельные обмотки согласно заводской схеме</p> <p>Проверить обмотку якоря, «петушки» и коллекторные пластины. Обнаруженные неисправности устранить</p> <p>Проверить по схеме правильное соединения генератора и регулятора возбуждения</p> <p>Отыскать обрыв или плохой контакт в регуляторе, очистить его; неисправности устранить</p> <p>Протереть коллектор бельевой ветошью, смоченной бензином</p>

*2. Генератор дает напряжение ниже номинального при холостом ходе*

<p>Частота вращения ниже номинальной</p> <p>Неправильное положение маховика регулятора возбуждения</p> <p>Междувитковое или короткое замыкание в одной или нескольких катушках параллельной обмотки возбуждения</p> <p>Обрыв или плохой контакт в обмотке якоря или «петушках»</p> <p>Неправильное положение щеток относительно нейтрали</p> <p>Неправильное соединение параллельных обмоток</p> <p>Увеличение зазора под главными полюсами</p>	<p>Довести частоту вращения первичного двигателя до номинальной</p> <p>Установить маховик регулятора возбуждения в нужное положение</p> <p>Проверить вольтметром напряжение на выводах отдельных катушек. Неисправные катушки заменить</p> <p>Осмотреть пайку соединений обмотки якоря с пластинами коллектора. Плохие пайки перепаять</p> <p>Проверить правильность установки щеток на нейтрали. Установить щетки на нейтрали по заводской метке</p> <p>Проверить чередование полярности параллельных обмоток и пересоединить их</p> <p>Установить правильный зазор по формуляру машины</p>
---	--

*3. Генератор дает напряжение ниже номинального при нагрузке*

<p>Последовательная обмотка включена встречно параллельной</p> <p>Генератор перегружен</p>	<p>Пересоединить концы последовательной обмотки</p> <p>Проверить нагрузку по амперметру. Снять перегрузку</p>
--	---



*Продолжение табл. 2*

Причины неисправности	Способы устранения
Щетки сдвинуты с нейтрали Чередование главных и дополнительных полюсов неправильное	Проверить положение щеток на нейтрали и установить их правильно по заводской метке Проверить чередование полюсов, правильно включить дополнительные полюса: за полюсами главными следуют дополнительные полюса другой полярности

*4. Генератор дает напряжение выше номинального при холостом ходе*

Частота вращения первичного двигателя выше номинальной Сопротивление цепи возбуждения мало вследствие имеющихся в ней неисправностей или неправильного положения рукоятки регулятора возбуждения Щетки сдвинуты с нейтрали Уменьшен зазор под главными полюсами	Проверить тахометром частоту вращения. Довести частоту вращения первичного двигателя до номинальной Проверить сопротивление параллельной обмотки. Проверить и установить правильное положение рукоятки регулятора возбуждения Проверить правильность установки щеток и установить на нейтраль по заводской метке Установить зазор по формуляру электрической машины
--	--

*5. Колебания нагрузки генератора*

Частота вращения первичного двигателя колеблется Недостаточен контакт в цепи возбуждения генератора	Проверить регулятор частоты вращения первичного двигателя и исправить его Проверить и прочистить контакты в регуляторе и цепи возбудителя
--	--

*6. Саморазмагничивание и перемагничивание генератора*

Щетки сдвинуты с нейтрали по направлению вращения Слишком быстро вводится сопротивление шунтового регулятора при снижении напряжения регулятора	Проверить и установить щетки на нейтраль; если при этом начнется размагничивание, то сдвинуть щетки на 1—2 коллекторные пластины против направления вращения Избегать резкого ввода сопротивления шунтового регулятора
--	---

Причины неисправности	Способы устранения
-----------------------	--------------------

*7. Неравномерное и неустойчивое распределение нагрузки у параллельно работающих генераторов*

Недостаточен контакт в уравнительном проводе Частота вращения первичных двигателей неустойчива	Проверить и прочистить контакты Исправить регуляторы частоты вращения первичных двигателей
---	---

**Электродвигатели**

*8. Электродвигатель не запускается*

Электродвигатель чрезмерно перегружен при пуске Напряжение сети ниже номинального Обрыв в цепи якоря или пускового реостата	Устранить причины перегрузки (проверить исправность механической передачи, тормоза и т. п.) Установить номинальное напряжение Проверить цепь якоря и пускового реостата и устранить повреждение
---	---

*9. Электродвигатель при пуске берет большой ток*

Последовательная обмотка включена встречно параллельной обмотке Параллельная обмотка включена после пускового реостата (недостаточен ток возбуждения) Чрезмерная нагрузка электродвигателя при пуске	Пересоединить обмотку возбуждения Проверить схему включения пускового реостата и параллельной обмотки Проверить состояние механической части и включение параллельной обмотки
--	---

*10. Электродвигатель развивает частоту вращения ниже номинальной*

Электродвигатель перегружен Напряжение сети ниже номинального Щетки сдвинуты с нейтрали по направлению вращения Ненормально большой ток возбуждения (малое сопротивление в цепи возбуждения)	Устранить перегрузку Установить номинальное напряжение Установить щетки на нейтраль Проверить сопротивление параллельной обмотки. Обнаруженные неисправности устранить
---	---

*11. Перегрев всей машины*

Машина перегружена Засорение вентиляционных путей машины	Устранить перегрузку, усилить вентиляцию Продуть и прочистить машину
---	---

Причины неисправности	Способы устранения
<p>Увеличение против номинального времени работы машины в кратковременном или повторно-кратковременном режиме (электроприводы шпиль, кранов и т. п.)</p> <p>Загрязнение воздухоохладителя, повышенная температура воды или недостаточное количество ее</p> <p>Пониженная частота вращения</p>	<p>Соблюдать номинальный режим</p> <p>Очистить воздухоохладитель, проверить температуру и подачу воды</p> <p>Довести частоту вращения до номинальной (увеличить частоту вращения первичного двигателя — для генератора). Увеличить сопротивление регулировочного резистора в цепи параллельной обмотки двигателя</p>

12. Перегрев обмотки якоря

<p>Междувитковое соединение обмотки якоря</p> <p>Замыкание между коллекторными пластинами, соединение «петушков»</p> <p>Плохая вентиляция якоря</p>	<p>Определить поврежденные катушки и заменить</p> <p>Прочистить лапы коллекторов и при необходимости продорожить, разъединить «петушки»</p> <p>Довести частоту вращения до номинальной</p>
---	--

13. Перегрев коллектора

<p>Чрезмерное нажатие щеток</p> <p>Искрение на коллекторе</p> <p>Перегрузка машины</p>	<p>Проверить нажатие щеток и отрегулировать</p> <p>Устранить искрение щеток</p> <p>Устранить перегрузку</p>
--	---

14. Перегрев обмотки возбуждения

<p>Двигатель вращается медленнее нормального, большой ток возбуждения, сопротивление добавочного резистора мало или оно отсутствует, неправильное соединение катушек полюсов</p> <p>Плохая изоляция обмотки возбуждения</p> <p>Короткое замыкание между параллельной и последовательной обмотками</p> <p>Соединение витков обмотки возбуждения</p>	<p>Отрегулировать сопротивление добавочного резистора или подключить его, проверить соединение катушек</p> <p>Проверить сопротивление изоляции</p> <p>Устранить короткое замыкание</p> <p>Заменить поврежденную катушку возбуждения новой</p>
--	---

Продолжение табл. 2

Причины неисправности	Способы устранения
<i>15. Круговой огонь по коллектору</i>	
Неправильное положение щеток Дополнительные полюса неправильно соединены с якорем (неправильная полярность)	Проверить положение щеток на нейтрали Проверить чередование полюсов

Таблица 3

**Характерные неисправности машин переменного тока и способы их устранения**

Причины неисправности	Способы устранения
<i>1. Электродвигатель не запускается при холостом ходе</i>	
Подводимое к электродвигателю напряжение ниже номинального Обрыв в фазе статора или ротора Повреждены секции пускового реостата Оседание ротора на статор	Довести напряжение до номинального Проверить цепь ротора и статора и устранить повреждение Проверить и исправить Проверить зазоры между ротором и статором
<i>2. Электродвигатель не запускается при пуске с нагрузкой</i>	
Подводимое к электродвигателю напряжение ниже номинального Обрыв в фазе статора или ротора Соединение обмотки статора звездой вместо соединения треугольником Велик тормозной момент приводного механизма	Довести напряжение до номинального Проверить цепь ротора и статора и устранить повреждение Проверить соединение обмотки Устранить причину ненормальной работы приводного механизма (в полняют механики)
<i>3. Электродвигатель развивает частоту вращения ниже номинальной</i>	
Электродвигатель перегружен Обрыв в фазе ротора (в электродвигателях с фазным ротором)	Устранить перегрузку Проверить соединение фаз ротора и исправность щеточных контактов обнаруженную неисправность устранить. В случае невозможности правления отдать ротор в ремонт

Продолжение табл. 3

Причины неисправности	Способы устранения
<i>4. Перегрев обмоток статора электродвигателя</i>	
Неправильное включение статора электродвигателя	Проверить правильность включения обмоток статора по заводской схеме
Витковое соединение в обмотке статора, междуфазное соединение в обмотке статора, соединение обмотки статора с корпусом, обрыв в одной из фаз статора	Проверить обмотки статора и в случае невозможности исправления отдать статор в ремонт
<i>5. Ненормальный шум электродвигателя</i>	
Короткое замыкание в обмотке статора	Проверить цель обмотки статора, если возможно, исправить или отдать статор в ремонт
Неправильное соединение в обмотке статора	То же
<i>6. Понижение сопротивления изоляции</i>	
Отсыревание обмотки или непосредственное попадание воды в машину	Перед пуском просушить машину
Засорение машины токопроводящей пылью от износа щеток или от шлифовки коллектора (колец)	Продуть и прочистить машину. Во избежание засорения выполнять в сроки и в полном объеме положенные осмотры. Применять щетки соответствующих марок, содержать в исправности щеткодержатели и поверхности колец, не допускать давления на щетки более номинального
Загрязнение обмоток маслом или маслянистой пылью	Очистить машину, как указано выше

Таблица 4

Характерные неисправности синхронных генераторов и способы их устранения

Причины неисправности	Способы устранения
<i>1. Равномерный перегрев всей электрической машины</i>	
Частота тока ниже номинальной вследствие уменьшения частоты вращения генератора	Довести частоту вращения генератора до номинальной. При повышении частоты вращения генератора необходимо соответственно уменьшить напряжение
Короткое замыкание в обмотке статора	Разобрать генератор и произвести тщательный осмотр

2\*

Продолжение табл. 4

Причины неисправности	Способы устранения
<i>2. Перегрев обмотки возбуждения</i>	
<p>Генератор работает с частотой вращения выше или ниже номинальной</p> <p>Низкий коэффициент мощности <math>\cos\varphi</math>, ток возбуждения велик</p> <p>Междувитковое соединение в обмотке возбуждения</p>	<p>Отрегулировать частоту вращения первичного двигателя</p> <p>Снизить реактивную нагрузку, принять меры к увеличению <math>\cos\varphi</math></p> <p>Междувитковое соединение в обмотках определить замером сопротивления отдельных обмоток. Неисправную катушку заменить</p>
<i>3. Генератор при холостом ходе не дает напряжения</i>	
<p>Обрыв или плохой контакт в междуполосных соединениях возбuditеля</p> <p>Обрыв или плохой контакт в токопроводящих концах между обмотками и контактными кольцами</p> <p>Обрыв или плохой контакт в регуляторе возбуждения</p> <p>Плохой контакт между щетками и контактными кольцами</p> <p>Обрыв полюсных соединений в возбuditеле</p> <p>Короткое замыкание между проводами от возбuditеля к кольцам или между кольцами</p> <p>Перемагнитился или размагнитился возбuditель</p> <p>Отсутствует напряжение на возбuditеле</p>	<p>Проверить исправность междуполосных соединений обмоток возбuditеля</p> <p>Измерить сопротивление ротора совместно с подводщими проводами. В случае увеличения сопротивления против номинального устранить выявленную неисправность</p> <p>Проверить и исправить регулятор возбуждения</p> <p>Очистить загрязнение, устранить заедание щеток, изношенные щетки заменить</p> <p>Проверить целостность полюсных соединений и обмоток возбuditеля</p> <p>Проверить и устранить замыкание</p> <p>Проверить возбuditель</p> <p>То же</p>
<i>4. Генератор при холостом ходе дает напряжение только между двумя фазами</i>	
<p>Обрыв в одной фазе обмотки статора при соединении звездой или в двух фазах при соединении треугольником</p>	<p>Определить с помощью прибора обрыв и устранить его</p>
<i>5. Напряжение генератора при номинальных частоте вращения и токе возбуждения меньше номинального</i>	
<p>Одна или несколько катушек каждой фазы обмотки статора неправильно соединены и противодействуют друг другу</p>	<p>Проверить и соединить обмотки статора согласно заводской схеме</p>

Продолжение табл. 4

Причины неисправности	Способы устранения
Обмотка статора соединена треугольником вместо соединения звездой	Пересоединить обмотку статора звездой
<i>6. Междупазовые напряжения неодинаковы</i>	
Короткое замыкание части витков в обмотке	Отремонтировать обмотку
Катушки статора неправильно соединены, противодействуя друг другу	Проверить соединение катушек статора согласно заводской схеме
<i>7. Часть обмоток генератора греется. генератор гудит</i>	
Частичное короткое замыкание в обмотке статора	Отремонтировать статор
Обрыв одной фазы	Устранить обрыв
<i>8. Колебание напряжения генератора</i>	
Недостаточен контакт в цепи возбуждения	Проверить контакты в цепи возбуждения
Неисправность в автоматическом регуляторе напряжения типа РУН; встречно включены обмотки стабилизирующего трансформатора	Отрегулировать РУН; переключить обмотки стабилизирующего трансформатора
Частота вращения первичного двигателя колеблется	Отрегулировать регулятор частоты вращения первичного двигателя
<i>9. Различен коэффициент мощности соств параллельно работающих генераторов</i>	
Возбуждение генераторов не соответствует их нагрузке	Отрегулировать возбуждение
<i>10. Генератор с системой самовозбуждения не возбуждается</i>	
Обрыв в цепи выпрямителя начального подмагничивания	Проверить монтаж, устранить обрыв
Поврежден генератор начального подмагничивания	Найти и устранить повреждения
Поврежден выпрямитель начального подмагничивания	Найти поврежденный выпрямитель
<i>10.1 Напряжение на генераторе при холостом ходе понижено и изменением установки сопротивления резистора не удается увеличить его до номинального значения</i>	
Обрыв в цепях обмотки напряжения	Проверить монтаж, устранить обрыв

Продолжение табл. 4

Причины неисправности	Способы устранения
Повреждены силовые выпрямители Неисправность в корректоре напряжения	Найти поврежденный выпрямитель и заменить его Корректор отремонтировать

Таблица 5

Характерные неисправности трансформаторов и их устранение

Неисправности	Причины	Способы устранения
Перегрев обмотки; трансформатор потребляет большой ток даже при выключенной нагрузке	Замыкание витков обмоток из-за повреждения изоляции	Определить место замыкания и устранить его
Перегрев контактных соединений Сильное гудение трансформатора	Ослабление контактов Ослабление контактов болтовых соединений сердечника и кожуха Загрязнение поверхностей магнитопровода	Очистить контакты поджать их Подтянуть крепление Протереть поверхности чистой ветошью, смоченной бензином
Отсутствие напряжения на вторичной обмотке	Не подведено питание к трансформатору Обрыв в проводах монтажных и внешних соединений обмоток Обрыв в первичной или вторичной обмотке	Проверить цепь трансформатора Определить место обрыва и устранить его Проверить мегомметром или контрольной лампой и устранить обрыв

§ 11. СОЕДИНЕНИЕ ВЫВОДНЫХ КОНЦОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН ПОСТОЯННОГО ТОКА

Начало и конец каждой обмотки электрических машин постоянного тока согласно ГОСТ 183—74 обозначаются одной и той же прописной буквой с цифрами после нее: для начала обмотки — «1», а для конца — «2». Начало и конец каждой обмотки определяются тем условием, что при правом вращении машины в режиме двигателя ток во всех обмотках, за исключением размагничивающих обмоток главных полюсов, протекает от начала «1» к концу «2». Направление вращения считается правым, когда машина вращается по часовой стрелке, если смотреть со



стороны приводного конца вала. Для машин, имеющих два приводных конца вала, направление вращения считается правым, когда машина вращается по часовой стрелке, если смотреть со стороны, противоположной коллектору.

В соответствии с указанными условиями в машинах правого вращения начало обмотки якоря (Я1) находится на щетках той полярности, к которой присоединяют положительный провод сети, независимо от того, работает ли машина в качестве двигателя или генератора. Для изменения направления вращения при сохранении режима двигателя или генератора необходимо изменить на обратное направление тока либо в обмотках главных полюсов, либо в якоре.

Выводы обмоток обычно сосредоточены на доске выводов, причем один из выводов якоря (щеточная траверса) и один из выводов добавочных полюсов соединены наглухо внутри машины, а на доску выведены остальные выводы якоря и добавочных полюсов. На рис. 4 и 5 показаны схемы соединений выводов машин постоянного тока для случаев работы их в качестве двигателя и генератора (при согласном включении обмоток возбуждения) для различных направлений вращения.

Стандартные обозначения выводов обмоток даны в табл. 6.

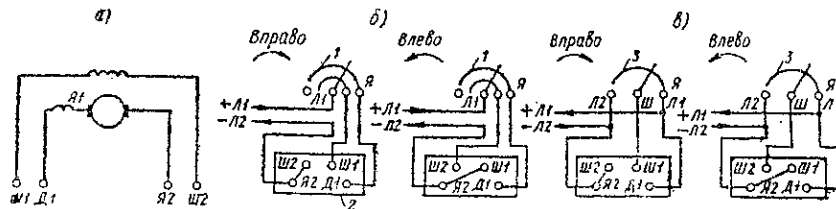


Рис. 4. Расположение выводов машины постоянного тока с параллельным возбуждением:

а — схема принципиальная; б — схема подключения для работы в качестве двигателя; в — схема подключения для работы в качестве генератора; 1 — пусковой реостат; 2 — щиток выводов; 3 — регулятор возбуждения

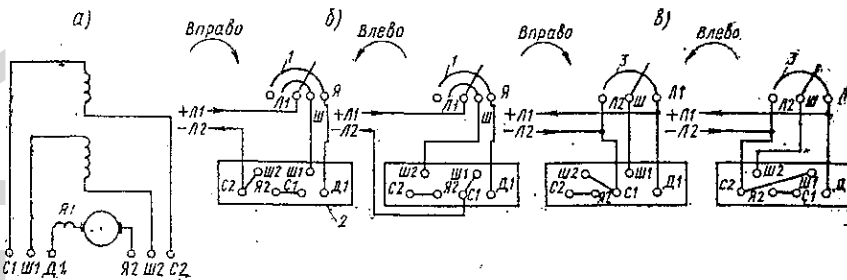


Рис. 5. Расположение выводов машины постоянного тока смешанного возбуждения:

а — схема принципиальная; б — схема подключения для работы в качестве двигателя; в — схема подключения для работы в качестве генератора; 1 — пусковой реостат; 2 — щиток выводов; 3 — регулятор возбуждения

Таблица 6

Обозначения обмоток электрических машин постоянного тока

Наименование выводов	Обозначение	
	Начало	Конец
Обмотка якоря	Я1	Я2
Компенсационная обмотка	К1	К2
Обмотка добавочных полюсов	Д1	Д2
Последовательная обмотка возбуждения	С1	С2
Параллельная обмотка возбуждения	Ш1	Ш2
Пусковая обмотка	П1	П2
Уравнильный провод и уравнильная обмотка	У1	У2
Обмотка особого назначения	О1; О3	О2; О4
Независимая обмотка возбуждения	Н1	Н2

## § 12. ВКЛЮЧЕНИЕ ОБМОТОК ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Наиболее распространенное расположение выводов в щитке электрических машин переменного тока показано на рис. 6. Выводами  $C1-C4$ ,  $C2-C5$  и  $C3-C6$  обозначены соответственно начало и конец первой, второй и третьей фаз.

Необходимо отметить, что низковольтные двигатели обычно изготавливаются на напряжение 380/220 В, причем большее напряжение соответствует соединению обмоток статора звездой, а меньшее — треугольником.

Буквенная маркировка наносится на наконечники или на кольца из тонкой белой жести, размещаемые на выводах вблизи наконечников. У малых машин начала и концы обмоток выполняются проводами с цветной изоляцией или на выводные концы наносится краска соответствующего цвета. Начала обмоток окрашиваются желтой и зеленой краской, а концы — той же краской с добавлением полосок черного цвета.

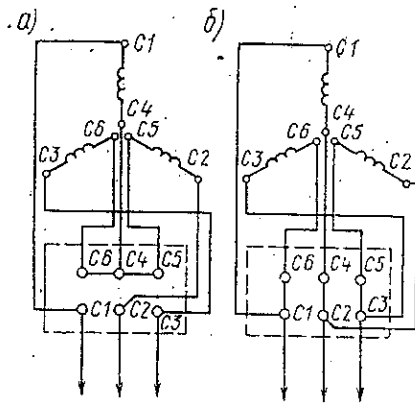


Рис. 6. Расположение выводов трехфазных обмоток асинхронного электродвигателя:

а — при соединении обмоток звездой;  
б — при соединении обмоток треугольником

У двигателей, выпускавшихся ранее по ГОСТ 186—52, щитки выводов не устанавливались, а выводы обмоток имели накопечники для присоединения питающих жил кабеля. У этих двигателей начала всех обмоток пропущены через отдельное отверстие в корпусе машины, а концы обмоток — через другое.

Таблица 7

Обозначения обмоток электрических машин переменного тока

Вид и схема соединения обмоток	Число выводов	Название выводов	Обозначение	
			Начало	Конец
А. Обмотки статора (якоря): открытая схема соединение звездой	6	Первая фаза	C1	C4
		Вторая фаза	C2	C5
		Третья фаза	C3	C6
соединение треугольником	3 или 4	Первая фаза		C1
		Вторая фаза		C2
		Третья фаза		C3
		Нулевая точка		0
Б. Обмотки возбуждения синхронных машин	2	Первый вывод	C1	
		Второй вывод	C2	
		Третий вывод	C3	
		—	И1	И2

Выводы обмоток машин трехфазного тока в соответствии с ГОСТ 183—74 имеют обозначения, указанные в табл. 7. При этом для машин с одним направлением вращения порядок чередования обозначений выводов должен соответствовать порядку следования фаз для данного направления вращения.

Выводы машин переменного тока, имеющих составные (двойные, тройные) и секционированные обмотки, должны обозначаться теми же буквами, что и простые обмотки (см. табл. 7), но с дополнительными цифрами впереди прописных букв. Пример обозначения выводов для двух обмоток на статоре дан в табл. 8. Обозначение выводов обмоток однофазных машин должно производиться в соответствии с табл. 9.

Таблица 8

Обозначения обмоток многоскоростных машин

Название выводов	Первая обмотка		Вторая обмотка	
	Начало	Конец	Начало	Конец
Первая фаза	1C1	1C4	2C1	2C4
Вторая фаза	1C2	1C5	2C2	2C5
Третья фаза	1C3	1C6	2C3	2C6

Таблица 9

Обозначение обмоток однофазных машин

Название выводов	Число выводов	Обозначение	
		Начало	Конец
Обмотка статора (якоря) синхронных машин	2	C1	C2
Обмотки статора асинхронных двигателей:			
главная	2	C1	C2
пусковая	2	П1	П2
обмотка возбуждения (индукторов) синхронных машин	2	И1	И2

§ 13. ИЗМЕРЕНИЕ ЗАЗОРОВ

От величины и равномерности воздушного зазора зависят коммутация машины, ток возбуждения, возможность заедания якоря (ротора) о полюса (статор), поэтому следует периодически проверять воздушные зазоры. Измерение зазоров между статором и ротором производится как со стороны механизма так и со стороны коллектора (контактных колец). В небольших двигателях оно выполняется в четырех местах, по горизонтальному и вертикальному диаметрам, а в более крупных машинах — в шести—восемь местах.

Зазор между полюсами и якорем в машинах постоянного тока измеряется между всеми полюсами и якорем. Измерение зазоров повторяют трижды, каждый раз сдвигая ротор или якорь на 120°.

Воздушный зазор должен быть равномерным, в пределах значений, представленных в табл. 10 и 11.

Измерение зазоров производится с помощью набора щупов — калиброванных пластинок, отличающихся друг от друга толщиной.

Для получения более точных измерений щуп следует направлять параллельно оси машины; щуп должен соприкасаться со сталью статора (полюсов) и ротора (якоря) в местах, свободных от лака

Таблица 10  
Воздушные зазоры между статором и ротором в электрических машинах постоянного тока и синхронных машинах

Мощность машины, кВт	Воздушный зазор между якорем и полюсами, мм
До 50	1,5—3,0
50—200	3,0—5,0
Более 200	5,0—10,0

Таблица 11

**Воздушные зазоры между статором и ротором  
в асинхронных машинах**

Мощность машины, кВт	Воздушный зазор, мм, при частоте вращения, об/мин	
	500—1500	3000
0,12—0,25	0,2—0,3	0,25—0,4
0,5—0,75	0,25—0,4	0,3—0,5
1—2	0,3—0,5	0,35—0,5
2—7,5	0,35—0,65	0,5—0,8
10—15	0,4—0,65	0,65—1,0
20—40	0,5—0,8	0,8—1,25
50—75	0,65—1,00	1,00—1,50
100	0,80—1,25	1,25—1,75

и грязи, и не должен попадать на пазовый клин или бандаж. В процессе эксплуатации необходимо производить замер всегда при одних и тех же положениях ротора (якоря) по отношению к статору (полюсам). Для этого на машине делают соответствующие пометки прочной краской.

Для определения недопустимой неравномерности зазоров следует вычислить отношение разности между величинами наибольшего (или наименьшего) и среднего зазоров к величине среднего зазора.

Пусть, например, зазоры между ротором и статором, измеренные в четырех точках, составляют 0,90; 0,70; 0,75; 0,85 мм. Среднее значение зазора при этом равно

$$\frac{0,90+0,70+0,75+0,85}{4}=0,80 \text{ мм,}$$

а наибольшая неравномерность

$$\frac{0,90-0,80}{0,80} \cdot 100 = 12,5\%.$$

Если наибольшая неравномерность зазора превышает указанную в формуляре, это свидетельствует о наличии эксцентриситетности поверхности статора или ротора.

Для выявления эксцентриситетности расточки статора окружность последнего разделяют на несколько частей (рис. 7). К каждой точке статора подводят одну и ту же точку ротора  $r$  и производят измерения зазоров.

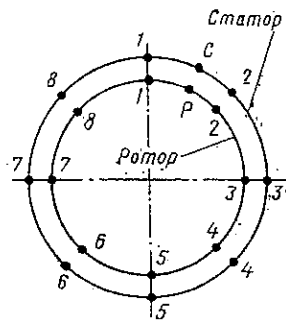


Рис. 7. Определение эксцентриситеты статора и ротора

Для проверки эксцентриситеты ротора разделяют на столько же равных частей его окружность, каждую из точек ротора подводят к одной и той же точке статора *с* и производят измерения. За среднюю величину зазора следует принимать среднее арифметическое всех значений измеренных зазоров.

У электродвигателей, не имеющих специальных или смотровых люков в торцовых щитах, зазор измеряют после их разборки. Для этого укладывают ротор непосредственно на статор и замеряют зазор  $s_1$  против самой верхней расточки статора. Затем ротор поворачивают на  $90^\circ$  и вновь замеряют зазор  $s_2$  против той же точки статора и т. д. Средний зазор составляет

$$s_{\text{ср}} = \frac{s_1 + s_2}{4}.$$

Зазоры шарико- и роликоподшипников (между обоймами и телом качения) измеряются с помощью пластинок щупа, которые заводятся в промежуток между телами качения, а затем вал поворачивается и пластинка щупа проходит в зазор между обоймой и телом качения. Рекомендуется не допускать увеличения зазора свыше:

- 0,1 мм для валов диаметром до 25 мм;
- 0,2 мм для валов диаметром до 100 мм;
- 0,3 мм для валов диаметром свыше 100 мм.

При работе машины якорь (ротор) под влиянием магнитных сил стремится установиться так, чтобы получалась наибольшая магнитная проводимость цепи. Это соответствует такому взаимному положению якоря и индуктора, при котором совпадают перпендикулярные валу плоскости симметрии активной стали якоря и индуктора.

Если осевые зазоры недостаточны, то гайтели вала, вследствие его нагревания при работе машины, могут упираться в кольца подшипников и вызывать повреждение машины. Поэтому внешнее кольцо одного из подшипников закрепляется для предотвращения его перемещения в осевом направлении, а внешнее кольцо второго подшипника имеет осевой зазор. Значение осевых зазоров дает завод-изготовитель. При отсутствии таких данных обычно исходят из предположения, что вал удлиняется на 0,5 мм на 1 м длины при повышении его температуры на  $40^\circ\text{C}$ .

#### § 14. СУШКА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Надежность работы электрической машины прежде всего зависит от состояния изоляции его обмоток. При неудовлетворительном состоянии изоляции, которое характеризуется резким снижением ее электрической прочности, ни одна электрическая машина работать не будет.

Снижение электрической прочности изоляции чаще всего вызывается ее увлажнением. Увлажнение изоляции может произойти: при транспортировке или длительном небрежном хранении; от попадания влаги и грязи во время монтажа и эксплуатации; при длительном пребывании в сырых помещениях и т. д. Машины с пониженным сопротивлением изоляции обмоток подлежат сушке.

Для удаления влаги из изоляции обмоток электрических машин (и судовых сетей) с целью повышения электрического сопротивления применяются переносные приборы типа ЭСКИ-М (рис. 8).

Одновременно для сушки изоляции могут подключаться к прибору несколько элементов электрооборудования (обмоток машин, кабелей) с суммарным сопротивлением изоляции не менее 10 кОм (рис. 9). При этом обесточенные потребители тока (например, электродвигатели) от питающих кабелей мож-

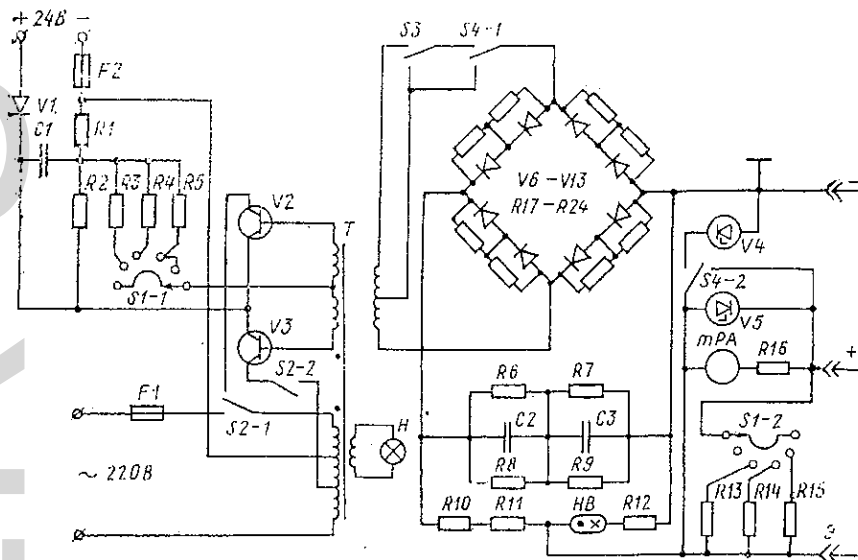


Рис. 8. Схема электрическая принципиальная прибора ЭСКИ-М:  
*F1, F2* — предохранители; *V1* — диод; *V2, V3* — транзисторы; *T* — трансформатор;  
*V6-V13* — выпрямитель; *V4, V5* — стабилитроны; *C1-C3* — конденсаторы; *HB* — неоновая лампа; *H* — лампа сигнальная; *mPA* — микроамперметр; *R1-R16* — резисторы;  
*S-S4* — переключатели

но не отсоединять. Вывод Э соединяется с двумя-тремя витками медного неизолированного провода, навитого на изоляцию кабеля на расстоянии 20—30 мм от концов разделки со стороны подключения вывода «+».

В местах утечки тока происходит передвижение заряженных частиц капиллярной жидкости. В результате возникает электроосмос (направленное перемещение капиллярной воды) сорбированной влаги в направлении от внутренних слоев изоляционного материала к наружным. Следствием этого процесса являются высушивание изоляционного слоя, уменьшение токов утечки через изоляцию и соответственно увеличение ее сопротивления.

Контроль сопротивления при сушке рекомендуется производить через каждые 20—30 мин. О повышении электрического сопротивления изоляции свидетельствует уменьшение электроосмотического тока, показываемого микроамперметром.

В начальный период электроосмотического процесса возможно некоторое снижение сопротивления изоляции — увеличение тока электроосмоса, что является нормальным при этом способе сушки. Увеличение тока электроосмоса в начале сушки изоляции показывает на наличие влаги в ней и может служить способом дефектации изоляции судового электрооборудования.

Отсутствие изменения тока электроосмоса свидетельствует о том, что понижение сопротивления изоляции возникло не из-за увлажнения, а по другим причинам (старение, механическое повреждение и т. д.).

Прибор ЭСКИ-М может длительно работать при температуре окружающей среды от  $-10$  до  $+45^{\circ}\text{C}$  с относительной влажностью до 98%. При отрицательной температуре ниже  $-10^{\circ}\text{C}$  использование прибора малоэффективно. Для обеспечения его нормальной работы необходимо выполнять требования Технических условий на хранение и эксплуатацию электрической измерительной аппаратуры.

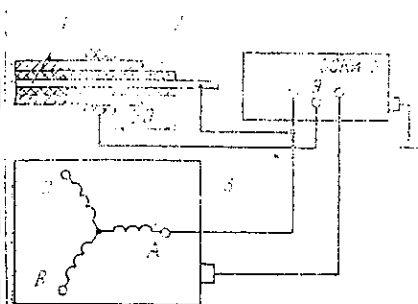


Рис. 9. Схема включения прибора ЭСКИ-М:

1 — жила токопроводящая; 2 — изоляция жилы; 3 — обмотка электродвигателя

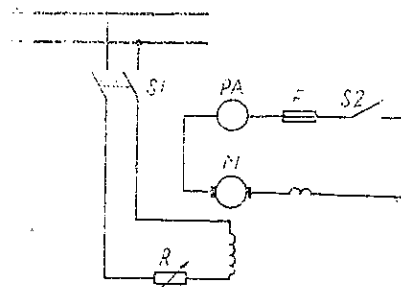


Рис. 10. Сушка машины постоянным током нагревом током



Габаритные размеры прибора ЭСКИ-М 280×225×230 мм, масса 6 кг. Возможные неисправности его и способы их устранения приведены в табл. 12.

Таблица 12

Возможные неисправности прибора ЭСКИ-М и способы их устранения

Причины неисправности	Способы устранения
<i>При включении прибора сигнальная лампа (готовность прибора к действию) не горит</i>	
Перегорел предохранитель, соответствующий источнику питания	Заменить предохранитель
Вышел из строя транзистор	Заменить неисправный транзистор
<i>При включении прибора в работу и нажатии кнопки „Контроль“ отсутствует показание микроамперметра</i>	
Короткое замыкание в цепи шунтирующих резисторов	Устранить короткое замыкание
Обрыв в цепи микроамперметра	Устранить обрыв
<i>При включении прибора и нажатии кнопки „Контроль“ стрелка микроамперметра уходит за пределы шкалы</i>	
Неправильно выбран диапазон измерения	Установить требуемый диапазон
Обрыв в цепи шунтирующих резисторов	Устранить обрыв
<i>При включении кнопки „Контроль“ показание микроамперметра уменьшается до нуля</i>	
Вышли из строя стабилитроны	Заменить стабилитроны

При отсутствии приборов типа ЭСКИ-М сушка электрических машин может быть выполнена различными методами.

Электрические машины постоянного тока высушивают методом нагрева током или методом внешнего нагрева.

Сушка обмотки нагревом током может быть выполнена путем короткого замыкания в генераторном режиме или от постороннего источника постоянного тока. Сушка коротким замыканием применяется главным образом для генераторов постоянного тока, так как она требует вращения якоря машины с частотой, близкой к номинальной. Выводы от якоря, соединенного последовательно с обмоткой дополнительных полюсов, закорачивают через амперметр РА и выключатель S2 (рис. 10). Последовательную обмотку отключают. Возбуждение на парал-

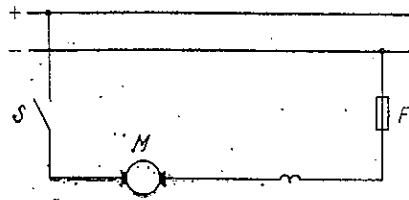


Рис. 11. Сушка машин постоянного тока от постороннего источника

Предвижением щеток номинальный ток получить нельзя, то подают питание на параллельную обмотку возбуждения, включив в ее цепь резистор  $R$  с большим сопротивлением. Регулируя частоту вращения машины и ток в параллельной обмотке возбуждения, доводят ток в якоре до номинального значения.

Сушка от постороннего источника осуществляется таким образом. Ток сушки подается в якорь, соединенный последовательно с обмоткой дополнительных полюсов (рис. 11). Обмотки возбуждения не включаются. Якорь во время сушки целесообразно периодически поворачивать для равномерного прогрева обмотки, а также для того, чтобы под щетками не подгорали коллекторные пластины.

Ток сушки должен быть в пределах  $(0,5—0,7)I_n$ . Сушку катушек параллельной обмотки, если она требуется, целесообразно производить отдельно.

Электродвигатели переменного тока могут быть высушены одним из следующих методов: нагревом обмоток током; нагревом за счет индукционных потерь; внешним нагревом.

**Сушка нагревом обмотки током.** При сушке электродвигатель не разбирают, а ротор затормаживают. При фазном роторе кольца ротора закорачивают накоротко. К статору подводят трехфазный ток такого напряжения, чтобы в обмотке статора получить ток, равный  $(0,5—0,7)I_n$ . Большой ток недопустим, так как из-за отсутствия вентиляции может произойти перегрев обмоток. Рекомендуется периодически растормаживать ротор и давать ему возможность некоторое время вращаться. При вращении ротора происходит интенсивное удаление влаги из обмоток и процесс сушки ускоряется. Для поддержания тока сушки равным  $0,5I_n$  напряжение сушки  $U_c = (0,08 \div 0,12)U_n$ , а для тока сушки, равного  $0,7I_n$ , напряжение  $U_c = (0,1 \div 0,17)U_n$ . Для двигателей с номинальным напряжением 380 В напряжение сушки должно поддерживаться в пределах 30—65 В. Чтобы получить такое напряжение, в обычную трехфазную сеть 380 В включают три сварочных трансформатора  $T$  (рис. 12). Для двигателей мощностью до 28 кВт в качестве источника питания при сушке может быть использован трехфазный трансформатор с вторичным напряжением 40 В.

RIVER-S-STORE-RU

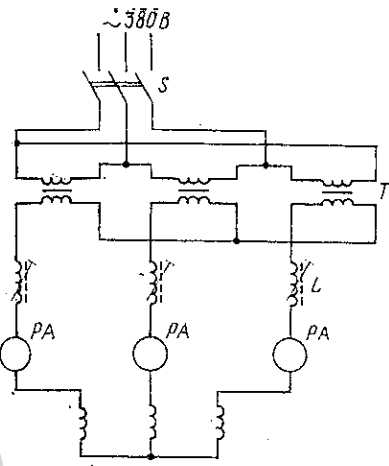


Рис. 12. Сушка электродвигателя нагревом током в обмотке с применением сварочных трансформаторов

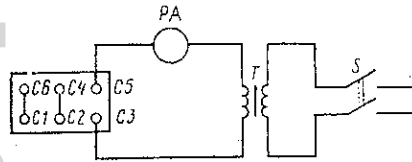


Рис. 13. Сушка электродвигателя при отсутствии соединений внутри двигателя

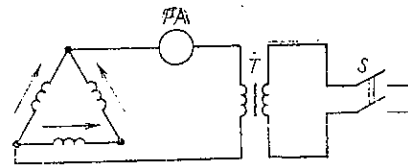


Рис. 14. Сушка электродвигателя при соединении его обмоток в треугольник:  
T — сварочный трансформатор; PA — амперметр; S — выключатель

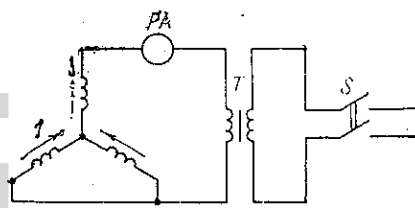


Рис. 15. Сушка электродвигателя при соединении его обмоток в звезду

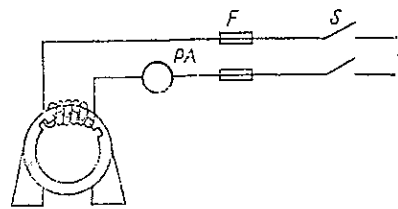


Рис. 16. Сушка электрических машин методом индукционного нагрева

При отсутствии источников трехфазного пониженного напряжения сушка электродвигателей переменного тока может быть выполнена однофазным током. Если на щитке электродвигателя имеется шесть выводов обмотки статора, то все три фазы обмотки соединяют последовательно, по схеме, показанной на рис. 13. Напряжение сушки  $U_c = (0,2 \div 0,3) U_n$ . Ток сушки контролируется амперметром  $PA$  и должен быть равен  $0,5—0,7 I_n$ . Для сушки достаточно иметь один сварочный трансформатор  $T$ .

Если на щитке имеется только три вывода, а соединение обмоток в звезду или треугольник выполнено внутри двигателя, то при соединении в треугольник применяется схема, показанная на рис. 14, а при соединении в звезду — схема рис. 15. Ток сушки должен быть равен  $0,5—0,7 I_n$ . Во избежание перегрева какой-либо из фаз и для обеспечения равномерной сушки всех трех фаз подводящие провода периодически пересоединяют.

При наличии источника постоянного тока, допускающего регулирование напряжения и тока, сушку электродвигателя переменного тока можно выполнить подачей в обмотку двигателя постоянного тока. При этом, если на щитке двигателя имеется шесть выводов обмотки статора, фазы обмотки соединяют последовательно, как показано на рис. 13, а при наличии только трех выводов применяют схемы, показанные на рис. 14—15. В этом случае нужно периодически переключать подводящие провода. Ток сушки в подводящих проводах должен быть в пределах  $(0,43—0,6) I_n$  при соединении в треугольник и  $(0,5—0,7) I_n$  при соединении в звезду.

**Сушка нагревом за счет индукционных потерь.** Для создания индукционных потерь в стали на статор электродвигателя наматывается временная намагничивающая обмотка (рис. 16). Ротор из машины вынимается. Достоинство способа состоит в том, что для сушки не требуется источник пониженного напряжения. Необходимость разборки двигателя, выполнение расчета и намотки намагничивающей обмотки несколько усложняют и затрудняют сушку. Число витков намагничивающей обмотки  $w$  при частоте переменного тока 50 Гц определяют по формуле

$$w = (45 \div 55) \frac{U}{BQ},$$

где  $U$  — напряжение, подаваемое на выводы намагничивающей обмотки, В;

$B$  — индукция, Т;

$Q$  — площадь активного сечения стали статора, см<sup>2</sup>.

Значение индукции  $B$  выбирают от 0,6 до 0,7 Т. Необходимая полная намагничивающая сила (п.с.) определяют по формуле

$$F = \pi D_0 F_0,$$

где  $D_0$ —средний диаметр витка по активной стали, см;

$F_0$ —удельная н.с.

$\frac{\Lambda}{\text{см}}$  (1,7—2,0).

Ток намагничивающей обмотки составляет

$$I = \frac{F}{w}.$$

Нагрузку на провод намагничивающей обмотки принимают равной 0,5—0,7 номинальной нагрузки, соответствующей площади данного сечения.

**Сушка внешним нагревом.** Этот способ рекомендуется для всех машин и обязателен при сушке машин, сильно отсыревших. В качестве источника теплоты применяют тепловоздуховки (рис. 17), лампы накаливания (рис. 18), а также сушильные шкафы. В электрических машинах закрытого исполнения необходимо снять торцовые крышки с обеих сторон, так как при закрытых крышках высушить обмотку невозможно.

Сушка синхронных машин может быть выполнена одним из следующих методов:

- нагреванием за счет потерь в обмотках статора и ротора;
- симметричным трехфазным коротким замыканием;
- внешним нагревом;
- индукционным нагревом.

**Сушка нагревом за счет потерь в обмотках статора и ротора.** Если номинальные токи статора и ротора близки, три фазы обмотки статора и обмотку ротора включают последовательно с амперметром  $PA$  и реостатом  $R$  в цепь источника постоянного тока (рис. 19). Ток устанавливается равным  $(0,5—0,7)I_n$ . По этому способу в цепь источника через амперметр и реостат может быть включен только один ротор.

Сушка методом симметричного трехфазного короткого замыкания. Во избежание перегрева ротор должен быть вынут. К статорной обмотке подают питание от постороннего источни-

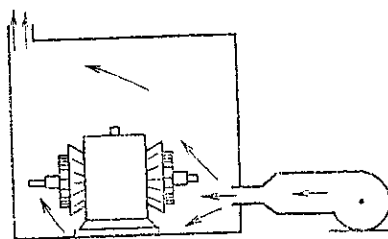


Рис. 17. Сушка электрических машин с помощью тепловоздуховки

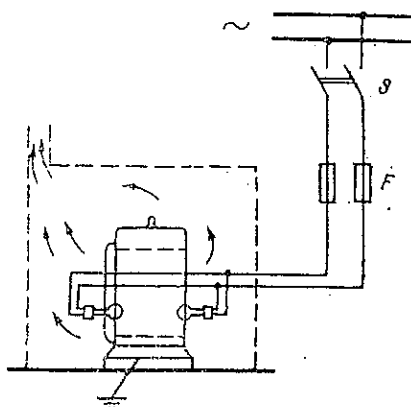


Рис. 18. Сушка электрических машин с помощью электrolамп

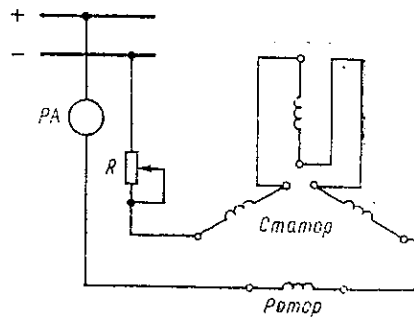


Рис. 19. Сушка синхронных машин за счет тепловых потерь в обмотках статора и ротора

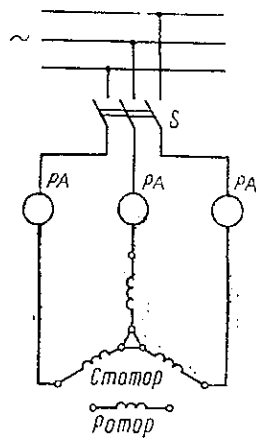


Рис. 20. Сушка синхронных машин нагревом от постороннего источника трехфазного тока

ка трехфазного тока (рис. 20). При этом устанавливаются следующие значения тока и напряжения:

$$I_c = 0,7I_n ; U_c = 0,10 \div 0,15U_n$$

$$I_c = 0,5I_n ; U_c = 0,08 \div 0,12U_n$$

Сушка методами внешней и индукционного нагрева выполняется так же, как и машин переменного тока.

Методика сушки вращающихся электрических машин. Сушку таких машин целесообразно проводить на месте установки, так как при этом исключаются работы по транспортированию. Кроме того, проводка, подведенная для питания машины, и ее пускорегулирующая аппаратура могут быть использованы для сушки.

Перед сушкой электрической машины любым методом во избежание потерь теплоты и для создания равномерного распределения температур по всей машине, она должна быть утеплена. Небольшие машины при сушке их теплового воздуха воздуховодами или лампами накаливания можно не утеплять, но сушка в данном случае будет более продолжительной.

Поэтому целесообразно хотя бы лобовые части обмотки статора прикрыть листами из жести, фанеры, обитой асбестом или другим материалом.

При всех методах сушки должны быть обеспечены вентиляция машины и регулярный обмен воздуха для удаления влаги, выделяющейся из обмотки. На все время сушки у электрической машины устанавливается непрерывное дежурство. Особое внимание следует уделять температурному режиму.

Максимально допустимая температура при сушке не дол-

жна превышать предельно допустимых температур, соответствующих классу изоляции:

для обмоток статоров с изоляцией класса В, компаундированных и некомпаяндированных -- +90... +95°C;

для обмоток роторов с изоляцией класса В + 120° С.

Сильно остывшие электрические машины следует сушить, постепенно поднимая температуру, во избежание интенсивного выпаривания и возможного при этом вспучивания изоляции.

Измерение температуры обмоток статора производится с помощью термометров сопротивления, заложенных в статор, для чего перед сушкой должна быть собрана схема теплового контроля. Для контроля за температурой лобовых частей обмотки статора с каждой стороны их следует установить по две-три термометры или ртутных термометра.

Температура обмотки ротора при ее сушке постоянным током от постороннего источника определяется по методу сопротивления. При этом дежурным должен быть выдан график или таблица зависимости сопротивления от температуры, по которой они могли бы легко и быстро определить температуру обмотки после каждого замера сопротивления. Замер сопротивления изоляции должен производиться с соблюдением правил техники безопасности.

## ГЛАВА IV. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ И АППАРАТОВ

### § 15. ОБСЛУЖИВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ И АППАРАТОВ

Задачей эксплуатации электрических распределительных устройств (ЭРУ) является обеспечение надежной и бесперебойной работы электрооборудования путем тщательного надзора и ухода за ними, своевременного проведения планово-предупредительных ремонтов.

Осмотры ЭРУ проводят для проверки: правильности работы аппаратуры, приборов, наличия штатных предохранителей, состояния контактных поверхностей и наконечников подключаемых кабелей, состояния диэлектрических перчаток и ковриков, наличия бирок, комплектации инвентаря и т. д. При осмотре электротехнический персонал выявляет дефекты оборудования, которые заносит в вахтенный журнал.

Наряду с осмотром следует осуществлять техническое обслуживание ЭРУ.

Техническое обслуживание № 1 проводят один раз в месяц. При этом очищают щиты от пыли и грязи, осматривают аппаратуру, проверяют целостность сигнальных ламп и предохранителей.

Техническое обслуживание № 2 проводят один раз в 2 месяца. Кроме работ, выполняемых при ТО № 1, промывают, очищают резиновые коврики перед щитом и за ним, подтягивают ослабевшие винты и гайки, проверяют плотность контактов в местах соединения шин между собой и в местах присоединения к шунтам, автоматам; проверяют сопротивление изоляции, работоспособность щита после очередного технического обслуживания и состояние КИПов.

Техническое обслуживание № 3 выполняют один раз в год. Кроме работ, выполняемых при ТО № 2, дополнительно проводят вскрытие и очистку аппаратуры, проверяют уставки и срабатывание аппаратов защиты, восстанавливают окраску.

К основным элементам электрической аппаратуры, требующим ухода, относятся контакты, дугогасительные камеры, магнитные системы, катушки, электроизоляционные детали, соединительные проводники и шины, механизмы привода.

От состояния контактов зависит четкая и надежная работа аппарата и электрической схемы. Контакты следует очищать от копоти, нагара, окислений и т. п. Это разрешается делать только с помощью личного напильника. Применять для этих целей наждачную бумагу запрещено. Смазывать контакты какой-либо смазкой нельзя, если это не оговорено заводской инструкцией.



Дугогасительные камеры требуют очистки внутренней поверхности от нагара и застывших капель металла. Закопченные поверхности камер зачищают шабером и протирают сухой ветошью.

Магнитные системы аппаратов должны быть надежно закреплены. Смазку трущихся поверхностей заменяют в соответствии с инструкциями заводов-изготовителей.

Катушки проверяют на отсутствие перегрева в зависимости от класса изоляции, пониженного сопротивления изоляции и внешних повреждений. Очень важно своевременно очищать их от грязи, копоти и влаги. Очистку производят сухой ветошью или с помощью сжатого воздуха.

Электронизоляционные детали в процессе эксплуатации покрываются пылью, копотью, влагой, которые образуют токопроводящие мостики. Пыль с поверхности следует сдувать сжатым воздухом давлением не более 0,2 МПа или протирать сухой ветошью.

Соединительные проводники и шины должны быть надежно закреплены. Подвижные части аппаратов не должны прикасаться к проводникам и шинам.

Механизмы привода аппаратов должны легко проворачиваться и иметь четкую фиксацию во всех положениях. Схемы и таблички аппаратов должны быть защищены от повреждений.

#### § 16. ХАРАКТЕРНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ АППАРАТОВ РУЧНОГО УПРАВЛЕНИЯ И ИХ УСТРАНЕНИЕ

Неисправности аппаратуры могут быть механического и электрического происхождения. Первые возникают в результате трения, ударов, коррозии и поломки деталей, вторые — в результате прохождения токов короткого замыкания, действия электрической дуги, уменьшения сопротивления изоляции.

В коммутационной аппаратуре наиболее часто встречаются механические неисправности: изломы деталей аппаратуры (пружин, губок, рукояток и т. д.); ослабление пружин, шарнирных соединений и крепежа; износ контактных поверхностей; трещины корпусов и изоляционных панелей.

К электрическим неисправностям относятся оплавление и обгорание контактных поверхностей, стоек и пластин; обугливание изоляционных деталей. Поврежденные металлические детали ремонтировать нецелесообразно, их заменяют новыми (запасными или с демонтированных аппаратов), изготовленными из латуни или стали.

Пришедшие в негодность детали из гетинакса заменяют новыми, изготовленными по образцу.

Основными пускорегулировочными аппаратами являются реостаты, контроллеры и командоконтроллеры.

К механическим неисправностям реостатов относятся поломки приводов, механизмов управления, корпусов; к электрическим — нарушение контактов, обрывы проводников, замыкание между контактами, токопроводящими частями и корпусами, витками обмоток и соединительными проводами.

Основной частью контроллеров и командоконтроллеров служит контактный механизм. Независимо от их конструкции повреждения подвергаются контактные системы и изоляционные части.

К неисправностям контактной системы относятся: износ подгар сегментов и сухарей контактных пальцев, ослабление пружин, нарушение дугогасительных катушек и трещины контактных пальцев.

Несмотря на большое конструктивное разнообразие электрической аппаратуры, номенклатура изнашиваемых механических деталей невелика. Их можно разделить на две группы: металлические детали (валики, оси, втулки, пружины и т. д.) и детали, изготавливаемые из пластмассы.

Поврежденные металлические детали ремонтировать нецелесообразно, их заменяют новыми, изготовленными из латуни или стали. Пружины аппаратов изготавливают из высококачественной стали без закалки.

Гетинаксовые панели после снятия с них деталей и узлов аппаратов очищают от грязи и старых лаковых покрытий бензином, уайт-спиритом или ацетоном. При отсутствии расслоения и прогаров панели сушат и покрывают бакелитовым лаком. Затем снова сушат при температуре 110°C в течение 3—4 ч. Обгоревшую и обуглившуюся панель заменяют новой, изготовленной по образцу.

Поломанные детали из пластмасс, не поддающиеся склеиванию, заменяют новыми, изготовленными из гетинакса или текстолита. Изоляционные втулки, трубки и шайбы вытачивают из текстолита. Фибру использовать нельзя, так как она слишком дорога.

Перемотка реостатов производится проволокой или лентой из того же материала и той же площади сечения, какие были на перегоревших. Новые элементы наматывают на станках или вручную. Проволоку диаметром свыше 0,5 мм и ленту толщиной 0,4 мм предварительно отжигают до темно-вишневого цвета.

Поля резисторов с неповрежденными витками не перемазывают, а только очищают от окислов и окалины щеткой из тонкой латунной проволоки. Крепежные детали следует изготавливать только из латуни.

При небольшом окислении и обгорании контактных поверхностей коммутационной аппаратуры их необходимо зачистить.

При износе контактных поверхностей ножей и губок болшем на 15% детали заменяют новыми, изготовленными из полупроводниковой электротехнической меди.

## § 17. ХАРАКТЕРНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ АППАРАТОВ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ И ИХ УСТРАНЕНИЕ

В системах дистанционного, полуавтоматического и автоматического управления для частых замыканий и размыканий электрических цепей применяют пускатели, контакторы, реле и полупроводниковые элементы, а для защиты электрических установок и их элементов — плавкие предохранители и автоматические выключатели. Автоматические выключатели, пускатели, контакторы и реле работают на электромагнитном принципе и имеют много конструктивно сходных частей.

Из механических неисправностей данных аппаратов чаще всего встречаются поломки пружин, подвижного механизма, корпусов и изоляционных плит. Электрическими неисправностями являются: недопустимое снижение сопротивления изоляции, пробой ее на корпус, обрыв катушек, поломка короткозамкнутого витка (в аппаратах переменного тока), прилипание якорей (в аппаратах постоянного тока) из-за утончения немагнитных прокладок.

К дефектам предохранителей относятся: подгары на стойках и ножках, потеря стойками пружинящих свойств, сорванные нитки резьбы на фибровых трубках и обгорание их внутри, механические повреждения на головках предохранителей. При уменьшении толщины ножа и стоек свыше 10—15% номинальной их заменяют. Заменяют также все не соответствующие своему назначению плавкие вставки.

По способу изготовления катушки делят на каркасные и бескаркасные. Каркасные катушки наматывают на картонные или пластмассовые каркасы, бескаркасные — на шаблоны. Каркасы, выполненные из пластмассы, текстолита или гетинакса, при повреждении склеивают универсальным клеем, например клеем БФ. Когда такие каркасы нельзя отремонтировать, изготавливают новые.

Электрические повреждения на поверхности катушек появляются вследствие межвитковых замыканий, сопровождаются выгоранием витков обмотки. Если выгорают верхние слои витков, с катушки снимают только их. Вместо поврежденных наматывают такое же число новых витков. При этом количество поврежденных витков определяют по числу снятых слоев и витков в каждом слое. Провода соединяют посредством пайки припоем ПОС-40 или ПОС-61 с применением канифоли. Предварительно провода скручивают, место пайки изолируют лакокраской и т. д.

При понижении сопротивления изоляции катушку сушат, пропитывают лаками. Катушки со значительными повреждениями заменяют новыми, запасными или изготовленными по образцу.

В асбоцементных дугогасительных камерах выгоревшие места очищают от нагара и заполняют массой, приготовленной из смеси мелкого асбеста с раствором цемента или жидкого стекла. В случае значительных повреждений камер изготавливают новые из асбестоцементных плит, которые соединяют с помощью фибровых заклепок. Подгоревшие пластины дюймовой рашетки зачищают. Погнутые пластины рихтуют, а поломанные заменяют новыми. Собранные пластины в камере не должны касаться друг друга или выступать за общую линию их расположения.

Поврежденный магнитопровод разбирают на отдельные листы. Затем восстанавливают их изоляцию, негодные листы заменяют новыми и собирают магнитопровод с затяжкой его шпильками. Предварительно собранный магнитопровод сжимают струбцинами.

Чаще всего ремонт магнитопровода сводится к устранению наклепов на сердечниках и подгонке поверхностей соприкосновения.

При ослабленной прессовке пакета в слесарных тисках или на прессе поджимают стяжные шпильки и заклепки. Поверхность соприкосновения сердечников тщательно очищают от ржавчины, наклепов и неровностей шабровкой вдоль слоев листовой стали.

Особенно тщательно подгоняют поверхности соприкосновения сердечников аппаратов переменного тока, так как при неравномерном зазоре в сердечнике увеличивается нагрев катушек вследствие уменьшения индуктивного сопротивления цепи. При выпадании короткозамкнутого витка у контакторов переменного тока могут появиться гул и вибрация. При значительном уменьшении площади сечения витка или поломке виток необходимо заменить новым, изготовленным из меди.

При значительном уменьшении толщины немагнитной прокладки между якорем и сердечником у аппаратов постоянного тока возможно залипание якоря за счет остаточного магнетизма. Обычно толщина немагнитной прокладки бывает 0,1—0,2 мм.

Основные неисправности автоматических выключателей и реле приведены в табл. 13 и 14.

Таблица 13  
Основные неисправности воздушных автоматов

Неисправности	Причины	Способы устранения
Автомат не поддается включению	Прекращение питания в цепи катушки минимального расцепителя	Восстановить цепь питания катушки, при необходимости заменить катушку

Продолжение табл. 13

Неисправности	Причины	Способы устранения
	Неисправность механизмов свободного расцепления	Проверить кинематику, устранить повреждение
Автомат не включается при срабатывании минимального расцепителя	Якорь минимального расцепителя постоянно остается притянутым из-за остаточного магнетизма и малого зазора между ним и сердечником	Отрегулировать зазор между якорем и сердечником расцепителя
Автомат не отключается при срабатывании максимального расцепителя	Заедание отключающего валика  Приварились контакты автомата	Устранить заедание отключающего валика  Разъединить контакты, отрегулировать и зачистить их, при необходимости заменить
Автомат не отключается при повороте отключающего валика	Заедание в подвижной части автомата или в механизме свободного расцепления	Устранить заедание и промыть бензином оси и подшипники и смазать их
Автомат отключается вручную не моментально	Не отрегулирован рычажный привод или неисправен механизм свободного расцепления	Отрегулировать рычажный привод и устранить неисправность механизма свободного расцепления
Автомат не отключается при наличии перегрузки	Заедание якоря максимального расцепителя или отключающего валика  Не отрегулирован максимальный расцепитель	Устранить заедание, очистить, промыть и смазать трущиеся части  Отрегулировать и проверить сборку максимального расцепителя

Основные неисправности реле

Неисправности	Причины	Способы устранения
Реле не включается	Обрыв в цепи втягивающей катушки	Проверить схему включения реле, устранить обрыв, заменить дефектный проводник или катушку
	Срабатывание реле происходит не при напряжении (токе) установки	Отрегулировать срабатывание, изменяя усилие возвратной пружины
	Увеличен зазор между сердечником и якорем в отключенном положении	Уменьшить зазор регулировочным винтом и при необходимости подгулировать растворы и провалы в подвижных контактах
Изменилась установка срабатывания реле	Механическое заедание подвижной системы	Разобрать подвижную систему, устранить заедание, собрать ее и отрегулировать
	Уменьшилось нажатие отрывной пружины	Увеличить нажатие отрывной пружины
Затягивается горение на контактах	Расклепалась немагнитная прокладка	Сменить прокладку
	Уменьшился раствор контактов	Отрегулировать раствор контактов
Контакты реле нагреваются выше допустимой температуры	Нагрузка больше допустимой	Уменьшить нагрузку
	Мало контактное нажатие	Проверить провал, а если он и малый, сменить контактную пружину
	Контакты загрязнены или сильно обгорели	Зачистить контакты стальной щеткой и протереть салфеткой, смоченной бензином
	Полностью износились контактные напайки	Заменить контактные напайки

## ГЛАВА V. ЭКСПЛУАТАЦИЯ СУДОВЫХ КАБЕЛЕЙ И ПРОВОДОВ

### § 18. ОБСЛУЖИВАНИЕ СУДОВЫХ КАБЕЛЕЙ И ПРОВОДОВ

Основными задачами эксплуатации судовых кабелей и проводов являются:

систематическое наблюдение за состоянием кабелей и проводов и своевременное выявление возможных неисправностей путем осмотров;

измерение сопротивления изоляции;

производство необходимых ремонтов.

При осмотрах судовой сети проверяют: качество крепления кабелей и проводов; наличие под замками кассет губчатой резины; целостность защитных оболочек кабелей и проводов; наличие защитных кожухов и их прочность; герметичность проходных кабельных коробок, групповых и индивидуальных сальников; состояние заземляющих оболочек и труб, в которых проходит кабель; наличие маркировки на кабелях; качество консервации резервных жил кабелей; качество опрессовки и припайки кабельных наконечников; температуру кабельных трасс; чистоту мест прокладки кабелей, отсутствие масла и топлива на кабелях; надежность антикоррозионных покрытий кабелей с металлическими оплетками, проложенных в рефрижераторных помещениях; надежность специальных защитных покрытий кабелей и проводов в помещениях, где они подвергаются действию кислот, щелочей или их паров. Проверку кабельных коробок производят посредством обдува сжатым воздухом из шланга диаметром не менее  $1/2''$  при давлении не менее 0,3 МПа с расстояния 100 мм. О пропуске воздуха судят, наблюдая за местами прохода кабелей, обмазанных раствором мыла с противоположной стороны. Штатная маркировка кабелей выполняется с помощью различных бирок, закрепляемых на расстоянии 250—500 мм с обеих сторон от переборок и палуб (для магистральных кабелей при одиночной прокладке) и на расстоянии 50—75 мм от входного элемента электрооборудования. Плохое соединение кабеля с наконечником определяется по повышенному нагреву последнего. Нагрев кабелей и проводов при нормальной эксплуатации не должен превышать  $65^{\circ}\text{C}$ .

Поддержание сопротивления изоляции сетей в пределах установленных норм является важнейшим условием их надежной работы. Разрушение изоляции вызывает необходимость замены отдельных участков кабелей и проводов, что требует

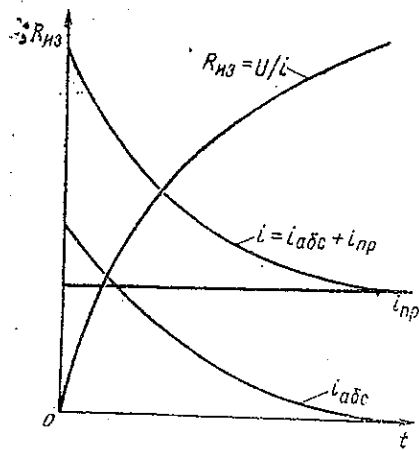


Рис. 21. Измерение полного тока и его составляющих во времени при приложении к изоляции постоянного тока

большой затраты времени, иногда и вывода судна из эксплуатации. Поэтому строго регламентированы минимально допустимые значения сопротивления изоляции электрических сетей (как и все других электроустановок судна).

Для измерения сопротивления изоляции сетей, находящихся под напряжением применяют переносные мегомметры. Мегомметры должны развивать напряжение 10 500, 1000 В при использовании их для измерений в сетях с рабочим напряжением соответственно до 100, 100—400, 400—1000 В.

На рис. 21 показано соотношение между значениями токов и сопротивлений при измерении. Определение сопротивления изоляции  $R_{из}$  производится измерением тока утечки проходящего через изоляцию, при приложении к ней выпрямленного напряжения  $U$ . Ток сквозной проводимости  $i_{пр}$  остается постоянным в продолжение всего процесса измерений. Он определяет установившееся значение показаний прибора. Ток абсорбции  $i_{абс}$  является затухающим. Время его затухания зависит от свойств изоляции. Для того чтобы судить о быстроте спада тока  $i_{абс}$  обычно снимают показания прибора через 15 и 60 с после приложения напряжения и берут их отношение

$$K = \frac{R_{60}}{R_{15}}$$

Показатель  $K$ , определяемый этим выражением, получил наименование коэффициента абсорбции. При сухой изоляции его значение равно 1—2,5; при влажной — приближается к 1.

Перед тем как приступить к непосредственному измерению сопротивления изоляции с помощью мегомметра, необходимо убедиться в отсутствии напряжения в измеряемой цепи и исправности самого мегомметра.

На рис. 22 приведена схема измерения сопротивления изоляции мегомметром. Условно обозначенные на схеме резисторы  $R_1, R_2, R_3$  соответствуют значениям сосредоточенных сопротивлений тока утечки на корпус и между жилами.

Из рис. 22,б видно, что при измерениях с включенными токоприемниками резистор  $R_3$  шунтируется потребителями с ма-



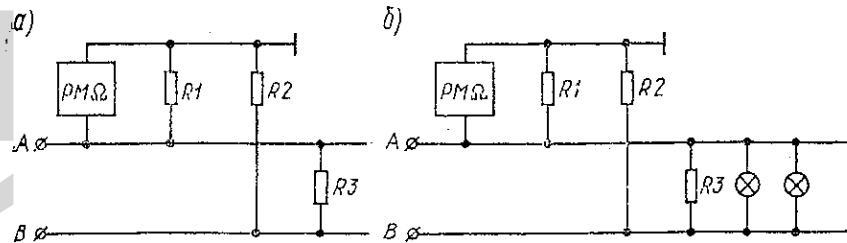


Рис. 22. Схемы измерения сопротивления изоляции мегомметром:  
 а — без токоприемников; б — с включенными токоприемниками

лым сопротивлением, вследствие чего им можно пренебречь. При этом значения сопротивления изоляции жил  $A$  и  $B$  по отношению к корпусу будут равны. Отсюда следует, что при измерениях с включенными потребителями в кабелях с несколькими жилами достаточно измерить сопротивление изоляции между любой из жил и корпусом.

Для измерения сопротивления изоляции сетей постоянного тока под напряжением используют высокоомные вольтметры с переключателем на панели ГРЩ (рис. 23). На схеме эквивалентные сопротивления путей тока утечки на корпус условно обозначены  $R_1$  и  $R_2$ . Электрическую сеть разделяют на отдельные участки, чтобы не возникали дополнительные пути утечки тока, для чего вынимают предохранители или отсоединяют концы сети от соответствующих выводов распределительных устройств. Зная внутреннее сопротивление  $R_{PU}$  вольтметра  $PU$ , определяют общее сопротивление изоляции сети  $R_{из}$  по формуле

$$R_{из} = R_{PU} \frac{U - (U_1 + U_2)}{U_1 + U_2},$$

где  $U$  — разность потенциалов между положительным и отрицательным полюсами сети;

$U_1$  — разность потенциалов между положительным полюсом и корпусом;

$U_2$  — разность потенциалов между отрицательным полюсом и корпусом.

Сопротивление изоляции каждого провода сети  $R_1$  и  $R_2$  по отношению к корпусу судна находят по формулам:

$$R_1 = R_{PU} \frac{U - (U_1 + U_2)}{U_2};$$

$$R_2 = R_{PU} \frac{U - (U_1 + U_2)}{U_1}.$$

Для измерения сопротивления изоляции сетей переменного тока под напряжением используют щитовые мегоммет-

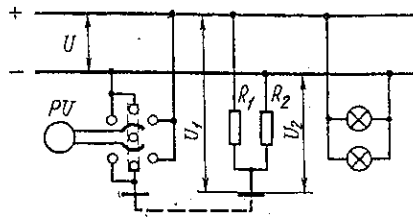


Рис. 23. Измерение сопротивления изоляции тремя вольтметрами

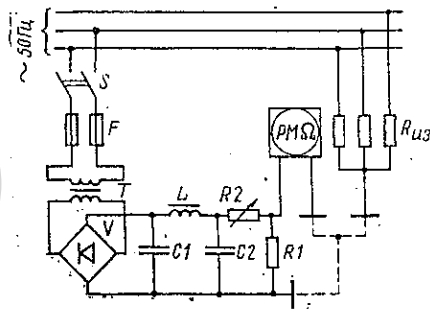


Рис. 24. Измерение сопротивления изоляции щитовым мегомметром с дополнительным устройством

ры (рис. 24) с дополнительным устройством, предназначенным для получения постоянного тока и состоящим из понижающего трансформатора  $T$ , выпрямительного блока  $V$ , сглаживающего фильтра дросселем  $L$  и конденсаторами  $C1, C2$  и резисторов  $R1, R2$ . Сопротивления путей тока утечки условно обозначены  $R_{из}$ . Щитовой мегомметр рассчитан на кратковременную работу и должен подключаться к сети лишь на время проведения измерений. В сетях с автоматическим контролем сопротивления изоляции цепей может быть использован прибор типа «Электрон-1». При понижении сопротивления изоляции до определенного значения устройство подает световой и звуковой сигналы.

### § 19. ПОВРЕЖДЕНИЕ ИЗОЛЯЦИИ СУДОВЫХ КАБЕЛЕЙ И ПРОВОДОВ

В процессе эксплуатации изоляция судовых сетей подвергается электрическим, тепловым и механическим воздействиям и постепенно изменяет первоначальные свойства.

При включениях и отключениях элементов электрической сети, коротких замыканиях и других изменениях схемы и параметров сети изоляция подвергается многократному воздействию внутренних напряжений.

В местах подключения кабелей к электрооборудованию возникают токи утечки от токопроводящих жил к корпусу судна. В результате попадания влаги, скопления грязи, покрытие концевой разделки плесенью происходит понижение сопротивления изоляции. Если сопротивление изоляции на концах жгута разной полярности значительно снижается, то может произойти пробой или короткое замыкание. Различают полный и неполный пробой изоляции между жилой кабеля и корпусом судна. При полном пробое сопротивление изоляции находится в пределах не выше 10 Ом. В этом случае повреждение может бы

обнаружено контрольной лампой или прозваниванием. Сопротивление изоляции при неполном пробое находится в пределах 1000 Ом и выше. Такое повреждение называют «низкой изоляцией», и оно может быть обнаружено с помощью мегомметра.

У кабелей, находящихся длительное время в эксплуатации, утечка тока бывает по внутренней изоляции в результате ее старения. Одна из основных причин старения изоляции — окисляющее действие кислорода на резину. Кабели, у которых произошло внутреннее старение изоляции, подлежат замене.

Большие изменения в структуре изоляции происходят под действием нагрева, в результате которого ухудшаются ее электрические и механические свойства. Поэтому Правилами Регистра РСФСР наибольшая температура нагрева проводников ограничена 65°С. Неравномерное распределение нагрузок между фазами трехжильных кабелей и неправильный выбор их площади сечения также вызывают чрезмерный нагрев и температурное старение.

Повреждение кабелей может произойти в результате механического воздействия, влияния открытого огня или сильного местного внешнего нагрева и т. д. К механическим повреждениям кабеля относятся порезы, вмятины от ударов тяжелыми предметами или инструментом, обрывы, пробои гвоздями, а также прокусы грызунами. Огневые повреждения в виде прожогов кабеля могут произойти от электросварки или газорезки. Такого рода повреждения чаще всего происходят во время ремонта судов из-за невнимательности рабочих и команды судна. Дефектные кабели в зависимости от их длины, площади сечения и назначения, места повреждения и типа судна заменяют новыми или ремонтируют.

## § 20. РЕМОНТ ПОВРЕЖДЕННЫХ КАБЕЛЕЙ И ПРОВОДОВ

В настоящее время разрешено применять способ соединения токопроводящих жил кабелей с помощью холодной опрессовки с последующей вулканизацией методом свободного обогрева резиновой оболочки в месте соединения. Опрессовку жил площадью сечения 1—10 мм<sup>2</sup> производят поперечным обжатием с помощью ручных клещей, а опрессовку жил площадью сечения 16—300 мм<sup>2</sup> — обжатием вдоль кабеля посредством гидропресса. Как исключение при аварийных ремонтах в судовых условиях допускается применение горячей пайки для соединения жил площадью сечения не выше 50 мм<sup>2</sup>.

Ремонт кабелей с резиновой или шланговой оболочкой производят в такой последовательности [21]:

раскрепляют кабель по обе стороны от поврежденного места на расстоянии 2—3 м и для удобства выполнения ре-

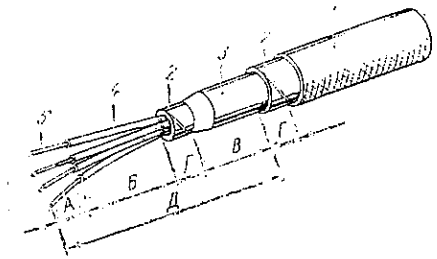


Рис. 25. Разделка конца кабеля при сращивании:

1 — панцирная оплетка; 2 — прорезанная миткалевая лента; 3 — изоляция; 4 — резиновая изоляция жилы; 5 — жила токопроводящая

монтажных работ извлекают ее из кабельной трассы;

удаляют поврежденную наружную оплетку, защитную оболочку, резиновую изоляцию и т. п., обнажая место повреждения токопроводящие жилы;

вырезают в случае необходимости ножовкой поврежденный участок жилы;

надевают на один из концов (для экранированного кабеля) отрезок плетенки (панцирной оплетки) длиной

150—400 мм и сдвигают его по кабелю настолько, чтобы он не мешал дальнейшей разделке кабеля;

разделяют концы кабеля, обнажая на определенную длину токопроводящую жилу и срезая резиновую изоляцию и защитную оболочку на конус (рис. 25) и (табл. 15);

зачищают жилу до металлического блеска, а срез защитной оболочки зашлифовывают напильником, чтобы создать гладкую поверхность;

Таблица 15

Разделка конца кабеля (см. рис. 25)

Количество жил и площадь сечения кабелей, мм <sup>2</sup>	Размеры, мм				
	А	Б	В	Г	Д
Одножильные:	Равен половине длины соединительной муфты				
1—6		20	35	10	55+A
10—70		30	45	10	75+A
95—300	40	70	10	110+A	
Двух- и трехжильные:					
1—6	35	45	10	80+A	
10—70	60	65	10	125+A	
Многожильные					
(до 8 жил): 1—2,5	70	25	10	95+A	
Многожильные (более 8 жил):					
1—2,5	90	30	10	120+A	

на токопроводящую жилу одного из концов сращиваемого кабеля надевают медную (из меди марки МЗ) соединительную гильзу (трубку). Жила должна занимать внутри гильзы половину ее длины, а конец гильзы должен прилегать к краю резиновой изоляции;

соединительную гильзу напрессовывают на жилу кабеля (делают по три вдавливания);

вводят в гильзу жилу второго конца сращиваемого кабеля и повторяют операцию опрессовки;

проверяют качество опрессовки путем наружного осмотра и с помощью глубиномера;

протирают бензином гильзу и срезанные на конус края резиновой изоляции жилы. Затем плотно в полперекрытия на гильзу наматывают ленту из изоляционной резины марки РТИ-З, захватывая ею конусную часть исправной резиновой изоляции жилы. Намотку производят в несколько слоев, добиваясь того, чтобы толщина новой изоляции соответствовала толщине поврежденной изоляции. Края наружного слоя новой изоляции в местах соприкосновения с конусной частью прежней изоляции заглаживают электрической гладилкой, нагретой до 160—170°С. Заглаженную резину припудривают тальком и обматывают прорезиненной миткалевой лентой, закрепляя концы обмотки биндажом из нескольких витков хлопчатобумажной нити;

изолированное место сrostка вулканизируют с помощью переносного вулканизатора (с электронагревом);

охлаждают вулканизированное место до температуры окружающей среды (с кабелей площадью сечения 1—6 мм<sup>2</sup> миткалевую ленту снимают, а на кабелях площадью сечения более 10 мм<sup>2</sup> ленту оставляют);

проверяют качество вулканизированного слоя с помощью прибора, называемого твердомером. Он имеет иглу, вдавливаемую в вулканизированную резину нажатием пальца на кнопку, и шкалу в условных единицах твердости. Проверку осуществляют, устанавливая иглу в трех разных точках по длине сrostков, причем если есть неровности, то в наиболее выпуклых местах. Среднее арифметическое трех измерений должно быть не менее 50 ед;

после вулканизации сrostков кабелей, имеющих панцирную оплетку, последнюю восстанавливают. Для этого соединяемые места панцирной оплетки зачищают стальной щеткой, предварительно на края имеющейся на кабеле оплетки накладывают скрепляющий биндаж из нескольких витков медной луженой проволоки диаметром 0,3 мм и пропаивают его. Оплетку натягивают так, чтобы ее края перекрывали кабель с обеих сторон сrostка на 15—20 мм. Затем на зачищенные концы отрезка накладывают проволочные биндажи и пропаивают их.

Технология ремонта кабелей с целой токопроводящей жилой в основном та же, что и рассмотренная выше.

В последние годы применяют также способ изоляции мест соединения жил кабелей эпоксидным компаундом. Для этого на один из концов кабеля надевают полихлорвиниловую муфту предварительно сдвигая ее в сторону настолько, чтобы она не мешала разделке кабеля. Затем сращивают жилы, как было описано выше. После этого полихлорвиниловую муфту надвигают на место сращивания и перетягивают ее в трех местах бандажами из мягкой стальной проволоки диаметром 1-1,2 мм. Первый бандаж располагают на расстоянии 3—4 мм от края муфты, где находится отверстие, второй — в 10 мм от первого (отверстие оказывается между этими бандажами третий — в 3—4 мм от второго края муфты. Плотнo обжимают только первый бандаж. Затем специальным шприцем, вставленным в отверстие муфты, постепенно наполняют ее полужидким компаундом. Когда он начнет выступать из-под третьего бандажа, последний затягивают. Продолжают выжимать шприца компаунд в муфту до тех пор, пока она не заполнится и не округлится. После этого затягивают второй бандаж. Муфту обтирают ветошью, а бандажи покрывают тонким слоем компаунда.

Перед введением в муфту компаунд марки К-115Н смешивают с отвердителем — полиэтиленполиамином (в отношении 100:7 или 100:8). Смесь готовят в металлической банке, размешивая в течение 3—5 мин, пока она не станет однородной по вязкости.

При небольших повреждениях плетеной оболочки панцирных и экранированных кабелей на дефектное место накладывают бандаж из медной луженой проволоки диаметром 0,3 мм, так, чтобы его края перекрывали целую часть оболочки, а затем пропаивают со всех сторон. Если экранирующая оболочка повреждена на участке длиной более 50 мм, то дефектный участок ее вырезают и кабель в этом месте обматывают в несколько слоев металлизированной бумагой. Ее вводят под край оболочки на длину 40—50 мм с каждой стороны и накладывают на концы оболочки проволоочные бандажи шириной 10—15 мм. В других случаях заготавливают отрезок плетеной проволоки, натягивают его на стальной стержень диаметром на 2—3 мм больше, чем диаметр кабеля, и пропаивают по всей длине полосой шириной 5—7 мм. Затем разрезают плетенку вдоль середины пропаянной полосы, снимают со стержня и надевают на кабель вместо поврежденного участка оболочки. После этого продольный разрез спаивают, а на концы накладывают бандажи и тоже пропаивают.

На судах находят применение кабели с пластмассовой и лаковой оболочкой. Пластмассовая оболочка кабелей легко повреждается

а стоимость кабелей с пластмассовой изоляцией и работ по их замене высока. Поэтому целесообразнее ремонтировать такую изоляцию с использованием технологических процессов ремонта и соединения кабелей, что позволяет получить существенный экономический эффект.

Для восстановления полиэтиленовой изоляции жил применяют полиэтиленовые трубки с подмоткой концов липкой полиэтиленовой лентой. Ремонт и соединение полихлорвиниловых оболочек выполняют с применением контактной сварки штатной оболочки кабеля с муфтой, в качестве которой используется часть трубки, снятой с пластмассового кабеля большего диаметра.

Для устранения незначительных повреждений пластмассовой оболочки (задиры, срезыв, прожога от искр электросварки и т. п.) можно пользоваться починочной пастой. Паста наносится шпателем на обезжиренную поверхность кабеля в месте повреждения изоляции. Пасту готовят так: в раствор поливинилхлоридной хлорированной лаковой смолы и алкидной смолы в смеси летучих растворителей вводят и тщательно перемешивают перхлорвиниловую клеевую смолу. Состав смеси (в частях по массе): 80 частей эмали типа ХВ-124, 20 частей перхлорвиниловой смолы. Кабели с оболочкой, отремонтированной с помощью пасты, выдерживают изгибы, требуемые соответствующими техническими условиями.

Для соединения кабелей площадью сечения до 35 мм<sup>2</sup> разрешается применять соединительные ящики или разъемы.

## ГЛАВА VI. ЭКСПЛУАТАЦИЯ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ

### § 21. ОБСЛУЖИВАНИЕ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ

В судовых электроустановках применяют кислотные и щелочные (кадмиево-никелевые или железо-никелевые) аккумуляторные батареи. Их используют в основном в качестве аварийного источника питания.

Аккумуляторная батарея является весьма надежным устройством. В батарее невозможно появление неисправностей во всех ее элементах. Сами неисправности развиваются медленно и могут быть обнаружены и устранены в начальной стадии.

При технически грамотной эксплуатации кислотный аккумулятор, работающий в режиме постоянного подзаряда, может служить не менее 4 лет, щелочной аккумулятор, работающий в режиме заряд—разряд, — 12—15 лет.

Важнейшими условиями эксплуатации являются: своевременные осмотры и предупреждение неисправностей, соответствующее техническое обслуживание и хранение аккумуляторных батарей.

Аккумуляторы, находящиеся в эксплуатации, необходимо осматривать ежедневно. Батареи (особенно их верхние части) должны быть всегда чистыми и сухими. Очищать их следует щеткой с жесткой щетиной, не допуская попадания внутрь элементов грязи и пыли. Если на поверхность батареи пролит электролит, то его следует вытереть чистой ветошью, смоченной в 10%-ном растворе нашатырного спирта (для кислотных аккумуляторов) или соды (для щелочных аккумуляторов). Полусные выводы, наконечники нужно очищать щеткой. Необходимо следить за целостью корпуса и заливочной мастики батареи, проверяя, нет ли трещин и просачивания электролита, и прочищать вентиляционные отверстия в пробках.

Гайки крепления наконечников необходимо затягивать или отвертывать только гаечным ключом; дергать за провод и ударять по наконечнику, чтобы снять или надеть его на вывод, не допускается. Такие действия могут привести к образованию у кислотного аккумулятора трещин в крышке элемента или в заливочной мастике и вызвать утечку электролита.

Ржавчину с металлических корпусов щелочного аккумулятора удаляют ветошью, смоченной в керосине. Пользоваться для этой цели наждачной бумагой или металлическим инстру-



ментом запрещено. Очищенные места покрывают битумным или щелочестойким лаком.

Техническое обслуживание № 1 проводят один раз в неделю. При этом удаляют с аккумуляторов пыль, влагу и т. п. Проверяют состояние междуэлементных соединений и выводов, наносят тонкий слой технического вазелина. Проверяют уровень и плотность электролита, при необходимости доводят до нормы. Проверяют напряжение аккумуляторов и при необходимости производят их дозарядку. Убеждаются в отсутствии течи из сосудов. Проверяют состояние вентиляционных устройств аккумуляторных помещений и взрывобезопасных светильников.

Техническое обслуживание № 2 проводят один раз в месяц. При этом, кроме работ ТО № 1, прочищают вентиляционные каналы, проверяют исправность пробок, добавляют в каждую банку по 1—2 капли вазелинового масла. Замеряют сопротивление изоляции по методике, изложенной в Руководстве по эксплуатации и ремонту судовых аккумуляторов [16].

Техническое обслуживание № 3 проводят один раз в год. При этом, кроме работ ТО № 2, проводят контрольно-тренировочную зарядку, восстанавливают окраску аккумуляторных ящиков и стеллажей, заменяют электролит у щелочных батарей, а у кислотных доводят плотность его до нормы путем зарядки.

**Проверка уровня электролита.** При эксплуатации аккумуляторных батарей независимо от режима их работы происходит испарение электролита. У кислотных аккумуляторов, заряжаемых напряжением до 2,6—2,7 В на элемент (у щелочных до 1,8 В), возникает бурное газовыделение. Пузырьки газа уносятся на себе пленку электролита. Испарение и унос электролита вызывают снижение его уровня в аккумуляторах. Не следует допускать чрезмерного понижения уровня электролита, так как верхние кромки пластин при этом оголяются и под воздействием воздуха подвергаются у кислотных аккумуляторов сульфатации, у щелочных — окислению. Нормально уровень электролита должен быть выше пластин на 5—12 мм в щелочных и на 12—15 мм в кислотных аккумуляторах.

Для восстановления уровня электролита необходимо доливать дистиллированную или подщелоченную (для щелочных аккумуляторов) воду. Уровень электролита в аккумуляторах проверяют с помощью стеклянной трубки, которую погружают вертикально до упора в сепаратор, после чего, закрыв пальцем верхний конец трубки, осторожно вынимают ее. При этом уровень электролита в трубке будет соответствовать уровню над верхней кромкой сепаратора.

Проверять степень разряженности кислотной батареи следует измерением плотности электролита или по напряжению

под нагрузкой, определяемому нагрузочной вилкой. Средние значения изменения плотности электролита ( $\text{г/см}^3$ ) обычно приводятся к  $15^\circ\text{C}$  при десятичасовом режиме разряда. Например, для случая, когда батарея была заряжена и плотности электролита составляла 1,29, средние значения плотности при постепенном разряде таковы:

Батарея разряжена на, % . . . . .	25	50	75	100
Плотность электролита, $\text{г/см}^3$ . . . . .	1,25	1,21	1,17	1,13

Если температура электролита отличается от  $15^\circ\text{C}$ , то к показаниям ареометра следует прибавить (при температуре выше  $15^\circ\text{C}$ ) или отнять (при температуре ниже  $15^\circ\text{C}$ ) температурную поправку, которая равна 0,01 на каждые  $15^\circ\text{C}$ , а именно:

Температура электролита, $^\circ\text{C}$ . . . . .	+40	+25	+10	-25	-40
Поправка . . . . .	+0,01	0	-0,01	-0,02	-0,03

Температура электролита оказывает большое влияние на емкость аккумуляторов. Так, если в щелочном аккумуляторе при  $+20^\circ\text{C}$  на восстановление активной массы используется 80% подводимой энергии, то при  $-20^\circ\text{C}$  только 10%. Остальная часть всей затрачиваемой энергии идет на покрытие внутренних потерь и на электролиз воды. Температура электролита более  $+45^\circ\text{C}$  ведет к безвозвратной потере емкости как щелочных, так и кислотных аккумуляторов.

Чтобы не получить ошибочных результатов, нельзя измерять плотность электролита в следующих случаях:

при ненормальном уровне электролита;

если электролит слишком горячий или слишком холодный.

Оптимальная температура электролита при измерении плотности составляет  $15-25^\circ\text{C}$ ;

после доливки дистиллированной воды. Нужно выждать, пока электролит перемешается.

**Хранение аккумуляторов.** Перед установкой кислотных аккумуляторов на длительное хранение необходимо полностью зарядить их, довести уровень и плотность электролита до нормальных значений.

Хранение батарей в межнавигационный период производится в специально оборудованных помещениях, имеющих температуру не ниже  $+5$  и не выше  $+30^\circ\text{C}$ . Помещение должно быть чистым и сухим и обязательно вентилироваться в соответствии с требованиями техники безопасности.

На период зимнего отстоя судов щелочные аккумуляторы с плотностью электролита, равной  $1,25-1,27 \text{ г/см}^3$ , разрешается хранить на судах, при этом необходимо раз в три месяца осматривать батареи.

## § 22. ХАРАКТЕРНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ

Неисправности в работе аккумуляторных батарей возникают главным образом в результате неправильной эксплуатации или недостаточного обслуживания. Неисправности отдельных элементов батареи влияют на ее электрические характеристики. Возможные отклонения электрических характеристик аккумуляторных батарей при неисправностях отдельных элементов приведены в табл. 16 и 17.

Таблица 16

Неисправности кислотных аккумуляторов  
и способы их устранения

Неисправности и их признаки	Причины	Способы устранения
<p><b>Чрезмерная сульфатация</b> Незначительное повышение плотности электролита даже после длительного заряда Быстрое повышение температуры электролита в процессе заряда Более ранее, чем у исправного аккумулятора, выделение газов (кипение) при зарядке</p> <p>Аккумулятор плохо принимает заряд, его напряжение в начале заряда быстро повышается, а затем понижается, после чего медленно начинает повышаться. В конце заряда напряжение аккумулятора не превышает 2,5 В вместо нормального значения 2,75 В. При разряде — низкое напряжение на батарее</p> <p><b>Короткое замыкание</b> Напряжение аккумулятора при испытании нагрузочной вилкой быстро падает до нуля</p>	<p>Хранение батареи продолжительное время разряженной полностью или частично Чрезмерно глубокий разряд. Систематический недозаряд Применение электролита слишком большой плотности Работа батарей при высокой температуре электролита (свыше 45°C) Низкий уровень электролита</p> <p>Загрязнение электролита вредными примесями. Внутренние короткие замыкания</p> <p>Выпадение активной массы пластины при перезарядках</p>	<p>Перед устранением сульфатации установить, что причина ее образования не в загрязнении кислоты вредными примесями и не в коротком замыкании элементов, что необходимо немедленно устранить. Разрядить ток десятичасового режима до напряжения 1,7 В на элемент. Электролит слить в немаetalлическую посуду. Батарею залить дистиллированной водой и поставить на заряд ток, равным половине тока нормального заряда (см. § 24). Заряд производить до получения батарей полной емкости. Плотность электролита довести до нормы и сделать контрольный разряд. Если батарея отдает менее 80% номинальной емкости, описанные операции повторяют</p> <p>Сменить электролит в аккумуляторе. При выливании электролита аккумулятор встряхивать.</p>

Продолжение табл. 16

Неисправности и их признаки	Причины	Способы устранения
<p>Плотность электролита падает ниже 1,115 г/см<sup>3</sup></p> <p>При заряде аккумулятора незначительное повышение напряжения и плотности электролита</p> <p>Слабое газовыделение при заряде</p> <p>Быстрое повышение температуры электролита заряженного аккумулятора</p> <p>Понижение емкости батареи с аккумулятором, имеющим указанный дефект</p>	<p>Разрушение (обугливание) деревянных сепараторов</p> <p>Коробление пластин от чрезмерной силы зарядного или разрядного тока</p>	<p>Если неисправность после смены электролита устранена, аккумулятор отправить в ремонт</p>
<p>Выпадение активной массы положительных пластин</p>	<p>Перезаряд или заряд большой силой тока</p> <p>Присутствие в электролите примесей, размягчающих активную массу</p> <p>Работа батарей при температуре электролита выше 45°C</p>	<p>Отрегулировать режим заряда</p> <p>При уменьшении емкости ниже 80% номинальной аккумулятор отправить в ремонт</p>
<p>Уменьшение емкости</p> <p>Признаки короткого замыкания</p>	<p>Старение активной массы отрицательных пластин</p>	<p>Поставить батарею на «лечебные циклы»</p>
<p>Усадка активной массы отрицательных пластин</p>	<p>Старение активной массы отрицательных пластин</p>	<p>Поставить батарею на «лечебные циклы»</p>
<p>Уменьшение напряжения на аккумуляторе</p> <p>Уменьшение емкости</p> <p>Повышенное напряжение при заряде и пониженное при разряде</p> <p>Малое изменение плотности электролита при заряде и при разряде</p>	<p>Эксплуатация аккумуляторов при температуре электролита выше 45°C</p> <p>Высокая плотность электролита</p> <p>Коробление пластин</p> <p>Сульфатация пластин</p>	<p>Сменить электролит и произвести контрольный цикл заряд — разряд</p> <p>При наличии короткого замыкания батарей отправить в ремонт</p>
<p>Разрушение сепараторов</p> <p>Загрязнение сепараторов</p> <p>Признаки короткого замыкания</p>	<p>Эксплуатация аккумуляторов при температуре электролита выше 45°C</p> <p>Высокая плотность электролита</p> <p>Коробление пластин</p> <p>Сульфатация пластин</p>	<p>Сменить электролит и произвести контрольный цикл заряд — разряд</p> <p>При наличии короткого замыкания батарей отправить в ремонт</p>

Продолжение табл. 16

Неисправности и их признаки	Причины	Способы устранения
Повышенный саморазряд		
Быстрое уменьшение плотности электролита Быстрое снижение напряжения	Загрязнение батареи при эксплуатации (поверхность смочена электролитом)	Очистить батарею от загрязнений 10%-ным раствором нашатырного спирта или кальцинированной соды, после чего протереть насухо (при закрытых пробках)
Преждевременная потеря емкости у бездействующей батареи	Нарушение изоляции токопроводящих частей батареи относительно корпуса судна Применение недистиллированной воды для электролита Использование для электролита серной кислоты с содержанием железа, хлора, мышьяка, азотной кислоты	Проверить электроизоляцию относительно корпуса судна и устранить ее неисправности. Металлические ручки аккумуляторных ящиков не должны касаться корпуса судна Сменить электролит
Переполусовка отдельных элементов		
Понижение общего напряжения батарей Резкое уменьшение емкости батарей	Меньшая емкость элемента по сравнению с емкостью других элементов этой батареи	Отключить элемент от батарей и сообщить 3 — 4 тренировочных цикла заряд — разряд
Меньшая плотность электролита при зарядке, чем у других элементов		
Падение напряжения на элементе при разряде батарей до нуля		
Течь бака аккумулятора		
Влажная поверхность бака		
Быстрое понижение уровня электролита	Неосторожное обращение с аккумулятором при транспортировке, монтаже и демонтаже (удары, тряска)	Аккумулятор отправить в ремонт
Повреждение мастики (трещины)		
Влажная поверхность аккумулятора		
Повышенный саморазряд	Появление трещин при ударах и тряске, а также при низкой температуре	Заделать трещины нагретым паяльником. Расплавлять мастику действующего аккумулятора открытым пла-

Продолжение табл. 16

Неисправности и их признаки	Причины	Способы устранения
<p><b>Окисление аккумуляторных выводов</b></p> <p>Повышенный нагрев выводов при разряде и заряде батарей</p> <p>Старение изоляции у наконечников подключаемых проводов</p> <p><b>Ненормальное напряжение</b></p> <p>Слишком низкое в разомкнутой цепи</p> <p>Слишком высокое при заряде и низкое при разряде</p>	<p>Наконечник провода и аккумуляторный вывод при монтаже не были очищены до блеска</p> <p>Вывод с наконечником не были покрыты слоем технического вазелина</p> <p>Короткое замыкание, утечка тока</p> <p>Нарушен контакт у выводов подключения</p> <p>Пониженная плотность электролита</p>	<p>менем категорически запрещается</p> <p>Произвести демонтаж выводов с последующим монтажом согласно правилам технической эксплуатации</p> <p>/</p> <p>Устранить короткое замыкание сменой электролита</p> <p>Отправить в ремонт</p> <p>Проверить изоляцию относительно корпуса судна. Проверить контакт выводов подключения</p> <p>Откорректировать плотность электролита</p>

Таблица 17

Неисправности щелочных аккумуляторов и способы их устранения

Неисправности и их признаки	Причины	Способы устранения
<p><b>Пониженная емкость</b></p>	<p>Нарушение правил эксплуатации и в первую очередь требований, предъявляемых к электролиту</p> <p>Загрязнение электролита вследствие: длительной работы; наличия примесей; содержания углекислого калия или натрия (карбонатов) более 70 г/л</p>	<p>Сменить электролит (см. § 27)</p>

Продолжение табл. 17

Неисправности и их признаки	Причины	Способы устранения
<p>Ненормальное газовыделение</p> <p>Усиленное газовыделение при заряде и разряде</p>	<p>Изменение плотности электролита</p> <p>Понижение уровня электролита (обнажена часть пластин)</p> <p>Глубокий разряд небольшим током</p> <p>Систематический недозаряд</p> <p>Утечка тока в цепи батареи</p> <p>Высыпание активной массы из пластин</p>	<p>Довести плотности электролита до нормы и произвести усиленный заряд</p> <p>Восстановить уровень электролита</p> <p>Дать два усиленных заряда, при этом разряжать батарею током нормального режима</p> <p>Проверить схему зарядной цепи и работу амперметра при заряде</p> <p>Измерить сопротивление изоляции с помощью вольтметра и устранить причину утечки</p> <p>Сменить электролит и восстановить емкость путем тренировочных зарядов; при невозможности восстановления емкости заменить аккумулятор</p>
<p>Ненормальное напряжение</p> <p>Пониженное напряжение при разомкнутой цепи</p>	<p>Примеси в электролите</p> <p>Короткое замыкание у аккумулятора: во внешней цепи в результате образования большого количества солей и загрязнения поверхности аккумулятора; внутри аккумулятора</p>	<p>Сменить электролит и произвести усиленный заряд</p> <p>Очистить поверхность, устранить короткое замыкание</p> <p>Сменить электролит</p>
<p>Пониженное напряжение при разомкнутой цепи</p> <p>Пониженное напряжение при заряде и разряде</p>	<p>Короткое замыкание: большое количество осадков; выпучивание пластин или стенок сосудов</p> <p>Утечка тока; короткое замыкание в аккумуляторе</p>	<p>Сменить электролит, при выпучивании пластин заменить аккумулятор</p> <p>Проверить изоляцию, устранить причину утечки</p>

Продолжение табл. 17

Неисправности и их признаки	Причины	Способы устранения
Повышенное напряжение при заряде и пониженное при разряде	Ослаблены контакты в батарее; загрязнена поверхность аккумуляторов; понижена плотность электролита	ки и короткое замыкание Проверить затяжку контактов; очистить батарею; откорректировать плотность электролита
Повышенный саморазряд	Загрязнение поверхности аккумулятора	Очистить батарею
Быстрое уменьшение напряжения после заряда; медленный заряд	Загрязнение электролита. Понижение электрического сопротивления изоляции батареи, а также судовой электроцепи	Сменить электролит. Проверить сопротивление изоляции токопроводящей цепи относительно корпуса судна и устранить утечку тока
Выпучивание Выпучивание осуда аккумулятора	Неисправности вентиляционных пробок и в результате высокое давление скопившихся газов	Если после вывинчивания пробки стенки аккумулятора останутся выпученными, необходимо разрядить аккумулятор нормальным током до напряжения 1 В и с помощью тисков с деревянными прокладками выпрямить стенки аккумулятора, после чего вылить электролит с встряхиванием. Если ламели не нарушены, то электролит чистый. Если электролит грязный, промыть аккумулятор подщелоченной водой, залить чистый электролит и произвести контрольный заряд
Выпучивание пластины, понижение напряжения на аккумуляторе	В активную массу пластины попали вредные примеси	Аккумулятор подлежит замене
Чрезмерный нагрев аккумулятора Нагрев корпуса аккумулятора	Повышенный ток заряда, замыкание между пластинами	Выключить с заряда и дать остыть, продолжать заряд нормальным током



Продолжение табл. 17

Неисправности и их признаки	Причины	Способы устранения
Нагрев борнов Быстрое образование солей	<p>Электролит не покрывает пластины</p> <p>Ослабление контактов на борнах</p> <p>Высокий уровень электролита в аккумуляторе.</p> <p>Повышенная плотность электролита.</p> <p>Ослабление сальников на выводных борнах через крышку аккумулятора</p>	<p>Отрегулировать высоту уровня электролита и дать контрольный разряд</p> <p>Проверить надежность контактов</p> <p>Откорректировать плотность и высоту электролита</p> <p>Проверить затяжку гаек сальников</p>

### § 23. РЕМОНТ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕИ

**Кислотные аккумуляторы.** При внутренних повреждениях кислотных аккумуляторов производят их полную разборку и замену износившихся пластин, сепараторов и т. д. Перед разборкой аккумулятор необходимо разрядить до напряжения 1,7 В.

Аккумуляторы разбирают в следующем порядке. Разрезают межэлементные соединения, нагревают паяльником заливаемую мастику до размягчения и удаляют ее с крышки аккумулятора, извлекают резиновые уплотнения, снимают крышку и крючками извлекают блоки из сосудов. Осторожно деревянной или эбонитовой линейкой раздвигают пластины начиная с крайних. Исправные положительные пластины имеют твердую на ощупь бурого цвета активную массу. Отрицательные пластины имеют серый цвет. Отдельные негодные пластины заменяют. Обычно замена отдельных пластин затруднена, поэтому при наличии новых полублоков старые заменяют целиком.

Сборку блока и установку сепараторов начинают с середины блока, осторожно раздвигая пластины. Сепараторы своей ребристой стороной должны прилегать к положительным пластинам. Собранные блоки устанавливают в аккумуляторные баки. После установки крышек в щели между ними и стенками баков укладывают асбестовый шнур и заливают щели мастикой. Межэлементные соединения сваривают с помощью электросварки угольным электродом. Затем приготавливают и заливают электролит.

Для приготовления электролита пригодна только чистая аккумуляторная серная кислота. Использовать техническую серную кислоту запрещается. Приготавливают электролит в фарфоровой или эбонитовой посуде, обязательно чисто про-

■ мытой дистиллированной водой. Сначала в сосуд наливают дистиллированную воду, а затем в нее тонкой струйкой осторожно льют кислоту, перемешивая раствор чистой стеклянной или эбонитовой палочкой. Лить воду в кислоту запрещается. Плотность электролита измеряют ареометром. Она должна быть в пределах  $1,28 \pm 0,005$  г/см<sup>3</sup>. Дают остыть электролиту, затем заливают его в аккумуляторы. После заливки электролита производят зарядку аккумуляторных батарей. При приготовлении электролита необходимо строго соблюдать правила техники безопасности при обращении с химически активными веществами.

**Щелочные аккумуляторы.** Ремонт с разборкой щелочных аккумуляторов практически не требуется в течение всего срока их службы. Обычно ремонт щелочных аккумуляторов заключается в промывке баков и смене электролита из-за загрязнения его и образования соли  $K_2CO_3$ .

Смену электролита производят в такой последовательности: разряжают аккумуляторную батарею нормальным током восьмичасового режима до напряжения 1 В на аккумулятор;

выливают старый электролит;

промывают аккумуляторы дистиллированной водой (выливая воду, аккумулятор энергично встряхивают);

заливают аккумуляторы электролитом несколько повышенной плотности (например, 1,20 вместо 1,19) сразу же после промывки;

аккумуляторы оставляют на 6 ч для пропитки активной массы пластин, после чего их заряжают.

При выходе из строя пластин или при других внутренних повреждениях ремонт щелочных аккумуляторных батарей должен производиться в специализированном цехе.

Электролит для щелочных аккумуляторных батарей готовят так. Для растворения едкого кали или едкого натра применяют только дистиллированную воду. При пользовании твердыми щелочами берут (в частях по массе):

для получения электролита плотностью 1,19—1,21 — одну часть кали (натра) на три части воды;

для получения электролита плотностью 1,25—1,27 — одну часть кали (натра) на две части воды.

Нужное количество воды наливают в сосуд, затем небольшими кусками кладут твердую щелочь и перемешивают ее стеклянной палочкой. Приготовленному электролиту дают остыть и отстояться в течение 3—12 ч, после чего сливают осветлившийся раствор, пригодный для заливки в аккумуляторы.

При изготовлении электролита чаще всего пользуются составными щелочами (смесью едкого кали и едкого лития в соотношении  $LiOH/KOH = 0,04 \div 0,05$  или едкого натра и едкого лития в соотношении  $LiOH/NaOH = 0,026 \div 0,32$ ), которые поставляются в герметичном сосуде в твердом или жидком виде.

Порядок приготовления электролита из готовых смесей зависит от того, в каком виде — твердом или жидком концентрированном — находятся щелочи.

#### § 24. ЗАРЯДКА АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ

Заряжать аккумуляторы можно только постоянным током соответствующего напряжения. В судовых сетях переменного тока зарядка аккумуляторов осуществляется посредством электромашинных преобразователей переменного-постоянного тока или с помощью выпрямителей.

Существуют три основных способа зарядки щелочных и кислотных аккумуляторов: при постоянной силе тока, при постоянном напряжении или по автоматической кривой.

Зарядка при постоянной силе тока широко распространена. При этом способе одновременно с ростом электродвижущей силы аккумулятора растет напряжение, подводимое к аккумулятору так, что значение зарядного тока остается постоянным. Достичь этого можно применением регулируемых резисторов, включенных последовательно с аккумулятором, или непосредственно регулированием напряжения источника, например изменением тока возбуждения генератора. Зарядку кислотных аккумуляторов в этом случае производят двумя ступенями токов. Зарядный ток первой ступени принимают примерно равным десятичасовому разрядному току аккумулятора. Этим током аккумулятор заряжают до кипения. Затем зарядный ток снижают примерно до 40% тока первой ступени и снова продолжают заряд до обильного газовыделения. При зарядке аккумуляторов в порах активной массы положительных и отрицательных пластин образуется серная кислота, в результате чего повышается плотность электролита. Э. д. с. аккумулятора возрастает на величину  $\Delta E$  (рис. 26).

В начальный период заряда в порах активной массы пластин быстро увеличивается плотность электролита, а вместе с тем быстро растет  $E_{\text{акк}}$ . При дальнейшем заряде ввиду растворения кристаллов  $\text{PbSO}_4$  увеличиваются проходные сечения пор в активной массе, что усиливает поступление менее плотного электролита из бака в поры пластин.

Когда установится равновесие между образованием серной кислоты  $\text{H}_2\text{SO}_4$  в порах пластин и притоком электролита с меньшей плотностью, то в течение длительного времени заряда разность плотности электролита в порах активной массы и снаружи пластин остается почти неизменной. В это время  $\Delta E$  остается также неизменным.

Постепенное повышение плотности электролита в баке сопровождается увеличением вязкости, что замедляет диффундирование его в поры активной массы. Поэтому в порах пластин

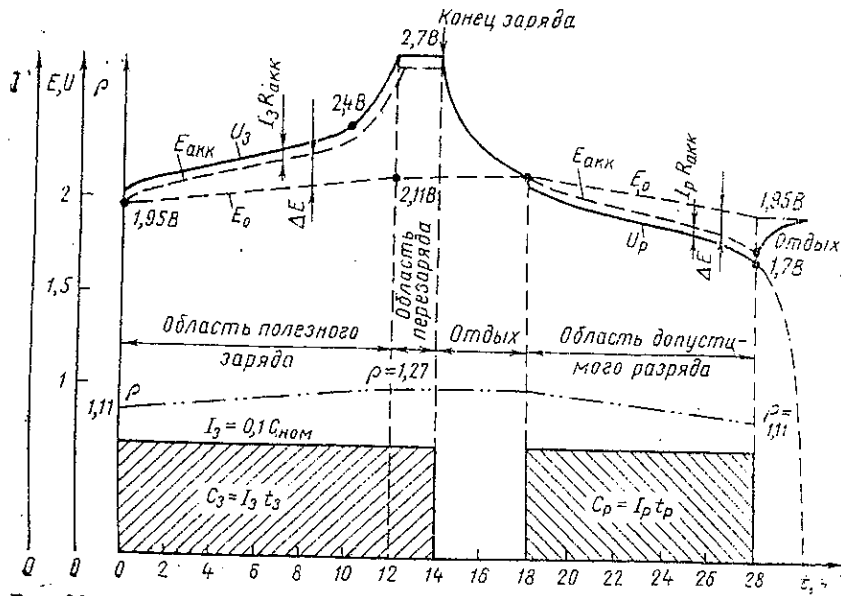


Рис. 26. График зарядки аккумуляторных батарей

несколько повысится плотность  $\rho$  электролита, а вместе с тем возрастет  $\Delta E$ .

В конце заряда, ввиду того что большая часть активной массы пластин превращается в перекись свинца  $PbO_2$  и чистый свинец  $Pb$ , часть ионов кислорода и водорода выделяется на пластинах, не вступив в химическую реакцию с их активной массой, нейтрализуется (разряжается) и уходит в воздух в виде пузырьков газа (водорода и кислорода). Начинается «кипение» аккумулятора.

В период газообразования положительные ионы водорода, выделяющиеся на отрицательных пластинах, присоединяют к себе недостающие электроны с запаздыванием во времени. Поэтому в конце заряда на отрицательных пластинах сосредотачивается большое количество положительных ионов водорода, вследствие чего между отрицательными пластинами и электролитом создается дополнительная разность потенциалов, примерно равная  $0,33\text{ В}$ . («пузырьковая» э. д. с.), которая увеличивает напряжение аккумулятора до  $2,75\text{ В}$ .

После выключения цепи заряда напряжение на выводах аккумулятора резко падает на величину, равную  $I_3 R_{акк}$ , до значения  $E_{акк}$ , а затем э. д. с. снижается на  $0,33\text{ В}$  вследствие нейтрализации ионов водорода. При установке аккумулятора на разряд «пузырьковая» э. д. с. исчезает почти мгновенно.

Щелочные аккумуляторы заряжают током постоянного значения до конца заряда. При этом зарядный ток принимают

численно равным 0,25 номинальной емкости щелочного аккумулятора. Точные значения зарядных токов аккумуляторов указываются заводами-изготовителями. Щелочные аккумуляторы при заряде также имеют пузырьковую э. д. с., равную 0,33 В, поэтому в конце заряда  $E_{\text{акк}}$  составляет 1,8 В.

Заряд при постоянном напряжении производят от зарядного агрегата, напряжение которого устанавливают из расчета максимального напряжения на один элемент аккумулятора (во избежание излишнего перегрева оно равно 1,5 В для щелочных аккумуляторов и 2,4 В — для кислотных) и сохраняют неизменным от начала до конца заряда. В процессе заряда э.д.с. аккумулятора будет увеличиваться. Поэтому зарядный ток вначале будет большим, а затем начнет уменьшаться, становясь к концу заряда близким к нулю. Данный способ заряда применяется при параллельной работе аккумулятора и зарядного источника, что иногда называется буферным режимом работы аккумулятора.

Заряд по автоматической кривой является модифицированным способом заряда при постоянном напряжении. В этом случае последовательно с аккумуляторной батареей включают резистор с небольшим сопротивлением для того, чтобы ограничить значение первоначального зарядного тока. По мере увеличения э. д. с. аккумулятора ток заряда, а следовательно, и падение напряжения в резисторе уменьшаются, вследствие чего напряжение на выводах аккумулятора возрастает, что вызывает некоторое увеличение силы тока. В целом заряд проходит при непрерывном медленном уменьшении тока и повышении напряжения.

Во время заряда кислотных аккумуляторных батарей необходимо вести наблюдение за:

зарядным током;

температурой электролита аккумуляторов, измеряя ее каждый час (в случае, если температура достигнет  $45^{\circ}\text{C}$ , зарядный ток следует уменьшить вдвое или прекратить заряд до тех пор, пока температура не снизится до  $30^{\circ}\text{C}$ );

плотностью электролита, измеряя ее на второй ступени заряда каждый час. Если в конце заряда плотность превысит норму, то нужно долить дистиллированную воду, а если плотность окажется ниже нормы, то долить электролит плотностью  $1,4\text{ г/см}^3$ .

Кислотные аккумуляторы заряжают при вынутых пробках. У батарей, работающих в буферном режиме, пробки можно не вынимать при условии еженедельной прочистки имеющихся в них вентиляционных отверстий.

После окончания заряда необходимо:

протереть все наружные поверхности аккумуляторов;  
очистить от окислов выводы и межэлементные соединения и смазать их тонким слоем технического вазелина;

прочистить вентиляционные отверстия;  
через 3—4 ч (по окончании газовыделения) завернуть пробки.  
Во время заряда щелочных аккумуляторных батарей необходимо следить за:

постоянством зарядного тока;  
температурой электролита, не допуская ее выше 45°С для составного электролита, 40°С — для раствора едкого натра и 30°С — для раствора едкого кали.

После заряда аккумуляторных батарей нужно насухо протереть крышки и закрыть вентиляционные пробки, покрыть техническим вазелином или залить парафином. Разряд аккумуляторных батарей (кислотных и щелочных) допускается до напряжения, указанного в инструкции завода-изготовителя.

После получения щелочных аккумуляторов в сухом виде от заводов-поставщиков, а также после переборки и ремонта производят так называемый формовочный заряд аккумуляторов. Такой заряд выполняют дважды в следующем порядке:

заряжают аккумулятор нормальным зарядным током в течение 6 ч, затем еще 6 ч током, равным половине нормального; разряжают аккумулятор током восьмичасового режима в течение 4 ч. После этого для приведения аккумулятора в рабочее состояние осуществляют его нормальный заряд одним из трех вышеописанных способов.

Кислотные аккумуляторы, выпускаемые заводом в сухозаряженном виде, заливают электролитом до самых горловин крышек, после чего оставляют в покое на 3 ч, а выпускаемые в незаряженном виде — на 6 ч. Продолжительность первого заряда сухозаряженных батарей может колебаться от 15 до 25 ч, а незаряженных — от 25 до 50 ч.

Контрольно-тренировочный цикл кислотных аккумуляторных батарей проводят в следующем порядке:

заряжают батареи токами первой и второй ступени первого заряда до постоянства плотности и напряжения в течение 3 ч; проверяют плотность электролита во всех аккумуляторах и доводят до нормальной;

разряжают батареи током десятичасового режима, измеряя напряжение у всех аккумуляторов каждый час, а в конце разряда — каждые 30 мин;

прекращают разряд при снижении напряжения хотя бы у одного аккумулятора до 1,7 В;

подсчитывают емкость, приведенную к температуре 30°С, по формуле

$$C_{\text{пр}} = \frac{C_{\text{ф}}}{1 + 0,009(t - 30)},$$

где  $C_{\text{пр}}$  — емкость, приведенная к 30°С, мФ;

$C_{\text{ф}}$  — фактическая емкость, полученная при разряде, мФ;

$t$  — средняя температура во время разряда, °С.

Заряжают батареи по нормальному двухступенчатому режиму.

Контрольно-тренировочный цикл щелочных аккумуляторных батарей проводят в следующем порядке:

производят усиленный заряд током нормального шестичасового режима и током, равным половине нормального шестичасового режима;

производят разряд током нормального восьмичасового режима до напряжения 1 В на выводах каждого аккумулятора;

производят заряд в течение 6 ч током нормального зарядного режима;

производят разряд током нормального восьмичасового режима до 1 В на выводах каждого аккумулятора;

по данным последнего разряда определяют емкость аккумулятора по формуле

$$C = I_p t_p,$$

где  $I_p$  — ток разряда, А;

$t_p$  — длительность разряда, ч.

Для проведения контрольно-тренировочного цикла требуется специальное оборудование, позволяющее поддерживать постоянным значение разрядного тока. При отсутствии такого оборудования контрольно-тренировочный цикл следует проводить в аккумуляторной мастерской перед выдачей батарей на судно.

## ■ ГЛАВА VII. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОСВЕТИТЕЛЬНОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

### § 25. ОБСЛУЖИВАНИЕ ОСВЕТИТЕЛЬНОЙ И УСТАНОВОЧНОЙ АППАРАТУРЫ

Осветительная сеть является наиболее разветвленной. Светильники устанавливаются и во внутренних помещениях и вне их. Вероятность понижения сопротивления изоляции в сетях освещения из-за различных дефектов выше, чем в силовых сетях, поэтому техническому обслуживанию осветительных сетей должно уделяться большое внимание.

Техническое обслуживание № 1 проводят один раз в неделю для сетей 1-й группы, один раз в месяц для 2-й [12]. При этом проверяют исправность переносных светильников, очищают их от пыли и грязи. Колпаки загрязняются не только с наружной стороны, но и с внутренней, потому что при охлаждении светильника наружный воздух, содержащий пары воды и масла, засасывается внутрь него через малейшие неплотности. Несвоевременная очистка колпаков ведет к снижению освещенности в помещениях в 3—5 раз. Проверяют соответствие мощности установленных ламп. Лампа меньшей мощности не обеспечивает расчетной освещенности, а лампа повышенной мощности вызывает недопустимый перегрев светильника и его преждевременный выход из строя. Лампы накаливания с резьбовыми цоколями следует ввинчивать в патрон до отказа во избежание их самоотвинчивания под действием вибрации корпуса судна. В светильниках с люминесцентными лампами разрешается установка только ламп типа ЛБ. Лампы другой цветности можно устанавливать в тех случаях, когда это предусмотрено проектом. Проверяют исправность аварийного освещения. Обнаруженные неисправности немедленно устраняют. Изъятие лампы из аварийного светильника категорически запрещается.

Техническое обслуживание № 2 проводят один раз в месяц для сетей 1-й группы и один раз в 3 месяца — для 2-й группы. При этом проверяют состояние заземляющих проводников светильников и кабеля, поврежденные восстанавливают. Смазывают резьбовые соединения арматуры, дефектную арматуру заменяют. Проверяют изоляцию переносных светильников, производят очистку прожекторов, их смазку, проверяют плотность закрытий.

Техническое обслуживание № 3 проводят один раз в год. При этом вскрывают и очищают арматуру, восстанавливают изоляцию концов проводников, проверяют плотность контактов



подводящих проводов, заменяют дефектные уплотнительные прокладки и арматуру светильников, выключателей. Осматривают амортизаторы, заменяют дефектные. Собирают арматуру, замеряют сопротивление изоляции.

Проверку всех элементов сети сигнально-отличительных огней производят за 2 ч до наступления темноты. При замене лампы в фонаре сигнально-отличительного огня недопустимо устанавливать лампу мощностью, отличающейся от указанной в проектной документации. Увеличение мощности может вызвать перегорание катушки шарового сигнала, а уменьшение — ложное срабатывание его.

#### § 26. ХАРАКТЕРНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ И СВЕДЕНИЯ О РЕМОНТЕ

Некоторые неисправности в сетях освещения и способы их устранения представлены в табл. 18.

Таблица 18

Характерные неисправности осветительного электрооборудования

Неисправности	Причины	Способы устранения
<i>Сети с лампами накаливания</i>		
Лампы перегорают	Лампа включена на большее напряжение, чем указано в маркировке на цоколе или колбе. В лампу проник воздух (вследствие трещин в колбе лампы и других причин) Короткое замыкание электродов в лопатке лампы	Вывернуть перегоревшую лампу и вставить новую, соответствующую напряжению сети  Заменить лампу
Лампы не горят	Обрыв спирали от сильного сотрясения Нарушен контакт в патроне (ослабли или сломались пружинные контакты, отсоединилась жила провода)  Обрыв жилы провода	То же  Заменить патрон, подсоединить жилу провода  Установить место обрыва и перезарядить патрон
	Перегорел предохранитель на щитке освещения	Заменить предохранитель

Продолжение табл. 18

Неисправности	Причины	Способы устранения
Слабый свет (тусклый)	<p>Лампа включена на напряжение, которое меньше указанного в маркировке цоколя</p> <p>Колба лампы сильно потемнела вследствие испарения вольфрамовой спирали</p> <p>Утечка электрического тока из-за плохой изоляции провода</p> <p>В сети аварийного освещения разрядились аккумуляторные батареи</p> <p>Запылились и загрязнились стекла осветительных приборов</p> <p>Поставлен провод недостаточной площади сечения</p>	<p>Проверить лампу, горящую с недокалом, заменить ее лампой, соответствующей напряжению сети</p> <p>Заменить лампу</p> <p>Усилить изоляцию провода</p> <p>Надеть изоляционную трубку или заменить провод новым</p> <p>Подзарядить аккумуляторные батареи</p> <p>Протереть загрязненные стекла чистой ветошью</p> <p>Поставить провод с площадью сечения, соответствующей нагрузке</p>
Мигание света (колебание)	<p>Плохой контакт в патроне (неплотное соединение цоколя лампы с патроном)</p> <p>Разрыв жил провода и периодическое соединение и разъединение его концов вследствие вибрации судна</p> <p>Плохой (слабый) контакт проводов в местах их присоединения (у выключателей, предохранителей, в соединительных коробках и т. п.)</p>	<p>Очистить контакты от окислов и загрязнения, сменить патрон</p> <p>Заменить провод</p> <p>Наконечники (концы) проводов и выводы у выключателей, предохранителей и соединительных коробок и т. п. зачистить и надежно соединить</p>
<i>Сети с люминесцентными лампами</i>		
Лампа не зажигается	<p>Обрыв или плохой контакт в цепи, дросселе или патроне</p> <p>Неисправность стартера при наличии напряжения на лампе</p>	<p>Проверить любым индикатором наличие напряжения у лампы. Если напряжения нет, то найти обрыв и устранить его</p> <p>Закоротить стартер на контактах ламподержателя проводом или специальным приспособлением. Если концы лам-</p>

Продолжение табл. 18

Неисправности	Причины	Способы устранения
Лампа мигает, но не зажигается, причем светится только с одной стороны	Неисправность лампы Ошибка в схеме	пы начнут светиться, то стартер или его контактная система неисправны и их следует заменить Заменить лампу Проверить схему со стороны стартерного конца лампы
Лампа не зажигается, но свечение имеется на обоих концах	Замыкание в цепи или патроне, закорачивающее несветящийся электрод Замыкание выводов с лампе со стороны несветящегося электрода Шунтирование стартера	Переставить лампу таким образом, чтобы у неисправного и нормально светящегося концов поменялись патроны. Если после этого свечение будет отсутствовать на том же конце лампы, то она подлежит замене Проверить патрон лампы и устранить замыкание Изъять стартер из лампы. Если свечение концов лампы сохраняется, то неисправность следует искать в патронах или проводке
При включении лампы наблюдается оранжевое свечение на ее концах, которое затем исчезает, после чего лампа вновь не загорается	Неисправность стартера	Изъять стартер из лампы. Если свечение концов лампы прекращается, то стартер подлежит замене
Лампа зажигается нормально, но уже в первые часы горения наблюдается сильное потемнение ее концов	Неисправность лампы	Заменить лампу
Лампа зажигается нормально, но при горении на люминофоре на-	Неисправность дросселя Неисправность лампы	Проверить пусковой и рабочий токи лампы. Если они не соответствуют номинальным допустимым значениям, то дроссель надо заменить Если пусковой и рабочий токи в пределах нормы, то плохое качество электродов, лампу надо заменить
Лампа зажигается нормально, но при горении на люминофоре на-	Плохое качество электродов лампы	Множественно включить и выключить лампу, повернуть ее вокруг оси

Продолжение табл. 18

Неисправности	Причины	Способы устранения
блюдаются светлые змевидные полосы	Неисправность дросселя	на 180°. Если положительный результат не достигается, то лампу следует заменить Измерить значения пускового и рабочего токов. Если эти токи превышают допустимые, то дроссель следует заменить
Лампа периодически зажигается и гаснет	Неисправность лампы	Измерить напряжение на лампе. Если падение напряжения на лампе превышает напряжение зажигания разряда в стартере, то лампа подлежит замене
Лампа зажигается нормально, но горит очень тускло	Неисправность стартера	Если напряжение на лампе соответствует норме, то неисправен стартер (подлежит замене)
Лампа зажигается нормально, но горит очень тускло	Неисправность дросселя	Измерить значение рабочего тока. Если рабочий ток мал, то дроссель неисправен и подлежит замене
Лампа зажигается нормально, но горит очень тускло	Малое количество ртути в лампе	Если измеренный рабочий ток соответствует норме, то лампа неисправна и подлежит замене
При включении лампы перегорают спирали ее электродов	Пробой изоляции дросселя	Заменить дроссель

Неисправности коммутаторов сигнально-отличительных огней связаны с выходом из строя шаровых сигналов, переключателей, перегоранием предохранителей и т. д. (табл. 19).

Таблица 19

Неисправности коммутаторов сигнально-отличительных огней

Неисправности	Причины	Способы устранения
Частое перегорание катушек шаровых сигналов при номинальном напряжении питающей сети	Сигнальные лампы установлены большей мощностью, чем предусмотрено схемой	Поставить лампы соответствующей мощности

Продолжение табл. 19

Неисправности	Причины	Способы устранения
Шаровой сигнал при включенной лампе не срабатывает (глазок не показывается в окошке коммутатора)	Сигнальные лампы установлены меньшей мощности, чем предусмотрено схемой	Поставить лампы соответствующей мощности
При включенных лампах работает звонок и не виден один из глазков шаровых сигналов	Перегорела лампа	Заменить поврежденную лампу новой
При включенных лампах не видны глазки всех шаровых сигналов, звонок не работает	Прекращено питание кабельной сети или перегорел предохранитель питания	Переключиться на питание от сети другого борта, проверить предохранитель питающей сети
При установке выключателя в положение «Контроль» звонок не работает, глазки шаровых сигналов не видны в смотровых окнах коммутатора	Обрыв в цепи звонка	Проверить цепь звонка, устранить место обрыва
При установке выключателя в положение «Контроль» звонок работает, отдельные глазки шаровых сигналов видны в смотровых окнах	Износ магнитной заклепки или перекос якоря магнитной системы Заедание ролика	Заменить заклепку или устранить перекос якоря Устранить заедание

Ремонт светильников в судовых условиях сводится к замене поврежденных стеклянных колпаков и патронов, высверловке сломанных винтов и нарезке новой резьбы под винты, смене резиновых уплотнений, чистке выводов колодок подключения, прогонке барашков и окраске корпусов.

После ремонта светильники водозащищенного исполнения испытывают на водозащищенность. Для этого на светильник направляют струю воды под давлением 0,1 МПа в течение 5 мин. Если по окончании испытаний внутрь светильника не проникла вода, то его считают водозащищенным. Светильники взрывобезопасного исполнения испытывают воздухом давлением 0,12 МПа.

Для ремонта механизмов выключателей используют внутренние части старых демонтированных выключателей. Так же поступают при ремонте соединительных коробок.

Ремонт коммутаторов сигнально-отличительных огней включает: чистку переключателей, шаровых сигналов, резисторов и предохранителей; замену изношенных деталей запасными; покрытие эмалью катушек шаровых сигналов; смену резиновых уплотнений и окраску корпуса.

ГЛАВА VIII. ЭКСПЛУАТАЦИЯ СУДОВЫХ ПРИБОРОВ СВЯЗИ, УПРАВЛЕНИЯ И АВТОМАТИКИ

§ 27. ПРИБОРЫ УПРАВЛЕНИЯ СУДНОМ

К приборам управления судном относятся машинные телеграфы, рулевые указатели, тахометры.

Принцип действия судового электрического машинного телеграфа основан на синхронной передаче угла, под которой поворачивается одновременное вращение осей, не имеющих между собой механической связи, на равные или пропорциональные угловые величины.

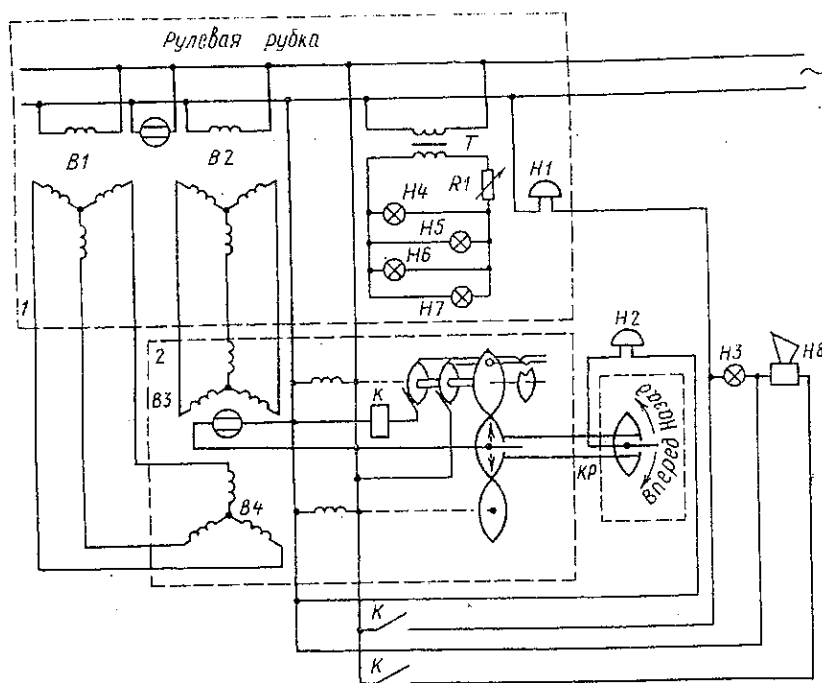


Рис. 27. Принципиальная схема машинного телеграфа с индукционной самосинхронизирующейся системой передачи:

1 — передатчик-приемник; B1 — сельсин-приемник; B2 — сельсин-датчик; H1 — зуммер; T — трансформатор; R1 — резистор; H4—H7 — лампы сигнальные; 2 — приемник-передатчик; B3 — приемник; B4 — ответный датчик; K — реле сигнализации; KP — прибор контроля реверсирования; H8 — ревун; H2 — звонок; H3 — лампа сигнальная

Для приборов управления судном чаще всего применяют индукционную самосинхронизирующую систему передачи. Трехфазные обмотки сельсина-приемника и сельсина-датчика соединяются так, чтобы э. д. с. обмоток были направлены навстречу одна другой и при одинаковом положении роторов были равны (рис. 27). При повороте ротора сельсина-датчика на некоторый угол равенство э. д. с. фазных обмоток датчика и приемника нарушается, между ними возникают уравнительные токи и развивается вращающийся момент, под действием которого ротор сельсина-приемника повернется на тот же угол, что и ротор сельсина-датчика. От одного сельсина-датчика могут питаться несколько сельсин-приемников.

Рулевые указатели на переменном токе работают также по принципу индукционной системы (рис. 28).

Для измерения частоты вращения гребных валов и валов вспомогательных механизмов применяются тахометрические системы (рис. 29).

При подготовке к работе машинных телеграфов и рулевых указателей следует произвести внешний осмотр приборов. При осмотре проверяют исправность предохранителей, защитных устройств и других элементов, уплотнение и чистоту приборов, наличие смазки. После осмотра или выполнения работ по техническому обслуживанию производят опробывание телеграфов со всех постов управления и убеждаются при этом в исправности: датчиков и приемников во всех положениях, сигнальных блинкеров, рукояток приборов и стопоров фиксаторов, освещения шкал приборов, сигнальных звуковых и световых приборов.

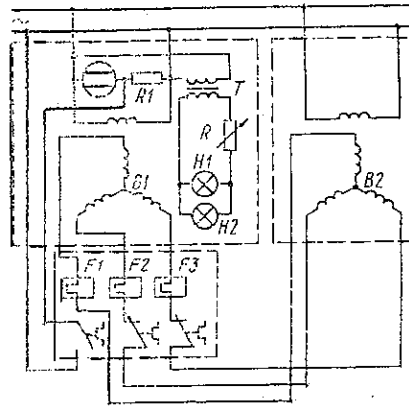


Рис. 28. Принципиальная схема рулевого указателя:

*B1* — сельсин-приемник; *B2* — сельсин-датчик; *T* — трансформатор понижающий; *R* — резистор; *H1*, *H2* — лампы сигнальные; *F1-F3* — реле защиты

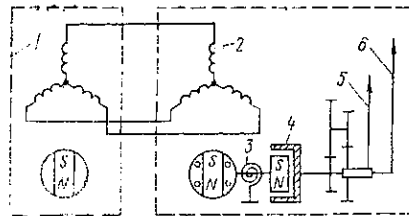


Рис. 29. Индукционный тахометр с синхронным генератором:

*1* — синхронный генератор; *2* — синхронно-реактивный двигатель; *3* — противодействующая пружина; *4* — асинхронный двигатель; *5* — стрелка грубого отсчета; *6* — стрелка тонкого отсчета

При опробовании рулевых указателей необходимо убедиться, что система указателя воспроизводит на приборе в рулевой рубке истинное положение пера руля с требуемой точностью.

В процессе эксплуатации машинных телеграфов и рулевых указателей необходимо следить за наличием питания и согласованностью показаний приборов. Напряжение сети должно быть номинальным. Без надобности держать установку под напряжением не рекомендуется. Разбирать телеграфы следует лишь в случае крайней необходимости. При замене неисправных деталей запасными и при регулировании приборов необходимо пользоваться только предназначенными для этого инструментами, поставляемыми заводом — изготовителем телеграфов. При разборке все детали промывают в бензине, вытирают насухо, а затем протирают промасленной ветошью.

ТО № 1 машинных и рулевых телеграфов и указателей производится ежедневно.

ТО № 2 производится один раз в неделю. При этом, кроме работ по ТО № 1, проверяют состояние привода тахогенератора, датчика указателя положения пера руля, соединений центральных и бортовых постов машинных телеграфов, легкость хода и фиксацию положений машинных телеграфов.

ТО № 3 производится один раз в год.

Характерные неисправности телеграфов переменного тока приведены в табл. 20.

Таблица 20

Характерные неисправности телеграфов переменного тока, их причины и способы устранения

Неисправности	Причины	Способы устранения
При вращении ротора сельсина-датчика ротор сельсина-приемника не вращается	Обрыв в цепи питания обмоток возбуждения сельсина. Обрыв в двух или трех фазах цепи вторичных обмоток сельсина	Устранить причины обрывов
При нормальной работе сельсина-датчика один из сельсинов-приемников выпадает из синхронизма, вторичные обмотки приемника и датчика перегреваются	Перегорел предохранитель в цепи возбуждения данного сельсина-приемника Обрыв в цепи возбуждения сельсина-приемника	Устранить причину и заменить перегоревший предохранитель
Роторы всех сельсинов-приемников не следуют за ротором сельсина-датчика	Перегорел предохранитель в цепи возбуждения сельсина-датчика Обрыв в цепи возбуждения сельсина-датчика	Устранить обрыв в цепи возбуждения сельсина-приемника. При повреждении обмотки заменить сельсин запасным Устранить причину и заменить предохранитель Устранить обрыв в цепи возбуждения сельсина-датчика. При пов-



Продолжение табл. 20

Неисправности	Причины	Способы устранения
<p>Один из сельсин-приемников имеет повышенные ошибки и перегревается</p> <p>При вращении ротора сельсина-датчика в одном направлении ротор одного сельсина-приемника вращается в обратном направлении</p> <p>При вращении ротора сельсина-датчика в одном направлении роторы всех сельсин-приемников вращаются в обратном направлении</p>	<p>Трение ротора сельсина-приемника о статор</p> <p>Неправильное включение вторичной обмотки сельсина-приемника</p> <p>Неправильное включение вторичной обмотки сельсина-датчика</p>	<p>реждения обмотки замочить сельсин запасным. Заменить сельсин-приемник запасным</p> <p>Поменять местами выводы двух фаз вторичной обмотки сельсина-приемника и согласовать его с сельсин-датчиком</p> <p>Поменять местами выводы двух фаз вторичной обмотки сельсина-датчика и согласовать его с сельсинами-приемниками (перестановкой стрелок, поворотом ротора или статора — при небольших углах рас-согласования)</p>
<p>Приемник рассогласован с датчиком на 180°</p>	<p>Неправильное включение первичной обмотки сельсина-приемника</p>	<p>Поменять местами выводы первичной обмотки сельсина-приемника</p>
<p>Все приемники рассогласованы с датчиком на 180°</p>	<p>Неправильное включение первичной обмотки сельсина-датчика</p>	<p>Поменять местами выводы первичной обмотки сельсина-датчика</p>
<p>Приемник рассогласован с датчиком на 120 или 240°</p>	<p>Неправильное включение вторичной обмотки сельсина-приемника</p>	<p>Произвести смещение фаз в сельсине-приемнике до согласования с сельсин-датчиком</p>
<p>Приемник рассогласован с датчиком на 60 или 300°</p>	<p>Неправильное включение первичной и вторичной обмоток</p>	<p>Переключить сначала первичную, а затем вторичную трехфазные обмотки</p>
<p>Приемник рассогласован с датчиком на произвольный угол, не равный 180, 120, 240, 60 и 300°</p>	<p>Напряжение сети значительно понизилось</p>	<p>Установить номинальное напряжение на источнике питания</p>
	<p>Плохой контакт на кольцах ротора сельсина-приемника</p>	<p>Очистить кольца и щетки</p>
	<p>Обрыв одной из фаз вторичной обмотки</p>	<p>Устранить обрыв</p>
	<p>Межвитковое замыкание в обмотках</p>	<p>Заменить сельсин</p>
	<p>Увеличение момента трения</p>	<p>Ликвидировать заедание</p>
<p>Резкое понижение сопротивления изоляции</p>	<p>Попала вода в прибор</p>	<p>Просушить прибор. Прокалить влагопоглотитель при температуре 150—200°С</p>
	<p>Пробой изоляции элементов прибора</p>	<p>Обнаружить место пробоя и устранить</p>

Продолжение табл. 20

Неисправности	Причины	Способы устранения
Вышло из строя освещение шкалы	Перегорели лампы Обрыв в цепи лампы	Заменить лампы Обнаружить и устранить обрыв
В приборах с освещением шкалы гудит трансформатор	Перегорел предохранитель в цепи первичной обмотки трансформатора Недостаточно стянуты пластины сердечника трансформатора Короткое замыкание	Устранить причину и заменить предохранитель Затянуть гайки у стягивающих шпилек
Не срабатывает реле, включающее сигнальные приборы Повышенный шум и гудение сельсина	Перегорел предохранитель в цепи реле Выработка подшипника, большой осевой ход ротора	Заменить трансформатор Устранить причину и заменить предохранитель Заменить подшипник Устранить осевой ход ротора или заменить сельсин

#### § 28. СИСТЕМЫ СИГНАЛИЗАЦИИ

Электрическая сигнализация — один из видов внутренней связи. К ней относятся системы пожарной сигнализации и сигнализации уровня подсланевых вод.

Пожарная сигнализация предназначена для оповещения о возникновении и месте пожара. В ходовой рубке судна устанавливается коммутатор электрической пожарной сигнализации, связанный отдельными линиями с извещателями, находящимися в местах возможного возникновения пожара. При возникновении пожара на коммутаторе в соответствующем окошке на передней его панели зажигается сигнальная лампа, что позволяет определить место пожара. Одновременно звонит звонок. В качестве извещателей используются: ручные пожарные извещатели в помещениях, где предполагается постоянное нахождение пассажиров или членов команды; тепловые автоматические извещатели максимального действия или комбинированные (в остальных помещениях). Наиболее распространен на судах комбинированный термоизвещатель типа МДПИ-0,28 (рис. 30). Основным его недостатком является малая вибрационная стойкость, которая часто приводит к ложным срабатываниям. Подключение конденсаторов параллельно извещателям значительно уменьшает количество ложных срабатываний. Более вибростойкими являются извещатели максимального действия с плавкой вставкой на температуру 70—90°С (рис. 31).

Сигнализация уровня подсланевых вод предназначена для оповещения о недопустимом повышении уровня воды под сланими. Специальные мембранные датчики устанавливаются

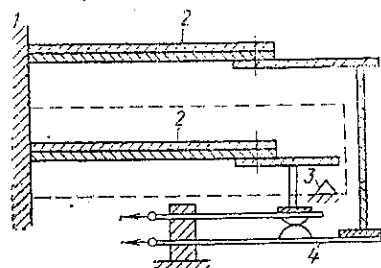


Рис. 30. Устройство комбинированного биметаллического термовызвателя:

1 — тепловой экран; 2 — биметаллические чувствительные элементы; 3 — упор; 4 — контактная группа

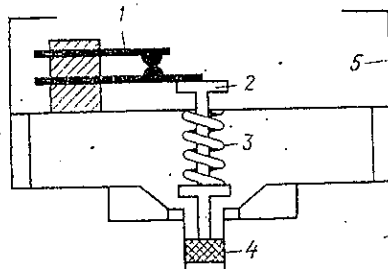


Рис. 31. Устройство пожаровызвателя максимального действия с плавкой вставкой:

1 — контактная группа; 2 — шток-толкатель; 3 — пружина; 4 — плавкая вставка; 5 — съемная крышка

по диаметральной плоскости судна в носовой и кормовой частях трюма. При замыкании контактов загорается сигнальная лампа в рулевой рубке.

При подготовке систем сигнализации к работе необходимо: произвести внешний осмотр;

проверить наличие и исправность сигнальных ламп и предохранителей;

проверить наличие напряжения от основного и аварийного источников питания.

В процессе эксплуатации систем сигнализации нужно следить за:

постоянной готовностью систем к работе;

исправностью электрооборудования, входящего в систему.

От качественного технического обслуживания существенно зависят техническое состояние, надежность и долговечность систем сигнализации.

ТО № 1 выполняют ежедневно. При этом вскрытую аппаратуру очищают от пыли сжатым воздухом давлением не более 0,2 МПа. Масло и влагу удаляют чистой белой ветошью.

ТО № 2 выполняют один раз в неделю. Кроме работ по ТО № 1, обжимают контактные соединения, проверяют схемы сигнализации по параметрам срабатывания, надежность автоматического подключения аккумуляторных батарей к системе питания сигнализации, целостность пожарных извещателей, состояние кабелей, кабельных вводов и сальниковых уплотнителей.

ТО № 3 выполняют один раз в год. При этом, кроме работ по ТО № 2, производят дефектацию аппаратуры, заменяют дефектные элементы, производят наладку по параметрам срабатывания, подкрашивают приборы внутри и снаружи.

В системах сигнализации находят широкое применение различного рода сигнальные приборы. Их размещают в машин-

ном отделении, в коридорах жилых помещений, на наружных стенах надстроек и в других специально оборудованных местах. В шумных помещениях в дополнение к звуковым приборам используют световую сигнализацию.

Во время эксплуатации необходимо регулировать приборы звуковой сигнализации и устранять возникшие неисправности.

**Звонки постоянного тока.** Регулирование этих звонков производят в такой последовательности:

при отпущенном якоре устанавливают зазор в 3—4 мм между бойком и чашкой, для чего подгибают стержень бойка; якорь быстро прижимают рукой к сердечнику электромагнита, звук при этом должен быть чистым;

включают питание и с помощью винта регулируют положение контактов до получения наибольшей громкости звука и наименьшего искрения;

при притяннутом якоре проверяют зазор между бойком и чашкой, он должен быть равным 0,3—0,5 мм.

**Ревуны постоянного тока.** Регулирование ревунов производят в следующем порядке:

устанавливают зазор в 1—1,3 мм между якором и торцами сердечников электромагнитов, закрепляют якорь в этом положении;

устанавливают регулировочный винт якоря так, чтобы он касался мембраны несколько раньше полного прижатия якоря;

включают питание и регулируют положение контактов до получения наибольшей громкости звука и наименьшего искрения.

**Трещотки постоянного тока.** Регулируют их в такой последовательности:

устанавливают короткозамкнутые витки так, чтобы они выступали за плоскость торцов сердечников на 0,2—0,3 мм;

устанавливают электромагнит таким образом, чтобы боевой ударника при вытянутом якоре находился против центра мембраны;

включают питание и регулируют положение контактов до получения наибольшей громкости звука и наименьшего искрения;

регулируют натяжение пружины, которая оттягивает якорь.

**Приборы звуковой сигнализации переменного тока.** Громкость звука трещоток регулируют с помощью пружины, оттягивающей якорь. Регулирование звонков, колоколов, ревунов производят регулировочными винтами.

Характерные неисправности приборов звуковой сигнализации приведены в табл. 21.

Т а б л и ц а 21

Характерные неисправности приборов звуковой сигнализации, их причины и способы устранения

Неисправности	Причины	Способы устранения
---------------	---------	--------------------

*В приборах звуковой сигнализации*

После включения прибора якорь притягивается к сердечнику электромагнита и остается в таком положении	Не размыкается контакт в цепи питания прибора	Отрегулировать положение пружины и винт так, чтобы контакт притянутом якоре размыкался
После включения прибора якорь колеблется, но боек не ударяет по чашке или мембране	Большие зазоры между бойком и чашкой или мембраной	Подогнуть стержень на котором крепится боек, у ревуна подвинтить винт-ударник

*В педальных замыкателях*

После того как педаль опущена, продолжается подача сигнала	Контакты приварились друг к другу из-за малого зазора	Отрегулировать положение пружины, довести величину зазора до нормальной
Педаль не возвращается в исходное положение	Лопнула возвратная пружина	Заменить пружину новой

*В электромагнитных замыкателях*

При нажатой педали не горит сигнальная лампа, звонок звенит	Перегорела лампа	Заменить лампу
При нажатой педали контакторы срабатывают, но сигнальная лампа не горит и звонок не звонит	Нарушилась регулировка контактов	Проверить и отрегулировать контакты

§ 20. ВНУТРИСУДОВАЯ СВЯЗЬ

Наиболее распространенной внутрисудовой связью является телефонная связь. К судовым телефонным установкам предъявляют требования: высокой надежности действия и безотказности; соответствия судовым условиям; обеспечения хорошего качества передачи; возможности осуществления одновременной связи с несколькими абонентами.

На судах применяют следующие виды телефонной связи: прямую, командную, отдельные коммутаторы, центральные коммутаторы ручного обслуживания, автоматические телефонные станции.

Прямая связь устанавливается между наиболее ответственными пунктами: например, между рубкой и каютой капита-

на, между рубкой и машинным отделением, между машинным отделением и каютой механика.

Система командной связи обеспечивает связь командного поста с ответственными пунктами на судне через командный коммутатор. Наибольшее распространение на судах речного флота получили батарейные телефонные аппараты типов ТАС-47 (стенной) и ТАК-47 (каютный), а также ТАС-М и ТАК-64 и безбатарейные телефонные аппараты типов СТА-1, СТА-2, СТА-3 и ТАК-Б.

Для парного и циркулярного соединения абонентов на речных судах используют коммутаторы типа КТК на 3, 7 и 12 абонентов, типа СТК на 4, 8, 12 и 20 абонентов, типа БКК на 3, 7 и 12 абонентов. В качестве центральных коммутаторов используют автоматические телефонные станции типов КАТС-10М и КАТС-20М.

При подготовке систем связи к работе необходимо:  
произвести внешний осмотр;  
проверить наличие и исправность сигнальных ламп и предохранителей;  
проверить наличие напряжения от основного и аварийного источников питания.

В процессе эксплуатации систем связи нужно тщательно следить за:

- постоянной готовностью их к работе;
- исправностью электрооборудования, входящего в систему;
- соблюдением правил пользования телефонными аппаратами.

Доступ к телефонным коммутаторам разрешается только на время регулировки, осмотра и устранения отказа.

Правильная организация обслуживания аппаратуры является необходимым условием надежной работы внутрисудовой связи. В любой момент времени аппаратура должна быть готова к действию. Общими признаками готовности ее к действию являются:

- соответствие изоляции цепей техническим требованиям;
- четкая и безотказная работа автоматики, сигнализации и блокировки;
- исправное механическое состояние деталей аппаратуры.

Побитую краску или лак следует немедленно восстанавливать. Пыль из аппаратуры нужно удалять ветошью и волосными мягкими щетками. Все контактные соединения должны быть всегда чистыми от окислов и надежно поджаты. Особое внимание должно быть уделено контактам реле. Чистку контактов от нагара необходимо производить ветошью, смоченной бензином.

В табл. 22 представлены некоторые неисправности в приборах телефонной связи.

Таблица 22

Некоторые неисправности в приборах телефонной связи  
и способы их устранения

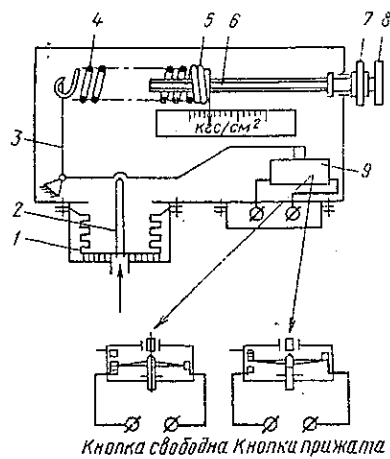
Неисправности	Причины	Способы нахождения и устранения
<p>При снятии микрофонной трубки на аппарате вызов на коммутаторе не получается</p> <p>При посылке вызова с коммутатора звонок и лампочка в аппарате абонента не работают</p>	<p>Перегорел предохранитель в вызывной цепи или плохой контакт в аппарате абонента</p> <p>Перегорел предохранитель в цепи вызова, плохой контакт в ключах, неисправность абонентского аппарата</p>	<p>Проверить по монтажной схеме предохранитель и все контакты вызывной цепи</p> <p>Для проверки исправности предохранителей и надежности контактов в ключах следует произвести посылку вызова по другим цепям ключей. Если ни в одной из цепей вызова не получается, проверить по монтажной схеме коммутатора надежность всех выводов в нем; если неисправность не будет обнаружена, проверить исправность линии и аппарата абонента</p>
<p>Абонент отвечает, но не слышит передачи с коммутатора</p>	<p>Плохой контакт в ключах, неисправность шнура или микрофона</p>	<p>Проверить контакты в ключах, исправность шнура, заменить микрофонный капсюль и, если неисправность не будет установлена, проверить линию абонента</p>
<p>Отсутствие сигналов отбоя на коммутаторе</p>	<p>Нет контактов в рычажных переключателях аппаратов соединенных между собой абонентов, а также в ключах коммутатора</p>	<p>Проверить надежность контактов рычажных переключателей аппаратов, а также проверить по монтажной и принципиальной схемам исправность отбойной цепи коммутатора</p>
<p>Не слышно абонента</p>	<p>Нет контакта между капсюлем и гнездом</p>	<p>Подогнуть пружины</p>
<p>Абонент не слышит, а его слышно хорошо</p>	<p>Нет контакта между микрофонным капсюлем и гнездом; обрыв шнура</p>	<p>Подогнуть пружины; заменить шнур</p>
<p>Нет сигнала звонка</p>	<p>Отвернулась чашка звонка</p>	<p>Отрегулировать чашку звонка</p>
<p>При наборе номера слышны щелчки в телефоне</p>	<p>Шунтирующие контакты номеронабирателя не замыкаются</p>	<p>Отрегулировать контактную группу номеронабирателя</p>
<p>Останавливается кольцевой диск при обратном ходе номеронабирателя</p>	<p>Сорвана или сломана заводная пружина номеронабирателя</p>	<p>Снять номеронабиратель и заменить исправным</p>

Продолжение табл.

Неисправности	Причины	Способы нахождения и устранения
При вращении рукоятки индуктора неоновая лампа не горит	Неисправна лампа, неисправен индуктор	Для определения места повреждения надо подключиться к какому либо из абонентов, включенных в коммутатор, послать ему вызов; если при этом окажется, что вызов к абоненту идет и лампа не горит, то неисправность в цепи лампы. Если же вызов не идет к абоненту, надо проверить регулировку контактной группы индуктора
При вращении рукоятки индуктора неоновая лампа периодически гаснет	Неисправна контактная группа индуктора	Произвести регулировку контактной группы индуктора

§ 30. ПРИБОРЫ АВТОМАТИЗАЦИИ СУДОВЫХ УСТАНОВОК

Для автоматизации и дистанционного контроля работы судовых установок и систем применяют различные реле: давления, уровня, температурные, центробежные и т. п.



На рис. 32 изображена принципиальная схема реле давления типа РДК-3. Оно предназначено для размыкания электрической цепи при понижении давления масла или воды ниже установленного и для замыкания цепи при повышении давления выше установленного значения на величину дифференциала. Шкала настройки давлений размыкания контактов рассчитана на диапазон 0—0,3 МПа.

Настройку реле на требуемое давление размыкания контактов осуществляют с помощью рукоятки 8 воздействием на пружину 4 через винт 6.

Рис. 32. Реле давления:  
1 — сильфон; 2 — шток сильфона; 3 — рычаг; 4 — пружина; 5 — обойма; 6 — ходовой винт; 7 — контргайка; 8 — рукоятка; 9 — микропереключатель



Во время эксплуатации реле необходимо проверять погрешность размыкания контактов и дифференциал. Поставив указатель на проверяемую точку шкалы, создают давление на 0,03—0,04 МПа больше уставки. После этого равномерно снижают давление до момента размыкания контактов. Затем, для определения дифференциала, повышают давление до замыкания контактов. Результаты проверки можно считать удовлетворительными, если погрешность размыкания контактов при температуре окружающего воздуха +20°С не превышает +0,008 МПа (0,08 кгс/см<sup>2</sup>), а дифференциал — не больше 0,0025 МПа (0,025 кгс/см<sup>2</sup>).

На рис. 33 показано устройство температурного реле типа ТР-200, предназначенного для контроля температуры рабочей среды в схемах сигнализации и автоматики. Диапазон контролируемых температур от +25 до +200°С.

Конструкция реле допускает плавное регулирование температуры срабатывания во всем диапазоне. Контакты 4 реле — размыкающиеся.

При нагревании, вследствие разности коэффициентов линейного расширения латуни и инвара, латунная трубка 1 и связанная с ней ось 3 перемещаются относительно инварных пружин 2.

Регулирование реле на необходимую температуру срабатывания производится с помощью винта 6. Вращение винта по часовой стрелке уменьшает, а против часовой стрелки увеличивает уставку реле. Для регулирования доводят температуру контролируемой среды по контрольному термометру до заданного значения, затем с помощью винта 6 добиваются срабатывания реле. Разность температур замыкания и размыкания контактов не должна превышать 5°С. После регулировки винт 6 закрывают колпаком и пломбируют.

Во время эксплуатации периодически проверяют срабатывание реле. Его перегрев не должен превышать температуру уставки более чем на 25°С. Патрон с чувствительным элементом должен находиться полностью в контролируемой среде.

Устройство поплавкового реле типа РП-52, предназначенного для контроля уровня воды, показано на рис. 34. Реле крепится внутри резервуара с жидкостью на одной из его стенок. Оно состоит из поплавка 3, связанного через систему рычагов и сильфон-разъединитель с контактной системой микровыключателя 1. При понижении уровня жидкости в резервуаре

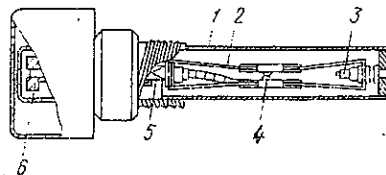


Рис. 33. Температурное реле ТР-200:  
1 — латунная трубка; 2 — инварная пружина; 3 — ось; 4 — контакты; 5 — система тяг; 6 — винт

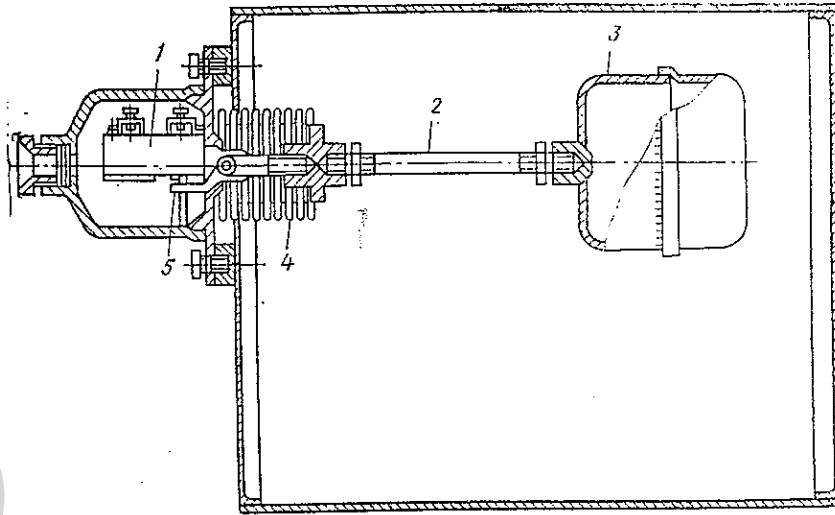


Рис. 34. Реле поплавковое:  
1 — микровыключатель; 2, 5 — система рычагов; 3 — поплавок; 4 — сифон-разъединитель

ре поплавок опускается, и в определенном его положении замыкаются контакты микровыключателя. Происходит пуск насоса.

При эксплуатации необходимо периодически проверять работу системы рычагов реле и зачищать контакты микровыключателя.

## ГЛАВА IX. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ

### § 31. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ

Электрические станции представляют собой комплекс электрических генераторов, распределительных устройств, аппаратуры, установленной на распределительных и кабельных линиях.

Генераторы судовых электростанций могут работать как раздельно, так и параллельно.

На современных судах предусматривается секционирование главного распределительного щита (ГРЩ) и потребителей для ремонтных целей, что позволяет не обесточивать полностью ГРЩ при проведении ремонтных работ.

Обслуживание электрических станций заключается в их подготовке к работе, опробовании и наблюдении за работой.

При подготовке электрической станции к работе необходимо:

- произвести внешний осмотр аппаратов главного распределительного щита, убедиться в отсутствии посторонних предметов, в правильности положения всех выключателей, переключателей и ручных регуляторов напряжения;

- проверить ручным включением исправность автоматов (контакторов) генераторов и ответственных потребителей;

- проверить состояние защитных средств, находящихся у ГРЩ, убедиться в наличии запаса тарированных плавких вставок;

- произвести наружный осмотр генераторов, аккумуляторов, преобразователей и регуляторов напряжения.

После осмотра электростанции или выполнения работ по техническому обслуживанию электрооборудования следует произвести опробование ее при холостом ходе и под нагрузкой.

При опробовании электростанции при холостом ходе генераторов необходимо:

- убедиться в отсутствии повышенной вибрации генератора и возбуждателя;

- убедиться в отсутствии искрения на кольцах и коллекторе; проверить правильность напряжения по штатному вольтметру и равенство напряжений во всех фазах;

- при наличии вольтметра и амперметра в цепях возбуждения проверить работу этих цепей;

- убедиться в исправной работе ручного и автоматического регуляторов возбуждения.

При опробовании электростанции под нагрузкой необходимо:

убедиться в исправной работе коммутационной аппаратуры;

убедиться в отсутствии недопустимого искрения на коллекторах генераторов и возбuditелей как в установившемся, так и в переходном режимах;

убедиться в нормальной работе регуляторов напряжения;

проверить отсутствие перегрева катушек и контактов аппаратов и других устройств ГРЩ;

у электростанции переменного тока убедиться в нормальном поддержании частоты;

при параллельной работе генераторов проверить работу аппаратов синхронизации и точность распределения активной и реактивной нагрузок;

проверить работу штатных электроизмерительных приборов;

проверить работу валогенераторов и аккумуляторных батарей;

произвести переход с валогенератора на аккумуляторную батарею;

произвести переход с батарей на дизель-генератор и проверить систему запуска.

При наблюдении за электростанцией во время ее работы необходимо следить за:

отсутствием повышенных шумов генераторов, возбuditелей и аппаратов ГРЩ;

отсутствием повышенного нагрева генератора, возбuditеля и аппаратов ГРЩ;

отсутствием перегрузки генераторов и потребителей, имеющих штатные измерительные приборы;

нормальным поддержанием напряжения и частоты тока;

состоянием сопротивления изоляции при наличии щитовых приборов контроля сопротивления изоляции;

правильным распределением нагрузки между параллельно работающими генераторами.

При работе валогенератора необходимо также следить за состоянием привода генератора и колебаниями частоты и напряжения.

У аккумуляторных батарей нужно следить за уровнем, плотностью и температурой электролита, особенно тщательно при работе батарей в буферном режиме.

Основные элементы судовых электростанций относятся ко 2-й группе потребителей, и поэтому их техническое обслуживание № 1 проводят один раз в месяц, ТО № 2 — один раз в два месяца, ТО № 3 — один раз в навигацию.

## § 32. ЭЛЕКТРОПРИВОДЫ

Электрическим приводом называется устройство, состоящее из электродвигателя, механической передачи и аппаратуры управления.

Анализ работы судовых электроприводов показывает, что наиболее часто выходит из строя аппаратура управления (85—90%) и только 10—15% повреждений приходится на электрические машины.

Основными условиями надежной работы электроприводов являются хорошее знание судовым электротехническим персоналом принципа работы схемы и устройства всех элементов, тщательное и своевременное их обслуживание.

Обслуживание электроприводов заключается в их подготовке к работе, опробовании и наблюдении за работой. При подготовке электропривода к работе необходимо:

- провести внешний осмотр всего электропривода;
- проверить положение пусковых устройств;
- проверить исправность электромагнитного и механического тормозов;

- произвести внешний осмотр аппаратов управления;
- проверить легкость вращения.

После осмотра или выполнения работ по техническому обслуживанию следует произвести опробование электроприводов при местном, дистанционном и автоматическом управлении.

При опробовании электроприводов необходимо убедиться в:

- исправной работе коммутационных аппаратов;
- отсутствии недопустимого искрения на кольцах и коллекторах электродвигателей;

- отсутствии местных перегревов электрических машин;

- отсутствии перегрева катушек и контактов аппаратов;

- исправности сигнализации;

- нормальной работе электроизмерительных приборов.

В процессе эксплуатации электроприводов необходимо следить за:

- отсутствием повышенной вибрации;

- нагрузкой привода, не допуская его перегрузки;

- нагревом электрических машин, не допуская их перегрева;

- отсутствием искрения на коллекторе и кольцах электрических машин;

- исправностью аппаратов управления и защиты.

Электроприводы должны быть немедленно отключены от сети в случаях:

- появления дыма или огня из двигателя или его пускорегулирующих аппаратов;

- сильной вибрации, угрожающей целостности электропривода;

- порчи тормозов;

поломки приводного механизма;  
 недопустимого нагрева подшипников;  
 резкого снижения частоты вращения, сопровождающегося быстрым нагревом двигателя;  
 искрения на коллекторе (кольцах), превышающего допустимое.

Электроприводы, находящиеся в резерве или предназначенные для работы в случае аварии, должны находиться в состоянии полной готовности к пуску.

В зависимости от группы, к которой относится данный электропривод, установлена периодичность проведения технического обслуживания.

Техническое обслуживание № 1 проводят для электроприводов 1-й группы один раз в неделю, 2-й — один раз в месяц, 3-й — один раз в три месяца.

Техническое обслуживание № 2 проводят для электроприводов 1-й группы один раз в месяц, 2-й — один раз в три месяца, 3-й — один раз в навигацию.

Техническое обслуживание № 3 проводят для электроприводов 1-й группы один раз в год, 2-й — один раз в два года, 3-й — один раз в три года.

Основные неисправности, возникающие в системах управления электроприводами, приведены в табл. 23.

Таблица 23

Неисправности в системах управления электроприводами

Неисправности	Причины	Способы устранения
Не срабатывает ни один из аппаратов станции управления	Сгорели предохранители в цепи главного тока; не включен автомат питания	Заменить предохранители, включить автомат
Электродвигатель не запускается	Сгорели предохранители в цепи управления Залипли контакты максимального реле	Заменить предохранители Устранить залипание
Напряжение на станцию управления подано, но электродвигатель не включается	Неисправности цепей и вспомогательных контактов датчиков автоматизированных установок, включенных в оперативные цепи линейного контактора Обрыв в цепи питания катушки линейного контактора	Проверить оперативные цепи и состояние вспомогательных контактов датчиков, устранить неисправности Проверить контрольной лампой цепь питания катушки и состояние контактов ключного поста либо командоаппарата

Продолжение табл. 23

Неисправности	Причины	Способы устранения
<p>При нажатии кнопки «Стоп» электродвигатель не останавливается</p>	<p>Обрыв в обмотке катушки линейного контактора Заземление или замыкание в цепи кнопки «Стоп»</p>	<p>Устранить повреждение, заменить катушку Отключить питание электродвигателя автоматом на шпите. Устранить замыкание (заземление)</p>
<p>Чрезмерный бросок тока при пуске электродвигателя</p>	<p>Приварились или заклинились контакты линейного контактора Неисправны контакторы (реле) ускорения; малые выдержки времени на пусковых ступенях</p>	<p>Проверить состояние контактов и пружин контактора; устранить повреждения Проверить исправность и последовательность работы, отрегулировать выдержки времени контакторов (реле) ускорения</p>
<p>Электродвигатель работает с пониженной частотой вращения</p>	<p>Приварились контакты реле (контакторов) ускорения, заклинились или неисправны пружины Не шунтируются отдельные ступени пусковых резисторов вследствие неисправности контакторов (реле) ускорения (повреждены катушки, заедают подвижные части)</p>	<p>Проверить контакты реле (контакторов) ускорения и устранить повреждения Отрегулировать контакторы (реле) ускорения. Проверить, отремонтировать или сменить поврежденные катушки, обеспечить свободу движения подвижных частей</p>
<p>При отпуске кнопки «Пуск» электродвигатель останавливается</p>	<p>Неисправности в цепи вспомогательных контактов линейного контактора, шунтирующих кнопку</p>	<p>Проверить цепь, шунтирующую пусковую кнопку, и устранить неисправность</p>
<p>Пусковые резисторы чрезмерно перегреваются</p>	<p>Не работают все или отдельные контакторы (реле) ускорения Короткое замыкание в резисторе Резистор замкнут на корпус</p>	<p>Проверить и устранить неисправности контакторов (реле) ускорения Осмотреть резисторы и устранить неисправность Проверить изоляцию резистора и устранить неисправность</p>
<p>Электродвигатель нельзя остановить командо-контроллером</p>	<p>Плохой контакт между отдельными секциями резистора Заземление или замыкание в цепи управления или командоконтроллера</p>	<p>Проверить и восстановить цепь, поджать контакты Устранить заземление или замыкание</p>

Продолжение табл. 23

Неисправности	Причины	Способы устранения
Реверсивные контакторы разных направлений включаются одновременно	Приварились контакты одного из реверсивных контакторов	Проверить и зачистить контакты
Электродвигатель работает только в одном направлении	Неисправна механическая блокировка Повреждена катушка контактора обратного направления Неисправна механическая блокировка	Проверить блокировку, устранить перекос Проверить катушку, отремонтировать либо заменить Осмотреть и отрегулировать механическую блокировку

*Неисправности в схемах управления электроприводами постоянного тока*

При пуске без нагрузки электродвигатель идет «вразнос». При пуске под нагрузкой электродвигатель не запускается, срабатывает защита	Нарушение цепи обмотки возбуждения	Проверить цепь обмотки возбуждения, устранить неисправности
Электродвигатель под нагрузкой работает с повышенной частотой вращения	Обрыв перемычки, шунтирующей часть установочного резистора в цепи независимого или параллельного возбуждения	Проверить и восстановить перемычку
Электродвигатель даже при небольшой нагрузке и полностью выведенном пусковом резисторе работает при пониженной частоте вращения	Контактный хомутник перемычки, шунтирующей часть установочного резистора, включенного в цепь обмотки возбуждения, сдвинут в сторону уменьшения сопротивления резистора	Проверить, установить контактный хомутник на место и закрепить
При пуске электродвигателя линейный контактор включается и отключается	Неисправны цепи питания удерживающих катушек таймтакторов	Проверить цепи питания таймтакторов, неисправные катушки заменить

*Неисправности в схемах управления электроприводами переменного тока*

Контакторы включаются, электродвигатель не идет в ход и гудит	Сгорел предохранитель в одной из фаз силовой цепи. Сгорел нагревательный элемент электротеплового реле	Проверить предохранители и нагревательный элемент электротеплового реле. Перегоревший предохранитель заменить. Сгоревший элемент электротеплового реле заменить
Электродвигатель отключается электротепловым реле	Перегрузка электродвигателя	Уменьшить нагрузку



Продолжение табл. 23

Неисправности	Причины	Способы устранения
Неверсивный электродвигатель вращается в обратном направлении	Сгорел предохранитель одной из фаз силовой цепи При сборке допущено неправильное включение фаз питающей сети	Заменить предохранитель Проверить и переключить две фазы

### § 33. ЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДВС И СПАСЗО

Электрифицированная система дистанционного автоматического управления (ДАУ) двигателями внутреннего сгорания (ДВС) представляет собой комплекс оборудования и аппаратов, обеспечивающих бесперебойную работу главных ДВС. Для пуска дизелей применяют три типа систем ДАУ: пневматическую, получившую наибольшее распространение, гидравлическую и электрическую. У пневматических систем ДАУ для их бесперебойной работы необходимо периодически проверять герметичность всех соединений и клапанов с тем, чтобы они позволяли производить до четырех пусков после 10 ч стоянки и 6 ч непрерывной работы при открытых вентилях на баллонах пускового воздуха. Гидравлические системы также должны иметь надежную герметичность. У электрических систем следует периодически зачищать и проверять на срабатывание контактные элементы, обеспечивая этим указанное число пусков. Необходимо содержать в исправном состоянии контрольно-измерительные приборы, а также приборы звуковой и световой сигнализации.

В машинном отделении каждый датчик, контролирующий определенный параметр, подключен к постоянно действующей световой сигнализации с тем, чтобы сразу можно было определить, где имеется отклонение от нормального режима. Система предупредительной и аварийной сигнализации и защиты отключаемой (СПАСЗО) на действующих дизелях применяется в основном электрическая. При соблюдении заводских инструкций по уходу за СПАСЗО при количестве циклов срабатываний не менее 10 тыс. срок службы ее не менее 10 тыс. ч. Проверку и регулирование системы производят через 500 ч работы дизеля. Системы аварийно-предупредительной сигнализации должны обеспечивать подачу сигналов в машинном отделении при температуре до +40°C, относительной влажности

воздуха 95%, при вибрации с максимальным ускорением до 15 м/с<sup>2</sup> и частотой от 3 до 80 Гц.

Сигнальные группы СПАСЗО, контролирующие падение давления масла в системе смазки и частоту вращения коленчатого вала дизеля, должны срабатывать в течение не более 0,2 с, включая срабатывание стоп-устройства, а сигнальные группы, контролирующие температуру воды и масла, включая стоп-устройства, — не более чем за 22 с.

Электрические СПАСЗО должны обеспечивать срабатывание всех сигнальных групп при изменениях напряжения в цепях питания на  $\pm 25\%$  от номинального напряжения 24 В постоянного тока, который обычно используется для этих целей.

При подготовке электрической системы ДАУ к работе необходимо:

- произвести внешний осмотр всего электрооборудования и убедиться в отсутствии внешних признаков неисправностей;

- проверить готовность системы к работе.

После осмотра или выполнения работ по техническому обслуживанию следует произвести опробование системы с пульта управления энергетической установкой. При опробовании проверяется:

- работа двигателей пуска, реверса и изменения подачи топлива;

- работа путевых и конечных выключателей;

- работа коммутационной аппаратуры;

- точность выполнения команд.

В процессе эксплуатации систем управления ДВС необходимо следить за исправностью:

- монтажа и креплений аппаратуры;

- путевых выключателей и микропереключателей;

- коммутационной аппаратуры;

- сигнализации.

При подготовке систем СПАСЗО к работе необходимо произвести внешний осмотр электрооборудования и устройств. В процессе эксплуатации систем СПАСЗО необходимо следить за:

- отсутствием внешних повреждений датчиков и целостью электрических цепей;

- отсутствием перегоревших ламп;

- исправностью звуковых сигнальных приборов;

- правильностью работы системы.

Системы ДАУ и СПАСЗО относятся к 1-й группе потребителей, и технические обслуживания элементов этих систем проводятся в следующие сроки: ТО № 1 — один раз в неделю, ТО № 2 — один раз в месяц, ТО № 3 — один раз в год.

#### § 34. ГРЕБНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ

При подготовке к работе гребной электрической установки (ГЭУ) необходимо:

- произвести внешний осмотр гребных электродвигателей, генераторов и агрегатов возбуждения;
- проверить коммутационную аппаратуру и приборы на пульте управления, в главном распределительном щите;
- проверить исправность сигнальных ламп.

После осмотра или выполнения работ по техническому обслуживанию следует произвести опробование ГЭУ. При этом необходимо убедиться в:

- отсутствии недопустимого искрения на кольцах и коллекторах электродвигателей;
- исправной работе коммутационных и защитных аппаратов;
- нормальной работе агрегатов возбуждения;
- отсутствии перегрева катушек и контактов аппаратов;
- нормальной работе электронизмерительных приборов;
- исправности сигнализации.

В процессе эксплуатации ГЭУ необходимо следить за:

- работой гребных двигателей и генераторов и состоянием щеточного аппарата и коллекторов;
- работой системы вентиляции и охлаждения гребных электродвигателей и генераторов;
- работой возбуждающих агрегатов;
- работой коммутационных аппаратов и приборов на пульте управления и щите ГЭУ;
- состоянием смазки и температурой подшипников электрических машин ГЭУ;

сигнализирующими устройствами и в случае появления сигналов (звукового, светового) принять меры к немедленному устранению неисправности. Если устранить неисправность без остановки ГЭУ не представляется возможным, то следует сообщить вахтенному начальнику о необходимости ее остановки.

Гребная электрическая установка относится к потребителям I-й группы, поэтому периодичность технических обслуживаний ее обусловлена сроками, указанными в главе III.

#### § 35. ОСОБЕННОСТИ ОБСЛУЖИВАНИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ НЕФТЕПАЛИВНЫХ СУДОВ

Обслуживание электрифицированных систем нефтепаливных судов должно производиться в соответствии с Правилами обслуживания судового электрооборудования и ухода за ним, Правилами Речного Регистра РСФСР, а также инструкциями заводов-изготовителей.

В целях обеспечения взрыво- и пожаробезопасности при эксплуатации электрооборудования на нефтеналивных судах необходимо выполнять ряд дополнительных требований по контролю:

- сопротивления изоляции (при наличии щитовых приборов один раз за вахту);

- состояния взрывозащищенных переносных аккумуляторных фонарей;

- соединения с корпусом судна металлических цистерн, насосов, трубопроводов, предназначенного для выравнивания статических зарядов, и непрерывности соединения этих элементов между собой;

- блокировки грузовых насосов с вентиляторами;

- нагрева двигателей грузовых насосов;

- за взрывозащищенными светильниками.

При работе в грузовых танках, топливных цистернах, в насосных отделениях и помещениях, где возможно наличие взрывоопасных газов, переносное освещение осуществляется только специальными аккумуляторными фонарями взрывозащищенного исполнения.

На нефтеналивных судах устройство люминесцентного освещения запрещается. Устройства для выравнивания статических зарядов должны осматриваться ежедневно.

Ежемесячно визуально проверяется отсутствие внешних повреждений труб, в которых проложены кабели, а во время зимнего ремонта на судах I группы проводится испытание их сжатым воздухом.

## ГЛАВА X. НАЛАДОЧНЫЕ РАБОТЫ

### § 36. ОРГАНИЗАЦИЯ НАЛАДОЧНЫХ РАБОТ

Организация наладочных работ при подготовке к пуску электрифицированных судовых установок имеет следующие цели [9]: достижение предусмотренных проектом технологических показателей (скорость, быстрдействие, производительность и т. д.) и надежной безаварийной работы электрооборудования в эксплуатации;

соблюдение сроков ввода судна в действие в соответствии с утвержденным графиком;

соответствующее оформление технической документации, отражающей результаты проведенных наладочных работ, качества проекта и монтажа.

Комплекс наладочных работ предусматривает:

проверку соответствия установленного электрооборудования и выполненного монтажа;

определение технического состояния установленного оборудования и правильности выполнения коммутации схем;

проверку правильности взаимодействия и взаимосвязей всех элементов схемы под напряжением;

настройку и регулировку всех элементов схемы;

включение и опробование в работе всей электрической установки в комплексе с проверкой взаимодействия элементов схемы и технологического оборудования;

ввод в эксплуатацию электрической установки и проведение необходимых режимных испытаний;

оценку качества монтажа электрооборудования;

сдачу отчетной технической документации.

Следует отметить, что увеличение числа контрольных операций приводит, с одной стороны, к увеличению времени наладочных работ, но, с другой стороны, своевременно выявленные неисправности, устраненные перед первым пуском, исключают повреждения как отдельных элементов и аппаратуры, так и систем в целом.

При производстве наладочных работ выявляются дефекты проекта, монтажа и электрооборудования, вносятся необходимые исправления и добавления (по согласованию с проектной организацией). Наладочные работы, как показывает опыт, целесообразно проводить параллельно с заключительной стадией монтажа, не дожидаясь его полного окончания. Весьма рацио-

нально выполнять предварительную проверку электрооборудования вне зоны монтажа, что значительно облегчает наладочные работы и сокращает общие сроки ввода судна в эксплуатацию.

**Предварительные наладочные операции.** Наладочный персонал должен заблаговременно изучить техническую документацию электрооборудования судна, подлежащего наладке: пояснительные и расчетные записки, производственные характеристики механизмов (назначение, скорость и т. д.), принципиальные схемы и схемы внешних соединений, информационные материалы и типовые инструкции заводов-изготовителей, касающиеся специальных устройств (автоматических регуляторов магнитных усилителей и др.). При изучении проектных материалов рекомендуется делать выписки основных расчетных данных, уставок реле, зарисовки особо важных узлов схем и т. п.

**Техническое оснащение.** До начала наладки следует подобрать и укомплектовать всю необходимую электронизмерительную аппаратуру, инструмент, защитные средства по технике безопасности. Все приборы нужно предварительно проверить. Они должны иметь пломбы, подтверждающие соблюдение срока периодического испытания. Защитные средства по технике безопасности должны иметь клеймо последней проверки. Кроме того, нужно подготовить необходимую проектную документацию, справочный материал и т. д.

Количественный и квалификационный состав наладчиков определяется объемом, профилем и сложностью наладиваемого объекта, а также сроками ввода его в эксплуатацию.

Пусконаладочные работы рекомендуется проводить в три этапа. На первом этапе, совпадающем с ознакомлением с проектом, производят предварительную настройку контактно-релейной аппаратуры, магнитных, электромашинных усилителей и т. д. На этом этапе наладки электрооборудование подвергают внешнему осмотру, проверяют работу механической части в соответствии с инструкциями заводов-изготовителей.

Второй этап совпадает с периодом завершения электромонтажных работ. На этом этапе производят проверку схемы электроприводов, опробование коммутационной аппаратуры и пробное включение электродвигателей от временных или постоянных источников питания. Эти работы связаны с подачей напряжения в схему цепей управления и сигнализации. В результате проведения второго этапа наладочных работ должны быть выявлены все недоделки и ошибки в монтаже, а также возможное несоответствие проекту и неисправность смонтированной аппаратуры. Наладочные работы второго этапа требуют особого внимания к вопросам организации и обеспечения безопасности проведения работ ввиду разнообразия схем, разветвленности цепей и различных по значению напряжений.

Третий этап наладочных работ проводится по завершении монтажа электрической установки. На этом этапе производится окончательная настройка функциональной и защитной аппаратуры, комплексное опробование работы электрооборудования и его испытание, подготовка технической документации.

### § 37. ПРИБОРЫ И АППАРАТУРА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА НАЛАДОЧНЫХ РАБОТ

Для проведения наладочных работ, измерения различных электрических величин и обеспечения точности таких измерений применяют электроизмерительные приборы, специальные аппараты и установки. Электроизмерительные приборы, используемые при наладочных работах, должны: обеспечивать правильность показаний в пределах, относящихся к данному классу точности прибора; подвергаться своевременной периодической проверке; быть транспортабельными и многопредельными.

К основным приборам и устройствам, применяемым для наладочных работ, относятся: переносные приборы для проверки защит; приборы для испытания изоляции; приборы для определения порядка следования фаз; устройства для проверки правильности монтажа проводов; стенд для проверки распределительной аппаратуры; стенд для проверки электроизмерительных приборов; стенд для проверки тахометров.

Регулировку и проверку уставок срабатывания аппаратов тепловой и максимальной электрической защиты в энергетических системах с частотой 50 Гц и токами срабатывания до 50, 1000 и 5000 А выполняют с помощью приборов серии ППЗ (ППЗ-50-50, ППЗ-1000-50, ППЗ-5000-50) или УПАЗ.

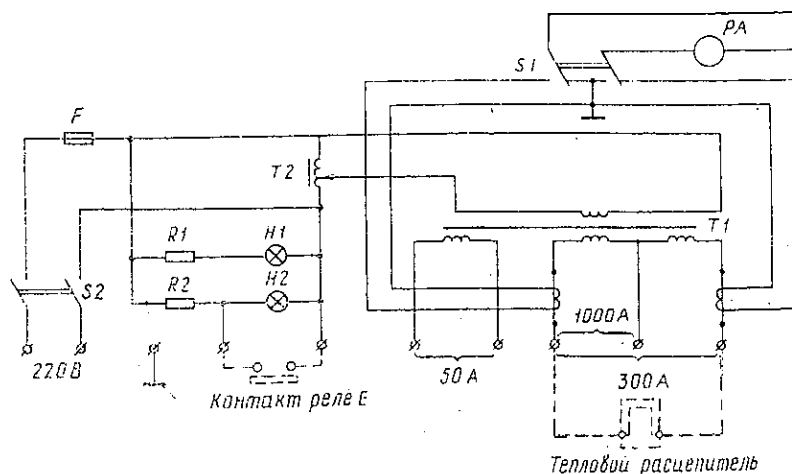


Рис. 35. Электрическая схема прибора типа ППЗ-1000-50

На рис. 35 представлена принципиальная схема прибора типа ППЗ-1000-50. Основными элементами схемы являются силовой трансформатор  $T1$ , автотрансформатор  $T2$ , устройство сигнализации и контроля. Начало и конец испытательного режима фиксируются по загоранию ламп  $H1$  и  $H2$  соответственно. Плавность регулирования тока осуществляется изменением положения рукоятки автотрансформатора  $T2$ . Диапазон регулирования 5—50, 50—300, 300—1000 А. Перед началом проверки должны быть согласованы значения испытательного тока, положение переключателя  $S1$  амперметра и цена деления его шкалы. Соединение прибора с электротепловым реле  $E$  производится гибким кабелем марки РШМ, к выводам мостикового контакта реле подключается кабель площадью сечения  $2 \times 1,5$  мм<sup>2</sup>. Ожидаемый ток срабатывания защиты можно определить по формуле

$$I_{\text{ср}} = I_n \cdot 1,35 \sqrt{\frac{90 - t}{50}},$$

где  $I_n$  — номинальный ток реле, А;  
 $t$  — температура окружающей среды, °С.

Размеры прибора 540 × 290 × 265 мм, масса 33 кг.

Для проверки тепловой электрической защиты в системах с частотой тока 400 Гц созданы приборы типов ППЗ-50-400 и ППЗ-400-400 с токами срабатывания 50 и 400 А соответственно. Электрические схемы этих приборов в основном аналогичны схемам приборов типов ППЗ-50-50 и ППЗ-1000-50.

Одной из наиболее распространенных операций при наладке судового электрооборудования является измерение сопротивления изоляции. Для этого пользуются переносными мегомметрами. В настоящее время наиболее распространены два типа мегомметров—индукторный М1101М и безындукторный БМ-1М. Требование к частоте вращения ручки привода генератора ( $120 \pm 20$  об/мин) у мегомметра М1101М создает ряд неудобств в пользовании этим прибором. Оно послужило причиной создания безындукторного мегомметра (рис. 36).

Напряжение на разомкнутых щупах мегомметра в зависимости от положения переключателя  $S1$  устанавливаются 100 или 500 В. Схема состоит из мультивибратора, выполненного на транзисторах  $V1$  и  $V2$ , резисторах  $R1—R4$ , диодах  $V5$  и  $V6$ , конденсаторах  $C1$  и  $C2$ , и кнопки  $S$ ; переключающего устройства, собранного на транзисторах  $V3$  и  $V4$ ; повышающего трансформатора  $T$ ; умножителя напряжения, собранного на диодах  $V7$  и  $V8$  и конденсаторах  $C3—C6$ ; микроамперметра  $mPA$  со шкалой, отградуированной в МОм; батареи питания  $GB$ ; потенциометра уставки нуля  $R$ . Размеры мегомметра 209 × 143 × 155 мм, масса 2,4 кг.

Для определения порядка следования фаз в трехфазных системах напряжением 380 В, частотой 50 или 400 Гц, а так-



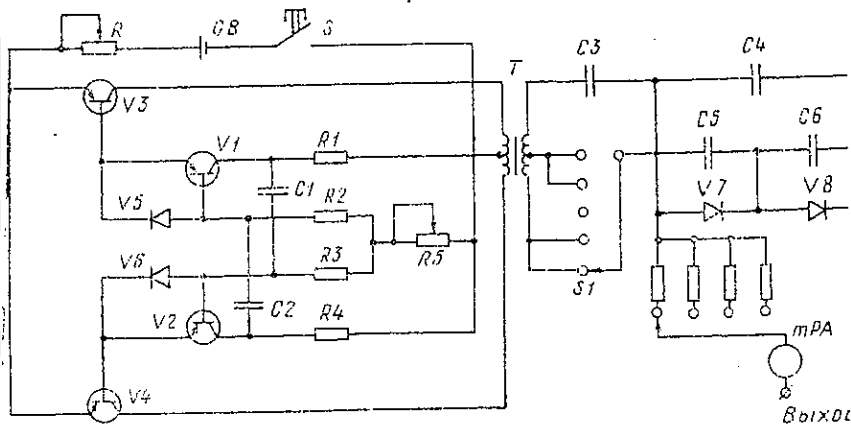


Рис. 36. Безындукторный мегомметр типа БМ-1М

же для определения наличия напряжения в сетях постоянного тока напряжением 110/220 В и переменного тока 127/380 В применяется фазоуказатель-пробник типа ФП-1 (рис. 37).

Электрическая схема прибора выполнена по принципу фильтра напряжений обратной последовательности и состоит из конденсаторов  $C1$  и  $C2$ , резисторов  $R1$ ,  $R2$ ,  $R3$  и неоновой лампы  $H$ .

Активное сопротивление резисторов и емкость конденсаторов рассчитаны так, чтобы ток  $I_a$  в плече  $A$  опережал напряжение  $U_{ab}$  на  $30^\circ$ , а в плече  $C$  ток  $I_c$  опережал напряжение  $U_{bc}$  на  $60^\circ$ . При прямом порядке чередования фаз (рис. 37, б) напряжение на выходе фильтра в точках  $m$  и  $n$  равно нулю ( $U_{mn} = 0$ ). В случае изменения порядка чередования фаз на обратный (рис. 37, в), например при переключении

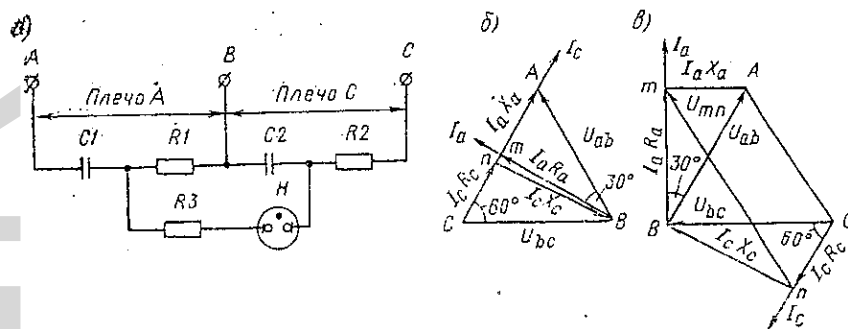


Рис. 37. Фазоуказатель-пробник типа ФП-1:  
а — принципиальная схема; б, в — векторные диаграммы

фаз *B* и *C*, это напряжение возрастает до значения, равного полуторному линейному напряжению. Неоновая лампа включена на выходное напряжение фильтра  $U_{пл}$ . Очевидно, что лампа загорается только при обратном чередовании фаз.

Проверка цепей, осуществляемая малопроизводительными средствами, требует продолжительного времени. Ее выполняют обычно два электромонтажника. Значительное увеличение на судах протяженности кабельных линий и числа жил кабелей потребовало создания технологических устройств ускоряющих проверку жил кабелей.

Наиболее полно судовым условиям отвечает устройство «Ладога» (рис. 38), разработанное Б. А. Егоровым и Н. С. Калашниковым для контроля жил кабелей [7]. Оно обеспечивает определение номеров жил (при любом способе оконцевания) с фиксацией обрыва и короткого замыкания жил на корпус. Все контрольные операции выполняет один человек. Объем проверки — до 50 жил.

В комплект устройства входят: пульт управления *ПУ*, кодирующий преобразователь *ПК*, пять технологических жгутов *ЖТ* и присоединительный шнур *ШП*. Жгут с зажимами типа «крокодил» служит для проверки жил, оконцованных любым способом, четыре других жгута, снабженных комбинированными контактами, применяются при напаянных штепсельных разъемах.

Принцип действия устройства основан на использовании комбинированных резисторно-диодных добавочных сопро-

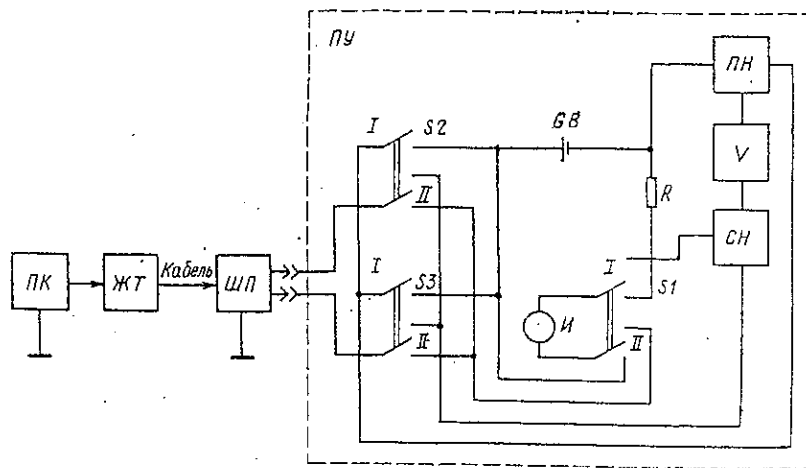


Рис. 38. Функциональная схема устройства «Ладога»:

*ПК* — преобразователь кодирующий; *ЖТ* — жгут технологический; *ШП* — шнур присоединительный; *ПУ* — пульт управления; *S1-S3* — переключатели; *GB* — источник питания; *И* — индикатор; *ПН* — преобразователь напряжения; *V* — выпрямитель; *СН* — стабилизатор напряжения

тивлений, осуществляющих кодирование номера каждой жилы проверяемого кабеля строго определенным значением постоянного тока. На рис. 39 изображена схема кодирующего элемента, состоящая из резисторов  $R_1$  и  $R_2$  и диодов  $V_1$  и  $V_2$ . Сопротивления резисторов должны удовлетворять условию

$$R_{пр.д} \ll R_i \ll R_{обр.д},$$

где  $R_i$  — сопротивление резистора;  
 $R_{пр.д}$ ;  $R_{обр.д}$  — соответственно прямое и обратное сопротивления диодов.

Жила кабеля обычно замаркирована каким-либо номером. Резистор  $R_1$  кодирует число десятков, а резистор  $R_2$  — число единиц в номере жилы. При указанной на схеме полярности источника питания  $GB$  ток течет через резистор  $R_1$ , диод  $V_2$ , жилу кабеля и миллиамперметр  $mPA$ . При обратной полярности ток течет через прибор, жилу кабеля, резистор  $R_2$  и диод  $V_1$ . Для отсчета числа десятков в номере проверяемой жилы необходимо установить переключатель  $S_3$  в положение  $I$  (см. рис. 38), для отсчета числа единиц нужно установить переключатель  $S_2$  в положение  $1$ .

Особенностью других устройств является то, что проверка жил кабелей сопровождается измерением сопротивления изоляции между жилой и корпусом. Устройство «Нева-3», функциональная схема которого представлена на рис. 40, предназначено для проверки правильности монтажа жгутов проводов, распаянных на штепсельные разъемы, с числом контактов до 200. Устройство позволяет выполнять проверку в двух режимах:

1-й — автоматическая проверка правильности монтажа жгутов проводов, с обоих концов которых напаяны штепсельные разъемы. Устройство сигнализирует об уменьшении сопротивления изоляции между жилой и корпусом ниже 20 МОм, о коротком замыкании между жилами;

2-й — автоматическая проверка правильности монтажа при напайке штепсельного

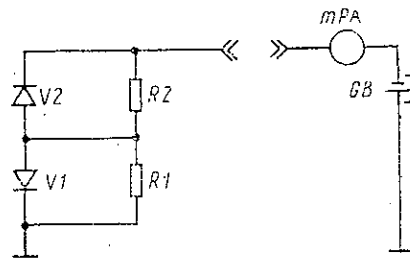


Рис. 39. Элементарная кодирующая ячейка преобразователя

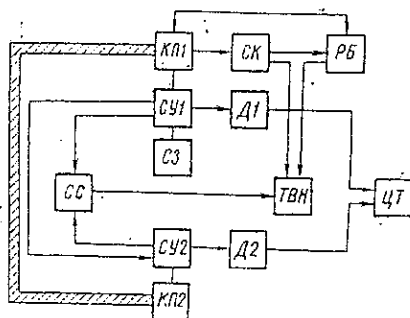


Рис. 40. Функциональная схема прибора «Нева-3»

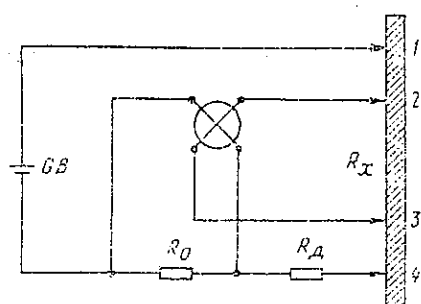


Рис. 41. Принципиальная схема прибора М246

разъема с одной стороны жгута проводов. Устройство позволяет определить номер гнезда, к которому припаяна жила.

Основными блоками схемы являются: контактная пирамида *КП1*, обеспечивающая проверку на первом режиме; контактная пирамида *КП2*, обеспечивающая проверку на втором режиме; *СУ1* — схема управления контактной пирамидой *КП1*; *СУ2* — схема управления контактной пирамидой *КП2*; схема запуска *СЗ*; схема контроля *СК*; дешифраторы *Д1* и *Д2*; табло вида неисправностей *ТВН*; цифровое табло *ЦТ*; решающий блок *РБ*; схема сравнения *СС*.

Размеры устройства 600×310×370 мм, масса 30 кг.

В процессе наладки иногда требуется измерить переходное сопротивление контактов и подобных элементов с малым сопротивлением. Для этих целей служит микроомметр типа М246 с пределами измерений 0—100—1000 мкОм и 10—100—1000 мОм (рис. 41). Измеряемый элемент подключается в четырех точках. Контакты 1 и 4, служащие для замыкания цепи рабочего тока, отделены от потенциальных контактов 2 и 3, что вызвано желанием избежать погрешности из-за переходного сопротивления контактов. Прибором М246 не разрешается пользоваться при измерении сопротивлений более 0,1 Ом, а также сопротивлений менее 1 Ом, обладающих значительной индуктивностью (обмотки статора, ротора).

Принципиальная схема стенда для проверки распределительной и коммутационной аппаратуры двигателей постоянного и переменного тока, реле защиты от обрыва фазы, релейно-контакторной аппаратуры, установленной на распределительных щитах, показана на рис. 42 [21]. Стенд выполнен в виде переносного металлического чемодана с двумя съемными крышками. Проверка аппаратуры сводится к подаче на нее со стенда соответствующего напряжения и ее включению с помощью выключателей и переключателей, установленных на самом стенде. При этом контролируют четкость работы проверяемых автоматических выключателей, контакторов, магнитных пускателей и т. д.

Стенд для проверки электроизмерительных приборов позволяет методом сравнения показаний проверяемых приборов с показаниями контрольных более высокого класса точности определить исправность и точность штатных судовых электро-

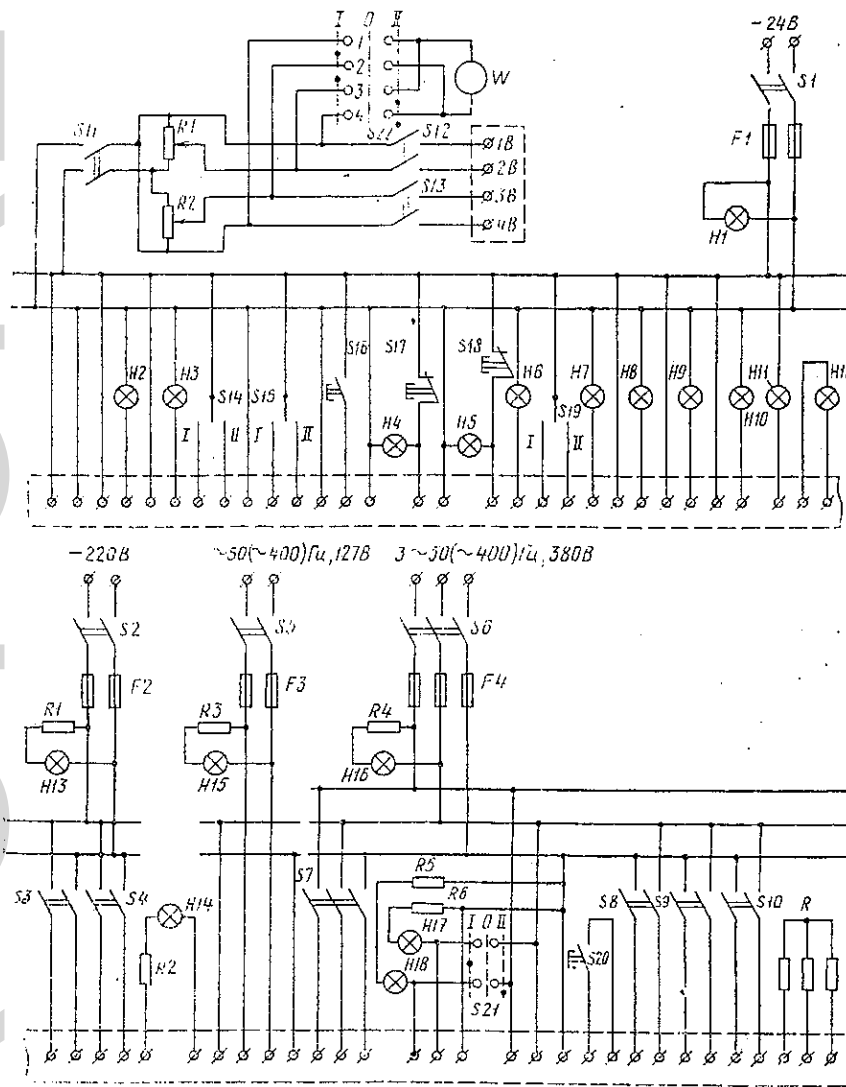


Рис. 42. Принципиальная схема стенда для проверки распределительных щитов и коммутационной аппаратуры

измерительных приборов. На рис. 43 [21] приведена принципиальная схема стенда.

Стенд для проверки судовых тахометров (рис. 44) выполнен в виде пульта, на котором смонтированы: приводной электродвигатель постоянного тока  $M1$ ; измерительная аппаратура

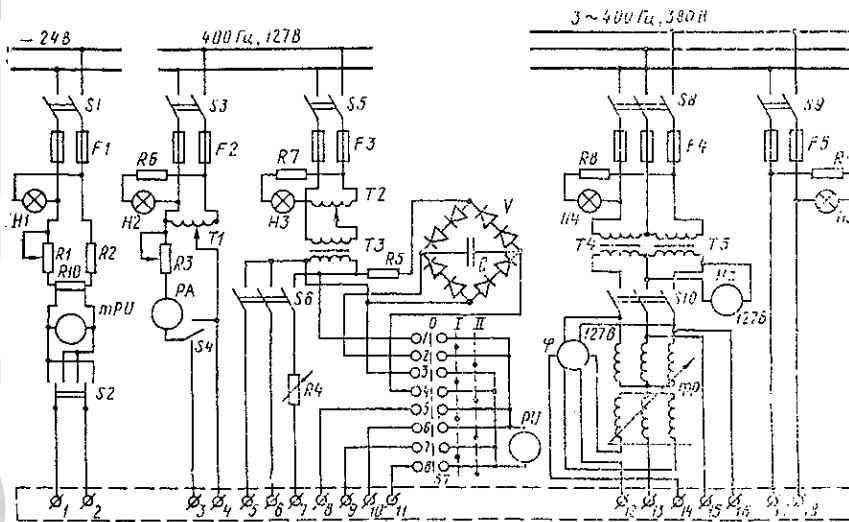


Рис. 43. Принципиальная схема стенда для проверки электронизмерительных приборов

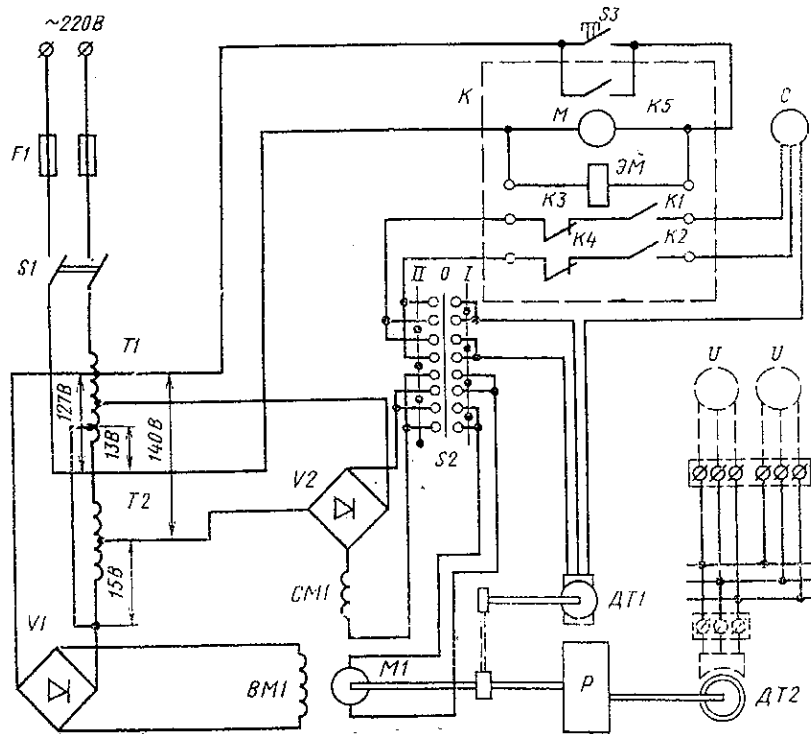


Рис. 44. Принципиальная схема стенда для проверки тахометров

ра для контрольных измерений частоты вращения, состоящая из датчика ДТ1 тахометра, счетчика С частоты вращения и моторного реле времени К; понижающий двухступенчатый редуктор Р; сменный барабан для крепления проверяемого тахометра; элементы схемы управления [21].

### § 38. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

Результаты всех измерений, связанных с проведением наладки и испытаний судового электрооборудования, содержат погрешности. Источниками погрешностей могут быть как измерительные приборы, так и наблюдатель. Вот почему ни одно испытание нельзя правильно спланировать без учета этого важного фактора.

В зависимости от способа выражения различают абсолютную, относительную и приведенную погрешности.

*Абсолютная погрешность* — это разность между показанием прибора А и истинным (действительным)  $A_0$  значением измеряемой величины:

$$\Delta A = A - A_0.$$

*Относительная погрешность* — это погрешность, определяемая отношением абсолютной погрешности прибора к истинному (действительному) значению измеряемой величины:

$$\delta A = (A - A_0) / A_0 = \Delta A / A_0.$$

*Приведенная погрешность* — это погрешность, определяемая отношением максимальной абсолютной погрешности в диапазоне измерений или диапазона прибора к верхнему пределу шкалы или диапазона. Например, если указан класс точности вольтметра 0,5 для предела 10 В, то это означает, что его приведенная погрешность  $\leq 0,5\%$ , а абсолютная максимальная погрешность  $\leq 0,05$  В.

В теории измерений широкое распространение получила гипотеза аддитивной структуры погрешностей. В соответствии с этой гипотезой все погрешности делятся на систематические и случайные. Систематическая погрешность остается постоянной или зако-

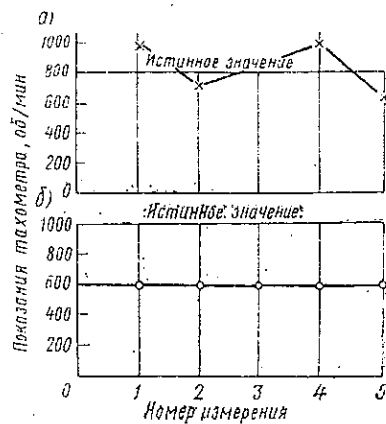


Рис. 45. Пример, иллюстрирующий различие между случайной и систематической ошибками: а — случайная ошибка; б — систематическая ошибка

номерно повторяется при повторных измерениях (рис. 45,б).  
 Случайная погрешность изменяется случайным образом при повторных измерениях одной и той же величины (рис. 45,а). Систематические погрешности можно устранить или учесть как поправки к показаниям приборов. Случайные погрешности не устранимы в процессе измерения, а поэтому обработка результатов измерений требует применения теории вероятностей и методов математической статистики.

Для оценки влияния случайной погрешности на результаты измерений проводят  $n$  равнозначных (одним и тем же методом одним оператором, в одинаковых условиях и одинаково тщательно) измерений и полученные результаты математически обрабатывают.

Случайные погрешности характеризуются определенным законом их распределения. Для подавляющего большинства простых измерений обычно выполняется нормальный закон распределения случайных погрешностей. Поэтому за наиболее вероятное значение измеряемой величины принимают ее среднее арифметическое значение

$$A_0 \approx \bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i;$$

где  $A_0$  — истинное значение измеряемой величины;

$X_i$  — результаты отдельных измерений;

$n$  — количество измерений.

Для оценки погрешности отдельного измерения пользуются среднеквадратичным отклонением  $\sigma$  величины  $X_1, X_2, \dots, X_n$  от их среднего значения  $\bar{X}$ :

$$\begin{aligned} \sigma &= \sqrt{\frac{(X_1 - \bar{X})^2 + \dots + (X_n - \bar{X})^2}{n}} = \\ &= \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}. \end{aligned}$$

При получении результата измерения ( $X^*$ ), резко отличающегося от всех других результатов, естественно возникает подозрение, что допущена грубая ошибка. Чтобы правильно оценить результаты измерений, применяют различные критерии, в зависимости от того, известна или нет среднеквадратичная ошибка  $\sigma$  измерений.

При выполнении измерений величина  $\sigma$  чаще всего неизвестна заранее и потому вместо нее применяют эмпирический стандарт  $S$  [17]:

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}.$$

Абсолютную величину разности  $|X^* - \bar{X}|$  делят на эмпирический стандарт и величину полученного отношения  $t =$



$= |X^* - \bar{X}|/S$  сравнивают с критическим значением  $t_n(P)$ , приводимым во многих справочниках по вероятным расчетам и математической статистике. Если при  $n$  измерениях полученное отношение превосходит критическое  $t_n(P)$ , то величину  $X^*$  можно исключить.

По результатам измерений могут быть получены точечные оценки или найдены доверительные интервалы, внутри которых с доверительной вероятностью (коэффициентом доверия) находится измеряемая величина.

При этом доверительная оценка принимает вид

$$|A_0 - \bar{X}| < t(P, k) \frac{S}{\sqrt{n}},$$

где  $A_0$  — истинное значение измеряемой величины.

Например, проведено десять измерений значения сопротивления в цепи обмотки системы возбуждения ГЭУ и получены следующие результаты:

$n$	1	3	3	2	1
$\bar{X}_i$	35,6	35,9	36,1	36,2	36,6

Подсчитаем средние значения:

$$\bar{X} = \frac{35,6 + 35,9 \cdot 3 + 36,1 \cdot 3 + 36,2 \cdot 2 + 36,6}{10} = 36,06,$$

$$S = \sqrt{\frac{0,44^2 + (-0,16)^2 \cdot 3 + 0,01^2 \cdot 3 + 0,14^2 \cdot 2 + 0,54^2}{10}} = 0,25.$$

Оценим истинное значение величины надежностью  $P = 0,99$ . По заданной надежности и числу измерений находим множитель  $t = 3,25$  и получаем оценку истинного значения измеряемой величины в виде

$$|A_0 - \bar{X}| = |A_0 - 36,06| < 3,25 \frac{0,25}{\sqrt{9}} = 0,27.$$

Таким образом, с надежностью можно считать, что истинное значение  $A_0$  заключено в интервале между 35,79 и 36,33, т. е.

$$A_0 = (36,06 \pm 0,27).$$

### § 39. НАЛАДКА МАШИН ПОСТОЯННОГО ТОКА

В программу работ по наладке машин постоянного тока входят следующие операции:

- внешний осмотр и проверка механической части машины;
- измерение сопротивления между коллекторными пластинами и всей обмотки машины;
- проверка полярности обмоток;
- проверка чередования главных и дополнительных полюсов;
- проверка правильности соединения обмоток якоря, дополнительных полюсов и компенсационной;
- намагничивание машин;
- установка щеток на нейтраль.

Внешний осмотр и проверка механической части машины. Внешним осмотром обнаруживают видимые повреждения. Проверяют соответствие паспортных данных машины, состояние коллектора, щеткодержателей, щеток, зазор между якорем и статором, наличие смазки в подшипниках, затяжку болтов крепящих главные и дополнительные полюса.

Измерение сопротивления между коллекторными пластинами и всей обмотки машины. Наиболее слабым местом у электрических машин является изоляция обмоток и других токопроводящих частей, легко подвергающихся увлажнению и повреждениям. В связи с этим у всех вновь монтируемых машин проверяют общее состояние изоляции обмоток и токопроводящих частей, отсутствие в них явных заводских и других дефектов, появление которых возможно при транспортировке и монтаже.

С особой тщательностью измеряют сопротивление между коллекторными пластинами, так как плохая пайка, не выявленная при проверке, может привести к серьезным повреждениям машины во время работы. Измерение производят между каждой смежной парой пластин по окружности коллектора методом амперметра—вольтметра по схеме, приведенной на рис. 46, с помощью магнитоэлектрического амперметра *РА* с пределами измерений 10—20 А и милливольтметра *мПУ* с пределами измерений 10—60 мВ. Измерение удобно выполнять с помощью щупов. При измерениях необходимо иметь в виду большую индуктивность обмоток якоря и не размыкать цепь

тока до отключения милливольтметра, т. е. до снятия щупов с него. Измерения производят при токе, достаточном для четкого измерения напряжения; такой ток поддерживают при всех измерениях. Это дает возможность не подсчитывать сопротивление для каждого измерения, а сравнивать между собой измеренные напряжения. Сопротивление подсчитывают по результатам измерений тока и напряжения. Измерения можно производить также с помощью микроомметров выпускаемых промышленностью.

Пайка «петушков» считается удовлетворительной, если значения сопротивлений или напряжений при одном и

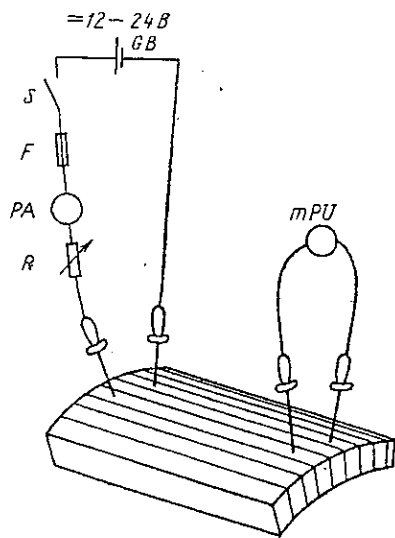


Рис. 46. Схема проверки состояния коллекторных пластин

том же токе в якоре отличаются друг от друга не более чем на 10%. При больших отклонениях пайка считается дефектной и требует переделки. В некоторых случаях при наличии в обмотке уравнительных соединений (что проверяется по заводской документации) могут иметь место закономерные отклонения отдельных результатов в пределах 20—30%.

Кроме измерения сопротивления отдельных паяк, у якоря измеряется сопротивление всей его обмотки. Измерение производится мостом УВМ между коллекторными пластинами, находящимися друг от друга на расстоянии по коллектору, равном

$$N = \frac{N_1}{2p},$$

где  $N_1$  — полное число пластин коллектора;  
 $2p$  — число пар полюсов.

Проверка полярности обмоток. Основные случаи согласования обмоток машины постоянного тока в зависимости от режима работы и направления вращения приведены на рис. 47. Ис-

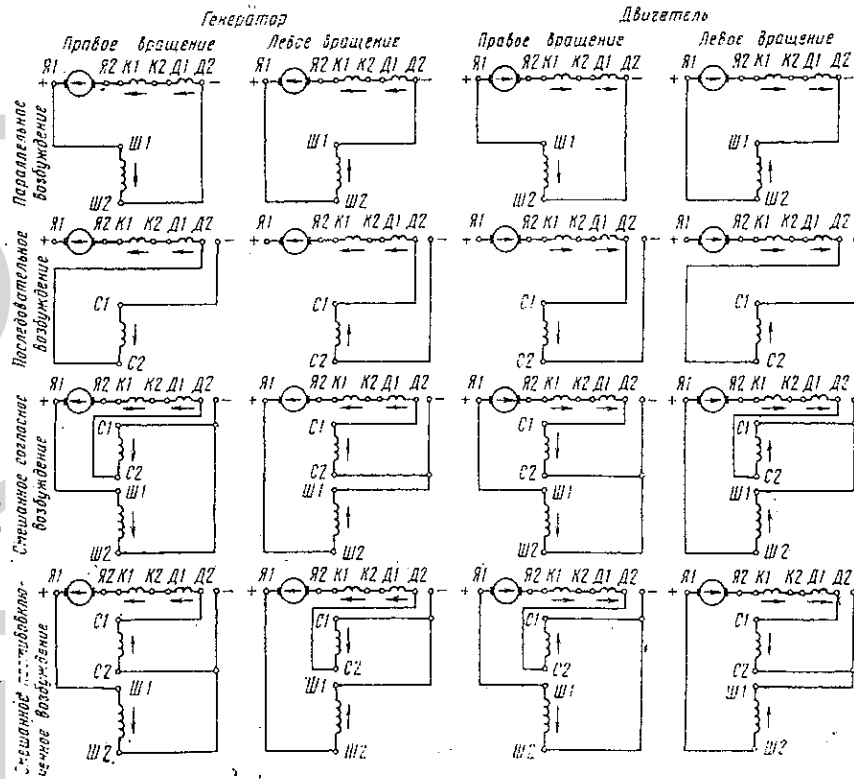


Рис. 47. Случаи стандартного согласования обмоток машины постоянного тока

ходя из этого, в режиме генератора ток во всех обмотках, кроме включаемых специально на размагничивание и обмоток возбуждения, при правом вращении должен проходить от конца 2 к началу 1. При новых включениях машин постоянного тока должно быть проверено соответствие полярностей обмоток заводским обозначениям выводов.

Проверка чередования главных и дополнительных полюсов. Проверку чередования главных полюсов производят внешним осмотром на разобранной машине. Задаваясь условно каким-либо направлением тока, следят за направлением прохождения его по обмоткам и по правилу буравчика определяют полярность полюсов (рис. 48). По направлению вращения машины за каждым северным полюсом должен следовать дополнительный южный (для генераторов), и наоборот (для электродвигателей).

Проверку чередования главных и дополнительных полюсов производят на разобранной машине с помощью вспомогатель-

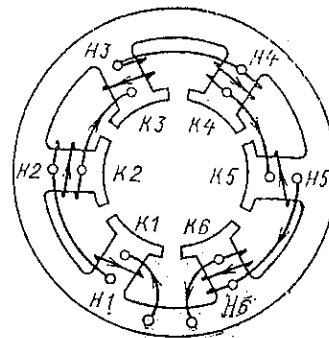


Рис. 48. Соединение обмоток основных полюсов возбуждения:  
H1 — H6 — начала обмоток; K1 — K6 — концы обмоток

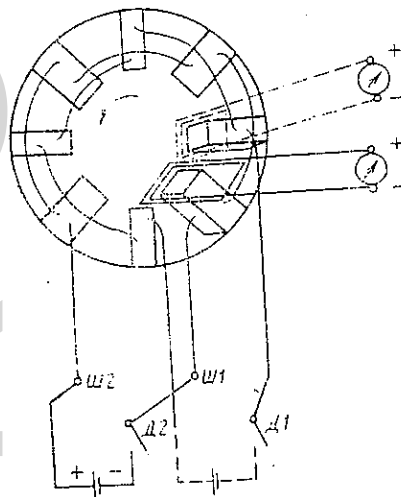
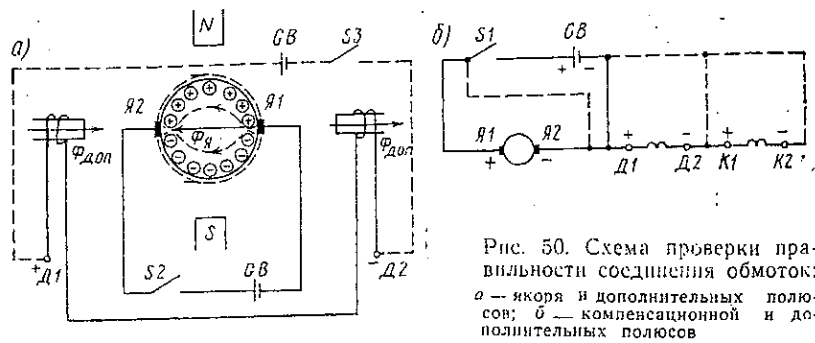


Рис. 49. Схема проверки чередования основных и дополнительных полюсов с помощью вспомогательной рамки

ной рамки, сделанной из нескольких витков провода с небольшой площадью сечения. К концам рамки подключают чувствительный милливольтовый метр и прикладывают ее к поверхности основного и дополнительного полюсов. В основную обмотку через рубильник подают напряжение 6—12 В от аккумуляторной батареи (рис. 49). При кратковременном включении рубильника в рамке наводится э. д. с., и стрелка милливольтметра отклоняется. Повторив для уверенности опыт несколько раз, замечают знак отклонения стрелки, после чего рамку с подключенным милливольтметром переносят (той же плоскостью) на поверхность предыдущего по направлению



вращения якоря дополнительного полюса, а батарею переключают на выводы обмотки дополнительного полюса. Если при включении батареи стрелка милливольтметра отклонилась в ту же сторону, что и в предыдущем опыте, то это означает, что выводы параллельной обмотки дополнительных полюсов однополярны.

Проверка правильности включения обмоток якоря, дополнительных полюсов и компенсационной. Правильность соединения обмотки якоря, обмотки дополнительных полюсов и компенсационной проверяется на собранной машине. Для этой цели в зазор между дополнительным полюсом и якорем вставляется рамка, как при определении чередования главных и дополнительных полюсов, концы которой подключаются к милливольтметру, а к обмотке якоря и обмотке дополнительных полюсов поочередно подается питание от аккумуляторной батареи *GB* (рис. 50). При противоположных отклонениях стрелки милливольтметра однополярными выводами следует считать те, к которым подключался один и тот же вывод батареи. В этом случае следует соединить вместе разнополярные выводы, например *Я2* с *Д1*, чтобы ток в обмотках якоря и дополнительных полюсов проходил от одних однополярных выводов к другим.

При наличии в машине компенсационной обмотки импульс от аккумуляторной батареи подается на обмотку дополнительных полюсов и компенсационную обмотку, соединенные вместе (соединение их осуществляется заводом внутри машины).

Определение полярности выводов якоря. Обычно «плюс» должен быть на выводе якоря *Я1* и на выводе *Ш1* для правого вращения и *Я2* и *Ш2* для левого вращения (см. рис. 47). Это проверяется следующим образом: «плюс» постороннего источника подключается к выводу *Ш1* или *Ш2* в зависимости от направления вращения якоря; к выводам якоря подключается милливольтметр (плюс прибора к *Я1*), и якорь резким толчком приводится в движение. При правильной заводской мар-

кировке стрелка милливольтметра отклонится в правую сторону. Если стрелка отклонится влево, то подключение внешних цепей производят исходя из установленной при проверке полярности.

**Намагничивание машин постоянного тока.** Генераторы самовозбуждением иногда при пуске не возбуждаются из-за потери остаточного магнетизма или вследствие размагничивания работающих генераторов. Генераторы, утратившие остаточный магнетизм, должны быть заново и правильно намагничены от постороннего источника постоянного тока. Если на ГРЩ не предусмотрено специальное намагничивающее устройство, при наличии которого для восстановления остаточного магнетизма нужно только нажать кнопку подмагничивания, то намагничивание производится следующим образом. Параллельную обмотку неподвижной машины через реостат подключают к постороннему источнику постоянного тока. Сопротивление реостата должно быть таким, чтобы ток намагничивания при включении составлял не более 0,1—0,2 номинального тока возбуждения машины. Положительный полюс источника тока присоединяют к концу параллельной обмотки, который бы присоединен к полюсному выводу якоря.

**Установка щеток на нейтраль.** Щетки, исходя из условия нормальной коммутации и наличия у машины постоянного тока как правило, дополнительных полюсов, устанавливаются всегда строго на геометрической нейтрали. Существуют три метода определения нейтральной линии.

1. *Метод наименьшего напряжения генератора.* Запускают генератор вхолостую при постоянной номинальной частоте вращения. Ток в обмотке возбуждения устанавливают таким, чтобы напряжение на выводах генератора было приблизительно равно номинальному. Щетки передвигают в одну или другую сторону до тех пор, пока вольтметр, присоединенный к выводам якоря, не покажет наименьшего напряжения. В этот момент щетки должны находиться примерно на нейтральной линии.

2. *Метод одинаковой частоты вращения.* Последовательно обмотку отключают, машину запускают вхолостую. Затем измеряют частоту вращения машины. Далее, переключив обмотки якоря и дополнительных полюсов, запускают двигатель в обратном направлении и вновь измеряют частоту вращения. Для определения нейтрали передвигают щетки и в каждом из положений запускают машину как в одном, так и в другом направлении, измеряя частоту вращения. Когда щетки находятся примерно на нейтрали, частота вращения машины будет одинаковой в обоих направлениях.

3. *Индуктивный метод определения нейтрали.* К обмотке возбуждения неподвижной машины подают питание от аккумуля-

муляторной батареи через выключатель. К выводам якоря подключают милливольтметр на 40—60 мВ с добавочным резистором. Передвигая щетки, замыкают и размыкают цепь обмотки возбуждения, наблюдая за прибором, который показывает напряжение, индуктирующееся в обмотке якоря. Щетки передвигают до тех пор, пока милливольтметр не перестанет давать показаний или они будут минимальными. Такое положение щеток соответствует нейтральной зоне. Испытания повторяют два-три раза при различных положениях якоря во избежание случайного результата из-за возможного несимметричного расположения обмотки якоря по отношению к щеткам.

#### § 40. НАЛАДКА МАШИН ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

При наладке машин переменного тока необходимо выполнить следующие работы:

- внешний осмотр и проверку механической части;
- проверку изоляции обмоток;
- проверку полярности обмоток и чередования фаз;
- контрольную проверку чередования фаз.

Внешний осмотр и проверка механической части выполняются так же, как и у машин постоянного тока.

**Проверка изоляции обмоток.** Состояние изоляции обмоток машин переменного тока проверяется у всех вновь монтируемых машин по той же методике, как у машин постоянного тока. Отличие только в нормах и объеме.

Основным критерием оценки общего состояния изоляции является измерение сопротивления изоляции постоянному току  $R_{из}$ . Согласно ГОСТ 183—74 на электрические машины сопротивление изоляции (в МОм) при температуре 75°C должно быть не ниже

$$R_{из} = \frac{U_n}{1000 + \frac{P_n}{100}},$$

где  $U_n$  — номинальное напряжение обмотки, В;

$P_n$  — номинальная мощность машины, кВт.

Основными практическими критериями удовлетворительного состояния изоляции электрических машин при отсутствии результатов предыдущих замеров являются:

для обмоток статора крупных машин  $R_{из} > 1$  МОм на 1 кВ в горячем состоянии ( $t = 70 \div 90^\circ \text{C}$ );

для обмоток статора машин малой мощности  $R_{из} \geq 2$  МОм на 1 кВ номинального напряжения;

для обмоток ротора синхронных машин  $R_{из} \geq 0,5$  МОм.

Измерение сопротивления изоляции обмоток статора производится мегомметром 1000 В для машин напряжением до

400 В и мегомметром 2500 В для машин напряжением свыше 400 В. В случае неудовлетворительных результатов измерений сопротивления изоляции, и тем более, если известно о возможности сильного увлажнения обмоток, машины подвергаются сушке в соответствии с § 14.

Проверку полярности обмоток электродвигателей и чередования фаз синхронных машин производят для того, чтобы определить правильность соединения обмоток внутри и подсоединения их к выводам машины.

В практике бывают случаи, когда отдельные концы статорной обмотки неправильно подключены к выводам или когда у электродвигателей, не имеющих щитка выводов, на выводных концах стерта краска. Прежде всего необходимо узнать, какие концы принадлежат каждой фазе. Это можно легко определить с помощью мегомметра или контрольной лампы (рис. 51). Один щуп от контрольной лампы присоединяют к осветительной сети, а второй — к одному из выводов обмотки, подключенной другим концом к той же сети; подавая щупом поочередно питание от сети остальным выводам, находят тот, который даст загорание лампы.

После выявления парных выводов каждой из трех фаз приступают к определению одноименных (условно — начала или конца). Для этого условно принятый конец первой фазы, выбираемой произвольно, соединяют с одним из выводов второй фазы, а к началу первой фазы и оставшемуся свободному выводу второй фазы подключают вольтметр *PU*. Третью фазу подключают к источнику переменного тока пониженного напряжения 60—70 В (рис. 52). Если прибор покажет напряжение, близкое к напряжению, подведенному к зажимам третьей фазы, то первые две фазы включены последовательно разноименными концами (конец с началом). Если же прибор покажет напряжение, близкое к нулю, то это означает, что фазы соединены последовательно одноименными концами (конец с концом). Аналогично определяют начало и конец третьей фазы.

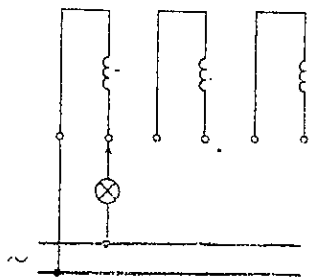


Рис. 51. Определение выводов каждой фазы

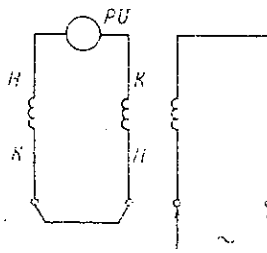


Рис. 52. Определение начала и конца каждой фазы



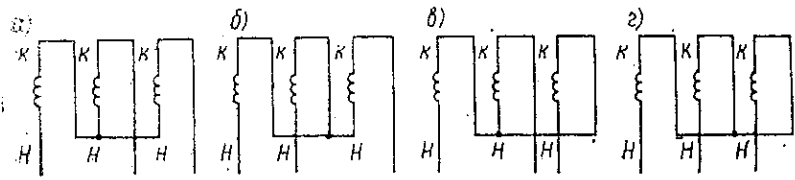


Рис. 53. Определение начала и конца каждой фазы путем пробного включения

После этого выводные концы каждой пары фаз, соединенных последовательно, маркируют, например  $1H, 1K, 2H, 2K, 3H, 3K$  (какой конец следует считать началом или концом, не имеет значения, важно лишь, чтобы была соблюдена полярность одной фазы по отношению к другой). Выяснив правильность соединения обмоток, производят включение статорной обмотки звездой или треугольником (см. рис. 6 и табл. 7). При этом необходимо иметь в виду, что  $C1$  соответствует  $1H, C2 — 2H, C3 — 3H, C4 — 1K, C5 — 2K, C6 — 3K$ .

Проверить правильность соединения обмоток можно путем пробного включения. В этом случае к условному концу первой произвольно выбранной фазы подсоединяют по одному взятому выводу второй и третьей фаз (рис. 53, а). На оставшиеся три вывода подают питание от сети и включают двигатель на холостом ходу. Если двигатель разворачивается нормально, работает без сильного шума и гудения и ток во всех трех фазах одинаков и не превышает 40—60% номинального, то выводы второй и третьей фаз, соединенные в нулевую точку, являются концами. Если же двигатель разворачивается с трудом, сильно гудит и ток в фазах различен, то следует отключить двигатель, поменять местами выводы второй фазы (рис. 53, б). Если двигатель после такой замены будет работать ненормально, следует восстановить первоначальное состояние выводов второй фазы и поменять местами выводы третьей фазы (рис. 53, в). Если двигатель и после этого будет работать ненормально, нужно, сохранив последний порядок подключения выводов третьей фазы, поменять местами выводы второй фазы (рис. 53, г). В одном из четырех рассмотренных вариантов подключения выводов будет получен такой, при котором двигатель начнет работать нормально.

Если двигатель имеет только три вывода, то порядок определения правильности соединения фаз в звезду или треугольник следующий: на два вывода подают пониженное напряжение, к третье-

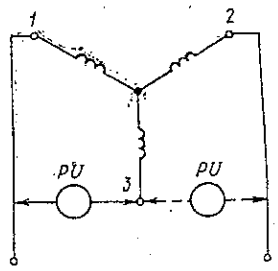


Рис. 54. Определение вида соединения фаз при наличии трех выводов

му подключают один из выводов вольтметра  $PV$  и измеряют напряжение между третьим выводом и каждым из двух других выводов (рис. 54). Проверка производится трижды при подаче напряжения на выводы 1—2, 2—3, 3—1. При правильном соединении фаз эти напряжения будут равны половине напряжения, приложенного к двум выводам в каждом из трех вариантов. Если же одна из трех фаз «вывернута», то при двух опытах из трех в случае соединения обмотки в звезду напряжения между третьим выводом и каждым из двух других выводов будет неодинаковым. «Вывернутой» фазой окажется та, которая участвует в обоих замерах, дающих неодинаковые показания вольтметра. При соединении в треугольник напряжение между третьим выводом и двумя другими близко к нулю.

**Контрольная проверка чередования фаз.** Во время пусковых операций на вращающемся генераторе производится контрольная проверка чередования фаз с помощью фазоуказателя (см. § 37).

#### § 41. НАЛАДКА ЭЛЕКТРОМАШИННЫХ И МАГНИТНЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ

**Наладка электромашинных усилителей (ЭМУ).** При наладке электромашинного усилителя необходимо выполнить следующие работы:

- внешний осмотр и проверку механической части;
- проверку изоляции всех обмоток по отношению к корпусу машины и между собой;
- измерение сопротивлений постоянному току обмоток управления, обмотки якоря, компенсационной обмотки и шунтирующего резистора;
- проверку взаимной полярности обмоток, схемы внутренних соединений и выводов;
- проверку установки щеток;
- установку щеток на нейтраль;
- настройку компенсации продольной реакции якоря;
- пробный пуск машины.

**Внешний осмотр и проверка механической части.** Внешним осмотром обнаруживают видимые повреждения: изломы; трещины и другие дефекты. Проверяют соответствие паспортных данных усилителя, состояние коллектора, щеткодержателей, щеток, зазор между якорем и статором, состояние механической части, наличие смазки в подшипниках, затяжку болтов, крепящих главные и дополнительные полюса, соединение с приводным двигателем.

**Измерение сопротивления изоляции обмоток.** Как правило, у нового электрооборудования, вводимого в эксплуатацию, сопротивление изоляции бывает в пределах от 5 до 100 МОм.

Однако сопротивление изоляции обмоток необходимо измерять не только перед пробным пуском, но и после длительных остановок и при каждом аварийном отключении электропривода. Сопротивление изоляции измеряют с помощью мегомметра.

**Замер сопротивления обмоток.** Обычно на крышке щитка ЭМУ имеется схема обмоток с указанием значений сопротивлений. Для уточнения технических данных, используемых при настройке режимов, измерения надо производить дополнительно.

Сопротивление обмоток можно замерить двумя способами: измерительным мостом или способом амперметра—вольтметра (с применением приборов класса точности не ниже 0,5). Наиболее желательно проводить измерения мостами. Низкоомные обмотки, например, обмотку якоря, компенсационную, дополнительных полюсов, поперечную — мостом Томпсона, а высокоомные, например обмотки управления, — мостом Витсона.

Измерение сопротивлений обмоток якоря требует большой точности и во избежание влияния переходного сопротивления производится при поднятых щетках непосредственно на пластинах коллектора. Схема измерения сопротивления обмотки якоря мостом типа МВ-4У или УВМ приведена на рис. 55. Искомое сопротивление определяют из соотношения

$$\frac{R_x}{R_1} = \frac{R_3}{R_2}$$

Менее точным методом является измерение сопротивления способом амперметра — вольтметра (рис. 56), применяемым при отсутствии указанных мостов. При этом нужно учитывать, что при подаче больших токов машина может намагнититься и поле остаточного магнетизма может быть довольно сильным.

При проведении измерений отсчеты по каждому прибору проводят одновременно. При измерении малых сопротивлений на резистор подается ток 10—15 А, если это допустимо по ус-

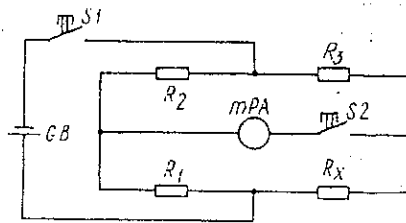


Рис. 55. Измерение сопротивления с помощью одностороннего моста

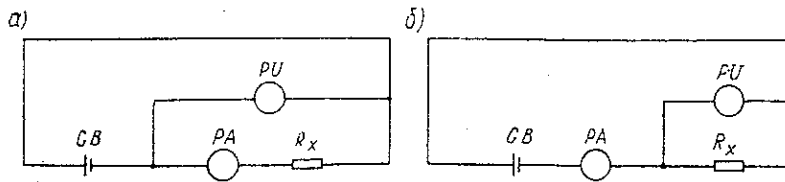


Рис. 56. Измерение сопротивления:  
а — способом вольтметра; б — способом амперметра

ловиям нагрева, и милливольтметром измеряется падение напряжения непосредственно на измеряемом резисторе. Значение сопротивления определяется по формуле

$$R_x = \frac{U_{PV}}{I},$$

где  $U_{PV}$  — падение напряжения, измеряемое милливольтметром;

$I$  — ток, измеряемый амперметром.

При измерении средних сопротивлений применяют две схемы. При измерении по схеме рис. 56, а вольтметр показывает падение напряжения на резисторе и падение напряжения на амперметре, т. е.  $U_{PV} + U_{PA}$ , следовательно, в измерение вносится погрешность, равная падению напряжения в амперметре а точнее, равная внутреннему сопротивлению амперметра. В случае, когда сопротивление амперметра во много раз меньше измеряемого сопротивления резистора и им можно пренебречь применяется схема, показанная на рис. 56, б; расчет ведется так же, как в предыдущем случае. При измерении по схеме рис. 56, б вольтметр показывает падение напряжения только на измеряемом резисторе, но амперметр измеряет ток, проходящий через вольтметр.

Если внутреннее сопротивление вольтметра во много раз больше измеряемого сопротивления резистора, то током, проходящим через вольтметр, ввиду его незначительности, можно пренебречь. Расчет искомого сопротивления, как и в предыдущих случаях, ведется по выражению

$$R_x = \frac{U_{PV}}{I}.$$

Проверка полярности и выводов обмоток ЭМУ производится индуктивным способом при неподвижной машине с помощью милливольтметра  $mPV$  и аккумулятора  $GB$  (рис. 57).

Обмотки управления ЭМУ, изготавливаемые отечественными заводами, имеют маркировку выводов: начало — 1; конец — 2. Обозначения выводов обмоток приведены в табл. 24.

Таблица 24  
Обозначение обмоток электромашинных усилителей

Наименование	Обозначение выводов	
	Начало	Конец
Обмотка якоря	Я1	Я2
Компенсационная обмотка	К1	К2
Обмотка дополнительных полюсов	Д1	Д2
Обмотки управления:		
первая	I1	I2
вторая	II1	II2
третья	III1	III2
четвертая	IV1	IV2

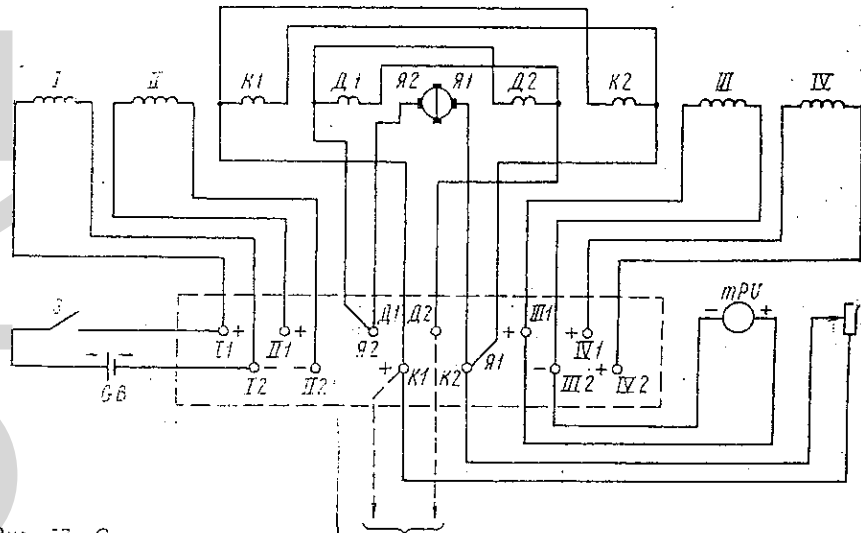


Рис. 57. Схема для проверки полярности выводов ЭМУ

Проверку соответствия выводов их обозначениям производят при включении одной произвольно взятой обмотки на напряжение аккумулятора (знаком плюс к ее началу). Милливольтметр подключают к любой иной обмотке также плюсом к началу. Если милливольтметр в момент включения напряжения дает отклонение в положительную сторону (вправо), то полярность соблюдена.

Таким же методом проверяют полярность щеток поперечной оси по отношению к любой из обмоток управления. Щетки при этом должны быть разомкнуты.

Правильность взаимного включения якоря и дополнительных полюсов можно проверить по схеме, показанной на рис. 58. Если в момент включения аккумулятора стрелка прибора отклонится в положительную сторону (вправо), то указанное на схеме обозначение полярности соблюдено. Точно так же можно проверить взаимное включение якоря и компенсацион-

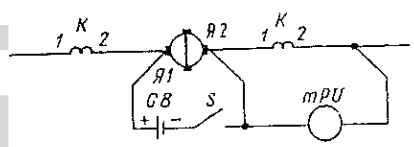


Рис. 58. Схема для проверки включения якоря и добавочных полюсов ЭМУ

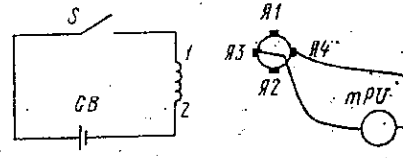


Рис. 59. Схема для проверки правильности установки щеток ЭМУ

ной обмотки (минус прибора присоединяют к началу 1 обмотки  $K$ , а плюс — к общему выводу  $Я1$  и к концу 2 обмотки  $K$ ).

**Установка щеток на нейтраль** производится индуктивным способом (рис. 59), заключающимся в следующем: один конец закорачивающего проводника поперечных щеток разъединяют и в рассечку подключают милливольтметр  $mPV$  со шкалой 45—0—45 мВ; на одну из обмоток управления при неподвижном ЭМУ импульсом подают напряжение от аккумулятора  $GB$ . При этом ток в обмотке управления должен составлять не более 20—40% номинального. В момент включения выключателя  $S$  стрелка прибора отклонится в какую-нибудь сторону, после чего траверсу со щетками постепенно передвигают до тех пор, пока при выключении напряжения стрелка прибора не будет отклоняться.

Если при дальнейшем передвижении траверсы отклонение стрелки прибора изменится на обратное, это свидетельствует о переходе траверсы через нейтраль.

Правильность положения траверсы рекомендуется проверить при различных положениях якоря, для чего якорь нужно поворачивать в одном направлении во избежание влияния перемещения щеток на показания прибора. После определения нейтрали щетки следует сдвинуть в сторону вращения на 1—2 мм по окружности коллектора. При таком сдвиге коэффициент усиления ЭМУ уменьшается, но возрастает быстродействие и его устойчивость при работе.

**Настройка компенсации** во многом определяет параметры на выходе ЭМУ. Компенсационная обмотка, как правило, рассчитывается на некоторую перекомпенсацию продольной реакции якоря.

Настройка компенсации производится после установки щеток относительно нейтрали при холодном состоянии машины, а затем проверяется в нагретом состоянии. Для удобства регулирования в коробке выводов ЭМУ устанавливается резистор, шунтирующий компенсационную обмотку. При нагревании машины значения сопротивления компенсационной обмотки и шунтирующего резистора изменяются по-разному, поэтому настройка компенсации может изменяться.

Настройка ЭМУ с недокомпенсацией реакции якоря производится по схеме, представленной на рис. 60. Одну из обмоток управления через резистор  $R$  подключают к источнику постоянного напряжения, и усилитель начинает вращаться. При разомкнутом выключателе  $S$  резистором в цепи обмотки управления устанавливают номинальное напряжение на выходе усилителя ЭМУ. При полностью выведенном резисторе  $R_{ш}$  и полностью введенном резисторе  $R_{н}$  в цепи нагрузки включают выключатель. Затем, постепенно вводя резистор  $R_{ш}$  и уменьшая сопротивление резистора  $R_{н}$ , добиваются, чтобы при но-

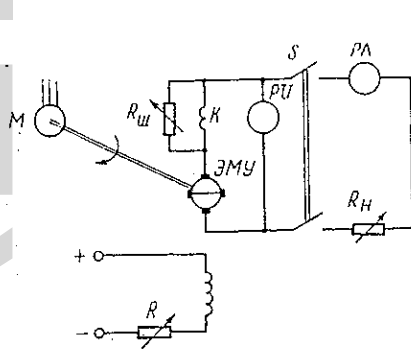


Рис. 60. Схема настройки компенсации ЭМУ поперечного поля

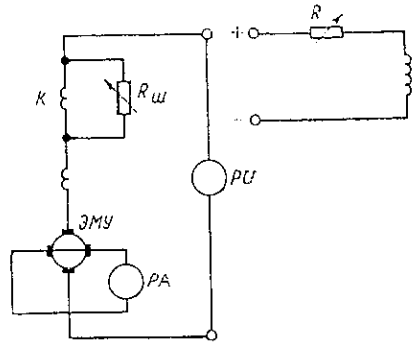


Рис. 61. Схема настройки компенсации ЭМУ поперечного поля при любом значении нагрузки

минальном токе якоря усилителя напряжение его было равно 80% номинального, не изменяя положение резистора  $R$ .

Известен способ настройки компенсации по току в поперечной короткозамкнутой цепи. Для этого в поперечную цепь включают амперметр  $PA$  (рис. 61) и при номинальном токе управления изменяют нагрузку. Шунтирующий резистор  $R_{ш}$  настраивают таким образом, чтобы при изменении нагрузки от холостого хода до номинальной ток в короткозамкнутой цепи практически не изменялся. Этот метод дает менее точные результаты установки степени компенсации.

**Наладка магнитных усилителей (МУ).** Последовательность наладки должна примерно соответствовать такому порядку:

- внешний осмотр МУ и проверка соответствия его табличных данных требованиям проекта;
- измерение сопротивления изоляции обмоток и испытание изоляции на электрическую прочность;
- измерение сопротивления обмоток постоянному току;
- проверка полярности выводов обмоток;
- проверка числа витков обмоток;
- снятие характеристик намагничивания;
- испытания усилителя в режиме минимального и номинального токов нагрузки;
- определение динамического коэффициента усиления.

В простых схемах управления обычно ограничиваются выполнением первых четырех операций.

**Внешний осмотр.** Во время внешнего осмотра тщательно проверяется сборка и стяжка сердечников, надежность болтовых соединений и пайки выводов.

**Изоляция обмоток.** Сопротивление изоляции в общем случае должно быть не ниже 0,5 МОм. Изоляцию обмоток МУ по

отношению к корпусу и между собой измеряют при отключенных диодах.

**Сопротивление обмоток постоянному току.** Измерение сопротивления обмоток постоянному току проводится с помощью одностороннего моста типа УВМ или МВ-4У.

**Проверка полярности выводов обмоток.** Проверка взаимной полярности выводов обмоток производится индуктивным методом по схеме, приведенной на рис. 62. Для ограничения тока в цепь обмотки вводится добавочный резистор  $R_d$ . К произвольно взятой обмотке управления через выключатель  $S$  присоединяется положительный полюс источника постоянного тока  $GB$ . На остальные обмотки поочередно подключается вольтметр  $PV$  (плюс вольтметра — к началу обмотки). Если в момент подачи напряжения стрелка вольтметра отклоняется вправо, то полярность соблюдена.

В усилителях с внешней обратной связью намагничивающие обмотки  $I$  и  $II$  включаются встречно. Соединив их концы и подключив вольтметр к началу обмоток (рис. 63), убеждаются, что прибор не дает отклонений (или малые отклонения), когда на обмотку управления подается напряжение. При неправильном взаимном включении или различном числе витков обмоток  $I$  и  $II$ , или когда их сердечники имеют неодинаковую площадь сечения, или неравномерно стянуты, во время подачи напряжения на обмотку управления вольтметр дает значительное отклонение.

**Проверка числа витков обмоток.** При этом к одной из обмоток намагничивания подводится пониженное напряжение переменного тока, а на всех обмотках управления с помощью вольтметра измеряется напряжение. Значения напряжений должны относиться как числа витков соответствующих обмоток:

$$\frac{U_3}{U_1} = \frac{w_3}{w_1}; \quad \frac{U_4}{U_1} = \frac{w_4}{w_1} \text{ и т. д.}$$

Аналогично проверке полярности выводов и числа витков обмоток однофазных МУ производится проверка обмоток трехфазных МУ.

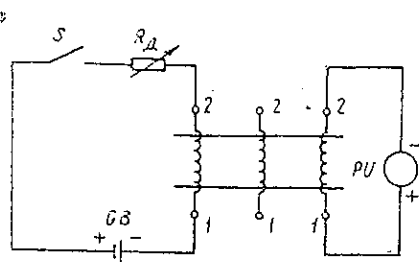


Рис. 62. Проверка полярности выводов обмоток магнитного усилителя

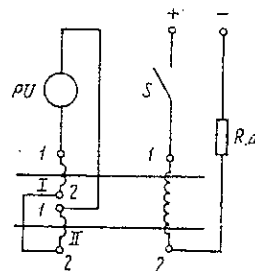


Рис. 63. Фазировка обмоток магнитного усилителя



### Снятие характеристик.

Характеристики снимают в тех случаях, когда это необходимо для настройки регулятора, в схему которого входит МУ.

Характеристика намагничивания (холостого хода)  $I_0 = f(U)$  снимается для оценки качества магнитопровода или выбора значения питающего напряжения. Регулируемое напряжение переменного тока подводится к отдельным рабочим обмоткам (рис. 64,а) через автотрансформатор  $T$ , выход с которого контролируется вольтметром  $PV$ , а ток — амперметром  $PA$ , и снимается зависимость  $I_0 = f(U)$  для каждого пакета. Затем регулируемое напряжение подводится к последовательно-встречно включенным обмоткам  $I$  и  $II$  (рис. 64,б) и снимается общая характеристика намагничивания. Во время испытаний при разных значениях питающего напряжения измеряется напряжение на одной из обмоток управления. На обмотках управления не должно быть напряжения. Однако из-за разной плотности шихтовки отсутствие баланса всегда имеет место. Если наблюдается большое напряжение небаланса (более 10% напряжения, определяемого коэффициентом трансформации), следует проверить шихтовку пакетов магнитопровода и число витков намагничивания обмоток  $I$  и  $II$ .

Форма характеристики намагничивания в зависимости от материала магнитопровода может быть весьма различной.

Для получения полных расчетных данных после характеристики намагничивания снимается регулировочная характеристика  $I = f(I_y)$  в схеме без обратной связи. На рис. 65,а показана испытательная схема с выпрямленным напряжением на нагрузке. В цепь управляющей обмотки вводится резистор  $R_1$ , сопротивление которого превосходит активное сопротивление обмотки в 10—50 раз. Примерная регулировочная характеристика дана в относительных величинах. За единицу тока  $I_1$  принят ток при полностью насыщенном магнитопроводе; ток управления  $I_y$  приведен к значению первичного тока путем пересчета числа витков управляющей и рабочих обмоток.

Рабочая характеристика  $I_1 = f(I_y)$  снимается при полной рабочей схеме с внутренней (рис. 65, б) или внешней (рис. 65, в) обратной связью. При испытании обмотка управления,

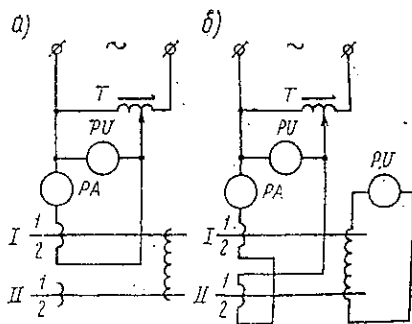


Рис. 64. Снятие характеристик намагничивания магнитного усилителя:

а — при подаче питания на одну рабочую обмотку; б — то же, но при последовательном включении рабочих обмоток

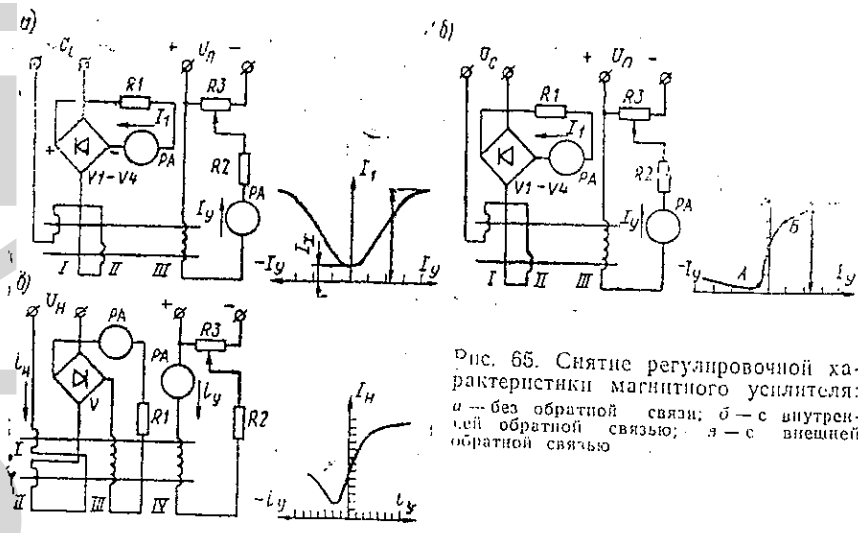


Рис. 65. Снятие регулировочной характеристики магнитного усилителя: а — без обратной связи; б — с внутренней обратной связью; в — с внешней обратной связью

как и в предыдущем случае, включается через резистор  $R1$ . Полный диапазон изменений тока нагрузки лежит между точками А и Б. Благодаря самонасыщению весь диапазон регулирования рабочего тока обеспечивается путем изменения тока управления от  $-0,01$  до  $+0,015 I_n$ , т. е. всего на 2,5%.

На характеристики магнитных усилителей заметно влияют сопротивления вентилях (если применяют селеновые вентили) в прямом и обратном направлениях. Поэтому вентили должны быть испытаны и при необходимости отформованы до снятия рабочих характеристик.

В большинстве схем магнитных усилителей (рис. 66, а) одна

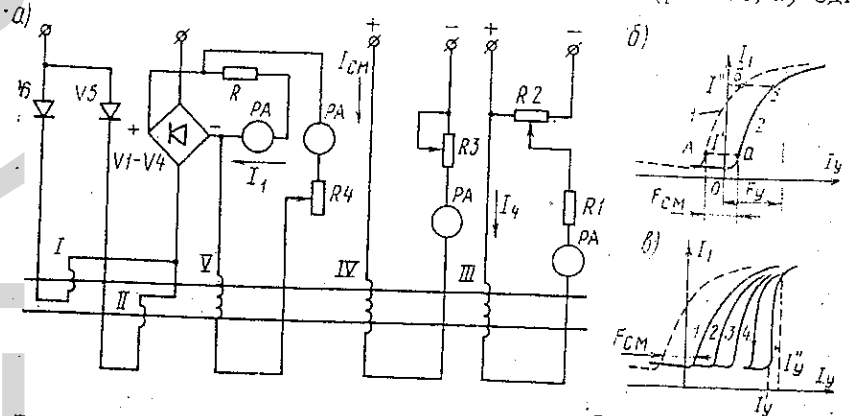


Рис. 66. Смещение и повышение крутизны регулировочной характеристики: а — схема; б — смещение характеристики в рабочую зону; в — повышение крутизны характеристики

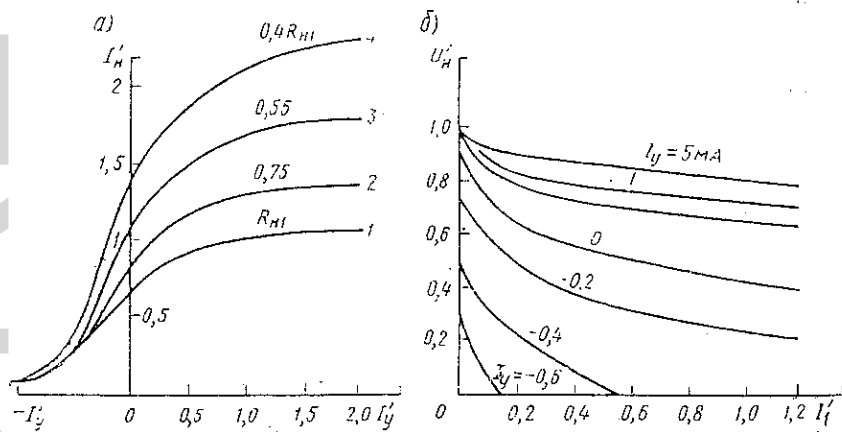


Рис. 67. Характеристика магнитного усилителя типа УМП

из управляющих обмоток используется для смещения характеристик в рабочую зону. Например, пусть рассматриваемый усилитель имеет характеристику  $I_H = f(I_Y)$ , представленную кривой 1 (рис. 66, б); по условиям работы схемы требуется, чтобы ток нагрузки регулировался в пределах от  $I_1'$  до  $I_2'$ , и этот диапазон перекрывался путем изменения н. с. управляющей обмотки от 0 до  $+F_Y$ . Для перенесения характеристики в новую зону, соответствующую кривой 2, с помощью отдельной управляющей обмотки (обмотка IV на рис. 66, а) создается н. с. смещения  $F_{см}$ .

Для импульсного управления применяются МУ с так называемой релейной характеристикой. Релейность характеристики достигается введением дополнительной параллельной (обмотка V на рис. 66, а) или последовательной обратной связи.

В схемах с переменным сопротивлением нагрузки снимаются регулировочные (нагрузочные) характеристики МУ при трех-четырех значениях сопротивления резистора в рабочей цепи (рис. 67, а) и внешние характеристики (рис. 67, б).

#### § 42. НАЛАДКА ЗАЩИТНОЙ АППАРАТУРЫ И АППАРАТОВ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

В электрифицированных установках на судах речного флота широко применяются аппараты защиты и автоматического управления. От точности наладки этих аппаратов в значительной степени зависит работоспособность электрооборудования. В программу работ по наладке аппаратов защиты и автоматического управления входят следующие операции:

внешний осмотр каждого аппарата;

■ проверка изоляции катушек и контактов;  
проверка обмоток катушек;  
механическая регулировка;  
проверка и шаладка под током;  
проверка и подрегулировка в период испытания схем при различных режимах работы.

**Внешний осмотр.** При нем проверяются: соответствие проекту типа аппарата и данных втягивающей катушки, состояние главных, вспомогательных контактов и их пружин, целостность опорных призм, наличие всех деталей магнитной системы, состояние гибких соединений, состояние искрогасительных камер, наличие немагнитной прокладки и ее состояние, наличие крепежных болтов, гаек, плоских и пружинных шайб.

**Проверка изоляции.** У аппаратов защиты и автоматического управления изоляционными элементами являются изоляция и каркас катушек, а также пластмассовые детали держателей контактов. Сопротивление изоляции контактов и катушек аппаратов не нормируется. Следует считать допустимым сопротивление изоляции не ниже 1 МОм. Для измерения сопротивления изоляции применяют мегомметры на 500 и 1000 В. Сопротивление изоляции катушек и контактов целесообразно измерять совместно со схемой управления в целом. Отдельные аппараты или их элементы следует отключать только для отыскания участков схемы с пониженным сопротивлением изоляции.

**Проверка обмоток катушек.** Обмоточные данные втягивающих и дугогасительных катушек проверяют путем измерения их сопротивления при постоянном токе. Значения сопротивления катушек аппаратов достаточно оценивать с точностью до 2—3%. Такие измерения удобно выполнять с помощью омметра. Измерение сопротивления с более высокой точностью выполняется с помощью мостов.

Пересчет сопротивлений по температуре, отличающейся от температуры катушки в момент измерения, выполняется по известным формулам. Сопротивление  $R_t$  при температуре  $t$  выражается через сопротивление  $R_0$  при  $t=0^\circ\text{C}$  такой зависимостью:

$$R_t = R_0(1 + \alpha t),$$

где  $\alpha$  — температурный коэффициент.

Соотношение между значениями сопротивления катушки при любых температурах может быть получено из выражения

$$R_{t_2} = R_{t_1} \frac{t_2 + 235}{t_1 + 235}.$$

**Механическая регулировка.** При механической регулировке необходимо: проверить поверхности призмы качания якоря и ее гнезда, проверить немагнитную латуинную или бронзовую

прокладку, качество и состояние сборки деталей пружинной системы, отрегулировать растворы и провалы контактов, выполнить регулировку напряжений втягивания и выдержек времени (у реле напряжения и реле времени) по окончании регулировки контактов. Эти реле обычно имеют сравнительно слабые возвратные пружины, поэтому момент сопротивления, создаваемый контактными пружинами, оказывается соизмеримым с моментом возвращающей пружины.

**Проверка и наладка под током.** При наладке реле нужно учитывать, что холодной или нагретой катушке соответствует заданная уставка. Напряжение, на которое настраивается реле при холодной катушке,

$$U_x = U_r \frac{1 + \alpha t_x}{1 + \alpha t_r},$$

где  $U_r$  — напряжение уставки, заданное по проекту для нагретой катушки;

$t_x$  и  $t_r$  — температура катушки в холодном и нагретом состояниях;

$\alpha$  — температурный коэффициент.

Если в цепи катушки имеется добавочный резистор  $R_d$ , то напряжение, подаваемое на катушку,

$$U_k = U_y \frac{R_k}{R_k + R_d},$$

где  $U_y$  — напряжение уставки катушки;

$R_k$  — сопротивление катушки.

#### Проверка и регулировка при различных режимах работы.

При наладке электромагнитных реле необходимо убедиться, что включение якоря происходит однократно, без постепенного подтягивания по мере увеличения намагничивающей силы. В противном случае соблюдение отрегулированной уставки будет неточным. Для получения такого включения наклон характеристики тягового момента реле в пределах рабочего зазора должен быть круче характеристики момента приводной (возвращающей) пружины [9].

Кривая  $M_1$  (рис. 68) представляет собой характеристику электромагнитного момента, соответствующую заданному напряжению моментов пружины при разном усилии ее сжатия. Если у реле установлен зазор  $\delta_1$ , а сжатие пружины соответствует харак-

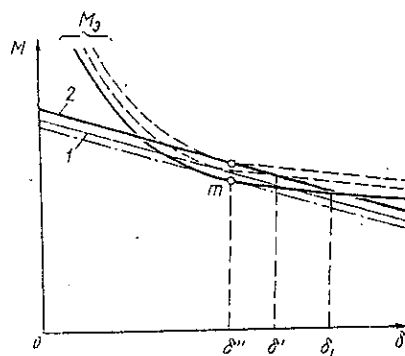


Рис. 68. Характеристика моментов

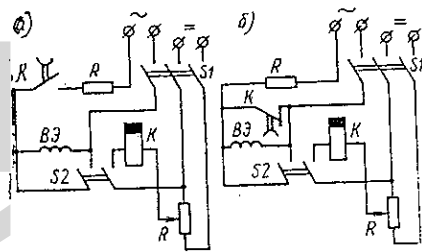


Рис. 69. Схема включения электросекундомеров:

а — реле с гильзой и замыкающим контактом; б — реле с гильзой и размыкающим контактом; К — реле времени; R — резисторы, установленные внутри секундомера; S1, S2 — выключатели; BЭ — обмотка вибратора электросекундомера

поддержка времени предварительно налаживается путем подбора немагнитной прокладки, а затем дополнительно регулируется изменением сжатия возвращающей пружины. Опытные наладчики в большинстве случаев оценивают выдержки времени до 1 с на глаз, а точное определение выдержки времени — с помощью часового секундомера, например по схеме, показанной на рис. 69.

#### § 43. НАЛАДКА КОММУТАЦИОННЫХ АППАРАТОВ

При наладке коммутационных аппаратов необходимо выполнить следующие работы: внешний осмотр, ревизию элементов, проверку состояния изоляции, настройку аппаратов.

При внешнем осмотре проверяется соответствие паспортных данных аппарата, состояние изолирующих колодок и рукояток, состояние подвижных ножей и пластины всех контактов, надежность крепления элементов.

При производстве наладочных работ должно проверяться качество ревизии, проводимой монтажным персоналом. У выключателей, переключателей и командоконтроллеров электрическим пробником проверяется диаграмма замыкания контактов по принципиальной схеме или по специальному чертежу с диаграммой. Пробником и визуально проверяется работа контактов. Подвижные ножи и пластины у рубильников и переключателей должны обеспечивать надежный контакт при включенном положении, а при отключенном должна быть гарантирована их фиксация, предохраняющая от самовключения.

Состояние изоляции проверяется мегомметром по общим правилам.

характеристике 1, то якорь после трогания с места не втянется до упора, а застрянет в промежуточном положении при зазоре  $\delta'$ . При дальнейшем возрастании напряжения на катушке реле якорь будет постепенно подтягиваться до зазора  $\delta''$ , а затем резко включится. При зазоре  $\delta''$  заданная уставка  $M_2$  будет получена лишь в том случае, когда характеристика 2 пружины пройдет через точку  $m$ .

В схемах судовых электроприводов находят широкое применение электромагнитные реле времени. Заданная вы-

При настройке должны быть обеспечены: регулировка, допустимые люфты, свободный ход подвижных частей, центровка, жесткость пружин, четкость и надежность замыкания и размыкания контактов, допустимая величина зазоров. У командоконтроллеров должна быть отрегулирована уставка минимальной защиты.

#### § 44. НАЛАДКА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ

Во время наладки нового электрооборудования полупроводниковые выпрямители, транзисторы и другие приборы необходимо стараться проверить без разборки схемы — путем внешнего осмотра, измерения падений напряжения и иных косвенных измерений.

Расширенные испытания со снятием характеристик производятся при подборе полупроводников для новых устройств автоматического управления, а также в тех случаях, когда справочные материалы заводов-изготовителей недостаточны для проведения наладки.

Ниже рассмотрены основные контрольные испытания применительно к наиболее распространенным видам полупроводниковых приборов.

Расширенная программа наладки полупроводниковых вентилях включает следующие работы:

- проверку соответствия выпрямителя проекту;
- проверку правильности схемы включения вентилях;
- проверку правильности монтажа и надежности контактных соединений;
- проверку правильности схемы и надежности сборки элементов в столбе (у селеновых и меднозакисных вентилях);
- испытание вентилях на пробой запирающего слоя;
- снятие характеристик прямого и обратного тока;
- определение зависимости сопротивлений в прямом и обратном направлениях от температуры окружающей среды;
- подбор вентилях в группы.

В зависимости от назначения выпрямителя в схеме управления он может испытываться по сокращенной (определяемой наладчиком) или полной программе.

Выполнение первых четырех операций никаких дополнительных пояснений не требует.

Для испытания на пробой запирающего слоя вентиль последовательно с миллиамперметром и добавочным резистором, предохраняющим измерительный прибор, включается на наибольшее (нормируемое) обратное напряжение  $U_{обр}$ . При этом обратный ток маломощных диодов должен установиться за время меньше чем 20 с, у силовых — меньше 1—2 мин и лежать в пределах нормируемого значения.

Для селеновых столбов испытания рекомендуется вести при  $U_{обр} = 1,3 U_{н}$ . При этом разность напряжений на отдельных элементах не должна превышать 15—20% среднего напряжения на элементе.

Для испытаний могут быть применены напряжение генератора постоянного тока, а также выпрямленное и сглаженное конденсатором или несглаженное синусоидальное напряжение. В последнем случае амплитуда приложенного напряжения не должна превышать 110% рекомендованных выше значений  $U_{обр}$ .

Сопротивления вентиляй в прямом и обратном направлениях зависят от проходящего тока, поэтому снимают их вольт-амперные характеристики. Для снятия характеристик вентилю включается через резистор  $R1$  (рис. 70). Во время прямого включения (рис. 70,а) ток повышается до номинального значения и производятся замеры в 6—8 точках; при обратном включении (рис. 70,б) напряжение повышается до  $U_{обр}$  и замеры снимаются в 4—6 точках.

Снятие характеристик следует производить достаточно быстро, так как под действием прямого и обратного токов диоды нагреваются и у некоторых из них сопротивление изменяется в широких пределах.

Для определения зависимости сопротивлений в прямом и обратном направлениях от температуры окружающей среды вентилю помещают в термостат и снимают вольт-амперные характеристики при средней температуре 20°C и предельных значениях температуры окружающей среды. Характеристики снимаются не быстро. После каждого смещения движка резистора (см. рис. 70) нужно выждать, пока прекратится изменение тока. Во время проведения испытаний к выводам диода следует

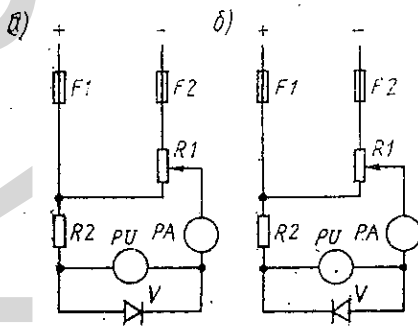


Рис. 70. Схемы измерения сопротивлений вентиляй методом вольтметра—амперметра:

а — при прямом токе; б — при обратном токе

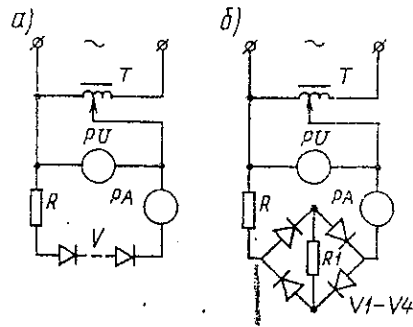


Рис. 71. Схема формовки селенового вентиля при питании от источника переменного тока:

а — включение вентильного столба; б — включение двухполупериодного вентиля



подключать проводники такого же типа, как в схеме: длина выводов в термостате должна быть не менее 100—150 мм.

Подбор диодов с одинаковыми сопротивлениями прямому и обратному току рекомендуется производить после нагрузки диодов рабочим током в течение примерно 3 сут. Следует иметь в виду, что сопротивления сравниваемых диодов могут изменяться различно в зависимости от воздействия температуры окружающей среды.

При последовательном включении германиевых и кремниевых диодов для уравнивания падений обратных напряжений включаются параллельные резисторы. Сопротивления резисторов подбирают с таким расчетом, чтобы ток, проходящий через них, в 3 раза или более превышал обратный ток диода. При параллельном включении диодов падения напряжений на резисторах (при прямом токе) должны превышать падения напряжений на диодах не менее чем в 3 раза.

После длительного хранения селеновых вентилях требуется провести их повторную формовку (первая формовка проводится заводом-изготовителем). Формовка осуществляется путем постепенного подъема напряжения и тока до предельно допустимых значений.

Удобно и эффективно формовать вентиля при питании от источника переменного тока (рис. 71).

Резистор  $R$  (рис. 71,а) должен обеспечить при полном напряжении на схеме средний ток нагрузки  $I_c$ , равный 70—80% номинального.

Вентили, собранные по схеме рис. 71,б, следует формовать без разделения на отдельные плечи. При этом максимальное напряжение (по вольтметру  $PV$ ) определяется количеством шайб в одном плече, а допустимый ток (по амперметру  $PA$ ) составляет 140—160% номинального тока шайбы.

Постепенно за 5—15 мин напряжение на вентиле поднимается от нуля до номинального. Во время подъема напряжения в вентиле иногда слышатся разряды, в местах разряда образуется изоляционный пустой слой. В случае, когда слышатся частые разряды, следует прекратить подъем напряжения.

При полном напряжении и нагрузке, близкой к номинальной, вентиль необходимо продержать под нагрузкой в течение 2—3 ч. Температура вентиля не должна превышать 75°C.

Расширенная программа наладки отдельно взятых транзисторов включает следующие работы:

- проверку соответствия транзистора проекту;
- проверку правильности схемы включения и правильности монтажа;
- измерение токов проводимости и определение коэффициентов усиления;
- снятие рабочих характеристик;

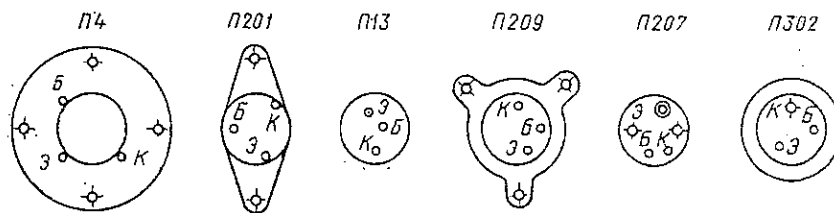


Рис. 72. Расположение выводов некоторых транзисторов:  
 К — коллектор; Э — эмиттер; Б — база

определение рабочих характеристик в зависимости от температуры.

Первая операция особых пояснений не требует.

При проверке правильности схемы включения следует иметь в виду, что выводы большинства триодов одинаковы по форме и не имеют маркировки, но расположены асимметрично; по этому признаку можно оценить их принадлежность и правильность подключения. На рис. 72 в качестве примера показан расположение выводов некоторых триодов. Принадлежность выводов можно легко проверить с помощью омметра, который из всех возможных присоединений к выводам зафиксирует самую высокую проводимость только в направлении от эмиттера к базе. Омметр должен иметь высокое внутреннее сопротивление и подключаться только на короткое время.

Обратный ток коллекторного перехода  $I_{к.об}$  измеряется помощью миллиамперметра  $mPA$  и маломощного источника постоянного тока  $GB$  (рис. 73,а) при напряжении порядка 50%, допустимого. Значения тока  $I_{к.об}$  могут различаться в несколько раз, но не должны превышать 0,2—0,5% номинального тока коллектора. С увеличением температуры германиевых транзисторов ток коллекторного перехода  $I_{к.об}$  удваивается на каждые 8—15°С, у кремниевых — на каждые 5—10°С.

Начальный ток коллектора  $I_{к.н}$  определяется с помощью схемы, приведенной на рис. 73,б. Во время измерения эмиттер Э должен быть соединен с базой Б. У качественных триодов при температуре окружающей среды  $t_{окр} = 10 \div 30^\circ C$  начальный ток должен превышать 5% номинального тока коллектора:  $I_{к.н} \leq 0,05 I_{к.макс}$ .

Рис. 73. Схема включения транзисторов для проверок параметров:  
 а — обратного коллекторного тока  $I_{к.об}$ ;  
 б — начального коллекторного тока  $I_{к.н}$

Характеристики транзисторов могут быть сняты для

отдельных параметров в виде парных зависимостей, а затем сгруппированы в семейства.

Основными можно считать следующие зависимости:  $I_k = f(I_b)$  при  $U_k = \text{const}$ ;  $I_k = f(U_k)$  при  $I_b = \text{const}$  (внешняя или выходная характеристика);  $U_{э,б} = f(U_{э,к})$  при  $I_k = \text{const}$  и  $I_b = f(U_{э,б})$  при  $U_k = \text{const}$  (входная вольт-амперная характеристика).

Внешние характеристики  $I_k = f(U_k)$  снимаются для нескольких значений токов базы, заранее подбираемых и поддерживаемых неизменными:  $I_b = 0; I_{б1}; I_{б2}; \dots I_{бn}$ .

После установления очередного значения тока базы и нового значения напряжения на коллекторе  $U_{э,к}$  нередко наблюдается постепенное самопроизвольное изменение тока  $I_k$ , связанное с изменением коэффициента усиления под действием нагрева рабочего слоя от проходящего по коллектору тока.

#### § 45. НАЛАДКА АВТОМАТИЧЕСКИХ РЕГУЛЯТОРОВ НАПЯЖЕНИЯ

Одним из основных параметров судовой электроэнергетической установки является генерируемое напряжение, от стабильности которого в большой степени зависит надежная работа судового электрооборудования. Так, уменьшение напряжения на 15—20% вызывает значительное ухудшение механических характеристик асинхронных электродвигателей и затрудняет пуск последних. Глубокие же провалы напряжения (свыше 35% номинального) приводят к самоотключению пусковой аппаратуры обычных типов.

Поэтому использование переменного тока в судовых условиях требует обеспечения надежного автоматического регулирования напряжения.

В настоящее время на судах все еще применяются автоматические регуляторы напряжения (АРН) типа РУН (рис. 74).

Наладка АРН типа РУН включает следующие операции:

- внешний осмотр;
- проверку правильности выполнения монтажа и отдельных элементов;

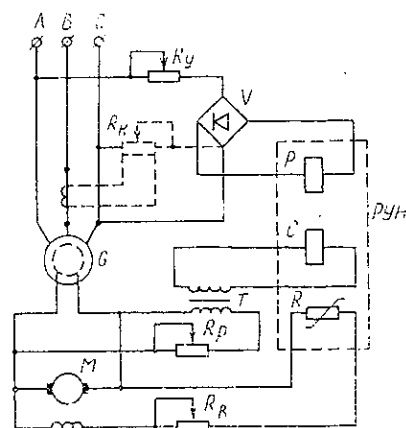


Рис. 74. Автоматический угольный регулятор напряжения типа РУН:  $G$  — синхронный генератор;  $M$  — возбудитель

измерение сопротивления изоляции;  
настройку регулятора напряжения;  
настройку стабилизирующего трансформатора;  
контроль работоспособности системы;  
настройку регулятора напряжения при параллельной работе генераторов переменного тока.

Первые три операции особых пояснений не требуют.

**Настройка регулятора напряжения.** Для того чтобы регулятор поддерживал заданное напряжение в гарантированных пределах при всех режимах работы генератора, требуется чтобы сила втягивания якоря и сила реакции угольного столба уравновешивали силу противодействующей пружины во всех положениях якоря.

Полная или частичная замена шайб столбов практически не меняет настройку регулятора. При такой замене шайб высота столбов и их сопротивление должны быть между собой одинаковыми (допускается разница по сопротивлению не более  $\pm 10\%$  и по высоте  $\pm 0,5$  мм). Правильность затяжки столбов угольного регулятора проверяется замером его электрического сопротивления на соответствие паспортным данным. Якорь не должен касаться магнитопровода. Воздушные зазоры должны быть одинаковыми.

**Настройка стабилизирующего трансформатора.** При включении генератора вхолостую нужно следить за его напряжением. Если напряжение генератора не устанавливается и продолжает длительно колебаться или устанавливается очень медленно, то успокоение не настроено. Прежде всего нужно убедиться в правильности включения трансформатора. Если при постепенном уменьшении сопротивления установочного резистора  $R_p$  в цепи первичной обмотки трансформатора нельзя успокоить колебания напряжения генератора, то необходимо поменять местами концы проводов, присоединяемые к выводам вторичной обмотки трансформатора. После этого выбором положения движка резистора  $R_p$  нужно отрегулировать минимально необходимый ток устойчивого регулирования напряжения при холостом ходе генератора.

Увеличивать силу тока более 0,6 А в первичной обмотке трансформатора  $T$  при холостом ходе генератора не следует во избежание чрезмерного перегрева трансформатора в режиме полной нагрузки генератора (при нагрузке ток первичной обмотки может увеличиться в 2—3 раза). Максимальный длительный ток допускается не более 2,2 А.

**Контроль работы регулятора.** Эту операцию осуществляют следующим образом: генератор запускают вхолостую, поддерживая частоту вращения постоянной, нагружают его до номинальной нагрузки, а затем плавно снимают нагрузку до нуля. Работа регулятора считается удовлетворительной, если уста-

повышшееся (не считая переходного процесса) напряжение во всем диапазоне нагрузок не отклоняется от среднего значения более чем на  $\pm 2,5\%$ .

Изменение уставки напряжения, поддерживаемого регулятором, производится путем изменения сопротивления резистора  $R_y$ . Для увеличения напряжения генератора необходимо увеличить сопротивление резистора  $R_y$ .

**Настройка регулятора напряжения при параллельной работе генераторов переменного тока.** При регулировании напряжения параллельно работающих генераторов переменного тока в контрольно-измерительную цепь регулятора включается дополнительно регулируемый резистор  $R_k$  (2—2,5 Ом), обтекаемый током трансформатора тока, включенного в свободную фазу (на рис. 74 показано пунктиром). Добавочный резистор называется компенсатором реактивной мощности. Действие компенсатора зависит от нагрузки генератора и заключается в изменении падения напряжения, подводимого к контрольно-измерительной цепи регулятора. Увеличение реактивной нагрузки генератора при отстающем  $\cos \varphi$  регулятор воспринимает как увеличение напряжения генератора.

При включении регуляторов напряжения для случая параллельно работающих генераторов переменного тока прежде всего необходимо убедиться в правильности подбора трансформатора тока и компенсатора реактивной мощности. Каждому генератору в отдельности дают нагрузку при отстающем  $\cos \varphi$  порядка 0,8. Если при увеличении сопротивления компенсатора регулятор снижает напряжение генератора, то компенсатор включен правильно. В противном случае необходимо поменять местами присоединение выводов компенсатора.

После этого уменьшают сопротивление компенсатора до нуля и задают значение среднерегулируемого напряжения, одинаковое на всех генераторах, при 50%-ной нагрузке и при номинальной частоте вращения. С помощью резистора  $R_k$  на каждом генераторе в отдельности устанавливают наклоны статических характеристик регулирования напряжения.

Широкое распространение на флоте получили регуляторы прямого фазового компаундирования, реагирующие непосред-

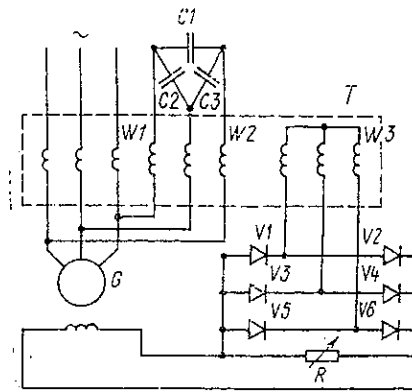


Рис. 75. Электрическая схема АРН фазового компаундирования

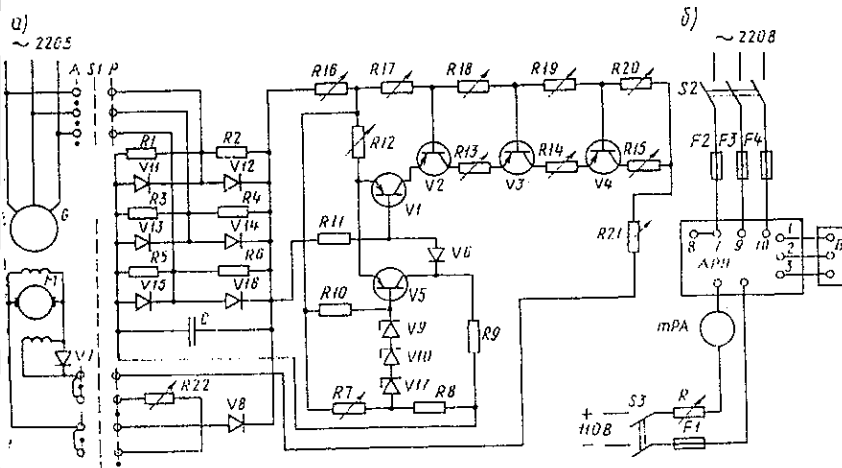


Рис. 76. Полупроводниковый регулятор АРН:

а — схема электрическая принципиальная; б — схема подключения регулятора для его проверки;  $R1-R22$  — резисторы;  $V1-V5$  — транзисторы;  $V6-V8, V11-V16$  — диоды;  $V9, V10, V17$  — стабилитроны;  $C$  — конденсатор;  $F1-F4$  — предохранители;  $mPA$  — миллиамперметр;  $S1-S3$  — выключатели;  $BC$  — блок резисторов

ственно на ток нагрузки с учетом его фазы (рис. 75), и полупроводниковые АРН (рис. 76).

Кроме первых трех общих с регулятором РУН операций наладка АРН фазового компаундирования включает:

- подготовку и включение при холостом ходе, проверку само возбуждения, точности и устойчивости регулирования;
- определение статизма регулирования;
- проверку форсировочной способности, теплового режим элементов регулятора.

При подготовке проверяется несимметрия напряжения на вторичной обмотке  $\omega 2$  и маркировка выводов трансформатора  $T$  (см. рис. 75). Проверка несимметрии осуществляется на отключенном трансформаторе подачей напряжения на одну и обмоток напряжения  $\omega 2$  и снятием напряжений на обмотка  $\omega 1$  каждой фазы. У исправных трансформаторов несимметрия не превышает 10—20%. Проверка емкостного блока  $C1-C$  сводится к замеру емкости фаз блока и напряжения по фазам

При включении генератора вхолостую необходимо следить за его напряжением; если генератор не возбуждётся, нужно подмагнитить его от постороннего источника питания, соблюдая полярность напряжения, подаваемого от блока выпрямления

Самовозбуждение и напряжение генератора регулируются подбором емкостного компаундирующего элемента и резистора  $R$ , подключаемого параллельно обмотке возбуждения генератора.

Проверка точности и устойчивости регулирования обеспечивается плавным увеличением нагрузки до максимума и снижением ее до нуля при постоянной частоте вращения. Без корректора напряжения система прямого фазового коммутирования гарантирует точность поддержания напряжения на всем диапазоне  $\pm 3\%$ .

Статизм регулятора определяется выражением

$$\Delta U = \frac{U_{x.x} - U_n}{U_n},$$

где  $U_{x.x}$  — напряжение генератора при холостом ходе;

$U_n$  — напряжение генератора при номинальной нагрузке.

Желательно настраивать регулятор на отрицательный статизм 0—2%. Это достигается подбором токовых витков трансформатора.

Проверка форсировочной способности регулятора осуществляется с помощью прямого пуска асинхронного короткозамкнутого двигателя.

Распределение реактивных нагрузок между параллельно работающими генераторами обеспечивается уравнительными соединениями между обмотками возбуждения.

Проверка теплового режима производится после наладки при сниженной частоте на 2—3% и полной нагрузке с низким коэффициентом мощности в течение 5—6 ч работы генератора. При этом температура всех элементов регулятора не должна превышать  $60^\circ + t$ , а температура выпрямителей не должна превышать  $25^\circ + t$ , где  $t$  — температура окружающей среды.

Полупроводниковый АРН (см. рис. 76) является регулятором косвенного действия, воздействующим на возбуждение возбудителя регулируемой машины. Перед установкой АРН на судно производится его проверка и настройка на стенде.

С помощью резистора  $R7$  в цепи постоянного тока 110 В (рис. 76,б) устанавливается ток 1,4—1,5 А, соответствующий максимальному току возбуждения возбудителя  $M$  при полностью открытых транзисторах  $V1—V4$ .

Значение сопротивления резистора  $R12$  устанавливается таким, чтобы при открытых транзисторах  $V1—V4$  падение напряжения на резисторе  $R12$  было больше падения напряжения на резисторе  $R10$  на 0,1—0,2 В.

В режиме максимальной нагрузки транзисторов, соответствующей току 1,4—1,5 А, регулятор работает не менее часа. При этом контролируются нагрев элементов схемы, напряжения на транзисторах, диодах и резисторах.

Увеличивая сопротивление резистора  $R7$  вручную, имитируют возрастание напряжения синхронного генератора  $G$  при работе его согласно принципиальной схеме (см. рис. 76,а). При этом контролируются переключение транзисторов  $V1—V4$

в закрытое состояние и уменьшение тока в цепи нагрузки примерно в два раза.

Проверку точности работы регулятора осуществляют следующим образом: генератор пускают вхолостую, переключатель *SI* на ГРЩ устанавливают в положение «Автоматическое регулирование». Работа регулятора считается удовлетворительной, если во всем диапазоне нагрузок поддерживается заданное напряжение с точностью не менее 3%.

Если напряжение окажется ниже или выше заданного, то нужно в первом случае уменьшить, а во втором увеличить сопротивление плеча резистора *R7* при отключенном состоянии регулятора.

Характерные неисправности АРН приведены в табл. 25 и 26.

Таблица 25

Характерные неисправности АРН типа РУН

Неисправности	Причины	Способы устранения
Напряжение выше заданного уровня и не регулируется	Отсутствие питания электромагнита контрольно-измерительного органа	Устранить обрыв в питающей сети, если обрыв в катушке. Сменить регулятор. Проверить селеновый выпрямитель
Напряжение регулируется недостаточно точно. Между угольными шайбами проскакивают искры	Нарушился зазор между подвижным якорем и неподвижным магнитопроводом Износ и поломка угольных шайб в столбах	Отрегулировать зазор между якорем и неподвижным магнитопроводом Поврежденные и перегоревшие шайбы заменить новыми. Произвести подрегулировку нажатия шайб согласно паспортным значениям
Незатухающие колебания напряжения	Обрыв в цепи стабилизирующего трансформатора <i>T</i> (ВТ-190) Неправильное включение стабилизирующего трансформатора <i>T</i> (ВТ-190) Нарушена настройка регулятора	Устранить обрыв. Если обрыв в самом трансформаторе, то его необходимо заменить Поменять местами провода вторичной обмотки трансформатора Уменьшить чувствительность регулятора противодействующей пружиной. Отрегулировать максимальное и минимальное сопротивление столбов согласно паспортным данным



Продолжение табл. 25

Неисправности	Причины	Способы устранения
При увеличении сопротивления резистора $R_k$ (BC-242) напряжение генераторов повышается	Неправильная полярность в цепи компенсатора реактивной мощности	На зажимах резистора поменять полярность от трансформатора тока

Таблица 26

Характерные неисправности полупроводниковых АРН

Неисправности	Причины	Способы устранения
Напряжение генератора выше заданного	Выход из строя транзисторов выходного каскада (шунтирующих сопротивление)	Проверить транзисторы тестером между эмиттером и коллектором. Неисправные заменить
Напряжение генератора ниже заданного и изменяется в зависимости от нагрузки генератора	Пробой стабилитрона Пробой управляющего триода	Проверить стабилитрон, неисправный заменить Проверить триод, предварительно его отключив. Неисправный заменить
Регулятор не поддерживает напряжения	Обрыв установочного резистора в цепи коллектора управляющего триода Пробой диодов выпрямительного моста	Устранить обрыв Проверить диоды, неисправные заменить

§ 46. НАЛАДКА СХЕМ УПРАВЛЕНИЯ  
ЭЛЕКТРОПРИВОДАМИ

При наладке схем управления используют техническую документацию, куда входят электрические схемы, которые в зависимости от назначения подразделяются на:

- принципиальные, определяющие полный состав элементов и электрических связей между ними (рис. 77);
- соединений (монтажные), определяющие порядок электрического присоединения жил проводов и кабелей к зажимам, штепсельным разъемам и отдельным элементам (рис. 78);
- подключений, указывающие порядок внешнего подключения кабелей и проводов к аппаратуре и приборам (рис. 79);
- общие, определяющие относительное расположение составных частей изделия, а также кабелей, проводов, труб и т. д. (рис. 80).

RIVER-STO-RE-RU

Рис. 77. Принципиальная схема электропривода пожарного насоса

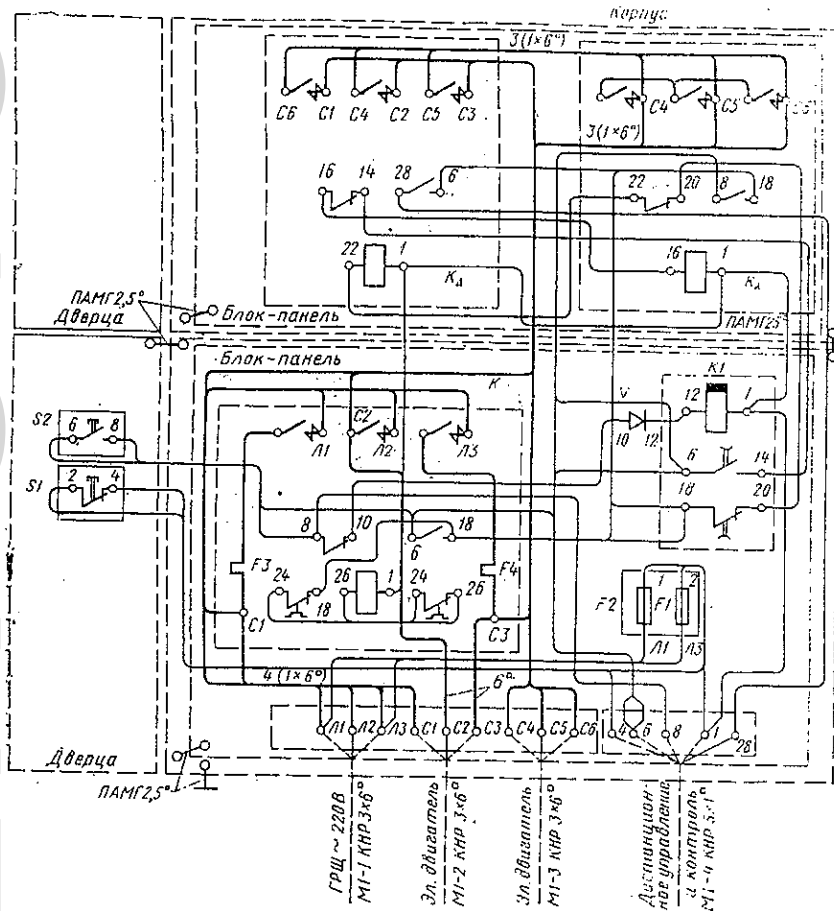
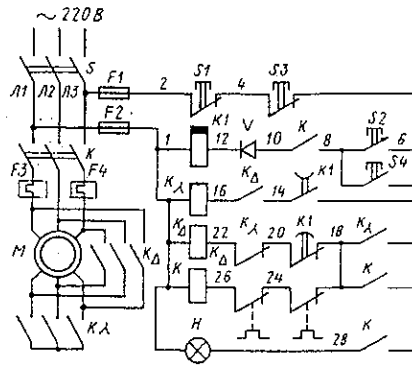


Рис. 78. Монтажная схема щита питания электродвигателя пожарного насоса

Наладка схем управления электроприводами заключается в анализе проекта, проверке правильности выполнения монтажа, осмотре и регулировке механической части аппаратуры, проверке изоляции, проверке отдельных элементов (пускателей, реле, кнопок и т. д.), проверке взаимодействия элементов схемы и опробовании ее в целом.

Анализ принципиальных и проверка монтажных схем. Анализ начинают с изучения схемы подключений (см. рис. 79), определяя все составные части системы: пожарный насос, щит пожарного насоса ЩП, находящийся в машинном отделении, щит управления ЩУ, находящийся в рулевой рубке.

Схема получает питание по фидеру MI-1 от ГРЩ. Площадь сечения кабеля этого фидера 3x6 мм<sup>2</sup>. Электродвигатель пожарного насоса соединяется со щитом ЩП кабелями MI-2 и MI-3 площадью сечения 3x6 мм<sup>2</sup>. На этой же схеме указана индексация жил кабеля и выводов, что необходимо для проверки правильности выполнения электромонтажных работ.

После этого переходят к общей схеме (см. рис. 80). Уточнив главные функциональные блоки и связи между ними, обращаются к принципиальной схеме (см. рис. 77), которая является основной при проведении наладочных работ. Из схемы видно, что для привода пожарного насоса применен асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором, пускаемый в ход способом переключения обмотки статора на треугольник. Защита электродвигателя осуществляется двумя электротепловыми реле F3 и F4. Цепь управления электропри-

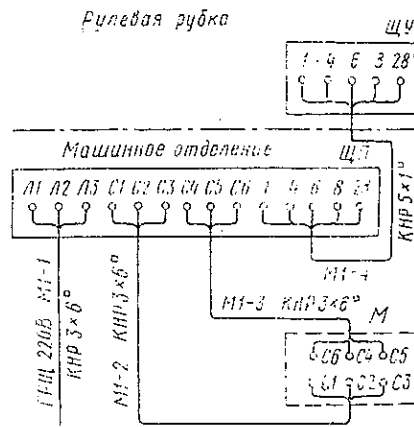


Рис. 79. Схема подключений электропривода пожарного насоса

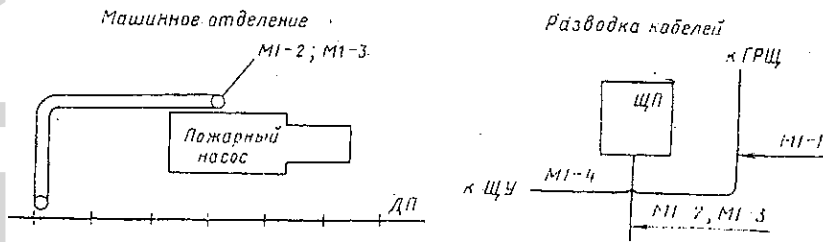


Рис. 80. Общая схема расположения аппаратуры АСУ пожарного насоса

водом обеспечивает поочередное включение линейного контактора  $K$ , затем контакторов  $K_A$  и  $K_B$ , соединяющих обмотку звездой и треугольником. Кнопками  $S1$  и  $S2$  осуществляют местное управление электроприводом, кнопками  $S3$  и  $S4$  — дистанционное. Работа схемы должна быть ясна во всех деталях. При наладке обращают внимание на то, чтобы установленные защитные предохранители  $F1$  и  $F2$ , автомат  $S$  обеспечивали надежную защиту цепей от коротких замыканий, а другая аппаратура соответствовала номинальным параметрам тока и напряжения (обмотки реле  $K1$  и контакторов, коммутационная способность контактов реле и контакторов, соответствие сигнальной лампы  $H$  и диода  $V$  и т. д.). Принятая площадь сечения жил кабелей должна гарантировать нормальное напряжение на выводах токоприемников.

При анализе работы элементных схем убеждаются в отсутствии возможных ошибок, ложных связей и обходных цепей, способных нарушить нормальное действие схемы.

Общая схема (см. рис. 80) дает представление о реальном пространственном расположении аппаратуры, что особенно важно для судовых систем, составные части которых размещены в различных помещениях судна.

Как видно из рис. 80, к насосу подведены в трубах кабели  $M1-2$  и  $M1-3$ . На схеме рис. 79 эти кабели подходят к щитку выводов электродвигателя. На плане трюма (см. рис. 80) показана разводка кабелей к щитам  $ЩП$ ,  $ЩУ$  и  $ГРЩ$ . Все это необходимо знать для выполнения операций и проверки правильности монтажа.

Монтажная схема (см. рис. 78) показывает расположение и соединение между собой элементов АСУ пожарного насоса, размещенных в  $ЩП$ . Она используется при наладке либо для отыскания в натуре нужного элемента, например реле времени для регулировки его уставки, либо при поиске неисправностей. Здесь можно увидеть не только подключение подходящих кабелей, но и внутренний монтаж, т. е. получить дополнительную информацию для прозвонки. Монтажную схему сличают с принципиальной, проверяют последовательно друг за другом все цепи, помечая их карандашом. Одновременно проверяют соответствие маркировки схем и совпадение номеров выводов аппаратов.

**Проверка правильности выполнения монтажа.** От тщательности проведения этой операции во многом зависит успех наладочных работ. Неисправности и ошибки электромонтажных работ, не устраненные перед первым включением аппаратуры или системы, приводят к серьезным повреждениям как отдельных аппаратов, так и системы в целом.

Проверку правильности выполнения монтажа начинают с визуального контроля. При этом проверяют соответствие ко-

количества и типов установленного электрооборудования, уточняют места его установки в соответствии с конструкторской документацией, проверяют качество соединений жил проводов с выводами, корпусом и экраном кабеля, отсутствие посторонних предметов на выводах и т. д.

После визуального контроля приступают к проверке правильности выполнения внутреннего монтажа и соединений жил кабелей. Проверка правильности выполнения внутреннего монтажа может быть осуществлена непосредственно, когда начало и конец проверяемой электрической цепи находятся поблизости друг от друга и при прозвонке не используются вспомогательные цепи, или способом заземления, когда начало и конец электрической цепи находятся в разных помещениях, а в качестве обратного провода используются корпус судна, заземляющие проводники, жилы любого кабеля, специально проложенного проводника и т. д. Наиболее удобен для этих целей пробник, выполненный на базе батарейки карманного фонаря с последовательно включенными в ее цепь резистором с сопротивлением порядка 50—100 Ом и указателем в виде лампы, телефонного бленкера, сигнального реле и т. п.

Перед проверкой соединений монтажа необходимо отключить на щитке выводов все внешние кабельные связи, а также отсоединить все провода от внутренних элементов. Допускается во время прозвонки не снимать провода с выводов элементов, если параллельные обходные связи оказываются разомкнутыми на контактах реле.

**Осмотр и регулировка механической части аппаратуры.** После окончания проверки монтажа приступают к ревизии и регулировке механической части аппаратуры схемы. При этом проверяют качество и состояние сборки деталей пружинной системы, поверхности призмы качания якоря, немагнитную прокладку. Регулируют растворы и провалы контактов, напряжение втягивания, выдержки времени и т. д.

Проверка изоляции включает в себя измерение сопротивления изоляции как отдельных элементов, так и полной схемы, испытание электрической прочности изоляции повышенным напряжением. Проверка изоляции элементов схемы носит предварительный характер и проводится при разобранных цепях управления. Измерение производится мегомметром.

По окончании проверки аппаратуры собирают схему управления и готовят ее к испытанию изоляции повышенным напряжением. Перед подачей переменного напряжения 1000 В мегомметром производят измерение сопротивления изоляции цепей управления в полной схеме. Оно должно быть не ниже 1 МОм. Далее к испытуемым цепям подключают испытательное устройство и напряжение плавно поднимают до 500 В. Если это напряжение цепи выдерживают без заметных при-

наков пробоев или разрядов, о чем можно судить по стабильности показаний испытательного устройства, то испытательное напряжение повышают до 1000 В и выдерживают в течение 1 мин. По окончании времени испытаний напряжение плавно снижают до нуля. Считается, что изоляция выдержала испытания повышенным напряжением, если в процессе их не наблюдалось заметных признаков пробоев, резкого снижения напряжения, характерного треска. После этого повторно производят измерение сопротивления изоляции всей схемы, которое не должно ухудшиться по сравнению с первоначальным измерением.

**Проверка взаимодействия элементов схемы и проведения опробования.** До подачи тока на схему цепей управления следует проверить пробником взаимодействие элементов цепей. По окончании предварительных проверок на схему управления устанавливают предохранители и включением автомата подают ток. По состоянию сигнальной лампы производят первоначальную оценку исправности схемы.

Для оценки надежности работы элементов управления производят опробование схемы при пониженном до  $0,85 U_n$  напряжении.

#### § 47. НАЛАДКА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ

Судовые электрические станции предназначены для производства, первичного распределения и передачи электроэнергии. В их состав входят дизель-генераторные агрегаты, обладающие достаточно высоким коэффициентом полезного действия автономностью, компактностью и постоянной готовностью к действию.

Рассмотрим наладку электрической схемы аварийной дизель-генераторной установки, предназначенной для включения и приема ею нагрузки при исчезновении напряжения на шинах ГРЩ. Принципиальная схема системы программного пуска (рис. 81,а) состоит из следующих элементов:

аккумуляторной батареи  $GB$  на 24 В, питающей стартер  $M$  и цепь управления; при работе установки батарея подзарядается от зарядного генератора  $G$ , навешенного на дизель;

контрольных реле напряжения  $K1$  и времени  $K2$  с выдержкой до 3 с. Реле  $K1$  и  $K2$  при исчезновении напряжения на ГРЩ срабатывают и обеспечивают питание схемы управления в течение 3 с;

двигателя  $M1$ , навешенного на дизель и обеспечивающего предварительную маслопрокачку;

серводвигателя  $M2$ , навешенного на дизель и обеспечивающего подачу топлива;

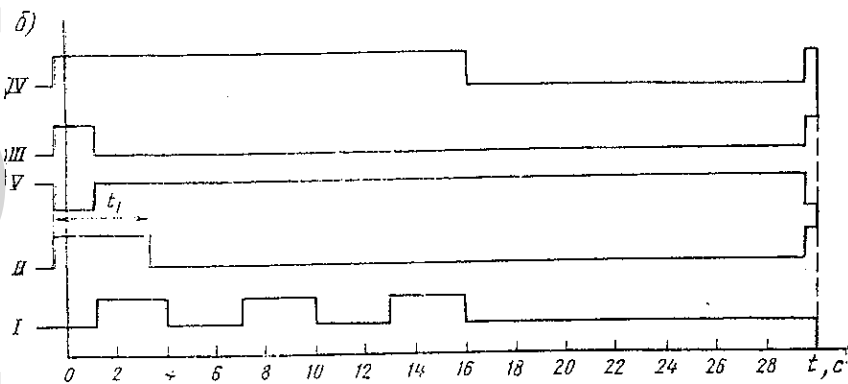
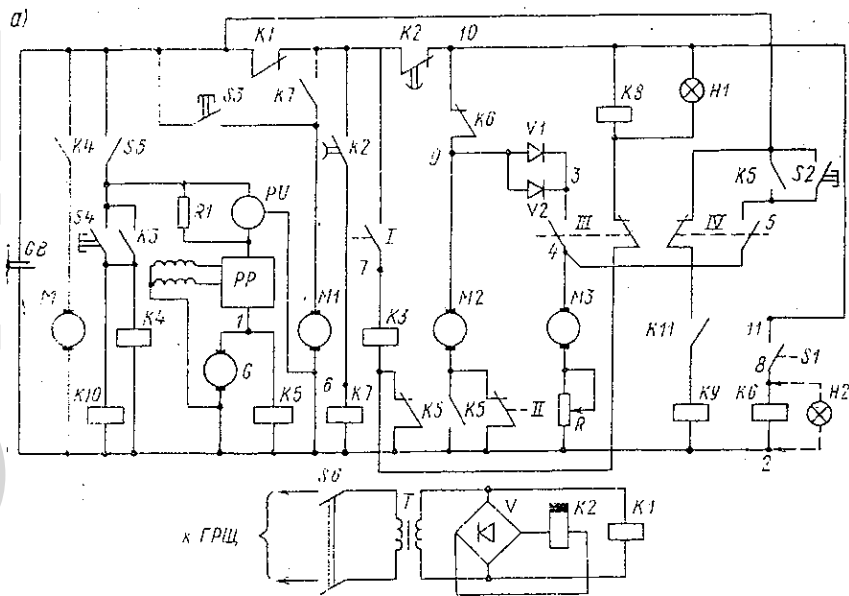


Рис. 81. Система программного запуска дизель-генератора:  
 а — принципиальная схема электрическая; б — диаграмма замыкания контактов программного механизма (значение  $t_1$  условно); R1 — резистор; V1, V2 — диоды

реле пуска K3, включающего реле начального возбуждения K10 и стартер M с помощью реле стартера K4;

реле удавшегося пуска K5, срабатывающего по достижении дизелем частоты вращения 500—600 об/мин и подающего импульс на отключение стартера и дальнейшее увеличение подачи топлива;

конечного выключателя S1, замыкающего цепь по дости-

жении подачи топлива, соответствующей частоте вращения дизеля, равной 1500 об/мин, и подающего импульс на включение 50%-ной нагрузки и отключение серводвигателя *M2* подачи топлива;

реле *K6* номинальной частоты вращения, срабатывающего при замыкании выключателя *S1*;

реле готовности *K9* для выдачи дистанционного сигнала о готовности системы к пуску (при включении автоматического выключателя *S5* синхронного генератора и контакта контактора *K11*, который подает питание от ГРЩ на щит аварийного генератора);

кулачкового программного механизма с серводвигателем *M3* и микровыключателем, обеспечивающего включение стартера *M*, серводвигателя подачи топлива и нагрузки;

сигнальной лампы *H1*;

понижающего трансформатора *T* и выпрямителя *V*.

Наладка системы автоматического пуска заключается в:

проверке правильности выполнения электромонтажных работ;

измерении сопротивления изоляции;

проверке ручного запуска;

контроле работоспособности зарядного генератора;

регулировке программного механизма, привода рейки топливного насоса и момента срабатывания реле номинальной частоты вращения;

проверке функционирования систем программного запуска;

контроле работоспособности системы.

Первые две операции не вызывают затруднений.

Проверка ручного запуска начинается с подачи питания на схему и включения кнопки *S3* (см. рис. 81,а). По манометру, установленному на пульте управления дизелем (на рисунке не показан), следят за работой маслопрокачивающей системы дизеля, давление масла в которой должно быть не менее 0,2 МПа. Испытание необходимо проводить в течение 1—2 мин.

После прокачки дизеля маслом вручную, с помощью кнопки *S4* включают стартер и проворачивают дизель стартером в течение 3—4 с. После этого рукоятку рейки топливного насоса устанавливают в положение, соответствующее частоте вращения дизеля, равной 500—600 об/мин, вторично включают стартер на 3—4 с и отключают его после запуска дизеля. Проверку функционирования схемы ручного запуска и прокачки масла производят два-три раза, предварительно отключив провод в точке *1* от зажима реле-регулятора *PP*. После проверки ручного пуска дизель еще раз запускают, устанавливая минимально устойчивую частоту вращения, равную 300—500 об/мин, затем приступают к выполнению следующей операции. Такая последовательность операций вызвана тем, что



работа программного механизма определяется состоянием реле удачного запуска *K5*, которое срабатывает от напряжения зарядного генератора.

Контроль работоспособности зарядного генератора осуществляют таким образом. Вольтметром *PV* замеряют напряжение и полярность зарядного генератора при минимально устойчивой частоте вращения, которое должно быть равно 10—12 В. Подключают провод в точке *I* и выводят дизель на номинальную частоту вращения. По показаниям вольтметра следят за зарядкой аккумуляторной батареи. Напряжение генератора должно быть в пределах 27—28 В, а зарядный ток не более 40—45 А. Работоспособность зарядного генератора проверяют в течение 10—20 мин.

Регулировку программного механизма начинают с реле *K5*. Отрегулировав срабатывание реле (напряжение срабатывания 10—12 В), проверяют запуск двигателя программного механизма при имитации исчезновения напряжения на шинах *ГРЩ* выключателем *S6*, предварительно выключив выключатель *S5* на пульте управления для устранения возможности включения стартера.

Если двигатель не запустился, но есть напряжение между точками *9* и *3*, то регулируют срабатывание микровыключателя *III*, добиваясь с помощью винтов, крепящих его к основанию программного механизма, такого положения, когда контакт *3—4* замкнется, при этом рычаг привода микровыключателя должен находиться на выступе кулачка *III*. Налаживают срабатывание микровыключателя вращения двигателя *M3* и приступают к проверке возвращения кулачкового механизма в исходное положение.

Запустив с помощью выключателя *S6* кулачковый механизм, возвращают выключатель в исходное положение и нажимают кнопку возврата *S2*. При нажатии на кнопку должен вращаться серводвигатель *M3*. Если этого не произойдет, но между точками *4* и *5* есть напряжение, то регулируют срабатывание микровыключателя *IV* так, чтобы при положении рычага привода микровыключателя на выступе кулачка *IV* был замкнут контакт *4—5*. Отрегулировав срабатывание микровыключателя *IV* и возврат механизма кнопкой *S2*, проверяют возврат механизма от реле *K5*. После этого с помощью изменения сопротивления резистора *R* так подбирают частоту вращения серводвигателя *M3*, чтобы кулачковый вал программного механизма совершал один оборот за 28—32 с. Отрегулировав запуск и возврат кулачкового механизма, приступают к регулированию привода рейки топливного насоса — серводвигателя *M2*. Отключают в точках *6* и *7* провода пускового реле *K3* и реле прокачки масла *K7*. Выключают выключатель *S6* и регулируют длительность срабатывания микровыключателя *II*,

подбирая такое положение выступа кулачка *И* в начальный момент, чтобы за время  $t_1$  (рис. 81,б) серводвигатель *М2* переместил рейку топливного насоса из нулевого положения в положение, соответствующее частоте вращения дизеля, несколько большей половины номинальной, которое было предварительно отмечено. Включают выключатель *С6* при отключенном выключателе *С5*, запускают серводвигатель *М3* и, после выведения привода *М2* рейки насоса в отрегулированное положение, выключают выключатель *С6*, включают выключатель *С5*, запускают дизель вручную, не трогая рейки, и по тахометру проверяют частоту вращения дизеля. Для дизеля с номинальной частотой вращения 1500 об/мин она должна быть равна 700—800 об/мин.

Регулируют момент срабатывания реле *К6*, который определяется положением конечного выключателя *С1* относительно рейки топливного насоса. Для этого вместо реле *К6* подключают контрольную лампу *Н2*, как показано на рис. 81,а пунктиром. Запускают дизель. При частоте вращения дизеля около 1530 об/мин, что соответствует 51 Гц по частотомеру, судят о срабатывании микровыключателя *ИИ* по загоранию лампы *Н2*. Регулируют (установочными винтами или изменением угла рычага привода) срабатывание микровыключателя *ИИ* при частоте вращения дизеля, чуть меньшей 1530 об/мин. Восстанавливают схему и осуществляют пробный автоматический запуск дизель-генератора программным механизмом.

Проверку функционирования системы программного запуска производят так. Отключив провод *9* (см. рис. 81,а) и поставив рейку топливного насоса в положение «Стоп», проверяют работу программного механизма. При этом должен три раза включиться стартер *М*, а затем должны сработать реле неисправности *К8* и загореться лампа *Н1*, сигнализирующая о неисправности.

Проверку работоспособности системы можно совместить с проверкой функционирования. Прием нагрузки должен производиться за время 30—40 с, а выведение на номинальную частоту — за 9—10 с от момента включения реле *К1*.

#### § 48. НАЛАДКА ЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ДВС И СПАС

Контроль параметров электрифицированных установок осуществляется с помощью специальных датчиков, которые при достижении контролируемым параметром некоторого значения срабатывают и выдают сигнал в схему сигнализации.

В этих схемах применяются два вида сигналов — световой и звуковой. Световой сигнал информирует судоводителя, находящегося в рулевой рубке, о состоянии установки, при этом

световой сигнал обычно дублируется звуковым. По желанию судоводителя звуковой сигнал может быть отключен. При исчезновении недопустимого значения контролируемого параметра световая и звуковая сигнализация отключается.

На рис. 82 в качестве примера приведена схема СПАС, осуществляющая контроль температуры воды, масла и минимального давления смазки дизель-генераторов. Датчиками сигнализации температуры служат термосигнализаторы  $B1-B4$  (типа ТС-100), а давления — реле давления  $K1$  и  $K2$  (типа РДК-57) (на схеме не показаны). При срабатывании любого датчика на пульте электростанции загорается световой сигнал  $H1$  или  $H2$  соответствующего дизель-генератора и включается трещотка  $H$  (типа ТРФ-220). Включение звукового сигнала при срабатывании датчиков давления производится через контакты реле частоты вращения  $K3$  и  $K4$  схемы запуска дизель-генераторов.

В схеме (см. рис. 82) предусмотрены реле времени  $K5-K8$ . Контакты  $K5$  и  $K8$  замыкаются в цепи трещотки с выдержкой времени, что предотвращает ее ложное включение в период пуска дизель-генераторов. Контакты  $K7$  и  $K6$  также с выдержкой времени замыкаются в схеме автостопов. Состояние ламп проверяется с помощью переключателей  $S1$  и  $S2$ . Реле  $K9$  и  $K10$  и кнопка  $S3$  служат для снятия звукового сигнала, к которому подключены аварийные сигналы схемы управления отопительного котла и компрессора. Контакт реле  $E$  включает трещотку при аварийном давлении в котле, а контакт  $E1$  — при аварийном давлении в воздушных пусковых баллонах.

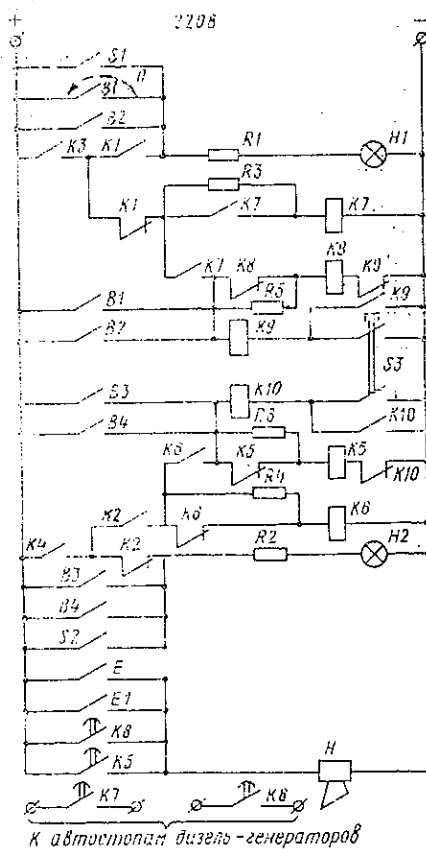


Рис. 82. Принципиальная схема системы аварийной предупредительной сигнализации СПАС

■ Наладка схем сигнализации состоит из следующих операций:

■ проверки правильности выполнения электромонтажных работ;

■ проверки сопротивления изоляции;

■ проверки функционирования;

■ контроля работоспособности.

Проверку правильности монтажа схем сигнализации необходимо выполнять при снятых сигнальных лампах для исключения ложных цепей.

Проверку сопротивления изоляции производят сразу после проверки правильности монтажа, так как в противном случае при выполнении последующих операций возвращение к проверке сопротивления изоляции отнимает много времени.

Проверку функционирования схем сигнализации начинают с проверки цепей контроля звукового сигнала и исправности ламп сигнализации, после чего приступают к проверке функционирования схемы при имитации срабатывания датчиков путем закорачивания искусственной перемычкой их контактов. Например, в схеме, показанной на рис. 82, перемычка *П* закорачивает контакт датчика *В1*, вызывая загорание лампы *Н1* и появление звукового сигнала. После проверки функционирования системы сигнализации переходят к контролю работоспособности, который производят путем получения сигналов непосредственно от датчиков и реле при их срабатывании.

#### § 49. НАЛАДКА СИСТЕМ ГЭУ

Установки с электрической передачей энергии к гребным винтам называют гребными электрическими установками (ГЭУ). В состав ГЭУ входят: первичные источники энергии— дизели; генераторы постоянного или переменного тока; щит управления; гребные электродвигатели (ГЭД), соединенные с движителями, чаще всего с гребными винтами; система возбуждения; система ручного или автоматического управления.

Для ГЭУ важно использовать полную мощность дизеля в различных условиях плавания. Регулирование мощности ГЭУ должно производиться таким образом, чтобы мощность на валу гребного двигателя оставалась практически постоянной и равной номинальной или близкой к ней при работе гребного винта на различных характеристиках: от хода в свободной воде до работы на швартовах при соответствующем изменении момента на гребном валу. Эту задачу выполняет система Г—Д с МУ в цепях управления возбуждением генератора и двигателя (рис. 83), что позволяет получить:

■ жесткие внешние характеристики главных генераторов;

■ регулирование магнитного потока гребного электродвигате-

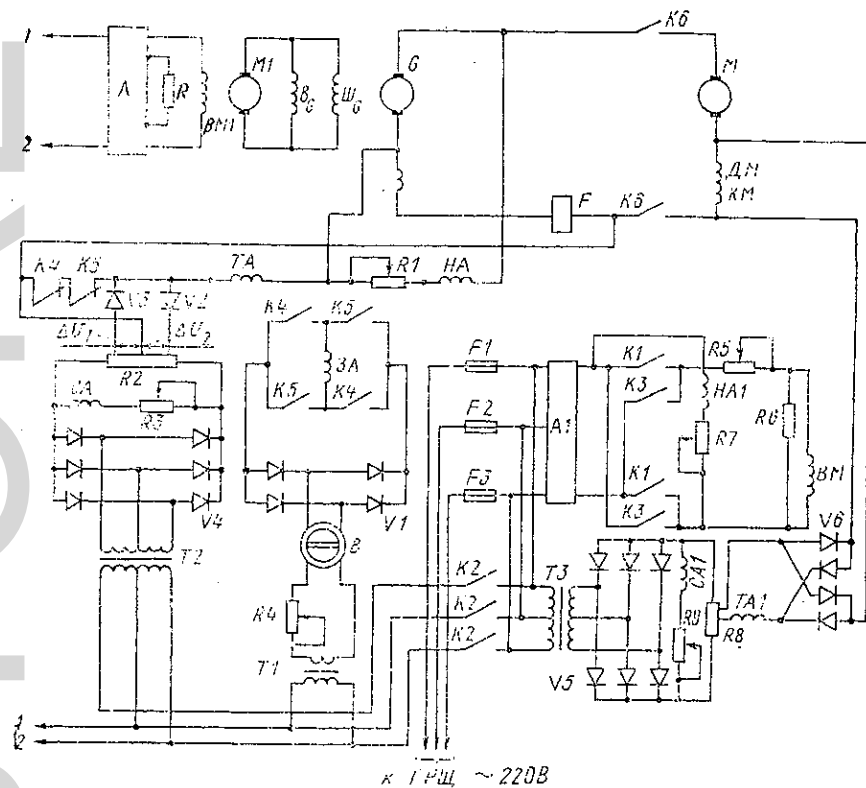


Рис. 83. Электрическая схема ГЭУ системы Г—Д с МУ в цепях управления возбудителем генератора и двигателя:  
*T1—T3* — трансформаторы понижающие; *V1—V6* — диоды; *F* — реле защитное; *F1—F3* — предохранители; *R, R6* — резисторы балластные; *K1—K6* — контакты реле и контакторов (на схеме аппараты не показаны)

ля с целью поддержания постоянства мощности при работе ГЭУ от швартовой характеристики до характеристики в чистой воде;

ограничение тока стоянки гребного электродвигателя значениями, не превышающими номинальное более чем в 1,5 раза.

Обмотки возбуждения возбудителя главного генератора *G* получают питание через магнитный усилитель *A*, который имеет четыре обмотки управления:

- задающую *ЗА*, включенную в цепь сельсина-датчика *B*;
- узла токовой отсечки *ТА*, включенную на падение напряжения добавочных полюсов главного генератора;
- обратной связи по напряжению *НА*, включенную на выводы якоря главного генератора;
- смещения *СА*, включенную на напряжение цепи возбуждения.

С увеличением нагрузочного момента на гребных винтах падает частота вращения гребного электродвигателя, возрастает ток в главной цепи, что ведет к увеличению падения напряжения на дополнительных полюсах генератора и, следовательно, к увеличению тока в обмотке  $TA$ . Обмотка  $TA$  включена согласно с обмоткой  $HA$ , поэтому с увеличением намагничивающей силы обмотки  $TA$  суммарные н.с. обмотки управления уменьшаются. В свою очередь уменьшается ток в силовой цепи усилителя и в обмотке возбуждения возбудителя главного генератора, падают напряжение на зажимах главного генератора и частота вращения гребного электродвигателя.

Отбор полной мощности от главных генераторов при работе на характеристиках от швартовой до хода в свободной воде обеспечивается регулированием магнитного потока возбуждения гребного электродвигателя  $M$ .

Узел возбуждения этого двигателя состоит из магнитного усилителя  $A1$ , который имеет три обмотки управления:

обратной связи по напряжению  $HA1$ , включенную параллельно независимой обмотке возбуждения  $BM$ ;

узла токовой отсечки  $TA1$ , включенную на падение напряжения обмотки  $DM$  и компенсационной обмотки  $KM$  гребного электродвигателя;

смещения  $CA1$ , включенную на напряжение сети возбуждения.

С увеличением нагрузки на гребных винтах возрастает ток в главной цепи, что ведет к увеличению падения напряжения на обмотках  $DM$  и  $KM$  гребного электродвигателя  $M$ . В результате этого увеличиваются н.с. токовой обмотки  $TA1$ , включенной так, что она размагничивает усилитель  $A1$  пропорционально току главной цепи. Следовательно, ток возбуждения гребного двигателя  $M$  будет меняться пропорционально току главной цепи.

Увеличение тока главной цепи ведет к уменьшению тока в обмотке возбуждения  $BM$  и магнитного потока двигателя  $M$ . При переходе со швартовой характеристики на характеристику свободной воды или обратно автоматически регулируется магнитный поток двигателя  $M$  так, что с достаточной точностью поддерживается постоянство мощности.

Наладка системы возбуждения ГЭУ с магнитными усилителями состоит из: проверки правильности выполнения электро-монтажных работ; измерения сопротивления изоляции; наладки обмоток смещения и задающих в цепях магнитных усилителей возбуждения генератора и гребного электродвигателя; наладки обмоток токовых и напряжения; регулирования максимальных реле; проверки функционирования схемы.

Проверку правильности выполнения электро-монтажных работ так же, как и измерение сопротивления изоляции, произ-

водят по известной методике. После выполнения предварительных операций приступают к наладке электрических параметров схемы.

При неработающей ГЭУ отключается отрицательная жесткая обратная связь по напряжению  $HA$  генератора  $G$ . У гребного электродвигателя  $M$  разрывается силовая цепь, чтобы не нарушалась обратная связь по току с отсечкой  $TA1$ .

Задающая обмотка  $ЗА$  усилителя  $A$  включена на «бесконтактный командоконтроллер», представляющий собой однофазный сельсин в режиме вращающегося трансформатора, дающего напряжение при повороте ротора. Устанавливается ток в задающей обмотке  $ЗА$ , изменение тока производится резистором  $R4$ . По показанию тестера (или вольтметра), включенного в независимую обмотку возбуждения  $BM1$  возбудителя  $M1$ , являющегося нагрузкой усилителя  $A$ , проверяется ток в этой обмотке. По положению рукоятки поста управления, механически связанной с ротором сельсина  $B$ , проверяется правильность направления и возрастания напряжения возбуждения. При нахождении рукоятки в нейтральном положении ток в обмотке  $BM1$  отсутствует, а при крайних противоположных положениях рукоятки ток должен быть одинаковым. Снимается характеристика намагничивания усилителя  $A$ :  $I_{BM1} = f(I_{ЗА})$ . Обмотка смещения  $СА$  получает питание от стабилизированного напряжения. Усиление или ослабление действия обмотки  $СА$  производится путем изменения сопротивления резистора  $R3$ .

Обмотка напряжения  $HA1$  включена на выход усилителя  $A1$ . Ток в ней устанавливается резистором  $R7$ . Обмотка смещения  $CA1$  уменьшает выходной сигнал усилителя, ток в ней регулируется резистором  $R9$ .

Запускается ГЭУ, подсоединяется обратная связь по напряжению генератора с проверкой правильности ее включения. Обмотка  $HA$  при напряжении генератора, равном  $0,3-0,4 U_n$ , импульсом включается на место. Если при этом напряжение генератора уменьшается, то обмотка  $HA$  включена правильно и действует встречно с задающей обмоткой  $ЗА$ . В противном случае выводы обмотки  $HA$  следует поменять местами. Устанавливается расчетный ток в обмотке  $HA$  резистором  $R1$  при значении напряжения генератора, равном напряжению холостого хода  $U_{х.х}$ .

Ток в обмотке  $ТА$  регулируется изменением запирающих потенциалов  $\Delta U_1$  и  $\Delta U_2$  резистором  $R2$ . Падение напряжения  $\Delta U_1$  должно быть равно падению напряжения на дополнительных полюсах  $DG$  при токе в главной цепи, равном  $I_n$ .

Обмотка  $ТА1$  усилителя  $A1$  служит для регулирования магнитного потока гребного электродвигателя  $M$ . Ток в ней регулируется резистором  $R8$ . Запирающий потенциал  $\Delta U_3$  должен быть равен падению напряжения на обмотках  $DM$  и  $KM$  греб-

■ ного двигателя при токе в главной цепи, равном току холостого хода  $I_{х.х}$ .

Наладку максимального реле  $F$  производят при отключенной параллельной обмотке  $ВМ$  гребного электродвигателя  $M$ . Медленно перемещая из нулевого положения рукоятку поста управления, устанавливают на генераторе напряжение, примерно равное 40 В. Регулировочными винтами фиксируют необходимую уставку реле в главной цепи ГЭУ.

По окончании наладки производят проверку функционирования схемы ГЭУ и заполняют формуляр.

В процессе эксплуатации в результате воздействия объективных факторов происходит разрегулировка схемы ГЭУ. Во избежание неправильной работы электрооборудования необходимо периодически проверять его выходные параметры в соответствии с формуляром и при расхождении данных проводить подналадку. При этом токи в обмотках, падения напряжения, сопротивления резисторов устанавливаются, как правило, по первоначальным значениям.



## § 50. НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЪЕМ ИСПЫТАНИЙ

Смонтированное на судне электрооборудование подвергается испытаниям с целью проверки его работоспособности в целом. Сдаточные испытания электрооборудования составляют часть сдаточных испытаний судна. Они проводятся предприятием, выполнявшим постройку или ремонт судна. Приемка осуществляется комиссией, назначенной приказом по ведомству. В ее состав входят представители заказчика, проектной организации, судостроительного предприятия, Речного Регистра, командного состава судна, саминспекции, ВОХРа и судоходной инспекции.

Объем сдаточных испытаний определяется программой, разработанной проектной организацией, согласованной со всеми заинтересованными и контролирующими организациями. Программа испытаний в составе технического проекта утверждается Минречфлотом. Для отдельных электрических схем или электрифицированных механизмов составляют специальные методические указания, в которых уточняют и дополняют проверки, предусмотренные общесудовой программой.

Сдаточные испытания подразделяются на швартовные, ходовые и производственные (для судов технического флота). Швартовные испытания проводятся у стенки завода, что позволяет осуществлять различные режимы и варьирование параметров нагрузки.

Швартовным испытаниям подвергаются: судовая электростанция, все электроприводы, преобразователи и аккумуляторы, сети освещения, внутрисудовая связь и сигнализация, приборы управления судном, системы дистанционного пуска, контроля и сигнализации, электрооборудование рефрижераторных установок и электрорадиооборудование.

Ходовые испытания подразделяются на заводские и официальные (сдаточные). В большинстве случаев заводские ходовые испытания совмещают со сдаточными в целях сокращения времени и материальных затрат. Эти испытания позволяют проверить работу электрооборудования по прямому назначению при комплексных внешних возмущающих воздействиях. Ходовым испытаниям подвергаются: гребная электрическая установка, рулевая машина, якорно-швартовные механизмы,

■ буксирные лебедки, утилизационные котлы, системы управления, контроля и сигнализации работы главных двигателей, механизмы, навешенные на главные двигатели, валогенераторы судовых электрических станций и т. д.

Устранение недостатков в работе электрооборудования, замеченных при швартовных и ходовых испытаниях, проверяется во время контрольного выхода, по результатам которого производится окончательная сдача судна заказчику.

Производственные испытания проводятся после ходовых испытаний для самоходных и после швартовных для несамоходных судов.

При этом проверяются и испытываются в работе по назначению приборы, средства автоматизации и дистанционного управления специальных устройств и механизмов.

Электрооборудование общесудовых устройств (в том числе и обслуживающих работу специальных устройств) в процессе производственных испытаний не испытывается. За ним ведется лишь общее наблюдение на исправность действия, снимаются необходимые показания приборов.

#### § 51. ТИПОВЫЕ ПРОГРАММЫ И МЕТОДИКИ СДАТОЧНЫХ ИСПЫТАНИЙ

Типовые программы и методики являются руководящим материалом при составлении рабочих программ и методик швартовных и ходовых испытаний электрооборудования серийных судов.

При этом учитывают следующие основные положения:  
нагрузку генераторов и преобразователей на швартовных испытаниях производят с помощью специальных нагрузочных устройств, судовых потребителей или использованием береговой сети;

испытания электрооборудования, связанного с судовыми механизмами и системами, проводят одновременно с испытаниями механической части;

работу вспомогательных механизмов и систем, обслуживающих дизель-генераторы (масляных, водяных, конденсатных, циркуляционных насосов, подогревателей воды и масла и т. д.), проверяют одновременно с испытаниями основных агрегатов;

при испытании судовых механизмов и систем распределения электроэнергии, имеющих двубортное питание, проверяют действие автоматических переключателей питания путем отключения автомата на соответствующем распределительном щите;

помимо измерения основных электрических параметров электродвигателей и генераторов, контролируют температуру крышек подшипников, масла и охлаждающей среды;

У машин постоянного тока дополнительно измеряют частоту вращения, производят визуальную оценку степени искрения на коллекторе, проверяют состояние щеток и коллектора;

перед началом и по окончании испытаний механизма или схемы измеряют сопротивление изоляции электрооборудования и кабельной сети относительно корпуса;

защиту от перегрузки, максимальную и тепловую защиты проверяют до начала швартовых испытаний.

Для иллюстрации полного состава проверок в табл. 27

Таблица 27

Типовая программа и методика швартовых испытаний генераторов переменного тока

Программа испытаний	Методика	Контролируемые параметры
<i>Одиночная работа генераторов</i>		
Проверка работы на холостом ходу	Проверяется работа при номинальных напряжении и частоте. Определяются диапазон изменения напряжения при изменении уставки автоматического регулятора и границы регулирования частоты вращения с помощью регулятора. Проверяется устройство гашения поля при отключении возбуждения	Напряжение и частота вращения. Процесс гашения поля контролируется по вольтметру. Действие коммутационной аппаратуры проверяется по световой сигнализации
Проверка работы при частичной нагрузке	Проверяется точность поддержания напряжения и частоты вращения. Величина и длительность нагрузки определяются требованиями программы испытаний первичного двигателя	Напряжение генератора и возбуждения; ток статора и возбуждения; частота вращения; активная мощность и $\cos \varphi$
Проверка работы при номинальных нагрузке и $\cos \varphi$	Проверяется точность поддержания напряжения и частоты вращения при изменении теплового состояния агрегата. Определяются границы изменения напряжения и частоты вращения при изменении уставок регуляторов	Напряжение генератора и возбуждения; ток статора и возбуждения; частота вращения; активная мощность и $\cos \varphi$
Проверка работы при перегрузках	Проверяется точность поддержания напряжения и частоты вращения. Величина и длительность перегрузки определяются проектом и	То же

Продолжение табл. 27

Программа испытаний	Методика	Контролируемые параметры
<p>Проверка работы системы регулирования напряжения и частоты вращения при внезапном изменении нагрузки</p> <p>Проверка работы в специальных режимах (импульсной сварки)</p>	<p>техническими условиями</p> <p>Проверяется при мгновенном изменении нагрузки от холостого хода до 50 и 100% номинальной мощности и от 50 и 100% до нуля при уставках напряжения и частоты вращения, соответствующих 50%-ной нагрузке, и номинальном <math>\cos \varphi</math></p> <p>Проверяется при работе по прямому назначению в наиболее тяжелых режимах, возможных в эксплуатации. Определяются пределы изменения сварочного тока с помощью регулятора напряжения</p>	<p>Напряжение; частота вращения; активная мощность</p> <p>Ток и напряжение генератора</p>

*Параллельная работа генераторов*

<p>Проверка правильности настройки реле перегрузки и реле обратной мощности</p> <p>Проверка возможности включения генераторов на параллельную работу и перевода нагрузки с одного генератора на другой</p>	<p>Проверяется с помощью специальных приборов правильность настройки реле перегрузки. Проверяется настройка реле обратной мощности уменьшением частоты вращения одного из первичных двигателей. Время срабатывания реле определяется по секундомеру с момента возникновения нагрузки до момента отключения генераторного автомата</p> <p>Состав проверок в порядке их проведения; генератор загружается мощностью, равной номинальной мощности меньшего генератора; генератор, работающий на холостом ходу, синхронизируется и включается на параллельную работу с загруженным генератором; генераторный автомат разгружен-</p>	<p>Мощность, ток и время срабатывания</p> <p>Напряжение и ток; активная мощность; частота вращения</p>
--	---	--

Продолжение табл. 27

Программа испытаний	Методика	Контролируемые параметры
<p>Проверка статической устойчивости параллельной работы и равномерного распределения активной и реактивной нагрузки;</p> <p>Проверка динамической устойчивости параллельной работы.</p>	<p>ного генератора отключается; генераторы вторично подключаются на параллельную работу и нагрузка переводится обратно</p> <p>Проверяется при 25, 50, 75 и 100% суммарной номинальной мощности генераторов при изменении нагрузки от нуля до 100% и обратно</p> <p>Проверяется при внезапном набросе нагрузки, равных 0—50, 50—25, 75—0% суммарной номинальной мощности генератора</p>	<p>Контролируются аналогичные параметры</p> <p>Контролируются аналогичные параметры до и после изменения нагрузки</p>

представлена типовая программа и методика швартовых испытаний генераторов электростанций переменного тока. В табл. 28 приведена рабочая методика на испытание преобразователя постоянно-переменного тока [7].

Таблица 28

Методика испытания электромашинного преобразователя постоянного тока

Исходные документы	Состав проверок	Контролируемые параметры
<p>Формуляр, ТУ на поставку, описание и инструкция по обслуживанию, паспорта на штатные контрольно-измерительные приборы</p>	<p>Измерение <math>R_{из}</math> относительно корпуса в холодном состоянии; двигателя с пусковой аппаратурой; генератора</p> <p>Проверка работы пусковой аппаратуры и правильности включения приборов путем трехразового пуска агрегата вхолостую при различных напряжениях питающей сети</p> <p>Наблюдение за коммутацией, вибрацией и нагревом подшипников при пуске и во время работы в заданных режимах</p>	<p>Сопротивление изоляции</p> <p>Работа сигнализации, характер отклонения стрелок приборов</p> <p>Степень искрения и нагрев подшипников</p>

Продолжение табл. 28

Исходные документы	Состав проверок	Контролируемые параметры
	<p>Испытание агрегата в действии на эквивалентную нагрузку при различных напряжениях сети в течение 30 мин на каждой ступени. Проверка изменения установки напряжения в соответствии с требованиями ТУ</p> <p>Проверка на каждом режиме точности поддержания напряжения и частоты вращения генератора: при колебаниях напряжения сети в пределах, заданных ТУ; при сбросах и набросах нагрузки в пределах от нуля до 100% номинальной</p> <p>Измерение <math>R_{из}</math> относительно корпуса в нагретом состоянии. Проверка работы автоматического переключения питания при переходах с основной сети на резервную и обратно при полной нагрузке</p>	<p>Напряжение, частота вращения, ток генератора</p> <p>Напряжение, частота вращения, ток генератора</p> <p>Сопротивление изоляции</p>

§ 52. ПРИБОРЫ И АППАРАТУРА  
ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ИСПЫТАНИЙ

Трудоемкость испытаний и сдача судового электрооборудования зависят от организации работ и наличия специального технического обеспечения.

Основными средствами нагрузки генераторов являются нагрузочные устройства или судовые потребители. Весьма перспективным является способ использования параллельной работы генераторов с береговой сетью [7; 21].

Режимы номинальной нагрузки и перегрузки испытываемого агрегата обеспечиваются расчетом нагрузочного устройства (НУ) на определенную мощность. Режимы сбросов и набросов нагрузки получают за счет деления элементов НУ на части, соответствующие необходимым ступеням нагрузки, каждая из которых составляет 25% номинальной мощности генератора. В нагрузочное устройство входят активные (и реактивные для

испытания генераторов переменного тока) части, пульт (щит) управления и коммутационная аппаратура.

Нагрузочные устройства можно классифицировать по следующим признакам:

материалу активной части (НУ с металлической или жидкостной активной частью);

конструктивному исполнению реактивной части (НУ с регулируемыми и нерегулируемыми реакторами);

способу управления (НУ ручного и дистанционного управления);

способу охлаждения (НУ с естественным охлаждением активной и реактивной частей, с принудительным воздушным охлаждением обеих частей, с водяным охлаждением активной и естественным воздушным охлаждением реактивной части, с полным водяным охлаждением обеих частей);

способу соединения активной и реактивной частей (НУ с параллельным и последовательным соединением);

способу выполнения активной и реактивной частей (НУ с объединением активной и реактивной частей в одном конструктивном элементе или с отдельными активными и реактивными элементами);

характеру поглощающей мощности (НУ активной, реактивной и полной мощности).

В практике постройки речных судов по-прежнему используются в качестве НУ жидкостные реостаты из-за относительно простой и дешевой конструкции, представляющие собой наполненный электролитом бак с помещенными внутри него металлическими электродами. Электролитом служит раствор соды ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) или поваренной соли ( $\text{NaCl}$ ) 5—10%-ной концентрации. Нагрев электролита в эксплуатации не должен превышать  $90^\circ\text{C}$ , так как при более высокой температуре наблюдается выпадение солей в осадок. В качестве электродов применяются стальные прямоугольные или секирообразные пластины.

Регулирование сопротивления активной части реостата жидкостного типа наиболее просто осуществляется в реостатах с неподвижным уровнем жидкости и подвижными электродами, при этом легко обеспечивается точность регулирования.

В металлической активной части нагрузочного устройства электрическая энергия, вырабатываемая генератором, поглощается металлическим элементом (константан, нихром, сталь, чугун). Константан и нихром обладают большим удельным сопротивлением и выдерживают относительно высокую температуру. Для увеличения удельного сопротивления чугуна к нему добавляется кремний. Удельное сопротивление такого чугуна  $\rho = 0,8 \div 0,85 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$ . Существенным недостатком чугунных элементов являются хрупкость и большая масса, что ограничи-

дает возможность применения их в нагрузочных устройствах.

Одним из недостатков НУ с открытыми элементами (провода, лента) считается быстрая атмосферная коррозия спиралей в условиях повышенной влажности. Увеличение срока службы этих элементов достигается за счет конструктивных мероприятий.

Нагрузочные устройства с трубчатыми нагревательными элементами, охлаждаемыми водой, более надежны.

В настоящее время для испытания судовых электростанций могут быть использованы типовые конструкции НУ, применяемые на предприятиях судостроительной промышленности и обеспечивающие испытания судовых генераторов постоянного тока напряжением 230 В и переменного тока 50 и 400 Гц напряжением 230—400 В, мощностью от 8 до 500 кВт, а также генераторов переменного тока частотой 50 Гц, напряжением 400 В, мощностью от 500 до 3000 кВт. В табл. 29 приведены характеристики ступеней активной, а в табл. 30 — реактивной мощности НУ [21].

Таблица 29

Характеристики ступеней активной части нагрузочных устройств

Тип нагрузочного устройства	Мощность, кВт	Напряжение, В		Способ охлаждения	Вариант схемы	Размеры, мм	Масса, кг		
		при однофазной схеме и постоянном токе	при трехфазной схеме						
АС0-I	0,8—3	115 и 230	230 и 400	Естественное воздушное	I	610×910×880	100		
АС0-II	0,8—3	113	230		II		100		
АС1-I	4; 5; 6	115 и 230	230 и 400		I		80		
АС1-II	4; 5; 6	133	230		II		80		
АС2-I	10; 12; 5; 15	115 и 230	230 и 400		I		1260×780×1310	90	
АС2-II	10; 12; 5; 15	133	230		II			300	
АС3-I	50	115 и 230	230 и 400		Водяное		I	950×725×1050	300
АС3-II	50	133	230				II		300
АС4-III	100; 125; 150	230	230 и 400				III		215
АС5-IV	500	—	400				IV		900×1300×1650
АС6-IV	1000	—	400	IV		1750×1300×1650	320		

Типовые щиты управления служат для коммутации ступеней активной и реактивной нагрузки. В них смонтированы блоки коммутационной аппаратуры, отличающиеся по числу, типу и коммутационной способности, а также блок управления этой аппаратурой. Для генераторов переменного тока принято



Таблица 30

## Характеристики ступеней реактивной части нагрузочных устройств

Тип реактивных ступеней	Мощность, кВт	Напряжение, В		Частота, Гц	Вариант схемы	Размеры, мм	Масса, кг
		при однофазной схеме	при трехфазной схеме				
P1-I-50	3—33	115—133 и 230	230 и 400	50	I	1200×1300× ×860	450
P2-I-50	11,1—126				I	1400×1300× ×900	1200
P3-I-50	36—420				I	1700×1700× ×1020	3000
P4-I-50	48—630				I	3(1730×800× ×1050)	3×1600
P5-II-50	186—1650	—	400	50	II	3(1820×1000× ×1200)	3×3000
P1-I-400/500	3—33				I	420×400× ×500	500
P2-I-400/500	11,1—126				I	1200×1300× ×860	200

семь типоразмеров щитов, а для генераторов постоянного тока — один.

Сдаточные бригады должны иметь следующие контрольно-измерительные приборы: термометры ртутные, секундомеры, мегомметр, комплекты электроизмерительных переносных приборов постоянного и переменного тока, тахометры переносные, часы, денсиметр, аккумуляторный пробник, фазоуказатель, короткозамыкатель, люксметр, контрольные лампы, комплект инструментов и т. п.

## § 53. ИСПЫТАНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ

Испытания судовых электроприводов проводятся по прямому назначению в течение времени, предусмотренного программой.

В объем швартовых испытаний гребных электрических установок в обязательном порядке включают проверки пуска, работы под нагрузкой и реверса всех агрегатов при всех вариантах схемы соединения. При этом рукоятки поста управления поочередно ставят в каждое из предусмотренных положений. После установления режима снимают следующие показания приборов: напряжение каждого генератора; частоту вращения

генератора; частоту судовой сети; ток в главной цепи; частоту вращения ГЭД; напряжение возбуждителей генератора и ГЭД; ток возбуждения генератора; напряжение на обмотках дополнительных полюсов и на компенсационной обмотке ГЭД.

Анализ показаний приборов позволяет с достаточной полнотой охарактеризовать работу ГЭД в статических режимах. Наряду с этим оценивают правильность действия сигнализации, блокировок, защиты и управления. Испытания установки на ходу производят главным образом в номинальном режиме, при перегрузках и на всех ходовых режимах, предусмотренных программой испытаний, при этом замеряют сопротивление изоляции до и после испытаний.

Рулевой электропривод испытывают на надежность действия и правильность включения путем:

непрерывной перекадки руля с борта на борт в течение 30 мин для каждого агрегата при наибольшей эксплуатационной скорости переднего хода и осадке судна по грузовую ватерлинию;

непрерывной работы в течение 1 ч при наибольшей эксплуатационной скорости переднего хода и количестве перекадок руля с борта на борт, равном 350;

проверки возможности стоянки исполнительного электрического двигателя под током в течение 1 мин с нагретого состояния.

Для проверки действия швартовного устройства судно швартуют к стенке, при этом замеряют ток, частоту вращения электродвигателя, потребляемую мощность, скорость выбирания швартовного троса. Затем проверяют перегрузочную способность и работу схемы в режиме стоянки двигателя под током:

у привода швартовных механизмов после 30-минутной работы их при номинальной нагрузке:

для электродвигателей с короткозамкнутым ротором при номинальном напряжении в течение не менее 15 с;

для электродвигателей постоянного тока и электродвигателей с фазным ротором в указанном выше режиме стоянки под током, но при моменте, равном 200% номинального, причем напряжение может быть меньше номинального;

у привода якорных механизмов после 30-минутной работы при номинальной нагрузке;

для электродвигателей переменного тока с короткозамкнутым ротором в течение не менее 30 с;

для электродвигателей постоянного тока и переменного тока с фазным ротором в таком же режиме стоянки под током, но при моменте, равном 200% номинального.

Испытания электроприводов вспомогательных механизмов (вентиляторов, насосов и т. п.) проводят по прямому назначе-

нию в течение времени, предусмотренного программой испытаний механической части. Для проверки работы пусковой аппаратуры выполняют трехкратный пуск привода от сети. Вибрацию, нагрев подшипников, нагрузку, коммутацию контролируют в процессе испытаний механизма на надежность действия.

Испытания электрооборудования грузовых лебедок, шлюпочных устройств и т. п. определяются режимами работы их механизмов. Если данная установка гарантирует необходимую скорость, давление, производительность и т. д., а электрооборудование обеспечивает без перегрузок или значительных недогрузок и в последовательности, предусмотренной проектом, нормальную работу установки, то испытания считаются удовлетворительными как для механизмов, так и для электрооборудования.

Электронагревательные приборы и камбуз испытывают в действии по прямому назначению.

Испытания приборов управления, телефонной связи, аварийной и пожарной сигнализации проводят путем многократных проверок по прямому назначению с целью определения надежности их действия в эксплуатации.

#### § 54. ИСПЫТАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ

Согласно Правилам Речного Регистра РСФСР судовая электростанция должна быть подвергнута испытаниям, состоящим в проверке:

распределения нагрузки при параллельной работе генераторов;

стабильности работы при включении и отключении номинальной нагрузки, а также провалов напряжения при пуске наиболее мощного асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором;

работы аварийной электростанции.

Швартовными испытаниями предусматривается испытание генераторов судовой электростанции в режимах одиночной и параллельной работы при статическом (плавном) и динамическом (набросы, сбросы) изменении нагрузки.

Во время одиночной работы при статической нагрузке проверяются: работа регуляторов частоты вращения и напряжения; тепловое состояние агрегата; аппаратура автоматики, обслуживающая одиночный режим.

При динамической нагрузке проверяется система автоматического регулирования напряжения.

Во время параллельной работы при статической нагрузке проверяются: работа систем автоматической защиты генераторов и судовой электроэнергетической системы в целом; пере-

вод нагрузки с одного генератора на другой; степень неравномерности распределения нагрузки; статическая и динамическая устойчивость параллельной работы.

Наиболее распространен в практике испытаний генераторов метод, основанный на применении нагрузочных устройств (см. § 52), которые позволяют регулировать нагрузку и коэффициент мощности ( $\cos \varphi$ ). Это объясняется простотой набора нагрузки и возможностью проведения испытаний независимо от готовности судовой сети.

Определение пределов изменения уставки напряжения с помощью потенциометра уставки производят на холостом ходу генератора при номинальной нагрузке. Для этого выполняют следующее:

при частоте 51 Гц снимают показания контрольного вольтметра при крайних положениях рукоятки потенциометра уставки;

при положении потенциометра уставки, соответствующем максимально возможному напряжению генератора, нагружают генератор номинальной нагрузкой и снимают показания вольтметра;

при другом положении потенциометра уставки, соответствующем минимальному напряжению, включают номинальную нагрузку и снимают показания вольтметра.

Пределы изменения напряжения  $\Delta U$  (в %) при изменении уставки регулятора определяют по формуле

$$\Delta U = \frac{U_{\text{макс(мин)}} - U_{\text{н}}}{U_{\text{н}}} 100,$$

где  $U_{\text{макс(мин)}}$  — максимальное (минимальное) напряжение, установленное с помощью потенциометра уставки;

$U_{\text{н}}$  — номинальное напряжение.

Согласно ГОСТ 13822—68 значение  $\Delta U = \pm 5\%$ .

Точность автоматического поддержания напряжения оценивают при установившемся тепловом режиме генератора и автоматического регулятора и неизменном положении потенциометра уставки регулятора. Увеличение нагрузки производят ступенями, каждая из которых должна составлять не менее 25% номинальной мощности. Точность поддержания напряжения в процентах определяют по формуле

$$\delta U = \frac{U_{\text{макс}} - U_{\text{мин}}}{U_{\text{ср}}} 100\%,$$

где  $U_{\text{ср}}$  — среднерегулируемое напряжение, которое вычисляется по формуле

$$U_{\text{ср}} = \frac{U_{\text{макс}} + U_{\text{мин}}}{2}.$$

Значения  $\delta U$  различны для различных систем автоматического регулирования напряжения и устанавливаются техническими условиями. Например, для системы типа РУН  $\delta U = \pm 5\%$ , для системы автоматического регулирования напряжения генераторов типа МСК  $\delta U = \pm 1\%$ .

Одна из величин, характеризующих параллельную работу генераторов, — степень неравномерности распределения нагрузки  $\delta$ , которая может быть вычислена по формуле

$$\delta = \frac{P_{г.ср}}{Q_i P_{г.ф}} - 1,$$

где  $P_{г.ср}$  — доля генератора в общей нагрузке судовой электростанции;

$Q_i$  — доля генератора в общей мощности станции;

$P_{г.ф}$  — фазная мощность генератора.

#### § 55. ИСПЫТАНИЯ СЕТИ ОСВЕЩЕНИЯ И КСО

Испытания сети основного, аккумуляторного и переносного освещения проводят в такой последовательности:

предъявляют монтажные схемы основного, аккумуляторного и переносного освещения;

проверяют по чертежам количество и правильность расположения осветительных точек и установочных изделий;

ввертывают электролампы во все светильники;

устанавливают все стекла в светильники и плафоны;

замеряют сопротивление изоляции и, если требуется, доводят его до нормы;

проверяют схему на горение ламп;

проверяют действие дистанционного отключения наружного освещения;

проверяют сеть аварийного освещения на автоматическое включение при исчезновении напряжения в сети основного освещения;

замеряют освещенность в помещениях и на рабочих местах вахтенного персонала на соответствие ее требованиям санинспекции;

проверяют работу отмашек и сигнально-отличительных огней.

При испытании КСО выполняют следующее:

измеряют сопротивление изоляции сети сигнальных и отличительных огней относительно корпуса при включенных выключателях всех огней на станции;

проверяют питание электроэнергией сети в соответствии с проектом включения и выключения огней;

проверяют правильность работы шаровых сигналов на коммутаторе сигнальных огней и работу звонка;

испытывают работу коммутатора сигнальных огней в случае обрыва нити лампы удалением линейного предохранителя. При этом соответствующий отключенному огню шаровый сигнал должен выпасть, а звонок зазвенеть;

после окончания испытания сети освещения измеряют сопротивление изоляции.

При испытаниях осветительного оборудования обязательно проверяют качество прокладки кабеля, наличие экрана и защитных кожухов в местах возможных механических воздействий, наличие и качество заземления кабеля и аппаратуры.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Глава I. Организация технической эксплуатации . . . . .	3
§ 1. Задачи технической эксплуатации . . . . .	3
§ 2. Организационная структура технической эксплуатации . . . . .	4
§ 3. Техническая документация . . . . .	6
Глава II. Содержание технической эксплуатации . . . . .	8
§ 4. Обслуживание судового электрооборудования . . . . .	8
§ 5. Классификация и периодичность ремонта судового электро- оборудования . . . . .	10
§ 6. Консервация, хранение и расконсервация судового электро- оборудования . . . . .	12
§ 7. Факторы, влияющие на долговечность судового электро- оборудования . . . . .	16
§ 8. Поиск неисправностей . . . . .	21
Глава III. Эксплуатация электрических машин . . . . .	25
§ 9. Обслуживание электрических машин . . . . .	25
§ 10. Неисправности электрических машин, способы их устра- нения . . . . .	26
§ 11. Соединение выводных концов электрических машин постоян- ного тока . . . . .	38
§ 12. Включение обмоток электрических машин переменного тока . . . . .	40
§ 13. Измерение зазоров . . . . .	42
§ 14. Сушка электрических машин . . . . .	45
Глава IV. Эксплуатация электрических распределительных уст- ройств и аппаратов . . . . .	54
§ 15. Обслуживание электрических распределительных устройств и аппаратов . . . . .	54
§ 16. Характерные неисправности аппаратов ручного управле- ния и их устранение . . . . .	55
§ 17. Характерные неисправности аппаратов автоматического управления и их устранение . . . . .	57
Глава V. Эксплуатация судовых кабелей и проводов . . . . .	61
§ 18. Обслуживание судовых кабелей и проводов . . . . .	61
§ 19. Повреждение изоляции судовых кабелей и проводов . . . . .	64
§ 20. Ремонт поврежденных кабелей и проводов . . . . .	65
Глава VI. Эксплуатация аккумуляторных батарей . . . . .	70
§ 21. Обслуживание аккумуляторных батарей . . . . .	70
§ 22. Характерные неисправности аккумуляторных батарей . . . . .	73
§ 23. Ремонт аккумуляторных батарей . . . . .	79
§ 24. Зарядка аккумуляторных батарей . . . . .	81
Глава VII. Эксплуатация осветительного электрооборудования . . . . .	86
§ 25. Обслуживание осветительной и установочной аппаратуры . . . . .	86
§ 26. Характерные неисправности и сведения о ремонте . . . . .	87
Глава VIII. Эксплуатация судовых приборов связи, управления и автоматики . . . . .	92
§ 27. Приборы управления судном . . . . .	92
§ 28. Системы сигнализации . . . . .	96

§ 29.	Внутрисудовая связь . . . . .	99
§ 30.	Приборы автоматизации судовых установок . . . . .	102
Глава IX.	Эксплуатация электрических систем . . . . .	104
§ 31.	Электрические станции . . . . .	104
§ 32.	Электроприводы . . . . .	107
§ 33.	Электрифицированные системы управления ДВС и СПАСЗО . . . . .	111
§ 34.	Гребные электрические установки . . . . .	113
§ 35.	Особенности обслуживания электрооборудования нефтеналивных судов . . . . .	113
Глава X.	Наладочные работы . . . . .	115
§ 36.	Организация наладочных работ . . . . .	115
§ 37.	Приборы и аппаратура для производства наладочных работ . . . . .	117
§ 38.	Обработка результатов измерений . . . . .	125
§ 39.	Наладка машин постоянного тока . . . . .	127
§ 40.	Наладка машин переменного тока . . . . .	133
§ 41.	Наладка электромашинных и магнитных усилителей . . . . .	136
§ 42.	Наладка защитной аппаратуры и аппаратов автоматического управления . . . . .	145
§ 43.	Наладка коммутационных аппаратов . . . . .	148
§ 44.	Наладка полупроводниковых приборов . . . . .	149
§ 45.	Наладка автоматических регуляторов напряжения . . . . .	153
§ 46.	Наладка схем управления электроприводами . . . . .	159
§ 47.	Наладка электрических станций . . . . .	164
§ 48.	Наладка электрифицированных систем управления ДВС и СПАС . . . . .	168
§ 49.	Наладка систем ГЭУ . . . . .	170
Глава XI.	Испытания судового электрооборудования . . . . .	175
§ 50.	Назначение и объем испытаний . . . . .	175
§ 51.	Типовые программы и методики сдаточных испытаний . . . . .	176
§ 52.	Приборы и аппаратура для производства испытаний . . . . .	180
§ 53.	Испытания электроприводов . . . . .	183
§ 54.	Испытания электрических станций . . . . .	185
§ 55.	Испытания сети освещения и КСО . . . . .	187
Список литературы . . . . .		189