**Судовое электрооборудование**

Развитие морского и речного транспорта. Использование электроэнергии на судах, передовые позиции в вопросах электрификации флота. Генераторы судовых электростанций, выбор рода тока и напряжения. Расчет электрической сети и коммутационной аппаратуры.

**Введение**

Судовое электрооборудование представляет собой совокупность электротехнических изделий или электромеханических устройств, предназначенных для выполнения заданной работы на судах.

В состав судового электрооборудования современных судов входят следующие элементы: судовая электростанция; электроприводы судовых машин и механизмов; электрическое освещение; внутрисудовая связь и сигнализация; судовые электросети; грозозащита судов.

Условия работы судового электрооборудования в значительной мере отличаются от условий работы береговых установок. Возможность работы при наличии постоянных крена и дифферента, вибраций и ударов, повышенные температура и влажность воздуха, удаленность от ремонтных баз -- все это предъявляет к судовому электрооборудованию особые требования в отношении надежности, а в ряде случаев и ремонтопригодности.

Необходимость развития морского и речного транспорта органически связана с дальнейшим усовершенствованием судового электрооборудования.

*Россия*всегда занимала передовые позиции в вопросах электрификации флота. Первый судовой электрический привод был предложен Борисом Семеновичем Якоби в 1838 г., когда он провел успешные испытания первого практического электродвигателя, созданного им несколько ранее (1834 г.), для привода гребных колес катера. Однако отсталое электромашиностроение в царской России сдерживало развитие электрооборудования судов. На речных пароходах и теплоходах того времени электрическая энергия использовалась только для целей освещения, а привод вспомогательных механизмов осуществлялся от паровых машин.

В годы первых пятилеток восстановления народного хозяйства создаются электротехническая промышленность и современный речной флот. После Великой Отечественной войны речной флот почти полностью обновился. Заметную роль в этом сыграл завод «Красное Сормово» имени А. А. Жданова. В конце сороковых и в начале пятидесятых годов на нем были построены буксирные и грузовые теплоходы с электрифицированными механизмами и электростанцией постоянного тока, речные дизель-электрические ледоколы, а затем пассажирские дизельэлектроходы -- флагман волжского флота «Ленин» и «Советский Союз». Большой вклад в дело развития речного флота СССР внесен братскими социалистическими и дружественными СССР странами.

Пассажирские дизельэлектроходы типа «Россия» и теплоходы типа «Октябрьская революция» и «Валериан Куйбышев» построены в Чехословакии. Пассажирские теплоходы типов «Родина», «Красногвардеец» и «Советская Украина» построены на верфях Германской Демократической Республики. Речные ледоколы и плавучие краны построены в Финляндии и т. Д,

В начале пятидесятых годов на речном флоте стала применяться трехфазная система переменного тока. Сейчас она является основной на всех средних и крупных судах.

Энерговооруженность речных судов неуклонно растет, повышается и мощность судовых электростанций. Если тридцать лет тому назад она измерялась десятками киловатт, совсем недавно сотнями, то сейчас мощность судовой электростанции теплохода «Валериан Куйбышев» уже превысила тысячу киловатт.

С ростом мощности судовых электростанций увеличивалось напряжение на шинах их главных электрораспределительных щитов. При небольшой мощности напряжение обычно не превышало 115 В, затем оно было повышено до 230 и 400 В, сейчас же на крупных речных ледоколах напряжение на шинах достигает 690 В.

Современные речные суда оснащены необходимыми средствами связи и радионавигационными устройствами: радиостанциями, радиолокаторами, эхолотами и т. Д.

Непрерывно совершенствуется судовое электрическое оборудование. В качестве источников электрической энергии на вновь строящихся судах повсеместно используют автоматизированные дизель-генераторные установки с синхронными генераторами с самовозбуждением, амплитудно-фазовым компаундированием или с электронными регуляторами напряжения, что обеспечивает высокое качество вырабатываемой электрической энергии.

Отечественная электротехническая промышленность выпускает современные электродвигатели серии 4А общего применения, в ближайшее время приступит к выпуску новой серии АИ, единой для всех стран СЭВ. Разработаны новые типы судовых кабелей, допускающих температуру нагрева до 90°. Их применение позволит увеличить плотность тока и использовать кабели меньшей площади поперечного сечения токопроводящих жил, что приведет к экономии цветных металлов и снижению массы кабельных сетей. Электротехническая промышленность также осваивает выпуск новых судовых генераторов и статических тиристорных преобразователей для управления судовыми электроприводами. В перспективе на судах речного флота появятся новые экономичные источники электрической энергии с прямым преобразованием ее, а именно: термоэмиссионные источники, топливные элементы и, возможно, магнитогидродинамические генераторы.

На судах речного флота на основе электрификации все шире внедряется комплексная автоматизация различных установок и процессов, которая проводится на базе широкого использования электронных приборов, микропроцессоров и ЭВМ.

Широкое применение электротехнических и электронных устройств на судах речного флота невозможно без квалифицированных кадров.

**Использование электроэнергии на судах**

Использование электрической энергии на судах тесно связано с развитием электротехники и электротехнической промышленности.

В начальный период электрооборудование судов выполнялось на постоянном токе напряжением не свыше ПО В. Последующее развитие судового электрооборудования характеризуется внедрением переменного тока, обладающего по сравнению с постоянным током рядом технических и эксплуатационных преимуществ. В настоящее время на судах речного флота преимущественное применение нашли электроустановки переменного тока.

Широкому применению электрической энергии на судах способствовало внедрение механизации и комплексной автоматизации производственных процессов, направленных на повышение производительности труда, безопасности плавания, улучшение технико-экономических показателей работы судна.

Современные речные суда представляют собой сложные инженерные сооружения с высокой степенью электрификации и автоматизации, в которых основным видом привода является электрический.

Для обеспечения потребности судна в электроэнергии все самоходные суда имеют собственные электрические станции, состав потребителей электроэнергии которых разнообразен и зависит от назначения, класса и габаритов судна. К числу наиболее энергоемких потребителей относятся судовые электроприводы: гребных винтов (для дизель-электроходов), подруливающих, рулевых, якорных, швартовных и грузовых устройств, шлюпочных лебедок, лифтов и транспортеров, насосов, вентиляторов и компрессоров. Общая установленная мощность этих электроприводов составляет до 90% мощности судовой электростанции.

Менее энергоемкими потребителями являются: электрическое освещение, электронагревательные устройства и отопительные приборы, приборы внутрисудовой электрической связи и сигнализации, электрические навигационные приборы, радио и телевидение. Общая установленная мощность потребителей этой группы на вновь строящихся судах речного флота имеет тенденцию к росту. Но в общем балансе для судов транспортного флота она не превышает 10% мощности судовой электростанции.

К числу ответственных устройств, нормальная работа которых обеспечивает безопасность плавания судна, безопасность находящихся на судне людей и сохранность грузов, относятся: электроприводы рулевого, подруливающего и якорного устройств, пожарного и осушительного насосов, механизмов, обеспечивающих работу главной силовой установки, компрессоров пускового воздуха и воздуха для звуковых сигналов, возбудителей и преобразователей, агрегатов холодильной установки грузовых трюмов, радиосвязь, навигационные приборы, отличительные и сигнальные огни, приборы управления судном и др.

Рост народного хозяйства страны требует ускоренного развития всех видов транспорта, в том числе и речного. Речной флот непрерывно пополняется мощными буксирами-толкачами, грузовыми теплоходами повышенной грузоподъемности, большегрузными составами, более совершенными типами пассажирских судов.

С ростом энерговооруженности речных судов повышается и { мощность судовых электростанций. Если двадцать пять лет то-I му назад она составляла десятки киловатт, совсем недавно -- сотни, то мощность судовой электростанции современного туристского теплохода проекта № 92-016 превысила тысячу киловатт, а теплохода проекта № 301 составляет уже свыше двух тысяч киловатт.

**Классификация судовых электростанций**

Судовые электростанции предназначены для производства, преобразования и распределения электрической энергии. В состав судовой электростанции входят источники электроэнергии, преобразователи тока, напряжения и частоты, главный электрораспределительный щит (ГЭРЩ) с приборами управления, контроля и защиты.

Судовые электростанции классифицируются по назначению, роду тока, типу первичного двигателя, способу отбора мощности. Но назначению судовые электростанции разделяются на основные, аварийные и специальные.

Основная электростанция предназначена для обеспечения электроэнергией всех потребителей, установленных на судне, и

Располагается в машинном отделении. В ее состав входят: основные и резервные генераторы, преобразователи электрической энергии и ГЭРЩ. Ось вращения электроэнергетических агрегатов должна быть параллельна диаметральной плоскости судна, а ГЭРЩ устанавливается перпендикулярно ей. Обычно ГЭРЩ располагают в машинном отделении или в центральном посту управления и контроля (ЦПУ).

Аварийная электростанция служит для обеспечения электроэнергией ограниченного числа потребителей, выбираемых согласно Правилам Речного Регистра при выходе из строя основной электростанции. Она состоит из аварийного дизель-генератора или аккумуляторной батареи и аварийного электрораспределительного щита (ГЭРЩ) и размещается выше главной палубы в специальном отапливаемом помещении с непосредственным выходом на открытую палубу.

Электростанция специального назначения служит для обеспечения электроэнергией особых потребителей: гребных электрических установок (РЭУ), технологического оборудования земснарядов, приводов отдельных крупных механизмов и устройств.

Различают судовые электростанции постоянного и переменного тока. По типу первичного двигателя они разделяются на дизель-генераторные и турбогенераторные. На судах речного флота применяются дизель-генераторные электростанции. По способу отбора мощности различают судовые электростанции с приводом генераторов от главных двигателей гребной установки или от валопровода (валогенераторы).

**Генераторы судовых электростанций**

Судовые электрогенераторы должны давать электрическую энергию с максимально-возможным постоянством напряжения и частоты при изменении нагрузки от холостого хода до номинальной, выдерживать значительные перегрузили токи короткого замыкания. Они должны обеспечивать устойчивую параллельную, работу друг с другом практически независимо от их мощностей.

Поддержание постоянства напряжения и частоты для обеспечения! Нормальной работы судовых механизмов практически оказалось достаточным осуществлять с точностью до 2--3% их номинальных значений. При мгновенном изменении нагрузки допускаются большие колебания напряжения и частоты генераторов. Колебания напряжения определяются: у генераторов постоянного тока - характером их внешних характеристик и нечувствительностью регуляторов скорости вращения; у генераторов переменного тока -- статичностью и нечувствительностью регуляторов напряжения и регуляторов скорости вращения, а также электрическими параметрами самих генераторов.

Наилучшим постоянством напряжения при колебаниях нагрузки обладают генераторы смешанного возбуждения (компаундные). Поэтому на судовых электростанциях постоянного тока применяются только компаундные генераторы. Наличие у них последовательной обмотки возбуждения способствует быстрому восстановлению напряжения на зажимах генератора после короткого замыкания или включения большой нагрузки. Опыт показывает, что у компаундных генераторов при колебаниях нагрузки от холостого хода до номинальной колебания напряжения на зажимах составляют в среднем не более 2--3%. Поэтому такие генераторы не требуют автоматических регуляторов напряжения (но не регуляторов скорости вращения), а имеют ручные регуляторы, с помощью которых можно установить напряжение с точностью 1-2%.

В качестве генераторов переменного тока применяются только синхронные генераторы преимущественно трехфазного тока как с машинным возбудителем, так и с самовозбуждением. Они имеют внешнюю характеристику, аналогичную внешней характеристике генераторов постоянного тока с независимым возбуждением. Кроме силы тока нагрузки, напряжение синхронных генераторов зависит от коэффициента мощности соз ф. Поэтому оно испытывает значительные колебания как при плавном, так и внезапном изменении нагрузки от холостого хода до номинальной. Для уменьшения как самих колебаний напряжения, так и времени восстановления напряжения до номинального значения синхронные генераторы всегда снабжаются автоматическим регулятором напряжения.

В силу специфических условий возможность коротких замыканий и перегрузки судовых генераторов весьма вероятна. Поэтому они выполняются так, чтобы могли выдержать режим короткого замыкания на зажимах в течение 2 *мин,*перегрузки по току примерно 10% в течение 2 *ч,*25% --в течение 30 *мин*и 50% --в течение 5 *мин.*Однако перегрузочные способности генераторов полностью реализовать не удается, так как такими перегрузочными способностями не обладают первичные двигатели.

Рис.1 Синхронный генератор типа МС-128-4 с машинным возбудителем

Так, дизели выдерживают перегрузки только примерно 10% спецификационной мощности в течение 2 *ч.*Большие перегрузки дизелей вообще не допускаются. Турбины перегрузку в 10% выдерживают 2 ч, в 20%--30 *мин*и в -35%-- 5 *мин.*

На рис. 1 приведен синхронный генератор типа МС-128-4 мощностью 200 *квт с*машинным возбудителем, а на рис. 114'-- синхронный генератор типа МСК-ЮЗ-4 мощностью 200 *квт с*самовозбуждением. Оба генератора при 1500 *об/мин*развивают напряжение на зажимах при холостом -ходе 400 *в.*Рисунки показывают, что генератор с самовозбуждением имеет значительно меньшие габариты. Кроме того, он обладает значительно большей надежностью, так как не имеет возбудителя.

При оценке степени важности фактора надежности следует учитынать, что генераторы судовой электростанции работают подолгу безостановочно и что машины постоянного тока требуют тщательного повседневного ухода. У генераторов с самовозбуждением система автоматического регулирования напряжения действует в 3--6 раз быстрее из-за отсутствия вращающегося возбудителя, электромагнитная инерция которого затягивает переходный процесс при регулировании. В настоящее время преимущёственное распространение в судовых электростанциях получают синхронные генераторы с самовозбуждением. Все элементы цепи возбуждения таких генераторов обычно монтируют на самом генераторе.

Конструктивно оба типа генераторов выполняются брызгоза-щищенными, причем с расчетом удобства их обслуживания в стесненных судовых условиях. Они изготовляются из высококачественных магнитных, проводниковых и изоляционных материалов. Судовые генераторы постоянного тока, как и синхронные генераторы, отличаются высокой механической прочностью и удобством обслуживания. Нашей промышленностью изготовляются судовыегенераторы постоянного тока типов КГ, ПН, ГМП и ПГ мощностью от 2,9 до 300 кет на напряжение 28, 36, 115 и 230 *в.*Генераторы переменного тока типа МС изготовляются мощностью от 25 до 1200 *кет*при соз<р=0,8 на напряжение 230 и 400 *в.*Генераторы как постоянного, так и переменного тока мощностью до 200 *кет*изготовляются на 1500 *об/мин, а*более мощные -- на 1000 *об /мин.*

Рис. 2. Синхронный генератор типа МСК-ЮЗ-4 с самовозбуждением

**Выбор рода тока и напряжения**

Как уже отмечалось, в судовых электроустановках применяется как постоянный, так и переменный ток. Выбор рода тока в значительной степени диктуется составом и мощностью потребителей, установленных на судне, технологическими требованиями, предъявляемыми к ним. Известно, что основными потребителями электроэнергии на судах являются электродвигатели судовых механизмов.

Электродвигатели постоянного тока применяются для привода судовых механизмов, требующих плавного и в широких пределах регулирования частоты вращения, больших пусковых моментов, значительных перегрузок и кратковременного полного затормаживания под током (рулевые устройства, грузовые лебедки, якорно-швартовные устройства и т. Д.).

Для привода судовых механизмов, не требующих плавного и в широких пределах регулирования частоты вращения, больших пусковых моментов и значительных перегрузок (насосы, вентиляторы, компрессоры и т. Д.) Применяются асинхронные электродвигатели трехфазного тока.

Применение на судах переменного тока вместо постоянного позволяет снизить стоимость электрооборудования на 30--40%, массу -- на 20--30%. Кроме этого, электрические машины переменного тока имеют более высокий к. П. Д., более надежны в работе, значительно проще в эксплуатации, чем электрические машины постоянного тока. Все это предопределило широкое применение на современных речных судах электрических станций переменного тока.

По Правилам Речного Регистра номинальные напряжения на зажимах источников электрической энергии, предназначенных для питания судовой сети, не должны превышать: 400 В -- при переменном трехфазном токе, 230 В -- при переменном однофазном токе и 230 В -- при постоянном токе. Напряжение в системе гребной электрической установки, как правило, не должно превышать значений, указанных в табл. 1.

Для специальных электроприводов большой мощности, установленных в доках, на земснарядах и других судах технического флота, допускается применение трехфазного тока напряжением до 10 000 В. Эти установки должны отвечать требованиям «Правил устройства электроустановок».

На зажимах судовых потребителей номинальные значения напряжений не должны превышать значений, указанных в табл. 2.

В сетях освещения, сигнализации и связи на судах танкерного флота допускается напряжение 220 В при условии, если имеются устройства для непрерывного автоматического контроля сопротивления изоляции сетей, с подачей сигнала при понижении сопротивления изоляции в помещение с постоянной вахтой.

Номинальное значение частоты переменного тока на речных судах принимают 50 Гц, что позволяет при стоянке судна у причала получить электрическую энергию с берега. Однако некоторые потребители на судне (радиолокационное и навигационное оборудование) работают на переменном токе с частотой до 400 Гц и получают питание от специальных преобразователей частоты.

**Таблица 1**

|  |
| --- |
|  |
| Электрические цепи | Напряжение тока, В |  |
|  | Постоянного | Переменного |  |
| Силовая ГЭУ | 1200 | 7500 |  |
| Возбуждения электрических машин | 220 | 220 |  |
| Управления, защиты, сигнализации, блокировки | 220 | 380 |  |
|  |  |  |  |

**Таблица 2**

|  |
| --- |
|  |
|  | Напряжение, В |  |
| Потребители | Постоянный | Переменный |  |
|  | Ток | Ток |  |
| Электрические приводы механизмов, отопительные и |  |  |  |
| Нагревательные установки и цепи управления ими  Отопительные приборы в каютах и общественных помещениях | 220  220 | 380  220 |  |
| Освещение, сигнализация и связь на всех судах, |  |  |  |
| Кроме танкерного флота | 220 | 220 |  |
| Освещение, сигнализация и связь на танкерном флоте | 110 | 127 |  |
| Разъемное контактное соединение в каютах | 220 | 220 |  |
| Переносной инструмент | 36 | 36 |  |
| Переносное освещение | 24 | 12 |  |
|  |  |  |  |

Применение на судах повышенной частоты 400 Гц приводит к снижению массы машин переменного тока примерно в 3 раза и уменьшению их габаритов в 1,5 раза, что имеет большое значение в связи с ростом мощностей судовых электроустановок.

**Требования речного регистра, предъявляемые к сээс**

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

2.1.1 Размещение электрического оборудования

2.1.1.1 Электрическое оборудование должно устанавливаться таким образом, чтобы был обеспечен удобный доступ к органам управления и ко всем частим для обслуживания, ремонта и замены.

2.1.1.2 Электрическое оборудование не должно устанавливаться вблизи источников тепла, которые могут нагреть часть электрического оборудования выше допустимой температуры.

2.1.1.3 Электрическое оборудование, охлаждаемое воздухом, должно располагаться таким образом, чтобы забор охлаждающего воздуха не производился из льял или других мест, в которых воздух может быть загрязнен веществами, вредно действующими па изоляцию.

2.1.1.4 Электрическое оборудование, установленное в местах, где имеются вибрации и сотрясения более сильные, чем указанные в 5.1.3.5 и 5.1.3.6, которые невозможно устранить, должно иметь конструкцию, обеспечивающую нормальную его работу в этих условиях, или должно устанавливаться на амортизаторах.

2.1.1.5 Электрическое оборудование должно крепиться таким образом, чтобы способ крепления не уменьшал прочность палуб, переборок и не нарушал их непроницаемость.

2.1.1.6 Открытые части электрического оборудовании, находящиеся под напряжением, не должны располагаться ближе 300 мм по горизонтали и 1200 мм по вертикали от незащищенных горючих материалов.

2.1.1.7 Электрическое оборудование на напряжение выше 500 В должно устанавливаться в специальных электрических помещениях. В обоснованных случаях может быть допущена установка электрического оборудовании на напряжение выше 500 В вне специальных электрических помещений при условии обеспечения доступа к токоведущим частям только при снятом напряжении или использовании специального инструмента. Двери электрических помещений и крышки электрического оборудования на напряжение выше 500 В должны снабжаться предостерегающими надписями, указывающими значение напряжения.

2.1.1.8 Установка электрического оборудования на расстоянии менее 75 мм от топливных и масляных цистерн не допускается. Датчики сигнализации можно устанавливать непосредственно на цистерне.

2.2. ИСТОЧНИКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

2.2.1 Число и мощность источников электрической энергии

2.2.1.1 На каждом самоходном судне должно быть предусмотрено не менее двух основных источников энергии. Если этими источниками являются генераторы, то хотя бы один из них должен иметь собственный независимый привод.

2.2.1.2 Определение количества и мощности основных источников электриче-ской энергии должно производиться с учетом следующих режимов работы судна:

.1 ходового режима;

.2 маневров;

.3 во время пожара, пробоины корпуса или других влияющих на безопасность плавания судна условий при работе основных источников электрической энергии;

.4 стояночного;

.5 других режимов в соответствии с назначением судна.

2.2.1.3Мощность основных источников электрической энергии должна быть такой, чтобы при выходе из строя любого источника оставшиеся обеспечивали возможность питания ответственных устройств в режимах работы судна, указанных в 2.2.1.2.1, 2.2.1.2.2,2.2.1.2.3.

Приведенное требование допускается не распространять па буксиры и толкачи, предназначенные дли работы с судами, перевозящими горючие вещества и воспламеняющиеся жидкости, в режиме тушения пожара на обслуживаемом судне (2.2.1.2.3).

2.2.1.4 При нормальной работе мощность источников электрической энергии должка быть достаточной для пуска самого мощного электродвигателя, однако при

Этом не должно происходить самопроизвольного отключения других работающих электродвигателей.

2.2.2 Аккумуляторная батарея как основной источник электрической энергии

2.2.2.1 Аккумуляторная батарея может считаться основным источником электри- ческой энергии только в том случае, если возможна зарядка ее от источника электрической энергии, установленного на судне.

2.2.3 Привод судовых генераторов

2.2.3.1 Кроме отдельных первичных двигателей, для привода судовых ге- нераторов допускается использование не реверсивных главных двигателей, двигателей генераторов гребной электрической установки и валопроводов.

2.2.3.2 При применении приводов, вращающихся с постоянной скоростью, должно обеспечиваться регулирование напряжения в пределах, указанных в 5.3- 2 и 5.3.3.

2.2.3.3 Привод генераторов от главных двигателей, двигателей генераторов и валопроводов, работающих с изменяющейся скоростью, допускается при условии обеспечения регулирования напряжения в пределах 85--105 % номинального, частоты 45--52,5 Гц.

Если после достижении указанных нижних уровней частота (напряжение) валогенераторов будет продолжать снижаться, потребители, обеспечивающие безопасность ходового режима (см. Табл.2.14.1.3), должны быть переключены на аккумуляторную батарею, рассчитанную на их питание в течение 15 мин. Одновременно должен автоматически запускаться один из дизель-генераторов, подключаться к шинам электростанции и принимать на себя нагрузку.

Использование валогенераторов на судах с потребителями, не допускающими перерыва в питании (например, гирокомпас), а также колебания напряжения и частоты в указанных пределах разрешаются только при параллельной работе валогенератора и дизель-ген ера-тора.

2.3 РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

2.3.1. Системы распределения

2.3.1.1 На судах допускаются следующие системы распределения электрической энергии:

.1 для трехфазного переменного тока;

.1.1 трехпроводной изолированной системы;

.1.2 четырехпроводной изолированной системы;

.2 для однофазного переменного тока:

.2.1 двухпроводной изолированной системы;

.2.2 двухпроводной системы с заземленным проводом -- только для напряжения до 30 В;

.3 для постоянного тока:

.3.1 двухпроводной изолированной системы;

.3.2 одиопроводной системы с использованием корпуса судна в качестве обратного провода -- только для напряжения до 30 В.

Применение трехфазной четырехпроводкой системы распределения электрической энергии с заземленной нулевой точкой допускается только для судов, у которых основным источником электроэнергии является береговая энергосистема

2.3.1.2 В трех проводных изолированных системах распределения электрической энергии допускается заземление нулевой точки генератора. Заземление должно быть выполнено через компенсирующее устройство вблизи генератора или на главном распределительном щите.

2.3.1.3 При применении трехфазной системы переменного тока подключение потребителей должно быть таким, чтобы при нормальных условиях эксплуатации ток отдельных фаз отличался не более чем на 15%.

2.3.1.4 При применении однопроводной системы распределения электрической энергии должны соблюдаться следующие условии:

.1 электрическое оборудование в пределах аккумуляторных, фонарных, складских помещений и грузовых трюмов должно получать питание по двухпроводной системе. Соединение с корпусом судна отрицательного провода должно производиться пне этих помещений;

**Расчет мощности судовой электростанции табличным методом**

По правилам РР РФ при определении количества и мощности источников основной судовой электростанции учитывают следующие режимы работы судна:

· ходовой

· стояночный

· снятие с якоря (маневровый)

· аварийный

От режима работы судна зависит значение потребляемой мощности, так как количество и мощность потребителей в разных режимах будут различными.

При выборе мощности генераторов необходимо стремиться к наиболее полной их загрузке во всех режимах.

При определении количества генераторов СЭС необходимо добиваться минимального числа генераторов, что позволяет лучше организовать их взаимозаменяемость, сократить количество запасных частей.

Судовая электростанция должна иметь не менее двух генераторов один из которых основной, а другой резервный. Мощность резервного генератора должна быть достаточной для обеспечения ходового и аварийного режимов работы судна при выходе из строя одного из основных генераторов. Целесообразно мощность резервного генератора принимать равной мощности основного. Это позволяет своевременно и качественно произвести их техническое обслуживание.

Табличный метод заключается в составлении таблицы нагрузок.

Исходными данными для составления таблицы нагрузок являются: n- количество потребителей, Рмех- мощность механизма, квт, Рэд- мощность приводного электродвигателя, квт, cosц-коэффициент мощности электродвигателя, з- КПД электродвигателя.

Для упрощения расчетов таблица нагрузки составляется для ходового, стояночного, аварийного режимов.

Согласно Рмех, из каталога выбирается Рэд при этом необходимо соблюдать условие Рэд?Рмех.

Определяется:

Рп- установленная (потребляемая) активная мощность однородных приемников, квт

Рп= , квт

Кп- коэффициент потерь, учитывающий потери в сети (принимается 1,05)

**Расчет судовой электрической сети**

Расчет судовой сети в общем виде сводится к определению сечений кабелей и проводов по расчетным токам нагрузки с последующей проверкой сети на потерю напряжению. При выборе сечения кабеля следует учитывать его фактическую нагрузку, от которой зависит максимальная температура нагрева.

Для расчетов судовых сетей используют данные по токам нагрузки для одно, двух и трехжильных кабелей и проводов разных сечений при их одиночной прокладке с расчетом на то, что нагрев кабелей не превышает допустимой температуры.

Расчетный ток нагрузки кабеля, питающего главный распределительный щит от генератора:

Постоянный ток , А

Рген- номинальная мощность генератора, Вт

Uген- номинальное напряжение генератора, В

Расчетный ток нагрузки кабеля или провода, питающего отдельный судовой потребитель:

Постоянный ток , А

Где

Рном- номинальная мощность потребителя, квт

Uном- номинальное напряжение потребителя, В

Сosц- коэффициент мощности потребителя

Зном- КПД потребителя

Кз- коэффициент загрузки потребителя

|  |
| --- |
|  |
| **Токи потребителей** | | | | | | | | |
|  | Ход |  | Стоянка |  | Авария |  | Максим. |  |  |
|  | I расч |  | I расч |  | I расч |  |  | S |  |
| **Рулевая машина** | 54,09467 |  | 0 |  | #ДЕЛ/0! |  | 54,09467 | 10 |  |
| **Брашпиль** | 0 |  | 50,65664 |  | 0 |  | 50,65664 | 10 |  |
| **Буксирная лебедка** | 119,3182 |  | 0 |  | 0 |  | 119,3182 | 35 |  |
| **Пожарный насос** | 0 |  | 0 |  | 55,42433 |  | 55,42433 | 10 |  |
| **Осушительный насос** | 0 |  | 0 |  | 22,91746 |  | 22,91746 | 2,5 |  |
| **Насосы Т., М., С.** | 56,5421 |  | 25,11888 |  | 56,5421 |  | 56,5421 | 10 |  |
| **Вентиляторы** | 14,03447 |  | 4,728191 |  | 0 |  | 14,03447 | 1 |  |
| **Компрессоры** | 61,33182 |  | 35,13802 |  | 0 |  | 61,33182 | 79 |  |
| **Радиооборудование** | 27,16823 |  | 0 |  | 27,16823 |  | 27,16823 | 2,5 |  |
| **Прибор упр-ия судном** | 22,83298 |  | 0 |  | 25,36998 |  | 25,36998 | 2,5 |  |
| **Электрокамбуз** | 56,42633 |  | 47,02194 |  | 0 |  | 56,42633 | 10 |  |
| **Освещ. И сигн. Огни** | 73,99577 |  | 73,99577 |  | 73,99577 |  | 73,99577 | 16 |  |
| **Зарядный агрегат** | 12,12121 |  | 7,575758 |  | 0 |  | 12,12121 | 1 |  |
| ***Генератор*** | 210,44 |  | 180,87 |  | 486,087 |  |  |  |  |
| ***S*** | 95 |  | 50 |  | 240 |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

По расчетным токам из каталога производят выбор площади сечения, числа жил и допустимых нагрузок на кабель с учетом режима работы.

При выборе кабеля необходимо соблюдать условие, чтобы расчетный ток потребителя (генератора) был несколько меньше или равен допустимому.

Выбранное сечение кабеля проверяется на потерю напряжения.

Потеря напряжения ДU, %:

Двухпроводной цепи постоянного тока:

, где

Р- мощность потребителя, Вт

L- длина кабеля, м

- удельное сопротивление меди,

S- площадь сечения кабеля, мм2

U- напряжение сети, В

|  |
| --- |
|  |
|  |  | Uпотеря на потреб % | Uпот на грщ% |  |
| S | L |  |  | S | L |  |  |  |
| 10 | 50 | 9,183 |  | 95 | 4 | 0,321933 | Ход |  |
| 10 | 45 | 4,368 |  | 50 | 4 | 0,199737 | Стоянка |  |
| 35 | 40 | 3,935 |  | 240 | 7 | 0,1504 | Авария |  |
| 10 | 25 | 2,593 |  |  |  |  |  |  |
| 2,5 | 30 | 5,012 |  |  |  |  |  |  |
| 10 | 30 | 3,584 |  |  |  |  |  |  |
| 1 | 40 | 10,95 |  |  |  |  |  |  |
| 79 | 40 | 0,566 |  |  |  |  |  |  |
| 2,5 | 30 | 6,715 |  |  |  |  |  |  |
| 2,5 | 35 | 5,785 |  |  |  |  |  |  |
| 10 | 40 | 6,198 |  |  |  |  |  |  |
| 16 | 100 | 7,533 |  |  |  |  |  |  |
| 1 | 30 | 7,49 |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |

|  |
| --- |
|  |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Расчет для генераторов |  |  |
|  | Ход | Стонка | Авар |  |
| Рген | 44 | 32 | 86 |  |
| Uген | 230 | 230 | 230 |  |
| I расч.ген | 191,3043 | 139,1304 | 373,913 |  |
| S | 95 | 50 | 240 |  |
| Iном рас | 210,4348 | 180,8696 | 486,087 |  |
|  |  |  |  |  |

Согласно Правил РР РФ падение напряжения в кабеле не должно превышать:

1% от генератора до ГРЩ или АРЩ;

5% для сетей освещения;

7% для силовых сетей, сетей нагревательных и отопительных приборов, сигнально-отличительных огней;

10% для силовых потребителей, работающих в кратковременном и повторно-кратковременном режимах;

25% для асинхронных электродвигателей с прямым пуском;

Если по расчету сети, потеря напряжения окажется больше допустимой, то необходимо увеличить сечения кабеля, питающего эту сеть.

При выборе марки кабеля необходимо учитывать следующее:

· на судах внутреннего плавания допускается применение кабелей с медными жилами;

· наибольшая допустимая температура для изоляции жилы кабеля должна быть на 100С выше температуры окружающей среды в данном помещении;

· в местах подверженных воздействию нефтепродуктов следует применять кабели, имеющие оболочку стойкую к влиянию окружающей среды, другие кабели можно прокладывать только в металлических трубах.

При выборе площади сечения кабеля необходимо учитывать следующее:

· в цепях ответственных устройств жилы кабелей должны быть многопроволочными и иметь площадь сечения не менее 1мм2каждая;

· в цепях сигнализации и связи жилы кабелей должны иметь площадь сечения не менее 0,75 мм2;

· для переносного электрооборудования кабели и провода должны быть гибкими и иметь жилы с площадью сечения не менее 0,75 мм2каждая.

**Расчет коммутационной и защитной аппаратуры**

Надежная работа судовой электростанции полностью зависит от правильного выбора примененных в ней электрических аппаратов. Выбор аппаратуры электрораспределительных устройств заключается в подборе электроизмерительных приборов, выборе аппаратуры управления и сигнализации, определении номинальных токов плавких вставок и уставок автоматических выключателей и подборе на основании этого аппаратуры защиты. Транспорт судно флот

При выборе любого аппарата необходимо соблюдать следующие условия:

· Uном?Uраб

· Iном?Iраб где

Uном, Iном- номинальные напряжение и ток аппарата;

Uраб, Iраб- рабочие напряжение и ток аппарата в данной схеме;

Выполнение первого условия необходимо во избежании электрического пробоя изоляции аппаратов, а выполнение второго, во избежании перегрева аппаратов.

**Выбор автоматических выключателей для генераторов**

Автоматический выключатель генераторов, не предназначенных для параллельной работы, должны иметь расцепители для защиты от перегрузок и короткого замыкания.

Автоматический выключатель генераторов, предназначенных для параллельной работы, должны обеспечить защиту от перегрузок, токов короткого замыкания, минимального напряжения, обратного тока и обратной мощности.

Таким образом, автоматический выключатель для генераторов выбирается по номинальному току генератора и по номинальному напряжению, так чтобы:

Iавт.ном?Iген.номи Uавт.ном? Uген.ном

После этого необходимо выбрать уставки расцепителей. Номинальный ток расцепителей автоматического выключателя выбирают из условия:

Iном.расц.?(1,1-1,5) Iраб.ген где

Iном.расц- номинальный ток расцепителя автомата, А

Iраб.ген - рабочий ток генератора, А

Рабочий ток генератора определяется:

Постоянный ток , А

Где

Рген- номинальная мощность генератора, Вт

Uген- номинальное напряжение генератора, В

**Выбор автоматических выключателей для потребителей**

Номинальный ток максимального расцепителя автоматического выключателя, служащего для защиты цепи, где отсутствуют пусковые токи:

Iном расц=(1,1-1,25) Iраб, где

Iраб- рабочий ток защищаемой цепи;

Номинальный ток максимального расцепителя автоматического выключателя, служащего для защиты электродвигателя, должен быть больше пускового тока двигателя:

Iном.расц?Кзап Iпуск, где

Кзап- коэффициент запаса, принимается равным 1,5-2;

Iпуск- пусковой ток двигателя;

После выбора максимального расцепителя определяют величину автоматического выключателя.

Разрывная способность электрической аппаратуры защиты должна быть не меньше, чем ожидаемый ток короткого замыкания в месте ее установки.

|  |
| --- |
|  |
| Автоматы потребителей |  |
|  |  |  |  |
| Iпл.вст | Iавт ном |  |  |
|  |  |  |  |
| 81,142 | 162,284 |  |  |
| 75,98496 | 151,9699 |  |  |
| 178,9773 | 357,9545 |  |  |
| 83,13649 | 166,273 |  |  |
| 34,37618 | 68,75237 |  |  |
| 84,81315 | 169,6263 |  |  |
| 21,05171 | 42,10342 |  |  |
| 91,99773 | 183,9955 |  |  |
| 28,16823 | 29,88506 |  |  |
| 23,83298 | 27,90698 |  |  |
| 57,42633 | 62,06897 |  |  |
| 74,99577 | 81,39535 |  |  |
| 13,12121 | 13,33333 |  |  |
| **Тип** | **P** | **U** | **N** | **З** |  |
| **М72М** | **44** | **230** | **2855** | **0,885** |  |
| **П82М** | **32** | **230** | **1450** | **0,84** |  |
| **П92М** | **86** | **230** | **1450** | **0,86** |  |
|  |  |  |  |  |  |

**Автоматическое воздействие выключателями потребителей**

|  |
| --- |
|  |
|  | Iавт.ном. | Исполнение |  |
| **Рулевая машина** | 162,284 | А3343 |  |
| **Брашпиль** | 151,9699 | А3332 |  |
| **Буксирная лебедка** | 357,9545 | А3344 |  |
| **Пожарный насос** | 166,273 | А3343 |  |
| **Осушительный насос** | 68,75237 | А3324 |  |
| **Насосы Т., М., С.** | 169,6263 | А3343 |  |
| **Вентиляторы** | 42,10342 | А3322 |  |
| **Компрессоры** | 183,9955 | А3343 |  |
| **Радиооборудование** | 29,88506 | А3312 |  |
| **Прибор упр-ия судном** | 27,90698 | А3312 |  |
| **Электрокамбуз** | 62,06897 | А3314 |  |
| **Освещ. И сигн. Огни** | 81,39535 | А3324 |  |
| **Зарядный агрегат** | 13,33333 | А3312 |  |
|  |  |  |  |

**Описание работы схемы постоянного тока.**На рис. Изображена схема судовой электростанции постоянного тока напряжением 220 В с двумя основными и одним стояночным генераторами. Все три генератора подключаются к шинам ГЭРЩ с помощью автоматических выключателей, устанавливаемых на генераторных секциях щита. Схема допускает параллельную работу генераторов.

Для регулирования возбуждения приодиночной работе генератора и переводе нагрузки с одного генератора на другой предусмотрен реостат возбуждения Rв. При стоянке судна необходимое питание приемников обеспечивается стояночным генератором 03. Защита генераторов от токов короткого замыкания осуществляется автоматическими выключателями, имеющими реле максимального тока *К А*и реле времени *КТ.*Последнее представляет собой электромагнитное реле с выдержкой времени до 0,6 с. При перегруз-ке генератора током, превышающим номинальный, действие реле *К.А*при отключении замедляется часовым механизмом, выдержка времени которого достигает 10 с и более. Защита генератора от перехода в двигательный режим осуществляется с помощью реле обратного тока *КО А,*которое срабатывает при значениях обратного тока, равных 10--15 % номинального.

Положения автоматического выключателя контролируются сигнальными лампами: включение -- лампой *Н1,*выключение -- лампой *Н2.*Лампы включают и выключают с помощью блокирующих контактов *К.*Для контроля работы генераторов Правила Регистра рекомендуют в данных установках следующие приборы. Каждый генератор снабжается одним амперметром. Благодаря применению переключателя SV несколько вольтметров заменяются одним для всех генераторов. Этим же вольтметром с помощью переключателя измеряется сопротивление изоляции сети, находящейся под напряжением.

Для восстановления остаточного намагничивания предназначен двухполюсный выключатель SA, с помощью которого подается напряжение на обмотку возбуждения генератора от шин электростанции. В контрольно-измерительных и защитных цепях устанавливаются предохранители, необходимые для защиты проводов вторичной коммутации от коротких замыканий в этих цепях. Кабели потребителей защищены от токов короткого замыкания и перегрузки установочными автоматическими выключателями с электромагнитными и тепловыми расцепителями.

**Параллельная работа генераторов постоянного тока.**Для включения генератора со смешанным возбуждением на параллельную работу с другим работающим генератором после подготовки включаемого генератора к пуску запускают его первичный двигатель и доводят напряжение включаемого генератора до напряжения работающего генератора (напряжения на шинах ГЭРЩ).

Для предотвращения перехода включаемого генератора в двигательный режим рекомендуется с помощью регулятора напряжения довести напряжение подключаемого генератора до значения, превышающего напряжение на шинах на 2--3 В.

После этого включают автоматический выключатель подключаемого генератора, если выключатель трехполюсный и один из полюсов используется для соединения с уравнительной шиной.

Если автоматические выключатели (рубильники) генераторов двухполюсные и для присоединения к уравнительной шине установлен отдельный однополюсный (уравнительный) рубильник, то в этом случае перед включением подключаемого генератора необходимо раньше включить уравнительный рубильник. Нагрузку на подключенный генератор переводят с помощью регуляторов возбуждения. Для этого увеличивают э. Д. С. Включенного генератора или снижают ее.

Для сохранения напряжения на шинах неизменным при распределении нагрузки управляют регуляторами возбуждения обоих генераторов: у подключенного генератора возбуждение увеличивают, а у работающего уменьшают.

При параллельной работе генераторов необходимо следить за равномерным (пропорциональным) распределением их нагрузки. При отключении одного из параллельно работающих генераторов его нагрузку переводят на остающиеся. Генератор отключают при нагрузке, близкой к нулю, не допуская его перехода в двигательный режим.

**Список используемой литературы**

1. Селиванов П.П., Мешков Е.Т. «Ремонт и монтаж судового электрооборудования» М.: Транспорта, 1982 год.

2. Роджеро Н.И. «Справочник судового электромеханика и электрика» М., Транспорт, 1986 год.

3. Дубовой А.А. «Электрооборудование и электродвижение речных судов». М.: Транспорт, 1987 год.

4. Сибикин Ю.Д. «Технология электромонтажных работ» М.: Высшая школа, 1999 год.

5. ПРР РФ. Том 2. М.: Марин инжиниринг сервис, 1995 год.

6. Анисимов Я.Ф. Словарь-справочник.

7. ПТЭ, ПТБ.

Н.В. Виноградов «Производство электрических машин» Энергия Москва 1970г.