

Федеральное агентство морского и речного транспорта
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования

«Волжский государственный университет водного транспорта»

Пермский филиал

(факультет, институт)

Отделение высшего образования

(наименование структурного подразделения, ответственного за подготовку ВКР)

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

Заместитель директора по УМР и ВР

(должность руководителя структурного подразделения,

ответственного за подготовку ВКР)

Е.В. Баранова

(Ф.И.О. руководителя структурного подразделения, ответственного

за подготовку ВКР)

« 01 » декабря

2022 г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

на тему: «Модернизация рулевого устройства теплохода проекта 576

«Лысково»

(тема ВКР)

Направление подготовки
(специальность)


26.05.07 Эксплуатация судового

электрооборудования и средств автоматики

Образовательная программа

Эксплуатация судового электрооборудования и
средств автоматики

Обучающийся

 01.12.22

(подпись и дата)

К.С. Нечаяев

(И.П. Фамилия)

Руководитель ВКР

к.т.н., доцент

(ученая степень, звание)

 01.12.22

(подпись и дата)

А.Л. Погудин

(И.П. Фамилия)

Консультанты

к.т.н., доцент

 01.12.22

(подпись и дата)

Е.В. Бартова

ст. преподаватель

(ученая степень, звание)

 01.12.22

(подпись и дата)

Л.С. Скорницына

(И.П. Фамилия)

Нормоконтроль

к.т.н., доцент

(ученая степень, звание)

 01.12.22

(подпись и дата)





А.Л. Погудин

(И.П. Фамилия)

Пермь, 2022

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 Исследовательский раздел	6
1.1 Теоретические сведения о рулевом устройстве.....	6
1.2 Рулевое устройство	10
1.2.1 Рулевое устройство по виду управления	11
1.2.2 Виды рулевых приводов.....	16
1.2.3 Виды рулевого устройства по типу рулевого органа	21
1.2.4 Анализ существующих рулевых устройств	24
1.3 Выписка из Российского речного регистра.....	25
1.4 Технические характеристики теплохода	29
1.5 Обзор и анализ рулевых приводов	30
1.6 Обзор существующего рулевого привода	31
1.7 Обоснование выбора и структурная схема управления рулевым устройством	32
1.8 Обзор и анализ электрических двигателей рулевых приводов	33
1.8.1 Двигатели переменного тока и методы регулирования частоты вращения	37
1.8.2 Двигатели постоянного тока и методы регулирования частоты вращения	43
1.9 Выводы по разделу.....	46
2 Конструкторско-технологический раздел	48
2.1 Обоснование модернизации рулевого устройства и пути решения	48

ПФВ-04.84.1.110.01.ПЗ				
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата
Разработал		Нечаев К.С.		01.12.22
Проверил		Погудин А.Л.		01.12.22
Н. Контроль		Погудин А.Л.		01.12.22
Утвердил		Баранова Е.В.		01.12.22
Модернизация рулевого устройства теплохода проекта 576 «Лысково»				
			Лит	Лист
			2	82
ПФ ФГБОУ ВО «ВГУВТ»				

ВВЕДЕНИЕ

Суда типа «Шестая пятилетка» — сухогрузные суда, имеющие четыре трюма с крышками, двойным дном, машинным отделением и надстройкой в кормовой части. В процессе эксплуатации некоторые суда были оборудованы носовыми упорами для толкания баржевых секций, затем на большинстве судов упоры были сняты.

Большинство судов были модернизированы с частичной заменой оборудования; некоторые получили новую ходовую рубку. Так же эти суда выходили с завода с бортовой сетью постоянного тока на 110В, и с течением времени их модернизировали под переменный ток.

Во время такой модернизации происходила замена ГРЩ, двигатели насосов, двигатели ппиля и брашпиля и многое другое. Многие решения были не всегда удачные что чаще всего относилось к рулевому устройству. Таким образом актуальность данной работы обусловлена необходимостью модернизации приводной части рулевого устройства и его системы управления, для повышения надежности рулевого устройства и снижения влияния рулевого устройства на судовую энергетическую систему. [1]

Объект исследования теплоход проекта 576 «Лысково»

Предметом исследования является процесс модернизации приводной части рулевого устройства и его системы управления.

Цель исследования – провести модернизацию рулевого устройства для увеличения надежности и уменьшения нагрузки на бортовую сеть.

Задачи исследования:

- провести анализ предметной области,
- провести анализ существующего рулевого устройства судна,
- провести расчет и выбрать конструкции предлагаемого рулевого устройства,
- провести сравнительный анализ существующего и предлагаемого рулевого устройства,
- обосновать выбор рулевой машины,

					<i>ПФВ-04.84.110.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		4

- разработать схему электропитания,
- рассчитать нагрузочные параметры судовой электростанции после введения нового оборудования,
- рассчитать электрические аппараты,
- провести экономическое обоснование проекта,
- изучить и привести требования по охране труда.

					<i>ПФВ-04.84.110.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		5

1 Исследовательский раздел

1.1 Теоретические сведения о рулевом устройстве

Рулевой электропривод служит для перекладки руля и удержания его в заданном положении. Рулевое устройство является одним из самых ответственных на судне. Поэтому рулевые электроприводы должны быть особо надежными, безотказными и иметь резерв на случай аварии. Различают электромеханические и электрогидравлические рулевые приводы. В электромеханических рулевых приводах баллер руля приводится в движение исполнительным (рулевым) электродвигателем при помощи механической передачи. Механическая передача обычно состоит из зубчатого сектора, закрепляемого на баллере руля, и червяка, который скреплен с валом рулевого электродвигателя и передает вращение вала зубчатому сектору при помощи колеса червячного зацепления.

В гидравлических рулевых приводах баллер руля приводится в движение исполнительным электродвигателем при помощи гидравлической машины.

При перекладке руля электропривод преодолевает силу давления воды на перо руля. Величина ее пропорциональна площади пера руля и квадрату скорости судна. Сила давления зависит также от угла перекладки: она увеличивается при перекладке руля от диаметральной плоскости к борту на переднем ходу судна. В результате давления воды на отклоненное от диаметральной плоскости перо руля создается вращающий момент на баллере руля и судно поворачивается. Определено, что максимальное значение вращающего момента на баллере достигается при угле перекладки примерно 35° . Поэтому максимальный угол перекладки руля, который должен обеспечиваться электроприводом, составляет 35° . Скорость перекладки руля в зависимости от типа судна составляет от 4 до 2 град/сек. Для того чтобы перо руля повернулось от диаметральной плоскости на угол, а и судно на переднем ходу получило разворот: соответствующий этому углу, электропривод должен все время развивать вращающий момент M , преодолевающий момент M_b , который возникает на баллере руля вследствие давления воды. Момент M на валу электродвигателя находят из выражения:

$$M = M_b / K_{\eta}$$

					<i>ПФВ-04.84.110.01ПЗ</i>	Лист
						6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

где: M_0 - крутящий момент на баллере руля, кгс.м;

K - значение полного передаточного числа от пера руля к валу двигателя;

η - общий коэффициент полезного действия механической передачи.

Моменты на баллере и на валу двигателя в выражении считают положительными.

При переднем ходе судна и переключке руля к диаметральной плоскости на баллере руля вследствие давления воды создается крутящий момент, совпадающий по направлению с вращающим моментом электропривода. Такой момент на баллере называют отрицательным. Он может перевести двигатель рулевого электропривода генераторный режим. Однако рулевые механические В приводы обычно выполняются с самотормозящейся червячной передачей. Чтобы повернуть ее, необходимо иметь на валу двигателя положительный вращающий момент и в том случае, когда при некоторых углах поворота руля на баллере будет отрицательный момент.

При переднем ходе судна момент сопротивления на валу двигателя для всех углов переключки, лежащих в пределах от $-\alpha_{\max}$ до нуля, для простого руля можно считать постоянным и равным моменту на валу двигателя при холостом ходе привода M_0 при переходе руля через диаметральную плоскость. Далее при углах переключки от нуля до α_{\max} момент на валу двигателя достигает максимального значения M_{\max} .

Для балансирных рулей момент M можно считать постоянным и равным M_0 при переключке руля от α_{\max} до α_1 . Далее момент M растет и при α_{\max} равен также M_{\max} .

При заднем ходе судна момент на валу двигателя изменяется согласно графику. При углах переключки от $-\alpha_{\max}$ до нуля его можно принять равным M_0 , затем он нарастает и при угле α_1 достигает значения M_{\max} и далее остается вплоть до угла α_{\max} равным M_{\max} . В винтовом приводе руля может быть два двигателя. Включение в работу через дифференциал второго двигателя обеспечивает увеличение в два раза передаваемой на баллер руля мощности

					<i>ПФВ-04.84.110.01ПЗ</i>	Лист
						7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

вследствие увеличения вдвое скорости перекладки руля. Скорость и момент вращения, развиваемые каждым двигателем, остаются теми же вне зависимости от того, работают двигатели совместно или работает один из них. Объясняется это тем, что, согласно выражению, момент, на валу двигателя определяется полным передаточным числом K , которое для двигателя неизменно.

Согласно Правилам Регистра рулевой электропривод должен обеспечивать: перекладку руля с борта на борт на полном переднем ходу при спецификационной осадке судна за время не более 28 сек; непрерывную перекладку руля с борта на борт при тех же условиях в течение 0,5 ч; длительную работу при ходе по курсу в режиме не менее 350 переключений в час; изменение вращающего момента рулевого электродвигателя от 0 до 200% номинального; режим стоянки рулевого электродвигателя под током в течение 1 мин с нагретого состояния; перекладку руля с борта на борт при среднем заднем ходе. Рулевые электроприводы по принципу управления бывают простого, следящего и автоматического действия.

Управляемость - способность судна двигаться по заданной траектории, т.е. менять направление движения в соответствии с действиями управляющего устройства, установленного на судне, и удерживать курс.

Управляемость является качеством судна, зависящим от конструкции судна, загрузки, посадки, скорости движения.

Вследствие влияния на судно различных природных факторов (волн, ветра), для обеспечения устойчивости судна на курсе требуется постоянный контроль человека.

Опыт эксплуатации доказывает то, что качества, определяющие управляемость судна, парадоксальные. Таким образом, чем лучше судно удерживает курс, тем хуже оно меняет направление движения.

При проектировании судна наилучшее значение того или иного качества управляемости выбирают, исходя из его назначения. Приоритетным качеством для пассажирских и грузовых судов, которые совершают дальние рейсы, является устойчивость на курсе, а для буксиров – поворотливость.

					<i>ПФВ-04.84.110.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						8
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

Способностью судна самостоятельно отклоняться от курса независимо от действия руля называется рыскливость.

Для обеспечения управляемости в кормовой части судна устанавливают один или несколько рулей. Если на судне, движущемся со скоростью v совершить перекладку руля на угол α , то на одну сторону руля начнет действовать сила набегающего потока воды - равнодействующая гидродинамических сил P , приложенная в центре давления и направленная перпендикулярно к поверхности пера руля. Приложим в центре тяжести (рисунок 1.1) судна взаимно уравновешенные силы P_1 и P_2 , равные и параллельные P . Силы P и P_2 образуют пару сил, момент которой M_{BP} поворачивает судно вправо, $M_{BP} = Pl$, где плечо пары $l = GA \cos \alpha + a$.

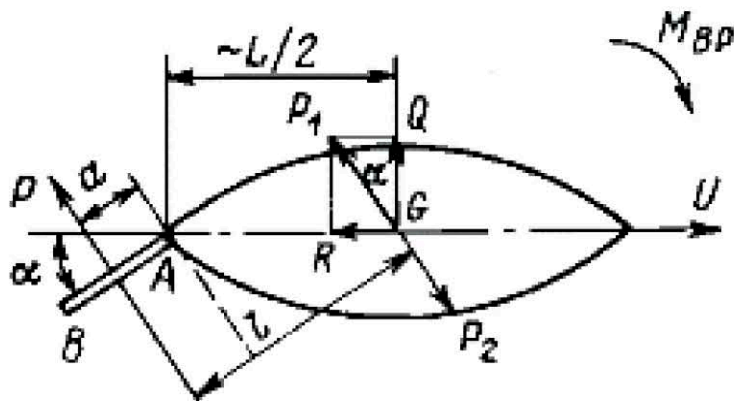


Рисунок 1.1 - Схема сил, действующая на судно при перекладке руля

Приблизительно можно считать, что центр тяжести лежит на мидельшпангоуте, а величина a сравнительно мала. Тогда $GA = 0,5L$; $l = 0,5L \cos \alpha$ и $M_{BP} = 0,5PL \cos \alpha$.

Силу P_1 разложим на составляющие $Q = P_1 \cos \alpha = P \cos \alpha$ и $R = P_1 \sin \alpha = P \sin \alpha$. Сила Q вызывает дрейф, т. е. перемещение судна перпендикулярно к направлению движения, а сила R уменьшает его скорость.

Таким образом, сразу же после перекладки руля на борт ЦТ судна начнет описывать в горизонтальной плоскости кривую, постепенно переходящую в окружность, (рисунок 1.2) называемую циркуляцией. Диаметр окружности ДЦ, которую начнет описывать центр тяжести судна после начала установившейся циркуляции называется диаметром циркуляции.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

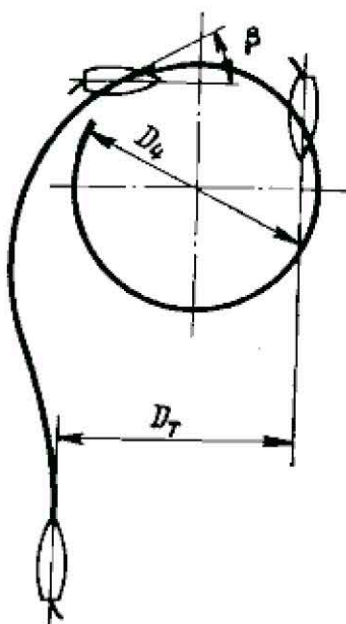


Рисунок 1.2 - Элементы циркуляции судна: $D_{\text{Ц}}$ – диаметр циркуляции; D_{T} – тактический диаметр циркуляции; β – угол дрейфа

Расстояние между ДП до начала циркуляции и после поворота судна на 180° - тактическим диаметром циркуляции D_{T} . Мерой поворотливости судна является отношение диаметра циркуляции к длине судна. Угол между ДП судна и касательной к траектории движения судна при циркуляции, проведенной через центр тяжести судна, называется углом дрейфа β .

При движении на циркуляции судно кренится на борт, противоположный перекладке руля, под действием центробежной силы инерции, приложенной в центре тяжести судна, и гидродинамических сил, приложенных к подводной части судна и рулю. Для обеспечения хорошей управляемости на малых ходах (в стесненной акватории, при швартовке), когда обычный руль неэффективен, применяют средства активного управления. [2]

1.2 Рулевое устройство

В состав корабельного рулевого устройства входят:

- руль (перо руля или поворотная насадка) — это непосредственный орган управления, создающий поворотный момент, с помощью которого судно управляется,

- баллер – это элемент рулевого устройства, который передает вращающий момент на руль,

- сектор – зубчатое колесо, которое передает вращающий момент полученный с редуктора на баллер руля (сектор может передавать вращающий момент как непосредственно на баллер так и на тяги, которые соединяют с баллером),

- рулевой редуктор преобразовывает вращающий момент двигателя и передает его на сектор,

- электродвигатель передает вращающий момент на редуктор (так же может быть валиковая передача из ЦПУ от штурвала выполняющая функцию аварийного рулевого устройства),

- система управления – это система, которая дает команды электродвигателю, чтобы тот начал вращаться в необходимую сторону, тем самым запуская весь процесс управления судном.

1.2.1 Рулевое устройство по виду управления

Рулевые устройства в основном имеют несколько типов управления, и в зависимости от районов плавания, используются определенные из них. Например, если в море при длительных рейсах используется «Авторулевой», то на реках его не используют совсем. Так как реки имеют сложные повороты, изгибы и мелководья, которые «Авторулевой преодолеть не может в силу своих технических ограничений». И так, рассмотрим доступные виды рулевого управления, это:

- ручное управление,
- следящее управление,
- автоматическое управление.

Ручное управление – это когда все сигналы для изменения курса задаются человеком, без участия авторулевого. Например, когда вахтенный рулевой с помощью штурвала переложит руль в лево на 5 градусов, то этот угол перекадки будет сохраняться до следующего вмешательства вахтенного рулевого. (рисунок 1.3)

					<i>ПФВ-04.84.110.01ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11



Рисунок 1.3 - Структурная схема ручного управления курсом судна

Более совершенным по сравнению с рулевым электроприводом простого действия является рулевой электропривод следящего действия.

При простом приводе для перекладки руля «Право» или «Лево» штурвал (рукоятку) поста управления поворачивают в требуемую сторону и удерживают ее в определенном положении до тех пор, пока стрелка рулевого указателя (аксиометра) не покажет, что перо руля отклонилось на необходимый угол от нейтрального положения. Для остановки рулевого двигателя штурвал возвращают в нейтральное положение. При последующей перекладке руля все операции проделывают заново. Таким образом, при каждой перекладке пера руля штурвал приводится в движение дважды.



Рисунок 1.4 - Структурная схема следящего управления курсом судна [3]

В приводах следящего действия (рисунок 1.4) для перекладки руля штурвал поста управления устанавливают точно на требуемый градус курса. Рулевой электродвигатель начнет работать и будет переключать перо руля до тех пор, пока оно не займет положения, соответствующего положению штурвала. После этого рулевой электродвигатель автоматически остановится. Возвращать штурвал в нейтральное положение не только не требуется, но и нельзя, так как это вызвало

бы возвращение пера руля также в нейтральное положение. Здесь число манипуляций рулевого уменьшается вдвое.

Кроме того, рулевой электропривод следящего действия обеспечивает большую точность перекадки руля. Рассмотрим работу схемы рулевого электропривода следящего действия, выполненного по системе генератор-двигатель (рисунк1.5). Возбудителем генератора Г является электромашинный усилитель ЗМУ с дифференциальной управляющей обмоткой, со стоящей из двух половин ОУ1 и ОУ2. В качестве следящей системы используется пара бесконтактных сельсинов: СД и сельсин-приемник СП.

Ротор сельсина-датчика механически связан с рукояткой поста управления ПУ, ротор сельсина-приемника механически связан с баллером руля. Между собою роторы соединены проводниками. Кроме того, схема содержит фазочувствительный выпрямитель ФВ, состоящий из двух полупроводниковых выпрямителей Вn1, Вn2 и трансформатора Тр1, первичная обмотка которого включена в сеть. От трансформатора Тр1 получает питание статорная обмотка сельсина-датчика. Статорная обмотка сельсина-приемника нагружена на первичную обмотку трансформатора Тр2, вторичная обмотка которого подключена к фазочувствительному выпрямителю. Последний воздействует на управляющие обмотки ОУ и ОУ2 электромашинного усилителя возбудителя.

Когда ручка поста управления и баллера руля находится в ну левом положении, ротор сельсина-датчика в магнитном поле ста тора расположен так, что э.д.с. в его обмотке равна нулю. Поэтому тока в цепи обмотки ротора сельсина-приемника нет и э.д.с. в его обмотке статора отсутствует. На выпрямители Вn1 и Вn2 воздействует только напряжение от вторичной обмотки Тр1. Это напряжение поступает на аноды выпрямителей в одинаковой фазе, и в схеме происходит однополупериодное выпрямление. Поэтому через половины ОУ1 и ОУ2 управляющей обмотки будут протекать равные по силе, но встречные токи. Поскольку магнитные потоки половин обмоток ОУ будут направлены тоже встречно, результирующее магнитное поле управляющей обмотки окажется равным пулю, генератор Г не получит возбуждения и исполнительный (рулевой)

										Лист
										13
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ПФВ-04.84.110.01ПЗ					

двигатель ИМ будет бездействовать. При повороте рукоятки поста управления на требуемый курсовой угол вместе с ней повернется и ротор сельсина-датчика; В этом случае в его обмотке наведется э.д.с., которая вызовет ток в обмотке ротора сельсина-приемника.

Ток последнего образует свое магнитное поле, индуктирующее в обмотке статора этого сельсина э.д.с., величина которой пропорциональна синусу угла поворота ротора сельсина СД. Под действием наведенной э.д.с. через первичную обмотку трансформатора Тр2 пройдет переменный ток, что вызовет появление напряжения на вторичной обмотке этого трансформатора, которое будет приложено на аноды Вп1 и Вп2 в противофазах. На аноде одного выпрямителя напряжения трансформаторов Тр1 и Тр2 окажутся в фазе и сложатся, а на аноде другого выпрямителя будут в противофазе и вычтутся. Это вызовет увеличение тока через первый выпрямитель и связанную с ним половину обмотки ротора ОУ и уменьшение тока через второй выпрямитель и его половину обмотки ОУ. Теперь уже результирующий магнитный поток обмотки ОУ не будет равен нулю. Поэтому генератор Г получит возбуждение, двигатель РМ придет в движение и будет поворачиваться, переключая руль в сторону уже развернутого сельсина СД.

Вместе с баллером руля начнет поворачиваться ротор сельсина-приемника. Когда ротор сельсина-приемника окажется развернутым на тот же угол, что и ротор сельсина СД (относительно их статорных обмоток), ток в обмотках обоих роторов и э. д. с. в обмотке статора сельсина-приемника станут равными нулю. Разбалансировка выпрямителей Вп1 и Вп2 прекратится, генератор г потеряет возбуждение, двигатель ИМ остановится, и на этом переключка руля закончится. Перо руля окажется развернутым на тот же угол, что и рукоятка поста управления.

Если рукоятку поста управления и ротор сельсина СД по вернуть в противоположную сторону, фазы напряжения на статорной обмотке сельсина-приемника и вторичной обмотке трансформатора Тр2 изменятся противоположные. Большим окажется напряжение уже на аноде другого выпрямителя. Это вызовет изменение направления магнитного потока обмотки

					<i>ПФВ-04.84.110.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						14
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

ОУ. переполюсовку генератора Г и вращение двигателя ИМ в противоположную сторону и т. д.

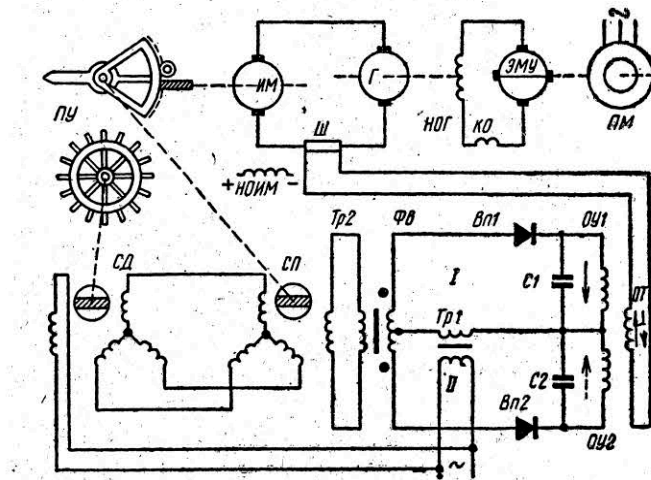


Рисунок 1.5 - Схема следящего управления рулевым приводом по системе Г-Д

Под рулевым электроприводом автоматического действия понимают систему, обеспечивающую поддержание судна на заданном курсе (без участия человека). Устройство, обеспечивающее автоматическое поддержание курса, называют авторулевым.

Существуют контактные и бесконтактные системы автоматического действия рулевого электропривода; более совершенны бесконтактные системы. Важнейшим показателем систем автоматического рулевого электропривода является точность поддержания судна на заданном курсе. Если при ручном управлении рулевым электроприводом она составляет $\pm 0,8^0$, то у хороших автоматических систем точность улучшается до $\pm 0,3^0$. Повышение точность поддержания судна на заданном курсе приводит к уменьшению рыскания судна и, как следствие, к увеличению его скорости.

Любая система рулевого электропривода автоматического действия представляет собой следящую систему, имеющую одну или несколько обратных связей на (рисунке 1.6) представлена простейшая структурная схема электрической следящей системы, имеющий обратную связь. Устройство обратной связи ОС улавливает малейшие отклонения пера руля от заданного положения. Оно так же может реагировать на скорость отклонения судна от курса

и несимметричность рыскания судна. Устройство обратной связи преобразует отклонение пера руля в слабый электрический сигнал, который далее поступает в измерительный элемент ИЭ. Сюда же поступает основной сигнал управления электроприводом. С измерительного элемента ИЭ слабый сигнал из устройства ОС испытывает усиление первоначально в электронном усилителе, а затем в электромашинном усилителе. Усилитель управляет исполнительным двигателем, который через механическую передачу непосредственно воздействует на перо руля. С помощью этого воздействия перо руля возвращается в исходное положение, а судно на прежний курс.

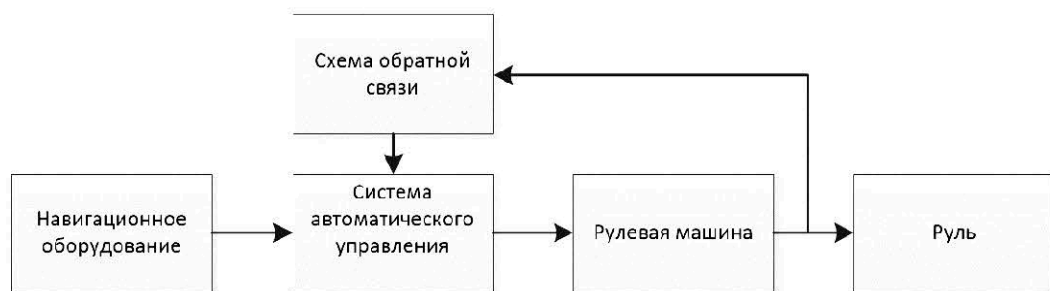


Рисунок 1.6 - Структурная схема автоматического управления курсом судна

1.2.2 Виды рулевых приводов

В основном используют 3 типа приводов это:

- механические,
- электрические,
- гидравлические.

Механические приводы используются в основном на маломерных судах или в качестве аварийных приводов, и бывают разных типов:

- валиковый,
- штуртросовый.

Валиковая передача (рисунок 1.7) представляет из себя систему валиков, которые соединяют штурвал непосредственно с редуктором. Они применяются как в качестве основного привода, так и аварийного. Отличаются высокой надежностью, бесшумностью и безопасностью.

Штуртросовый привод самый простой из представленных. Представляет из себя пару натянутых цепей или тросов, которые проходят через звездочку на

штурвале и во время его вращения отклоняют сектор в нужную сторону, тем самым создавая угол перекладки. Применяются на малогабаритных судах в качестве основного, а на крупных судах может использоваться в качестве аварийного (рисунок 1.8).

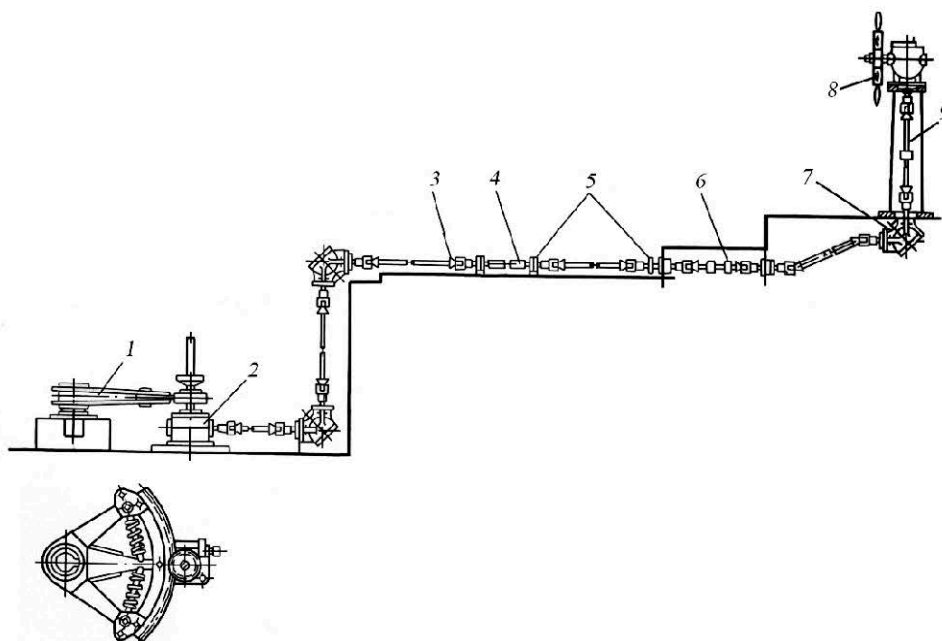


Рисунок 1.7 - Валиковый привод

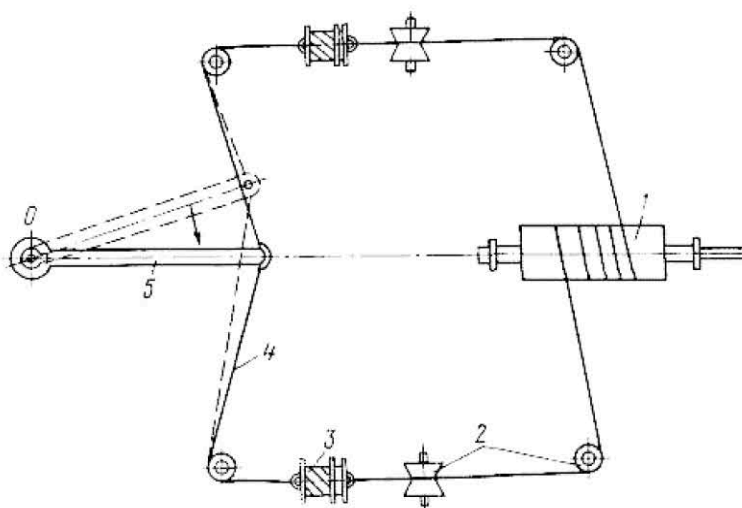


Рисунок 1.8 - Штуртросовый привод

Электрический привод представляет из себя как правило разного вида электрические машинные агрегаты. Такие как «Вард-Леонарда» (рисунок 1.9): это четырех машинный агрегат, который состоит из приводного электродвигателя

(переменного тока или постоянного в зависимости от бортовой сети), генератора, который вырабатывает электричество для исполнительного двигателя, возбудителя, который дает возбуждение в обмотку генератора и двигателя, и сам исполнительный двигатель, который передает вращение на редуктор рулевого устройства.

И ему подобные устройства установлены в подавляющем количестве старых теплоходов.

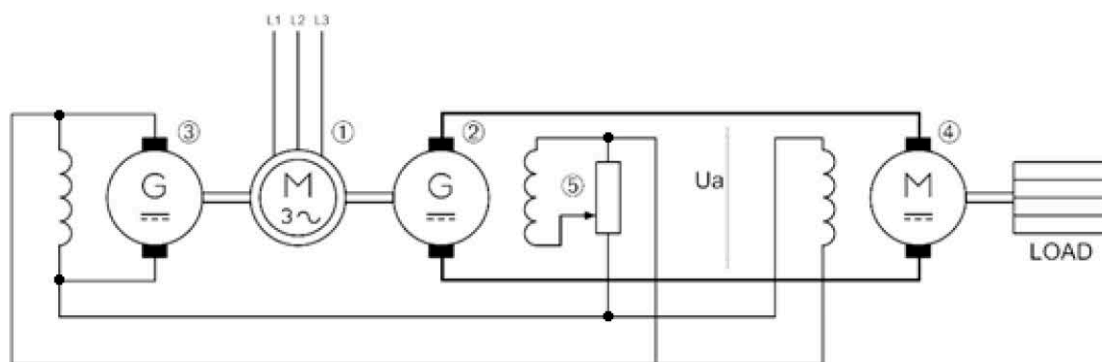


Рисунок 1.9 – Установка Вард-Леонарда

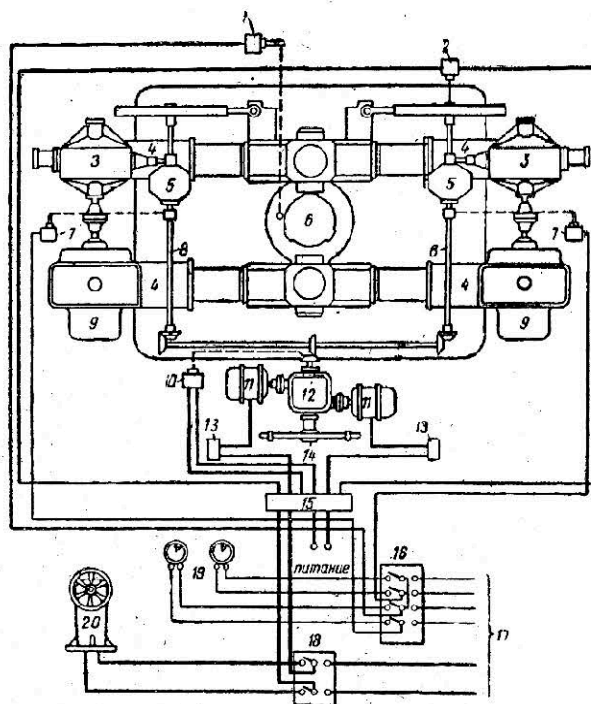


Рисунок 1.10 - Гидравлический рулевой привод

В электрогидравлических рулевых приводах гидравлические машины, при помощи которых осуществляется пере кладка руля, бывают насосами постоянной и переменной С производительности. При наличии насоса постоянной

производительности руль переключается только во время работы насоса. Изменение направления и скорости переключки руля обеспечивается изменением направления вращения и регулированием скорости исполнительного приводного электродвигателя насоса. Такие насосы обычно применяются для рулевых приводов небольшой мощности, при этом исполнительными приводными электродвигателями насосов управляют по контакторной системе.

При наличии насоса переменной производительности производительность насоса, от которой зависит скорость переключки руля и направление нагнетания жидкости, определяющее направление переключки руля, изменяется специальным регулирующим устройством насоса; при этом скорость вращения исполнительного приводного электродвигателя остается неизменной. Управление исполнительным приводным электродвигателем насоса, в качестве которого используется асинхронный короткозамкнутый электродвигатель, осуществляется в этом случае обычно по контакторной системе. Регулирующее устройство насоса имеет дистанционный привод, который выполняется при помощи электродвигателей, называемых двигателями управления. Управление этими двигателями осуществляется при помощи поста управления командноконтроллерного типа.

На (рисунке 1.10), приведены кинематическая и электрическая схемы электрогидравлического рулевого привода. Привод имеет два насоса 3 переменной производительности, один из которых резервный. Насосы механически связаны с исполнительными приводными асинхронными короткозамкнутыми электродвигателями 9. Регулирующее устройство насосов приводится в движение электродвигателями управления в действие двумя 11 двигателями постоянного тока, которые питаются от одного из двух преобразователей, не показанных на схеме. Оба двигателя работают одновременно через дифференциальную передачу 12. При выходе из строя одного из двигателей управления работу системы обеспечивает второй двигатель, но с Половиной скоростью. Этими двигателями управляют дистанционно (из рулевой рубки) при помощи поста управления 20 командноконтроллерного типа через магнитную

					<i>ПФВ-04.84.110.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						19
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

станцию 15. Второй пост управления, не показанный на схеме, включается в действие переключателем 18.

При повороте штурвала поста управления двигатели управления начинают работать, вращая через систему конических передач задающий валик 8, с которым связан сельсин-датчик 7, электрически связанный со стрелочным сельсином-приемником 19, установленным на посту управления. Стрелка сельсина 19 показывает величину задаваемого угла перекладки. По достижении ею нужного положения двигатели управления останавливаются возвратом штурвала поста управления в нулевое положение. Вращение задающего валика вызывает при помощи дифференциальной передачи 5 смещение регулирующего устройства насоса на максимальную величину, вследствие чего начинается перекладка руля. Одновременно приводится в движение зубчатая рейка и начинает вращаться валик обратной связи. В дифференциальной передаче имеется специальное кулачковое устройство. Поэтому регулирующее устройство насоса возвращается в исходное положение только тогда, когда перо руля приближается к заданному углу перекладки. Этот процесс заканчивается при достижении рулем требуемого угла. Угол фактической перекладки руля контролируется с помощью сельсин-датчика 1, связанного с баллером руля и связанного электрически со вторым стрелочным сельсином-приемником 19, встроенным в тот же корпус, что и первый. Вторая стрелка прибора показывает угол перекладки руля.

Рассмотренная система является следящей, причем следящее управление обеспечивается не электрическим путем, а с помощью механической системы передач от двигателя управления и баллера руля к регулирующему устройству насоса. Достоинством такой системы является работа насоса и его электропривода с максимальной мощностью на протяжении почти всего периода перекладки, так как регулирующее устройство насоса в самом начале перекладки смещается на наибольшую величину. Недостатком системы является то, что она не позволяет регулировать скорость перекладки.

Исполнительные приводные асинхронные короткозамкнутые двигатели управляются по контакторной схеме при помощи кнопок управления.

					ПФВ-04.84.110.01ПЗ	Лист
						20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1.2.3 Виды рулевого устройства по типу рулевого органа

Все самоходные суда должны быть оборудованный рулевым приводом. Выше были рассмотрены рулевые приводы, классифицированные по типу управления и по типу привода. Рассмотрим рулевые приводы, классифицируемые по типу рулевого органа:

- перьевые рули,
- насадки,
- рулевые колонки.

Перьевые рули бывают нескольких типов.

Обыкновенный плоский руль имеет ось вращения у передней кромки руля (рисунок 1.11). Перо руля изготовлено из стального листа толщиной 20-30 мм и имеет ребра жесткости, которые идут попеременно с одной и другой стороны пера. Они отлиты или откованы заодно с утолщенной вертикальной кромкой руля рудерписом, имеющим ряд петель с надежно закрепленными в них штырями. Этими штырями руль навешивается на петли рудерпоста. Штыри имеют бронзовую облицовку, а петли рудер-поста - бакаутовые втулки. Нижний штырь рудерписа входит в углубление пятки ахтерштевня, в которое ради уменьшения трения вставляется бронзовая или бакаутовая втулка с закаленной стальной чечевицей на дне. Пятка ахтерштевня через чечевицу воспринимает на себя весь вес руля;

Перо обтекаемого руля (рисунок 1.12) представляет собой сварной металлический каркас, обшитый листовой сталью (стальная оболочка водонепроницаемая), которому придают обтекаемую форму. Для уменьшения сопротивления воды движению судна на перо руля устанавливают специальные наделки – обтекатели, и придают обтекаемую форму рудерпосту. В зависимости от положения пера руля относительно оси его вращения рули подразделяются на обыкновенные, или небалансирные, балансирные и полубалансирные.

У балансирного руля (рисунок 1.13) часть пера расположена к носу судна от оси вращения. Площадь балансирной части составляет от 20% до 30% всей площади пера.

										Лист
										21
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ПФВ-04.84.1110.01ПЗ					

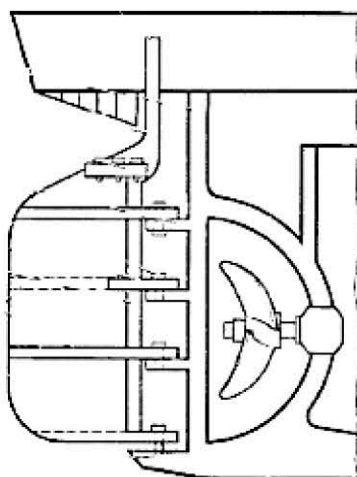


Рисунок 1.11 - Обыкновенный руль

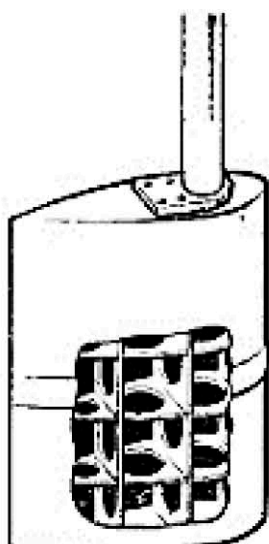


Рисунок 1.12 - Обтекаемый руль

При перекладке руля давление встречных потоков воды на балансирную часть пера содействует повороту руля, уменьшая нагрузку на рулевую машину. Балансирные рули, как правило, являются обтекаемыми. Полубалансирный руль отличается от балансирного тем, что его балансирная часть имеет меньшую высоту, чем основная; Крепление балансирных (рисунок 1.13) и полубалансирных рулей (рисунок 1.14) осуществляется по-разному в зависимости от конструкции кормы и ахтерштевня судна. Кроме рассмотренных основных типов рулей, на некоторых судах применяются специальные рули и подруливающие устройства, которые позволяют значительно улучшить маневренные качества судна. К ним

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ПФВ-04.84.110.01ПЗ

Лист

22

относятся: активные рули, поворотные насадки, дополнительные носовые рули и подруливающие устройства.

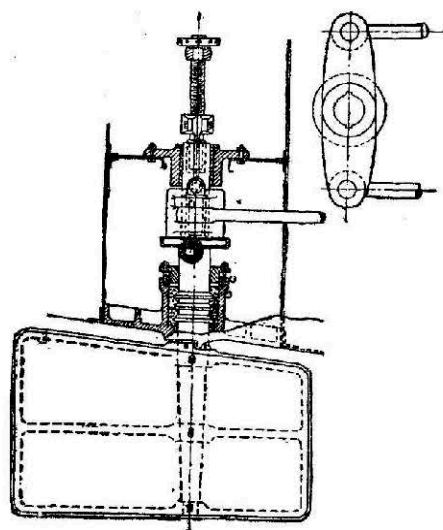


Рисунок 1.13 - Балансирный руль

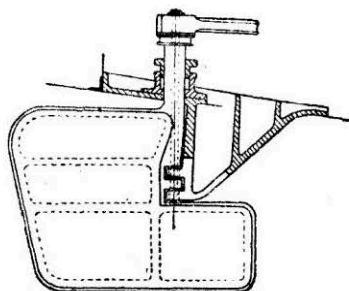


Рисунок 1.14 - Полубалансирный руль

Поворотная насадка (рисунок 1.15) – массивное кольцо, закрепленное на баллере по типу балансирного руля. При повороте насадки струя воды, отбрасываемая гребным винтом, изменяет свое направление и обеспечивает поворот судна. Такие насадки применяются на буксирах. Носовые рули балансирного типа устанавливаются в дополнение к основным для улучшения управляемости на заднем ходу. Они применяются на паромах и некоторых других судах.

Рулевая колонка (рисунок 1.16) классифицируется по схеме передачи момента от двигателя к винту. Двигатель располагается внутри судна и соединён с колонкой валом при помощи одной угловой зубной передачи вращающий момент передается на вал винта, такой способ передачи называется L-drive. Так же

передача момента может осуществляться с помощью двух угловых зубчатых передач и промежуточного вертикального вала, такую схему называют Z-drive;

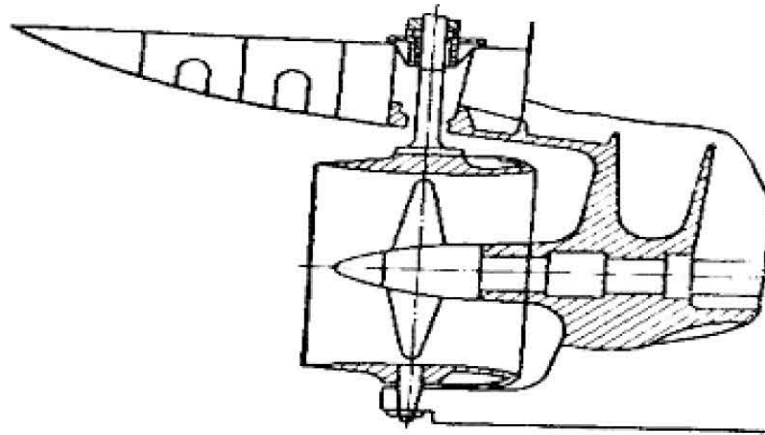


Рисунок 1.15- Поворотная насадка

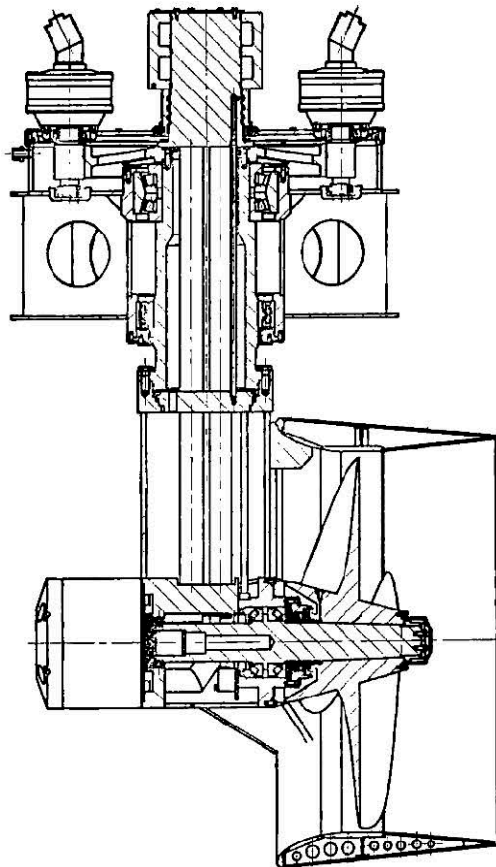


Рисунок 1.16 – Рулевая колонка

1.2.4 Анализ существующих рулевых устройств

Рассмотренные ранее рулевые устройства (балансирные рули, полубалансирный руль, обычный руль, обтекаемый руль, поворотные насадки,

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ПФВ-04.84.110.01ПЗ

Лист

24

- время перехода с основного источника питания на аварийное должно составлять не более 15 секунд. [5]

1.4 Технические характеристики теплохода

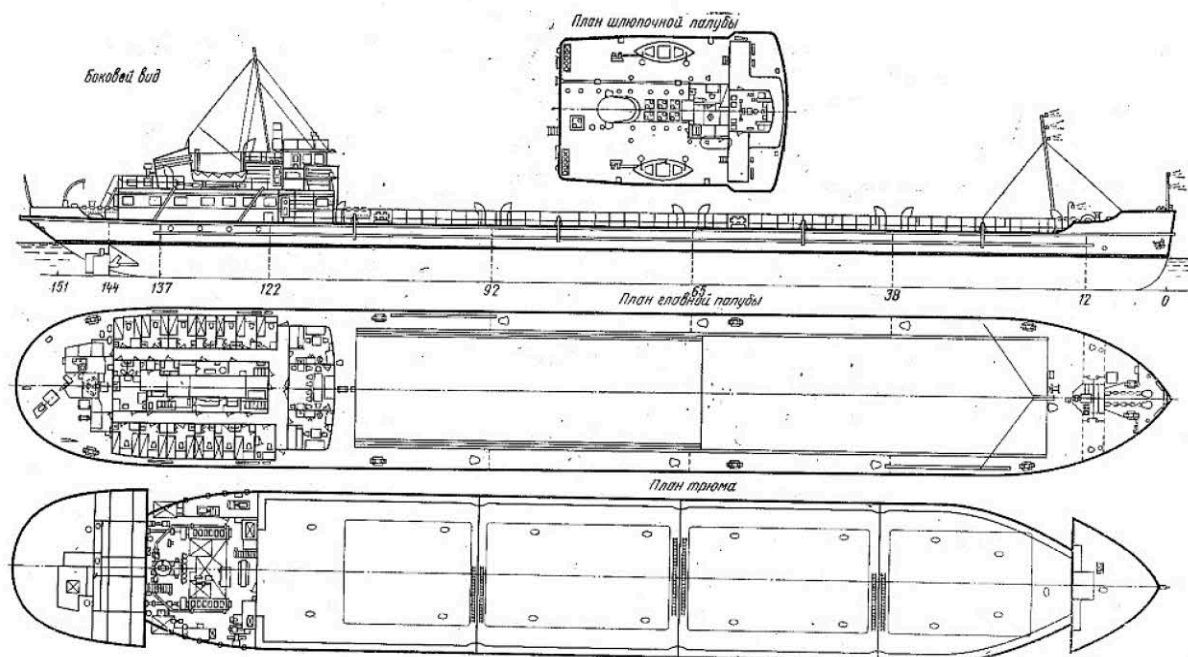


Рисунок 1.17 - Рисунок– Графическое изображение судна проекта 576

Таблица 1.1 – Основные характеристики теплохода «Лысково»

Параметр	Величина
Проект	576
Водоизмещение, т	2072
Валовая вместимость (GT)	1825
Длина, м	93,75
Ширина, м	13,22
Осадка, м	2,8
Высота, м	4,8
Мощность ГД, кВт	2x368
Марка ГД	6NVD-48
Ёмкость топливных баков	50
Численность экипажа, чел.	9
Максимальная скорость, км/ч	19,2
Сведения о ДГ	
Генератор	серии ТГС 225,275
Количество	2
Дизель	ММЗ Д-246.3-153
Род тока	переменный трехфазный
Напряжение, В	230
Мощность, кВт	50

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ПФВ-04.84.110.01ПЗ

Лист

29

1.6 Обзор существующего рулевого привода

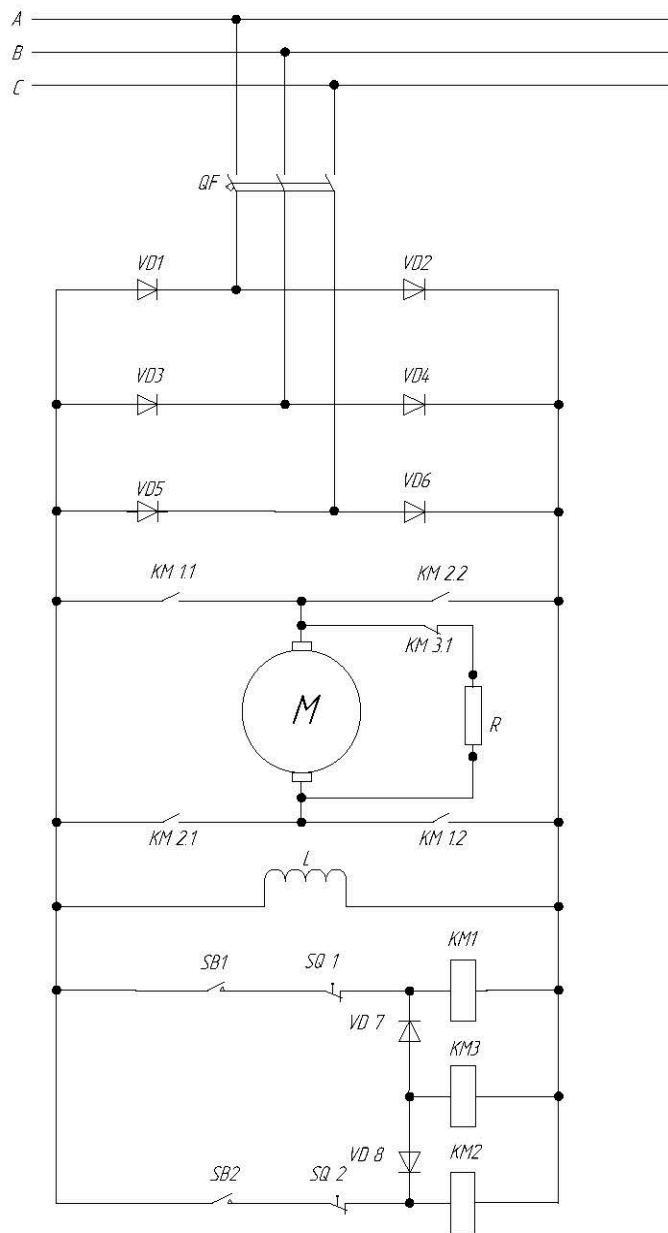


Рисунок 1.18 - Схема управления существующего электропривода рулевого устройства.

Таблица 1.3 – Технические характеристики электродвигателей

Существующий электропривод рулевого устройства	
Достоинства	Недостатки
Легкодоступность всех ее элементов	Высокие пусковые токи
Неприхотливость к качеству бортовой сети	Низкая надежность
	Необходимость частого обслуживания
	Высокая нагрузка на бортовую сеть
	Неправильно подобранный приводной агрегат

сигнал подается в схему управления рулевым устройством. Система управления срабатывает (в рассматриваемом случае частотный преобразователь) и подает сигнал на двигатель рулевого устройства и тогда двигатель начинает вращать редуктор и с него далее крутящий момент передается на сектор, а с него на баллер и рули. Так же к сектору присоединён сельсин, приемник, который передает сигнал на аксиометр о положении руля и когда оператор видит, что руль переложились на необходимый градус оператор отпускает кнопку или рычаг на пульте управления. Рулевое устройство останавливается из это можно сделать вывод что управление осуществляется наличием сигнала в системе управления и при его отсутствии рулевое устройство находится в покое.

1.8 Обзор и анализ электрических двигателей рулевых приводов

Электродвигатель это: машина, которая преобразует электрическую силу в вращающий момент. Работать они могут от разных источников питания и выполнять одну и ту же задачу. Они бывают разные в зависимости от области применения.

Если рассматривать электродвигатели со стороны питающего напряжения, то они бывают:

- переменного тока,
- постоянного тока.

Двигатели переменного тока бывают:

- асинхронные,
- синхронные.

Асинхронный двигатель – электрическая машина, работающая в двигательном режиме. Частота вращения асинхронного двигателя зависит от нагрузки и не равна частоте вращения магнитного поля статора. Основа работы электродвигателя – преобразование электрической энергии в механическую. Первый трехфазный асинхронный электродвигатель был создан в 1889 году русским ученым-электротехником М.О. Доливо-Добровольским. Совместно с этим Михаил Осипович разработал и осуществил систему передачи трехфазного тока на расстояние впервые в мире в 1891 году. [7]

										Лист
										33
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ПФВ-04.84.110.01ПЗ					

Синхронная машина — это электрическая машина переменного тока, частота вращения ротора которой равна частоте вращения магнитного поля в воздушном зазоре

Двигатели постоянного тока различают по типу подключения возбуждения:

- последовательное,
- параллельное,
- смешанное,
- независимое.

Обмотка возбуждения так же может подключаться к отдельному источнику тока. В этом случае возбуждение будет называться независимым. Характеристики двигателя с независимым возбуждением (рисунок 1.20) схожи с характеристиками двигателя, в котором применяется постоянный магнит. Скорость вращения такого двигателя будет зависеть от тока якоря и основного магнитного потока, так же как у двигателя с параллельным возбуждением. Основной магнитный поток создается обмоткой ротора.

При параллельном возбуждении (рисунок 1.21) обмотки якоря и ротора включаются к одному источнику тока параллельно друг другу. Ток в обмотке возбуждения течет незначительней, чем в обмотке якоря из-за разницы в количестве витков в пользу обмотки возбуждения. В цепи, как обмотки ротора, так и обмотки якоря могут включаться регулировочные сопротивления.

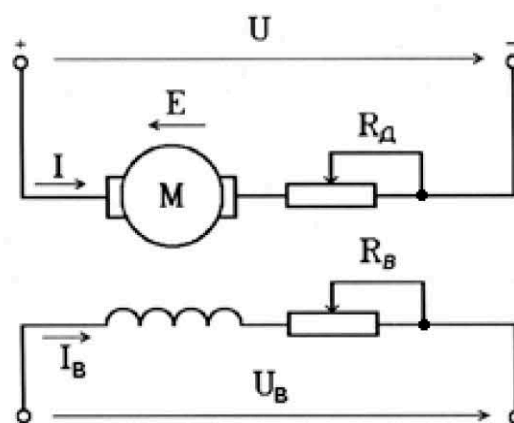


Рисунок 1.20 Схема независимого возбуждения

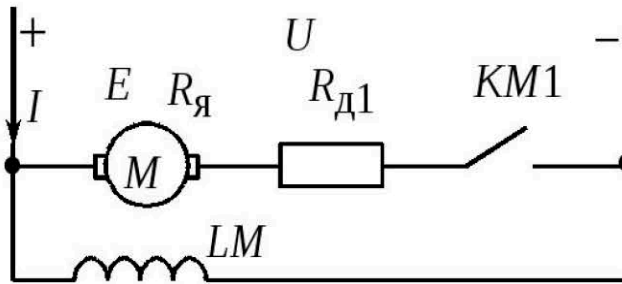


Рисунок 1.21 - Схема параллельного возбуждения

При последовательном возбуждении (рисунок 1.22) обмотка ротора включается последовательно с якорной. При этом через якорь и обмотку возбуждения протекает один и тот же ток. Таким образом, скорость двигателя будет зависеть от его нагрузки, так как нагрузка изменяется с изменением магнитного потока. Двигатели с таким возбуждением применяют случае, когда требуется большой пусковой момент или способность выдерживать кратковременные перегрузки. Следовательно, их нельзя запускать на холостом ходу либо с небольшой нагрузкой на вал.

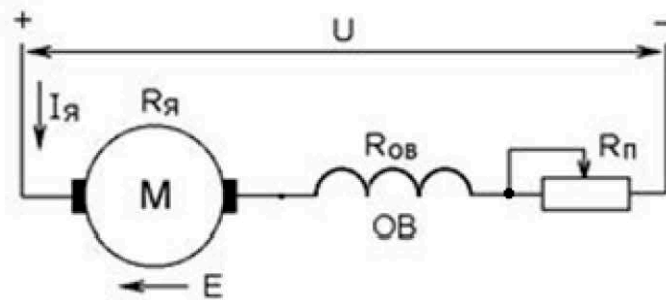


Рисунок 1.22 - Схема последовательного возбуждения

Двигатель со смешанным возбуждением (рисунок 1.23) имеет две обмотки возбуждения основных полюсов - параллельную и последовательную. Обмотки возбуждения могут включаться согласно тогда их магнитные потоки направлены в одну сторону, и встречно тогда их магнитные потоки направлены навстречу друг другу. При согласном включении результирующий магнитный поток равен $\Phi = \Phi_{\text{пар}} + \Phi_{\text{пас}}$ и вращающий момент двигателя $M_{\text{вр}} = cI_{\text{я}}(\Phi_{\text{пас}} + \Phi_{\text{пар}})$.

В зависимости от того, какая обмотка возбуждения является преобладающей, т. е. создает основной магнитный поток, характеристики двигателя со смешанным возбуждением приближаются либо к характеристикам

двигателя с параллельным возбуждением, либо к характеристикам двигателя с последовательным возбуждением. При этом рабочие характеристики двигателя смешанного возбуждения более жесткие, чем двигателя с последовательным возбуждением. Их жесткость зависит от соотношения магнитных потоков последовательной и параллельной обмоток. У нормальных двигателей смешанного возбуждения при номинальном токе обмотке якоря магнитные потоки обмоток возбуждения равны.

При значительном преобладании параллельной обмотки и встречном включении обмоток возбуждения скорость вращения двигателя при изменении нагрузки остается почти постоянной. Действительно, при увеличении нагрузки возрастает ток якоря. В результате скорость вращения и остается неизменной.

При таком исполнении обмоток возбуждения двигатель применяется для привода механизмов с постоянной скоростью вращения. Двигатели со смешанным возбуждением в отличие от двигателей с последовательным возбуждением могут работать без нагрузки и при малой нагрузке, так как магнитный поток параллельной обмотки ограничивает скорость вращения двигателя. Наличие же последовательной обмотки возбуждения (при согласном включении) приводит к возрастанию магнитного потока, что позволяет получить лучшую, чем у двигателей параллельного возбуждения, перегрузочную способность. Поэтому двигатели со смешанным возбуждением находят широкое применение в судовых электроприводах различного типа.

В приводах судовых грузоподъемных механизмов они почти полностью заменили двигатели с последовательным возбуждением. [26]

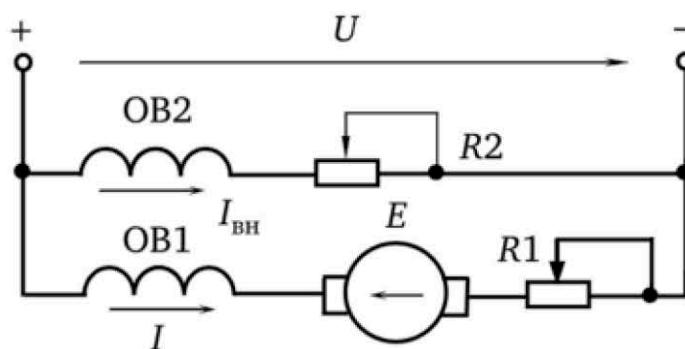


Рисунок 1.23 - Схема смешанного возбуждения

1.8.1 Двигатели переменного тока и методы регулирования частоты вращения

Скорость вращения ротора трехфазного асинхронного двигателя определяется выражением:

$$n_2 = n_1(1 - S) = \frac{60f_1}{p}(1 - S) \quad (1.1)$$

Из этого выражения следует, что скорость вращения ротора зависит от скорости вращения магнитного потока статора n_1 и скольжения с ротора. Так как скорость вращения магнитного потока статора прямо пропорциональна частоте питающего тока и обратно пропорциональна числу пар полюсов магнитного потока статора p , то очевидно, что скорость (рисунок 1.24) вращения ротора можно регулировать изменением частоты питающего тока, или числа пар полюсов, или скольжения.

Регулирование скорости вращения изменением частоты питающего тока f_1 обеспечивает плавную, в широких пределах, регулировку. Однако при этом способе для изменения частоты питающего тока необходимо иметь при каждом регулируемом двигателе преобразователь частоты, так как частота тока в самой питающей сети всегда должна быть постоянной (иначе на рушится работа других приемников, питающихся от сети). Наличие специального преобразователя частоты.

Регулирование скорости вращения изменением числа пар полюсов магнитного потока статора дает ступенчатую регулировку. Для возможности изменения числа пар полюсов в пазах статора укладывают обычно две обмотки с разным числом катушек или одну, позволяющую путем переключений изменять число пар полюсов.

Комбинируя эти способы, можно получить двигатель с большим числом ступеней регулировки. Многоскоростные двигатели выпускаются на две, три и четыре скорости вращения, например, 500-750-1000-1500 об/мин. Многоскоростные сравнению с обычными двигателями имеют большие габариты и стоимость. Регулирование скорости вращения изменением скольжения

применяется в двигателях с фазным ротором и осуществляется с помощью регулировочного реостата, который аналогичен пусковому, но рассчитан на длительную работу. Этот способ обеспечивает плавную, в широких пределах, регулировку.

При введении реостата скольжение увеличивается и скорость вращения ротора уменьшается, при выведении скольжение уменьшается и скорость вращения увеличивается. Недостатком данного способа является его неэкономичность, так как в регулировочном реостате происходят тепловые потери, отчего к.п.д. двигателя уменьшается.

Заметим, что скольжение ротора можно изменить также изменением напряжения, подводимого к обмотке статора. Если напряжение уменьшить, то скольжение возрастет и скорость вращения ротора уменьшится. Наоборот, при увеличении напряжения скольжение уменьшается и скорость вращения растет. Однако при изменении напряжения происходит резкое изменение вращающего момента, поэтому такой способ регулировки почти не применяется.

Таким образом, все способы регулировки скорости вращения асинхронных двигателей обладают существенными недостатками и не обеспечивают экономичного изменения скорости в широких пределах. Этим объясняется то, что в установках, где требуется плавное и широкое регулирование скорости вращения, например, в подъемных кранах и лебедках, брашпилях и шпилях, асинхронные двигатели, несмотря на свои конструктивные и другие преимущества, не вытеснили полностью двигатели постоянного тока.

Реверсирование асинхронного двигателя осуществляется переключением двух любых проводов, которыми обмотка статора подключается к питающей сети. При этом вращающийся магнитный поток изменяет направление вращения на противоположное и ротор начинает вращаться в другую сторону.

Наиболее распространенным способом электрического торможения асинхронного двигателя является торможение противовключением, т. е. перевод его в тормозной режим, при котором магнитный поток статора и магнитный поток ротора вращаются в разных направлениях. Достигается это, как и при

										Лист
										38
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ПФВ-04.84.110.01ПЗ					

реверсировании, переключением двух любых проводов, питающих обмотку статора. При этом вращающий момент (в данном случае тормозной) направлен в сторону вращения магнитного потока статора, т. е. против вращения ротора, и ротор останавливается.

В момент остановки ротора двигатель необходимо отключить от сети, так как в противном случае произойдет реверсирование. При этом способе торможения наблюдаются значительные потери энергии, вызванные нагревом роторной обмотки, а также большие толчки тока в момент переключения проводов, питающих обмотку статора.

Для асинхронных двигателей применимы рассмотренные ранее способы электрического торможения двигателей постоянного тока.

При динамическом торможении асинхронных двигателей после отключения двигателя от питающей сети в обмотку статора подается постоянный ток от диодного выпрямителя. У двигателей с фазным ротором для ограничения тока в первый момент торможения в цепь ротора вводится тормозное сопротивление.

Постоянный ток, протекающий по обмотке статора, создает неподвижное магнитное поле, индуцирующее во вращающемся по инерции роторе э.д.с., т. е. двигатель переходит в режим генератора. Под действием э.д.с. в обмотке ротора возникает ток, в результате взаимодействия которого с магнитным полем статора возникает тормозной момент и ротор двигателя останавливается. В электроприводах грузоподъемных механизмов для двигателей с фазным ротором применяется разновидность динамического торможения однофазное торможение.

При однофазном торможении асинхронный двигатель отключается от питающей сети и в обмотку статора подается однофазный ток, создающий пульсирующее магнитное поле, индуцирующее в фазном роторе ток. Между током в обмотке ротора и пульсирующим магнитным потоком статора возникает взаимодействие, появляется тормозной момент и ротор двигателя останавливается.

Рекуперативное торможение асинхронных двигателей возможно, когда скорость вращения ротора двигателя n_2 превысит скорость вращения магнитного потока статора n_1 , при этом скольжение становится отрицательным. Это значит, что двигатель переходит в режим генератора и начинает отдавать электрическую энергию в сеть.

При переходе двигателя в режим генератора направление тока в обмотке ротора изменяется на противоположное. Между током в обмотке ротора и магнитным потоком статора, который по-прежнему должен вращаться в прежнем направлении, так как двигатель от сети при рекуперативном торможении не отключается, возникает взаимодействие, появляется тормозной момент.

Рекуперативное торможение асинхронных двигателей применяется при спуске тяжелых грузов, которые создают на валу двигателя момент, раскручивающий ротор двигателя до скорости, превышающей скорость вращения магнитного потока статора.

Обмотку статора трехфазного асинхронного двигателя можно соединять звездой или треугольником. Это дает возможность применять одни и те же двигатели для работы от сетей с двумя различными напряжениями, например, 127/220 или 220/380В. Так, если каждая катушка обмотки рассчитана на 220В, а напряжение сети 380В, то обмотку статора следует соединить звездой, при напряжении в сети 220В треугольником. Начала и концы катушек обмотки выводят на зажимы, расположенные на щитке, укрепленном на корпусе двигателя. Зажимы, к которым подведены начала обмотки статора, обозначаются C_1, C_2, C_3 , а зажимы, к которым подведены концы C_4, C_5, C_6 .

Пуск в ход двигателей мощностью до 10-20кВт производится обычно непосредственным включением обмотки статора в питающую сеть при помощи трехполюсного автомата или магнитного пускателя. Этот способ отличается от других своей простотой. Однако в момент пуска в обмотке статора и ротора возникают большие пусковые токи, превышающие номинальные в пять-семь раз. Значительные пусковые токи не представляют опасности для двигателя, так как быстро спадают и потому не могут вызвать перегрева обмоток двигателя, но они

					<i>ПФВ-04.84.110.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						40
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

вызывают снижение напряжения в сети, что неблагоприятно сказывается на работе других потребителей, подключенных к той же сети. Поэтому пуск двигателей непосредственным включением в сеть возможен только в случае, когда мощность двигателя значительно меньше мощности источника, питающего сеть.

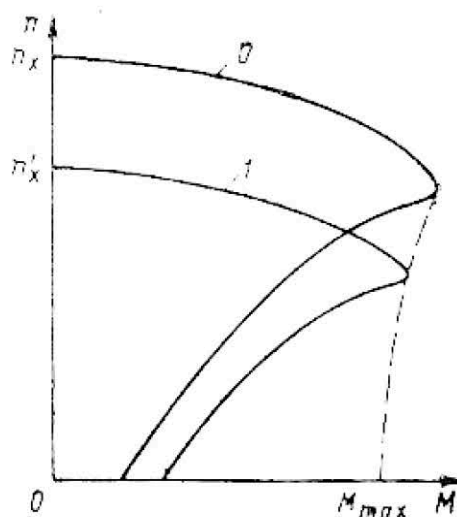


Рисунок 1.24 - Механические характеристики асинхронного электродвигателя при различной частоте тока

При пуске в ход мощных двигателей принимают меры к уменьшению пусковых токов. Для этого снижают напряжение, подводящее к обмотке статора. Существует несколько способов понижения напряжения в момент пуска.

Для двигателей, работающих при соединении обмотки статора треугольником, может быть применен пуск в ход переключением обмотки статора со звезды (рисунок 1.25) на треугольник.

В момент пуска включается магнитный пускатель, который собирает схему, при котором обмотка статора соединяется звездой. В этом случае напряжение на фазах (катушках) обмотки понижается в $\sqrt{3}$ раз. Во столько же раз уменьшаются и токи в фазах обмотки. Кроме того, при соединении обмотки звездой линейный ток равен фазному, в то время как при соединении треугольником он больше фазного в $\sqrt{3}$ раз. Поэтому пусковой ток уменьшается в три раза по сравнению с пусковым током при непосредственном включении на

треугольник. Когда ротор двигателя раскрутится и пусковой ток спадет, схема переключается на сборку, при которой обмотка статора соединяется треугольником.

Если обмотка статора при работе двигателя соединяется звездой, то понижение напряжения в момент пуска может быть достигнуто включением в цепь обмотки статора реакторов - катушек индуктивности. При протекании тока на реакторах R возникает падение напряжения, в результате чего напряжение, поступающее к обмоткам статора, будет меньше напряжения сети.

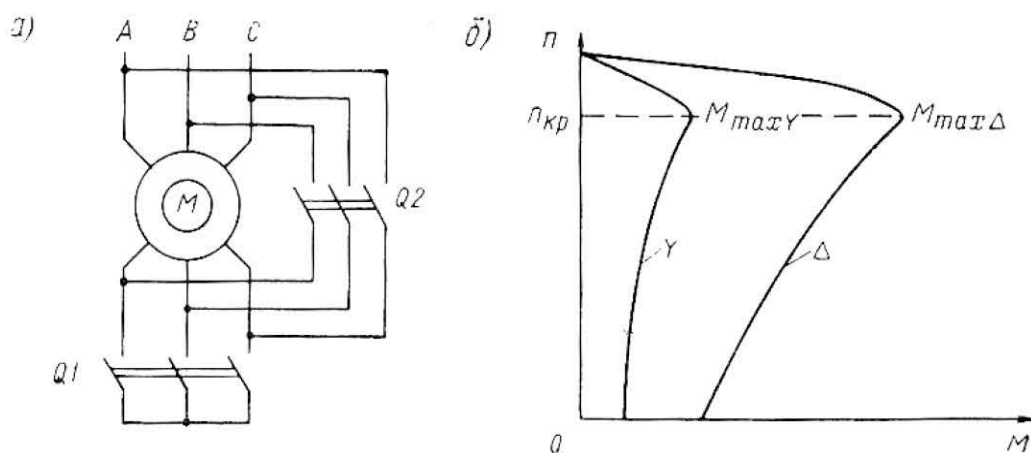


Рисунок 1.25 - Пуск двигателя переключением со «звезды» на «треугольник»

Общим недостатком рассмотренных способов пуска, основанных на понижении напряжения, подводимого к обмотке статора при пуске, является значительное уменьшение пускового момента, так как последний прямо пропорционален квадрату подводимого напряжения.

Асинхронные двигатели с фазным ротором пускают в ход при помощи реостата, включаемого в цепь обмотки ротора.

Включение в цепь обмотки ротора активного сопротивления, во-первых, приводит к увеличению полного сопротивления цепи ротора, от чего уменьшается сила тока как в обмотке ротора, так и в обмотке статора, при этом пусковой ток превышает номинальный ток лишь в полтора-два раза; во-вторых, увеличивается активное сопротивление цепи ротора, что приводит к увеличению $\cos\Phi$ и, следовательно, к увеличению пускового вращающего момента.

1.8.2 Двигатели постоянного тока и методы регулирования частоты вращения

Прежде чем анализировать схемы двигателей постоянного тока, рассмотрим на примере схемы двигателя с параллельным возбуждением пуск в ход и регулирование скорости вращения двигателей. Пуск в ход двигателя осуществляется подключением схемы двигателя в питающую сеть.

Обмотка якоря обладает очень малым сопротивлением. Поэтому, если подключить ее непосредственно к питающей сети, то через обмотку потечет большой пусковой ток, превосходящий номинальный ток в 10-25 раз. Сила пускового тока определяется по закону Ома:

$$I_{я.п.} = \frac{U}{R_{я}} \quad (1.2)$$

Чрезмерно большой пусковой ток очень опасен для двигателя так как вызывает перегрев изоляции обмотки якоря и расплавление соединений обмотки с коллекторными пластинами. При большом пусковом токе нарушается нормальная коммутация, возникает сильное искрение под щетками, иногда переходящее в круговой огонь. Кроме того, в результате протекания большого тока возникает большой пусковой вращающий момент, который оказывает ударное действие на вращающиеся части двигателя и может вызвать их механическое разрушение.

Наличие большого пускового тока, потребляемого двигателем от сети, вызывает также резкое увеличение тока в питающей сети, что приводит к резкому увеличению падения напряжения в проводах сети и, следовательно, к резкому падению напряжения в питающей сети. Это неблагоприятно отражается на работе других потребителей, включенных в эту же сеть. Поэтому прямой пуск применяют только для двигателей мощностью до 1 кВт, у которых сопротивление обмотки якоря сравнительно значительное.

При пуске более мощных двигателей для ограничения силы пускового тока последовательно с обмоткой якоря включают пусковой реостат, сопротивление

которого выбирают таким, чтобы пусковой ток превышал номинальный не более чем в два-три раза. При включенном пусковом реостате сила пускового тока:

$$I_{\text{я.п.}} = \frac{U}{R_{\text{я}} + R_{\text{п.р}}} \quad (1.3)$$

Из выражения (47) можно определить величину сопротивления пускового реостата $R_{\text{п.р}}$, при которой пусковой ток будет безопасным для двигателя. Когда якорь двигателя начнет вращаться, в обмотке якоря возникает противоэ.д.с., что приводит к уменьшению тока в обмотке якоря. Сила тока в обмотке якоря при этом:

$$I_{\text{я.п.}} = \frac{U - E}{R_{\text{я}} + R_{\text{п.р}}} \quad (1.4)$$

По мере нарастания скорости вращения якоря противоэ.д.с. увеличивается, а ток уменьшается, поэтому необходимость в пусковом реостате отпадает и его можно постепенно. Когда скорость вращения якоря будет близка к номинальной, пусковой реостат можно полностью вывести. В этом случае сила тока в обмотке якоря:

$$I_{\text{я.п.}} = \frac{U - E}{R_{\text{я}}} \quad (1.5)$$

Пусковой реостат рассчитывается на кратковременное включение (только на время пуска), поэтому долго его оставлять включенным нельзя, иначе он перегорит.

Остановка двигателя производится быстрым введением пускового реостата с последующей постановкой ползунка реостата на холостой контакт, в результате чего протекание тока в обмотке якоря прекращается, вращающий момент исчезает и якорь двигателя останавливается. Величина противоэ.д.с., возникающей в обмотке якоря работающего двигателя:

$$E = k \cdot n \cdot \Phi \quad (1.6)$$

Откуда число оборотов якоря:

$$n = \frac{E}{k \cdot \Phi} \quad (1.7)$$

Из формулы () противоз.д.с.:

$$E = U - I_{я} \cdot R_{я} \quad (1.8)$$

Подставив в формулу () последнее выражение, получим:

$$n = \frac{U - I_{я} \cdot R_{я}}{k \cdot \Phi} \quad (1.9)$$

Из выражения () следует, что скорость вращения двигателя постоянного тока можно регулировать изменением напряжения, приложенного к цепи якоря, изменением сопротивления. В цепи якоря и изменением магнитного потока возбуждения.

Первый способ регулирования применим только для двигателя с независимым возбуждением, обмотка якоря которого питается от отдельного генератора, например в системе генератор-двигатель. При питании от общей силовой сети, в которой поддерживается постоянное напряжение, этот способ, естественно, не применим.

Изменяя величину напряжения на зажимах отдельного генератора, можно в широких пределах регулировать скорость вращения двигателя. Изменение скорости вращения двигателя при этом можно объяснить тем, что при изменении напряжения изменяется сила тока обмотке якоря, что приводит к изменению вращающего момента двигателя, а значит, и к изменению скорости вращения двигателя (при неизменном тормозном моменте на валу двигателя).

Второй способ регулирования применим для всех типов двигателей. Изменение сопротивления в цепи якоря производится включением последовательно с обмоткой якоря добавочных регулировочных сопротивлений, состоящих из нескольких ступеней, которые обычно объединяют с пусковыми сопротивлениями в пускорегулировочное и используют для пуска и регулировки.

Пускорегулировочное сопротивление в отличие от пускового рассчитано на длительное включение. При изменении величины регулировочного сопротивления изменяется сила тока в обмотке якоря, что в свою очередь вызывает изменение вращающего момента, а значит, и скорости вращения

двигателя. Второй способ регулирования неэкономичен, так как в добавочном сопротивлении выделяется значительная энергия.

Третий способ регулирования используется наиболее широко. он осуществляется изменением силы тока в обмотке параллельного возбуждения основных полюсов включением в ее цепь регулировочного сопротивления (реостата), которое делают с большим числом ступеней регулирования, чтобы обеспечить плавную регулировку в широких пределах.

Регулирование скорости вращения двигателя этим способом возможно только вверх от номинальной скорости, при этом процесс увеличения скорости вращения двигателя при введении регулировочного реостата, т. е. при уменьшении тока возбуждения и магнитного потока возбуждения, можно объяснить уменьшением в обмотке якоря противоэ.д.с., что приводит к увеличению тока в обмотке якоря, а значит, и вращающего момента, причем ток в обмотке якоря возрастает сильнее, чем уменьшается магнитный поток возбуждения.

Так как сила тока, протекающего в обмотке параллельного возбуждения, незначительна, рассмотренный способ регулирования очень экономичен при регулировке двигателей с параллельным и смешанным возбуждением, причем двигатели со смешанным возбуждением обеспечивают возможность регулирования в обоих направлениях от номинальной скорости вращения. У двигателей с последовательным возбуждением ослабление магнитного потока возбуждения осуществляют шунтированием обмотки возбуждения регулировочным сопротивлением. [26]

1.9 Выводы по разделу

В разделе был проведен анализ рулевых устройств по способам управления и исполнительным механизмам, так же рулевое устройство теплохода «Лысково». В итоге исследования было принято решение оставить рулевой механизм без изменений так как он соответствует всем нормам безопасности, и произвести замену только приводной и управляющей части рулевой машины, то есть

										Лист
										46
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ПФВ-04.84.110.01ПЗ					

двигателя и его системы управления на частотный преобразователь. На основе этих данных была предложена структурная схема системы управления.

В следующем разделе необходимо произвести расчеты необходимого двигателя, частотного преобразователя и проводов силовой, управляющей части и разработать схему электропитания. Так же необходимо оценить степень воздействия данных улучшений на бортовую энергетическую сеть так как, изначальная задача заключается в том что бы снизить пусковые токи и как следствие броски напряжения на бортовую сеть.

					<i>ПФВ-04.84.110.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		47

2 Конструкторско-технологический раздел

2.1 Обоснование модернизации рулевого устройства и пути решения

На основании обзора существующих рулевых устройств, приводных машин и систем их управления. И выделив основную проблему, было принято решение о модернизации только системы привода и управления им.

Модернизация будет проводиться путем вычисления всех необходимых характеристик, нужно будет рассчитать: момент на баллере, частоту вращения двигателя необходимую для данного редуктора, мощность двигателя. Так же было принято решение что в качестве системы управления будет использован частотный преобразователь. Последним шагом будет выбор подводящих кабелей и коммутационных аппаратов в виде автоматических выключателей.

2.2 Расчет моментов сопротивления на баллере руля

Рулевое устройство состоит из трех балансирных рулей.

Размеры пера руля:

Ширина $b = 2,5$ м;

Высота $l = 2,45$ м;

Расчетные формулы момента сопротивления на баллере балансирных рулей.

При переднем ходе судна:

$$M_6^{п.х} = C_N \cdot \rho \cdot F \cdot \frac{V_r^2}{2} \cdot (C_d \cdot b - a) \quad (2.1)$$

При заднем ходе судна:

$$M_6^{з.х} = C'_N \cdot \rho \cdot F \cdot \frac{V_{rз}^2}{2} \cdot (b - a - C_d \cdot b) \quad (2.2)$$

где: C_N , C'_N - безразмерные гидродинамические коэффициенты для переднего и заднего хода судна

$\rho = 1000$ кг/м³ - массовая плотность воды,

									Лист
									48
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ПФВ-04.84.110.01ПЗ				

F - площадь пера руля (м²);

V_г - скорость потока, набегающего на перо руля (м/сек);

b - длина пера руля (м);

a - расстояние от оси баллера до передней кромки балансирующих рулей (м).

Площадь пера руля:

$$F = \frac{1}{3} \cdot \mu \cdot L \cdot T \quad (2.3)$$

где: n - количество рулей;

L и T - соответственно длина и осадка судна по ватерлинии (м);

μ - коэффициент, определенный по данным однотипных судов, управляемость которых признана хорошей;

μ=0.07 - для сухогрузов.

$$F = \frac{1}{3} \cdot 0.07 \cdot 93.75 \cdot 2.8 = 6.125 \text{ м}^2$$

Относительное удлинения пера руля:

$$\lambda = \frac{1}{b} \quad (2.4)$$

$$\lambda = \frac{2.45}{2.5} = 0.98$$

Относительное удлинение пера руля должно быть в пределах (0,25 ÷ 2,0).

Балансирующие рули характеризуются значением коэффициента компенсации K_к.

$$K_k = \frac{F_6}{F} \quad (2.5)$$

Принимаем K_к = 0.3

$$F_6 = F \cdot K \quad (2.6)$$

$$F_6 = 6.125 \cdot 0.3 = 1.838 \text{ м}^2$$

где: F₆ – площадь балансирующей части пера руля, м².

Расстояние от передней кромки до оси баллера:

$$a = b \cdot K_k \quad (2.7)$$

$$a = 2.5 \cdot 0.3 = 0.75 \text{ м}$$

При правильном выборе коэффициента компенсации максимальный момент на баллере руля при переднем ходе должен быть примерно равен максимальному моменту на баллере при заднем ходе, расхождение не должно превышать 10% от большего момента.

1.4 Для рулей, расположенных за винтами без насадок:

$$V_r = V(1 - \Psi_p) \cdot \left(1 + \frac{x}{2} \left(\sqrt{1 + \sigma_p - 1} \right) \right) \quad (2.8)$$

где: V – скорость судна в м/с;

Ψ_p - коэффициент попутного потока в районе рулей;

$$\Psi_p = 0,18;$$

σ_k – коэффициент нагрузки движителей по полезному упору;

$$\sigma_k = 3 \div 4;$$

x – коэффициент зависящий от удаления передней кромки от диска винта принимаем равным 1,88.

$$V_r = 5,3 \cdot (1 - 0.18) \left(1 + \frac{1.88}{2} \left(\sqrt{1 + 3 - 1} \right) \right) = 2.507 \text{ м/с}$$

Скорость потока при заднем ходе примем равной (0,5 ÷ 0,6) скорости судна при заднем ходе:

$$V_{rзх} = (0.5 \div 0.6) V_r \quad (2.9)$$

$$V_{rзх} = (0.5 \div 0.6) \cdot 2.507 = 1.504 \text{ м/с}$$

Моменты на баллере представлены в таблице 2.1

Диаграмма моментов на баллере подставленная на рисунке 2.1

Таблица 2.1 – Моменты на баллере руля при разных углах перекладки

град.	Cn	Cd	Cn ₃	Cd ₃	M ^{п.х.} ₆ , Н·м	M ^{з.х.} ₆ , Н·м
35	0,75	0,4	0,47	0,39	-12130	5892
30	0,77	0,38	0,5	0,38	-9964	6470
25	1,08	0,33	0,6	0,365	-5241	8128
20	1,1	0,29	0,76	0,355	1779	10603
15	0,86	0,25	0,95	0,35	6955	13446
10	0,69	0,23	0,88	0,34	7813	12811
5	0,35	0,2	0,54	0,35	5661	7643
0	0	0,15	0	0,36	0	0
5	0,35	0,2	0,5	0,35	-5661	-7643
10	0,69	0,23	0,88	0,34	-7813	-12811
15	0,86	0,25	0,95	0,35	-6955	-13446
20	1,1	0,29	0,76	0,355	-1779	-10603
25	1,08	0,33	0,6	0,365	5241	-8128
30	0,77	0,38	0,5	0,38	9964	-6470
35	0,75	0,4	0,47	0,39	12130	-5892

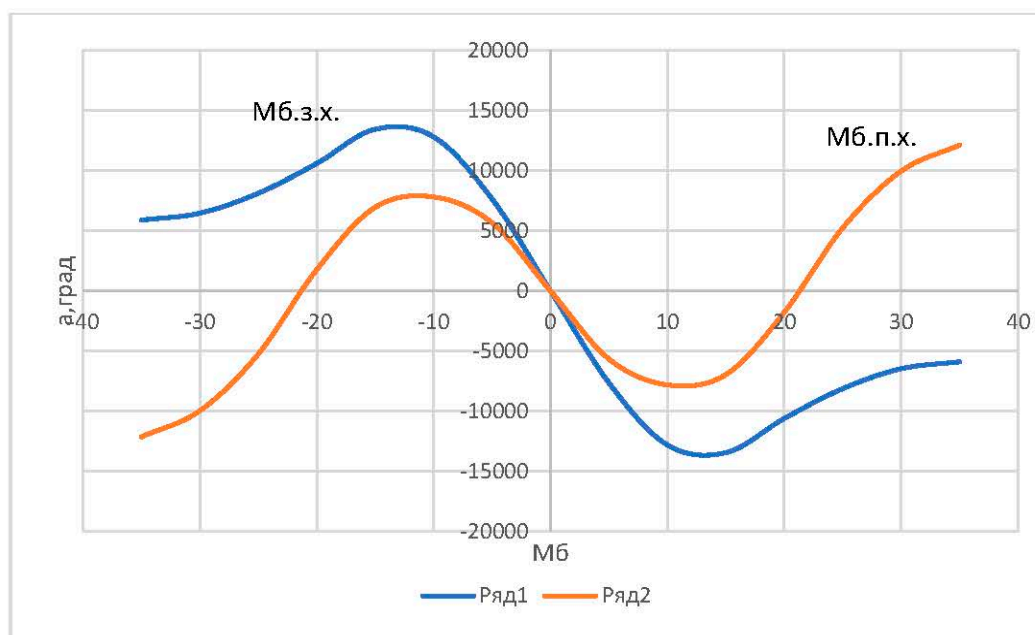


Рисунок 2.1 - Диаграммы моментов сопротивления на баллере руля

2.3 Расчет мощности существующего исполнительного электродвигателя.

После установления основных параметров механической передачи строится нагрузочная характеристика электродвигателя, т. е. зависимость момента на валу электродвигателя от угла перекладки пера руля:

$$M_{д} = n \cdot \frac{M_{б}}{i \cdot \eta} \quad (2.10)$$

$$M_{д, \max} = 3 \cdot \frac{13446}{4535,5 \cdot 0,32} = 27,8 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

где: n – количество рулей;

i – передаточное число;

η - общий КПД механической передачи.

Таблица 2.2 – Момент на валу электродвигателя в зависимости от угла

Угол перекладки руля, градус	-35	15	35
Момент на валу электродвигателя $M_{д}, M_{м}$	3,677	3,677	25,073

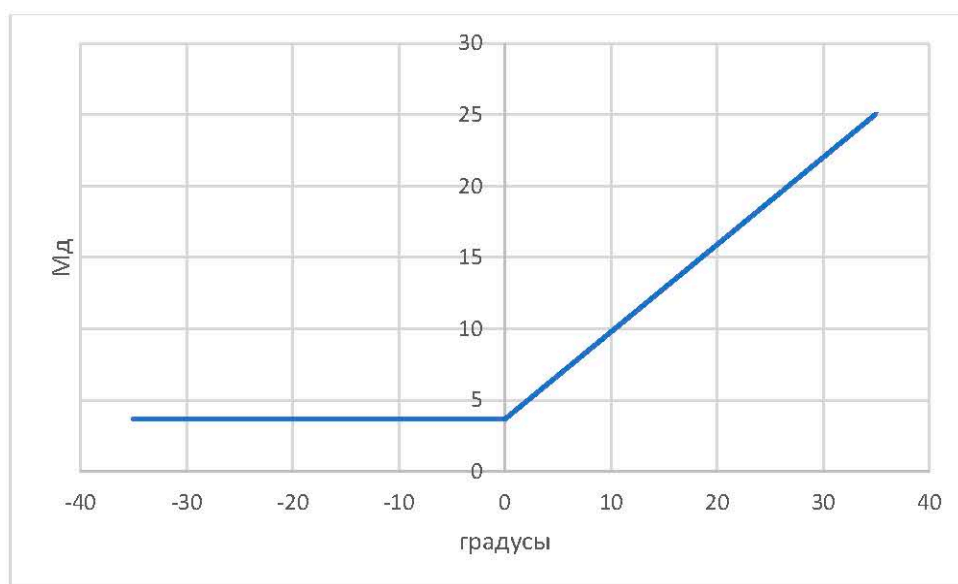


Рисунок 2.2 - График зависимости момента сопротивления на валу двигателя от угла поворота пера руля

Номинальный момент перегрузочной способности электродвигателя:

$$M_{н} = \frac{M_{\max}}{\lambda} \quad (2.11)$$

где: M_{\max} - максимальный момент нагрузки электродвигателя от баллера руля;

λ - перегрузочная способность электродвигателя с короткозамкнутым ротором (1,8÷2,5) с учетом необходимости наличия избыточного момента при запуске электродвигателя и возможного снижения напряжения на 10%;

0.95 – коэффициент, учитывающий допуск по моменту ;

1,5 – кратность избыточного момента.

$$M_H = \frac{1,5 \cdot M_{\max}}{0,95 \cdot \frac{U_H}{U_c} \cdot \lambda} \quad (2.12)$$

$$M_H = \frac{1,5 \cdot M_{\max}}{0,95 \cdot 0,8 \cdot 2} = 27,4 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Средняя скорость электродвигателя с жесткой характеристикой обеспечивающего переключку руля с борта на борт за определенное время:

где: a_{\max} – угол перекладки;

i – полное передаточное число рулевого устройства ;

T – время перекладки руля.

По требованиям РРР время перекладки руля с борта на борт не должно превышать 30 секунд. В расчетах учитывается время на разгон в пределах 2 секунд.

$$\omega = \frac{a_{\max} \cdot \pi \cdot i}{90 \cdot T} \quad (2.13)$$

$$\omega = \frac{35 \cdot 3,14 \cdot 4535,5}{90 \cdot 28} = 188,8 \text{ с}^{-1}$$

Номинальная угловая скорость электродвигателя

$$\omega_H = (10,5 \div 1,1) \cdot \omega_{\text{ср}} \quad (2.14)$$

$$\omega_H = (10,5 \div 1,1) \cdot 188,8 = \text{с}^{-1}$$

Номинальная мощность электродвигателя находится по формуле:

$$P_H = M_H \cdot \omega_{\text{ср}} \quad (2.15)$$

$$P_n = 27,4 \cdot 188,8 = 5400 \text{ Вт}$$

Обороты электродвигателя можно определить по формуле:

$$n_{\text{ном}} = \frac{\omega_{\text{ср}}}{2\pi} = 24,6 \text{ с}^{-1} \quad (2.16)$$

2.4 Выбор электродвигателя

Выбор электродвигателя осуществляем по угловой скорости и мощности из существующих в продаже, представлены в таблице 2.3

Таблица 2.3 – Технические характеристики электродвигателей

Характеристики электродвигателя		
Название	АИР 112 М4	М2АА132S4
Число полюсов	4	4
Мощность, кВт	5.5	5.5
Частота вращения об/мин	1500	1500
Линейный ток, А	11.7	12.2
cosφ	0.83	0.75
Номинальный момент, Нм	36.7	35.7
Максимальный момент, Нм	91.8	80.7
КПД, %	85.7	84.5
Критическое скольжение	0.20	0.23
Скольжение	0.04	0.05
Одобен регистром	да	нет

При рассмотрении нескольких вариантов, которые предлагает рынок был выбран двигатель АИР 112 М4, так как у него более лучшие технические характеристики и он одобрен регистром.

Для выбранного электродвигателя строим механическую характеристику по формуле Клосса:

$$M = \frac{2 \cdot M_{\text{кр}}}{\frac{S_{\text{к}} \cdot S}{S \cdot S_{\text{к}}}} \quad (2.17)$$

где: $M_{\text{кр}}$ – критический момент;
 S – скольжение;
 $S_{\text{к}}$ – критическое скольжение.

При помощи этой формулы строим механическую характеристику двигателя, представлена на рисунке 2.3

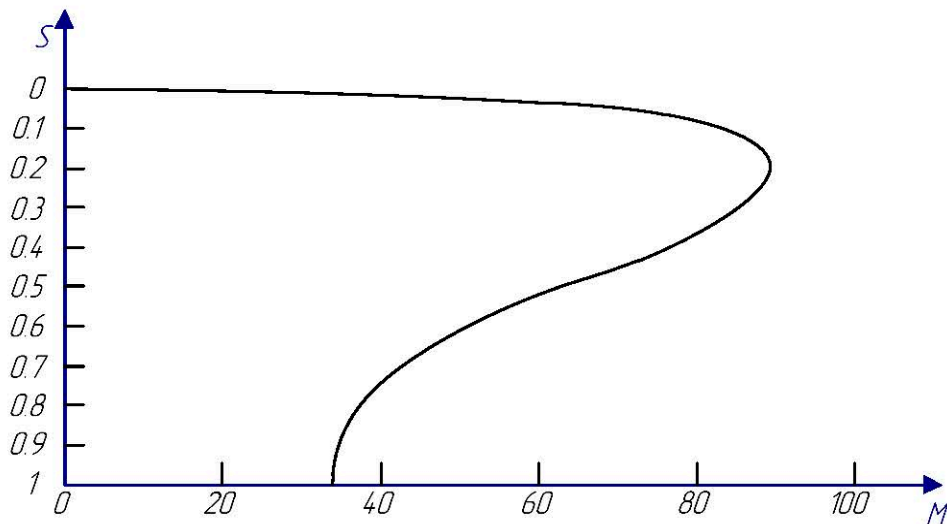


Рисунок 2.3 – Механическая характеристика электродвигателя

2.5 Расчет характеристики торможения

Для точной остановки электродвигателя должны быть рассчитаны характеристики динамического торможения.

Номинальное значение холостого хода двигателя определяется по формуле:

$$I_{\mu} = I_{н} \cdot \left(\sin \varphi_{н} - \frac{S_{н}}{S_{к}} \cdot \cos \varphi_{н} \right) \quad (2.18)$$

$$I_{\mu} = 20,9 \cdot \left(0,68 - \frac{0,04}{0,2} \cdot 0,83 \right) = 10,7 \text{ A}$$

где: $\cos \varphi$ – нормальный коэффициент мощности двигателя

$S_{к}$ – критическое скольжение

Максимальное значение тормозного момента:

$$M_{к\mu} = \frac{24,8 \left(\frac{I_{\Delta}}{I_{\mu}} \right)^2}{1 + 0,505 \cdot \frac{I_{\Delta}}{I_{\mu}}} \cdot \frac{U_{фн} \cdot I_{\mu}}{n_{с}} = 26,8 \text{ Нм} \quad (2.19)$$

где: $n_{с}$ – синхронная частота вращения;

I_{μ} – номинальное значение тока холостого хода;

I_{Δ} – эквивалентный ток.

Величина тока ротора:

2.6 Проверка двигателя на допустимое число включений в час

Выбранный электродвигатель проверяется на допустимое количество включений в час.

Мощность полных потерь в номинальном режиме:

$$\Delta P_{\text{н}} = \frac{P_{\text{н}} \cdot (1 - \eta)}{\eta} \cdot 10^3 = 970.5 \text{ Вт} \quad (2.24)$$

Полное сопротивление статора:

$$z_c = \frac{U_{\text{фн}}}{\sqrt{3} \cdot I_{\text{н}}} \quad (2.25)$$
$$z_c = \frac{220}{\sqrt{3} \cdot 20.9} = 27.7 \text{ Ом}$$

Сопротивление статора:

$$r_c = z_c \cdot \cos\varphi \quad (2.26)$$
$$r_c = 27.7 \cdot 0.83 = 22.9 \text{ Ом}$$

Электрические потери в цепи статора:

$$P_{\text{э}} = 1.24 \cdot 3 \cdot I_{\text{фн}}^2 \cdot r_c \quad (2.27)$$
$$P_{\text{э}} = 1.24 \cdot 3 \cdot 5.9 \cdot 22.9 = 430.5 \text{ Вт}$$

где: 1.24 - коэффициент, учитывающий нагрев обмоток статора;

$I_{\text{фн}}$ - номинальный ток фазы статора, А;

r_c - сопротивление фазы статора при температуре 20°C , Ом.

Потери за один пуск:

$$A_{\text{п}} = 1.2 \cdot J_0 \cdot \frac{\omega^2}{2} \cdot \left(1 + \frac{P_{\text{э}} \cdot k_{\text{I}}^2 \cdot (1 - S_{\text{н}})}{k_{\text{M}} \cdot P_{\text{н}}} \right) \quad (2.28)$$
$$A_{\text{п}} = 1.2 \cdot 0.0236 \cdot \frac{188.8^2}{2} \cdot \left(1 + \frac{430.5 \cdot 7^2 \cdot (1 - 0.04)}{2.3 \cdot 5500} \right)$$
$$= 15965 \text{ Дж}$$

где: J_0 - момент инерции двигателя;

ω_0 - синхронная угловая скорость двигателя, рад/с;

P_3 - электрические потери в обмотке статора в номинальном режиме, Вт;

k_I, k_M - кратность пускового тока и пускового момента двигателя.

Допустимое число включений в час:

$$Z = 3600 \frac{\Delta P_H}{A_H} \quad (2.29)$$

$$Z = 3600 \frac{970.5}{15965} = 218$$

2.7 Выбор преобразователь частоты

Выбор преобразователя частоты делается исходя из характеристик выбранного электродвигателя, чтобы осуществить выгодный преобразователь частоты с экономической и технической стороны, рассмотрим несколько вариантов которые предлагает рынок, варианты представлены в таблице 2.4

Таблица 2.4 – Технические характеристики преобразователей частоты

Технические характеристики		
Название	Частотный преобразователь ESQ-760-2S-0055	ATV212 5,5 кВт 220В IP21
Напряжение, В	220	220
Мощность, кВт	5.5	5.5
Ток, А	24.2	24
Защита двигателя	Есть	есть
Гарантия, год	1.5	1
Цена, рублей	38646	40786

Рассмотрев доступные варианты предлагается выбрать ESQ-760-2S-0055 5,5 кВт 220В IP21 так как он дешевле, производится на территории России что в свете последних событий сделали выбор более обоснованным и имеет все необходимые функции.

2.8 Выбор и разработка схемы электропитания рулевой машиной

Рулевое устройство на теплоходе «Лысково» выполнено в виде жестко соединённых рулей баллеры которые прикреплены к сектору тягами, сектор приводится в движение редуктором к которому подключен электродвигатель и валиковая проводка. В качестве основного привода служит электродвигатель, который, а в качестве аварийного привода служит валиковая проводка которая используется при обесточивании судна. Для управления электродвигателем был выбран преобразователь частоты. И на его основе разработана схема, представленная на рисунке 2.1

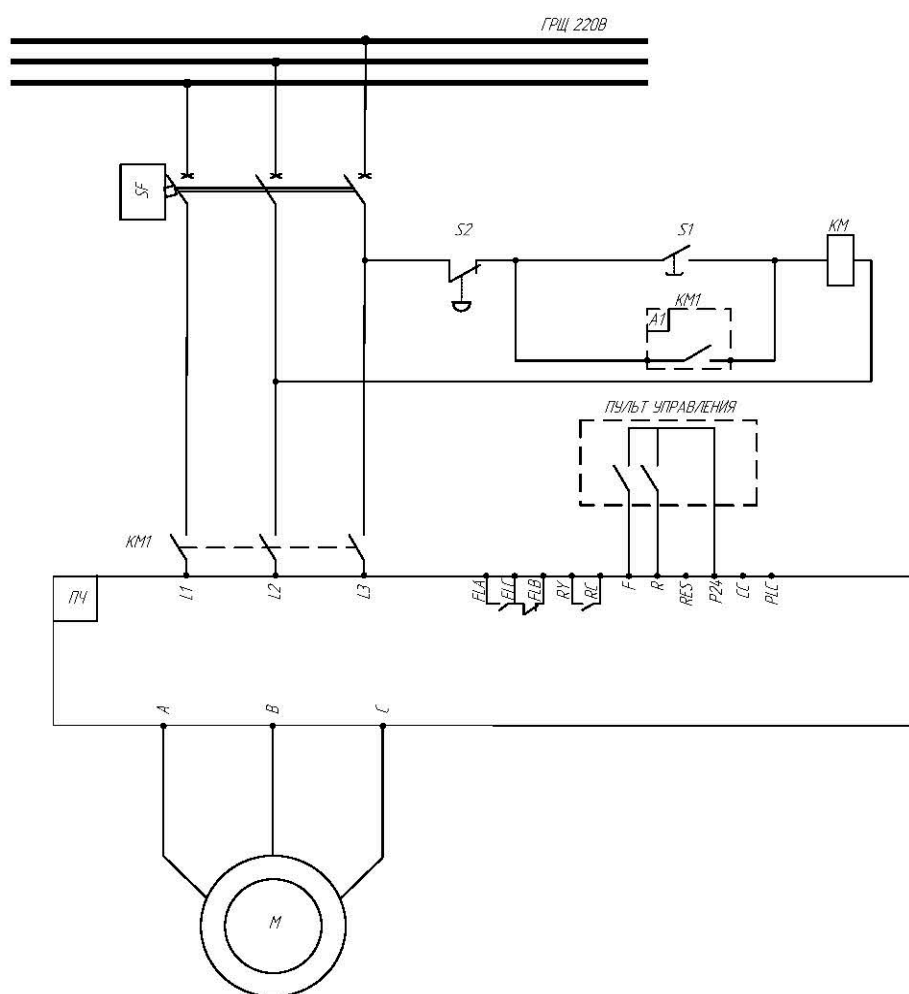


Рисунок 2.5 - Схема питания рулевого устройства

2.9 Пересчет нагрузочных таблиц до и после внедрения нового оборудования

Что бы сравнить нагрузку на бортовую сеть до и после модернизации составим таблицу потребителей в разных режимах работы:

- стояночный,
- маневровый,
- аварийный,
- ходовой.

В режимах работы будут рассмотрены отдельные сценарии, в случае стояночного это откачка балласта и ожидание погрузки. Ходовой режим – следование судна в штатном режиме в пункт назначения. Аварийный- тушение пожара. Маневровый – опускание поднятия якоря, заход в шлюз и выход из него, подход и отход от причала.

Таблица 2.5 – Расчет нагрузки бортовой сети 220В до модернизации

№/ п.п	Наименование потребителей электроэнергии	Количество, шт.	Мощность, кВт	Cos φ	КПД, %	Общая потребляемая мощность	Режим работы			
							Стояночный	Ходовой	Маневровый	Аварийный
1	Компрессор	1	10	0,9	0,88	11,3	-	+	+	-
2	Топл. перек нас	1	2,8	0,87	0,83	3,3	+	+	+	-
3	Маслопрокачка нас.	2	2,8	0,88	0,88	6,4	+	-	-	+
4	Бал. осуш. нас.	1	7	0,91	0,88	7,9	+	+	+	+
5	Осуш. нас.	1	7	0,88	0,85	8,2	+	-	-	+
6	Сист. водотушения.	1	10	0,91	0,89	11,2	-	-	-	+
7	Нас. пресн. воды	1	0,5	0,89	0,87	0,5	+	+	+	+
8	Вент. МО	1	1	0,89	0,87	1,1	+	+	+	+
9	Вент. Камбуза	1	0,3	0,87	0,77	0,3	+	+	+	+
10	Рул. маш.	1	8	0,83	0,88	9,1	-	+	+	+
11	Брашпиль	1	12	0,91	0,91	13,2	-	-	+	-
12	Як.шварт. шпиль	1	4,3	0,88	0,88	4,9	-	-	+	-
13	Шлюп. лебедка	2	1	0,89	0,87	2,3	-	-	-	+
14	Навигац. оборуд	1	2,4	-	1	2,4	-	+	+	-
15	Радиооборуд.	1	1,2	-	1	1,2	+	+	+	+
16	Проч. оборуд	1	6,4	-	1	6,4	+	+	+	+
Суммарная мощность, кВт							26	33	38	36
Мощность генераторов, кВт							50	50	50	50

Таблица 2.6 – Расчет нагрузки бортовой сети 220В после модернизации

№/п.п	Наименование потребителей электроэнергии	Количество, шт.	Мощность, кВт	Cos,φ	КПД, %	Общая потребляемая мощность	Режим работы			
							Стояночный	Ходовой	Маневровый	Аварийный
1	Компрессор	1	10	0,9	0,88	11,3	-	+	+	-
2	Топл. перек нас	1	2,8	0,87	0,83	3,3	+	+	+	-
3	Маслопрокачка нас.	2	2,8	0,88	0,88	6,4	+	-	-	+
4	Бал. осуш. нас.	1	7	0,91	0,88	7,9	+	+	+	+
5	Осуш. нас.	1	7	0,88	0,85	8,2	+	-	-	+
6	Сист. водотушения.	1	10	0,91	0,89	11,2	-	-	-	+
7	Нас. пресн. воды	1	0,5	0,89	0,87	0,5	+	+	+	+
8	Вент. МО	1	1	0,89	0,87	1,1	+	+	+	+
9	Вент. Камбуза	1	0,3	0,87	0,77	0,3	+	+	+	+
10	Рул. маш.	1	5,5	0,83	0,88	6,2	-	+	+	+
11	Брашпиль	1	12	0,91	0,91	13,2	-	-	+	-
12	Як.шварт. шпиль	1	4,3	0,88	0,88	4,9	-	-	+	-
13	Шлюп. лебедка	2	1	0,89	0,87	2,3	-	-	-	+
14	Навигац. оборуд	1	2,4	-	1	2,4	-	+	+	-
15	Радиооборуд.	1	1,2	-	1	1,2	+	+	+	+
16	Проч. оборуд	1	6,4	-	1	6,4	+	+	+	+
Суммарная мощность, кВт							26	31	36	34
Мощность генераторов, кВт							50	50	50	50

Как видно из расчета нагрузок, потребляемая мощность снизилась, так же с помощью частотного преобразователя удалось снизить пусковые токи. Из расчетов так же видно, что мощность судовых генераторных установок имеет хороший запас по мощности во всех режимах работы, и умеет запас для внедрения дополнительного электрооборудования.

В аварийном питании нет необходимости так как в судовых документах в качестве аварийного рулевого устройства указан ручной валиковый привод.

2.10 Расчет и выбор кабеля и электрических аппаратов

Данные для расчета тока берутся из таблицы нагрузок (таблица 2.6).

Расчет силы тока для сети переменного тока.

$$I = \frac{P_p \cdot 10^3}{U_{\text{н}} \cdot \cos\varphi \cdot \eta} \quad (2.30)$$

$$I = \frac{5,5 \cdot 10^3}{220 \cdot 0,83 \cdot 85,7} = 31,9 \text{ А}$$

где: I – рабочий ток;

P_p – номинальная мощность электродвигателя;

$U_{\text{н}}$ – напряжение питающей сети;

$\cos\varphi$ – коэффициент мощности электродвигателя;

η – коэффициент полезного действия электродвигателя.

Таблица 2.7 – Сечение кабелей относительно протекающего тока

Сечение токо-проводящих жил, мм	Медные жилы проводов и кабелей			
	Напряжение 220В		Напряжение 380В	
	Ток, А	Мощность, кВт	Ток, А	Мощность, кВт
1.5	19	4.1	16	10.5
2.5	27	5.9	25	16.5
4	38	8.3	30	19.8
6	46	10.1	40	26.4
10	70	15.4	50	33

Сечения кабеля для подключения двигателя рулевого устройства и системы управления после расчетов берется из таблицы (Таблица 2.7), соответственно для 33 ампер тока и напряжения 220 вольт, подходит трехжильный кабель сечением 4мм² марка кабеля выбирается из разрешенных Речным Российским Регистром, это кабель с маркой КНР(К - кабель, Н - не распространяет горения, Р - изоляция и оболочка из резины).

Выбор автоматического выключателя для бортовой сети 220 вольт переменного тока с величиной рабочего тока 31.9 ампера. Выбираем трехполюсной автоматический выключатель АВВ 3Р 32А С 4.5кА.

Магнитный пускатель для сети 220 вольт с величиной тока 31,9 ампера, был выбран фирмы АВВ AF38-40-00-14 220-500ВАС/DC.

Автоматический выключатель фирмы АВВ был выбран, так как разрешен Речным Российским Регистром.

2.11 Выводы по разделу

В дипломной работе произведена разработка рулевого электропривода судна с частотным управлением асинхронного двигателя переменного тока. Проведен расчет, гидродинамических сил, воздействующих на руль и сила момента на баллере руля, для этого была построена диаграмма воздействия сил на руль при переднем и заднем ходу. По полученным данным произведен расчет необходимого двигателя и частотного преобразователя.

Был произведен расчет необходимого сечения проводов для подключения двигателя и частотного преобразователя. Так же была произведена оценка влияния на бортовую сеть новой системы управления рулевой машины и ее двигателя которая показала, снижение нагрузки на бортовую сеть.

					<i>ПФВ-04.84.110.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		63

3 Экономический раздел

3.1 Затраты на проведение модернизации

Стоимость устанавливаемого оборудования представлена в таблице 3.1.

Таблица 3.1. – Стоимость устанавливаемого оборудования.

Наименование оборудования/материалов	Количество единиц/метров	Цена единицы оборудования/материалов, руб.	Общая стоимость оборудования/материалов, руб.
Электродвигатель АИР 112М4	1	19800	19800
Частотный преобразователь ESQ-760-2S-0055	1	38 646	38646
Кабель КНР 3x4, м	35	16030	16030
Кабель КНРЭ 3x0,5, м	15	2010	2010
Автоматический выключатель АВВ 3Р 32А С 4.5кА ВМS413С25	1	700	700
Контактор АВВ АF38-40-00-14 250-500ВАС/DC	1	7400	7400
Итого, (руб):			84586

Затраты на монтаж:

$$K_{\text{МОНТ}} = (0,10 \div 0,15)K_{\text{Н}} \quad (3.1)$$

где: $K_{\text{Н}}$ – стоимость нового оборудования

$$K_{\text{Н}} = 84586 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{МОНТ}} = 12687 \text{ руб.}$$

Таблица 3.2 – Стоимость демонтируемого оборудования

Наименование	Количество	Стоимость, руб.
Электродвигатель постоянного тока П41 на 8кВт	1	20000
Диод силовой В200-9	6	5496
Итого		25496

При выборе цен для продажи на вторичном рынке, была выбрана средняя стоимость на этом рынке.

$$K_{\text{дем}} = (0,10 \div 0,15) \cdot K_{\text{д}} \quad (3.2)$$

$$K_{\text{дем}} = 0,10 \cdot 25496 = 25496 \text{ руб.}$$

где: $K_{\text{д}} = 25496$ руб. - стоимость демонтируемого оборудования;

$K_{\text{дем}}$ – затраты на демонтаж

Доход от продажи старого оборудование с учетом демонтажа:

$$D_{\text{д}} = K_{\text{д}} - K_{\text{дем}} \quad (3.3)$$

$$D_{\text{д}} = 25496 - 2596 = 22900 \text{ руб.}$$

Остальные затраты на модернизацию:

$$K_{\text{пр}} = 0,03(K_{\text{д}} + K_{\text{н}}) \quad (3.4)$$

$$K_{\text{пр}} = 0,03 \cdot (25496 + 84586) = 3302 \text{ руб.}$$

Затраты на модернизацию:

$$K_{\text{мод}} = K_{\text{н}} + K_{\text{мон}} - D_{\text{д}} + K_{\text{пр}} \quad (3.5)$$

$$K_{\text{мод}} = 84586 + 12687 - 22900 + 3302 = 77675 \text{ руб.}$$

3.2 Расходы по содержанию объекта в эксплуатации

Расчёт расходов по содержанию объекта в эксплуатации производится до модернизации $\mathcal{E}_{\text{дм}}$ и после проведения модернизации объекта $\mathcal{E}_{\text{м}}$.

Расходы на заработную плату и отчисления на социальные нужды.

$$\mathcal{E}_{\text{зп}} = k_{\text{соц}} \cdot k_{\text{дот}} \cdot D \cdot n_{\text{чел}} \cdot \frac{t_{\text{раб}}}{22} \quad (3.6)$$

где: $k_{соц}$ – коэффициент, предусматривающий отчисления на социальные нужды, $k_{соц}=1,3$;

k_p – районный коэффициент, $k_p=1,15$;

$k_{пр}$ – коэффициент, предусматривающий премии $k_{пр}=1,1\div 1,2$;

$k_{доп}$ – коэффициент, доплаты, льготы и надбавки, $k_{доп}=1,8$

D – месячный оклад работника, обслуживающего объект, $D=12130$ руб;

$n_{чел}$ – количество персонала, работающего на объекте, $n_{чел}=1$ чел;

$t_{раб}$ – общее годовое рабочее время, $t_{раб}=183,6$ сут.

$n_{уст}$ – количество обслуживаемых установок, $n_{уст}=1$;

25.3 – среднее число рабочих дней в месяц.

Затраты на заработную плату до модернизации:

$$\mathcal{E}_{зпдм} = 1,3 \cdot 1,15 \cdot 1,8 \cdot 12792 \cdot 1 \cdot \frac{90}{22} = 168986 \text{ руб.}$$

Расходы на заработную плату после модернизации:

$$\mathcal{E}_{зпдм} = 1,3 \cdot 1,15 \cdot 1,8 \cdot 12792 \cdot 1 \cdot \frac{90}{22} = 168986 \text{ руб.}$$

Расходы на амортизацию объекта после модернизации:

$$\mathcal{E}_{амм} = \frac{5}{100} \cdot 84568 = 4228 \text{ руб.}$$

Затраты на ремонт до модернизации:

$$\mathcal{E}_{рем} = \frac{V_p}{100} \cdot K_i \quad (3.7)$$

где: K_i – стоимость капиталовложений в электрооборудование, в качестве;

K_i возьмем стоимость демонтируемого оборудования – 25496 руб;

V_p – норматив отчислений в ремонтный фонд, %;

$V_p = 0,5\div 2,5\%$;

$$\mathcal{E}_{рем} = \frac{2,5}{100} \cdot 25496 = 637,4 \text{ руб.}$$

Для нового оборудования как правило, текущий ремонт не нужен.

										Лист
										66
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ПФВ-04.84.1110.01ПЗ					

Затраты на топливо и смазку:

$$\mathcal{E}_{\text{тс}} = N \cdot t_{\text{э}} \cdot 24 \cdot 10^{-6} \cdot (\mathcal{C}_{\text{т}} \cdot V_{\text{т}} \cdot \mathcal{C}_{\text{см}} \cdot V_{\text{см}}) \quad (3.8)$$

где: N – мощность устанавливаемого электрооборудования, кВт;

$t_{\text{э}}$ – эксплуатационный период работы судна в течении года, сут;

$\mathcal{C}_{\text{т}}$, $\mathcal{C}_{\text{см}}$ – отпускная цена топлива и смазки, тыс.руб./т;

$V_{\text{т}}$, $V_{\text{с}}$ – норма расхода топлива и смазки соответственно для главных двигателей (валогенератор) или вспомогательных дизель-генераторов, от которых осуществляется электропитание устанавливаемого электрооборудования г/кВт·ч;

$\tau_{\text{е}}$ – коэффициент использования валогенератора или дизель-генератора во времени.

Затраты на топливо и смазку до модернизации:

На теплоходе «Лысково» установлен двигатель рулевого устройства мощностью 8кВт/ч.

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_{\text{тс}} &= 8 \cdot 270 \cdot 24 \cdot 10^{-6} \cdot (42350 \cdot 210 + 48000 \cdot 0,9) \\ &= 463278,5 \text{ руб.} \end{aligned}$$

После модернизации был установлен 5,5 кВт/ч.

Затраты на топливо и смазку после модернизации:

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_{\text{тс}} &= 5,5 \cdot 270 \cdot 24 \cdot 10^{-6} \cdot (42350 \cdot 210 + 48000 \cdot 0,9) \\ &= 318503,4 \text{ руб.} \end{aligned}$$

3.3 Остальные прямые расходы

$$\mathcal{E}_{\text{пр}} = k_{\text{пр}} \cdot (\mathcal{E}_{\text{зп}} + \mathcal{E}_{\text{ам}} + \mathcal{E}_{\text{рем}} + \mathcal{E}_{\text{тс}}) \quad (3.9)$$

где: $k_{\text{пр}}$ – коэффициент, учитывающий прочие прямые расходы, $k_{\text{пр}}=0,1$;

$\mathcal{E}_{\text{зп}}$ – расходы на заработную плату;

$\mathcal{E}_{\text{ам}}$ – расходы на амортизацию объекта;

$\mathcal{E}_{\text{рем}}$ – затраты на ремонт;

$\mathcal{E}_{\text{тс}}$ – затраты на топливо и смазку.

Прямые расходы до модернизации:

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ПФВ-04.84.110.01ПЗ	Лист 67

$$\mathcal{E}_{\text{прдм}} = 0,1 \cdot (168986 + 0 + 637,4 + 463278,5) = 63290,2 \text{ руб.}$$

Прямые расходы после модернизации:

$$\mathcal{E}_{\text{пр}} = 0,1 \cdot (168986 + 4228 + 0 + 318503,4) = 49171,7 \text{ руб.}$$

Затраты по содержанию объекта в эксплуатации:

$$\mathcal{E}_{\text{общ}} = \mathcal{E}_{\text{зп}} + \mathcal{E}_{\text{ам}} + \mathcal{E}_{\text{рем}} + \mathcal{E}_{\text{тс}} + \mathcal{E}_{\text{пр}} \quad (3.10)$$

Затраты по содержанию объекта в эксплуатации до модернизации:

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_{\text{общдм}} &= 168986 + 0 + 637,4 + 463278,5 + 63290,2 \\ &= 696191,9 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Затраты по содержанию объекта в эксплуатации после модернизации:

$$\mathcal{E}_{\text{общ}} = 168986 + 4228 + 0 + 318503,4 + 49089,7 = 540806 \text{ руб.}$$

Экономия расходов

$$\Delta \mathcal{E} = \mathcal{E}_{\text{общдм}} - \mathcal{E}_{\text{общпм}} \quad (3.11)$$

$$\Delta \mathcal{E} = 696191,9 - 540806 = 155385 \text{ руб.}$$

3.4 Время окупаемости модернизации

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{мод}}}{\Delta \mathcal{E}} \quad (3.12)$$

$$T_{\text{ок}} = \frac{84586}{155385} = 0,5 \text{ года}$$

Рентабельность инвестиций:

$$R_{\text{н}} = \frac{1}{T_{\text{ок}}} \cdot 100 \quad (3.13)$$

$$R_{\text{н}} = \frac{1}{0,5} \cdot 100 = 200\%$$

3.5 Выводы по главе

Технико-экономические показатели модернизации сведены в таблицу 3.3

В результате, модернизации теплохода «Лысково», общие годовые затраты на эксплуатацию объекта сократились на 155385,9 руб, благодаря модернизации рулевого устройства сократилась нагрузка на бортовую сеть и удалось сэкономить

на топливе для ДГ. Так же повысилась отказоустойчивость в следствии, чего сократилось время простоя.

Таблица 3.3 – Техничко-экономические показатели

Показатели	До модернизации, руб.	После модернизации, руб.	Изменение затрат на содержание объекта, руб./год
Расходы на заработную плату, руб./год	168986	168986	0
Амортизационные отчисления, руб./год	0	4228	4228
Расходы на текущий ремонт, руб./год	637.4	0	-637.4
Прочие расходы, руб./год	63290,2	49089,7	-142200,5
Расходы на топливо и смазку, руб./год	463278.5	318503.4	-144775,1
Общие затраты по содержанию объекта, руб./год	696191,9	540806	-155385,9

Затраты на модернизацию рулевого устройства теплохода «Лысково» составляют 77675 руб. Капитала вложения на модернизацию окупятся в течении одной навигации.

4 Охрана труда

Охрана труда – это свод правил и мероприятий, направленных на сохранение жизни и здоровья человека, при выполнении своих трудовых обязанностей.

4.1 Анализ потенциальных опасностей и вредных факторов

Теплоходы проекта 576 выпускались с 1956 по 1968 год, и оснащались бортовой сетью постоянного тока. В дальнейшем некоторые из них переоборудовались под сеть переменного тока теплоход «Лысково», так же был переоборудован под переменный ток, в ходе такого переоборудования был заменен двигатель рулевого устройства и система управления.

Данное переоборудование было совершено без соответствующих расчетов, что повлекло за собой нарушение норм охраны труда. Так как система была спроектированная таким образом, что создавала повышенный шум и вибрации.

В силу особенности конструкции, магнитных пускателей, которые установлены в качестве коммутационного оборудования, они во время своего включения и выключения создают шум высокого уровня.

Так же в системе не предусмотрен плавный пуск двигатель включается на прямую что вызывает повышенный шум, вибрацию и ускоряет износ электродвигателя.

4.2 Меры по предотвращению возможных опасных факторов при работе судна

Все виды работ, выполняемые на судне и связанные с электробезопасностью, фиксируются в судовом или машинном журналах в соответствии с характером выполняемых работ:

- по распоряжению старшего электромеханика по согласованию с главным механиком - на судах с электродвижением, электромеханика (механика) по согласованию со старшим механиком - на судах без электродвижения,

- при обнаружении неисправностей, которые могут привести к несчастным случаям с людьми, поломке технических средств, пожару, взрыву либо крупной аварии, вахтенному электрику или механику разрешается произвести отключения

					ПФВ-04.84.110.01ПЗ	Лист
						70
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

и включения без предварительного разрешения старшего (главного) механика или электромеханика, но с последующим уведомлением их.

При работах с низковольтным судовым электрооборудованием (генераторы, электродвигатели гребных электрических установок и вспомогательных механизмов, распределительные устройства, кабельные трассы номинальные (паспортные), напряжения которых ниже 1000 В):

- используются электрозащитные средства - основные (изолирующие штанги, указатели напряжения, электроизмерительные клещи, ручной изолирующий инструмент) и дополнительные (диэлектрические коврики, диэлектрические, изолирующие подставки, оградительные устройства, знаки безопасности, переносные заземления),

- средства защиты при эксплуатации подвергаются периодическим и внеочередным испытаниям. Внеочередные испытания проводят после ремонта по нормам приемосдаточных испытаний. При всех видах испытаний проверяют механические и электрические характеристики средств защиты,

- ремонтные и профилактические работы по электрооборудованию могут выполняться со снятием напряжения полностью или частично на ремонтируемом участке и при профилактике - по отдельным видам электрооборудования, а также без снятия напряжения на токоведущих частях электрооборудования и вблизи их с соблюдением необходимых мер электробезопасности,

- на месте производства работ с полным снятием напряжения отключают токоведущие части, на которых производится работа, а также токоведущие части, доступные прикосновению при выполнении работ (эти части допускается не отключать, если они будут ограждены изолирующими накладками из изоляционных материалов, обеспечивающих безопасность).

Отключение производится таким образом, чтобы выделенное для выполнения работы электрооборудование либо отдельный его участок были со всех сторон отделены от токоведущих частей, находящихся под напряжением, с помощью коммутационной аппаратуры (выключателей, автоматов, контакторов, разъединителей, рубильников) и снятием предохранителей.

					<i>ПФВ-04.84.110.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						71
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

При наличии контакторов и других коммутационных аппаратов с автоматическими приводами с дистанционным управлением нужно убедиться в отсутствии напряжения на отключенных участках путем осмотра положения контактов, а также проверкой отсутствия напряжения у коммутационных аппаратов с закрытыми контактами, если имеется полная уверенность, что положение рукоятки либо указателя соответствует положению контактов:

- на рукоятках автоматов, выключателей, разъединителей, рубильников, на ключах и кнопках управления, а также на основаниях предохранителей, при помощи которых может быть подано напряжение к месту работ, лицом, производящим отключение, вывешивается табличка с надписью: "Не включать! Работают люди!". При этом предохранители должны быть вынуты из установочных гнезд.

Снятие табличек и включение электропитания производят после окончания работ лицом, установившим предупреждающие знаки:

- для предотвращения подачи к месту работы напряжения от трансформаторов отключают все связанные с подготавливаемым к ремонту электрооборудованием силовые, измерительные и различные трансформаторы со стороны первичных и вторичных обмоток,

- в случаях, когда работа выполняется без применения переносных заземлений, принимают дополнительные меры, препятствующие ошибочной подаче напряжения к месту работы.

При возможности применения указанных мер должны быть отсоединены концы питающей линии:

- проверка отсутствия напряжения производится указателем напряжения заводского исполнения или переносным вольтметром; применение контрольных ламп не допускается,

- перед проверкой отсутствия напряжения необходимо убедиться в исправности применяемого указателя или прибора путем проверки их на токоведущих частях, заведомо находящихся под напряжением, либо при помощи специального прибора.

Наложение переносного заземления является мерой защиты работающих от случайного появления напряжения питания или наведенного (потенциала). Переносное заземление применяется при производстве работ в распределительных щитах, шкафах, на пусковых станциях при полном снятии напряжения, на кабельных магистралях и в случае, когда место производства работ связано с разветвленной цепью.

Необходимость наложения переносного заземления в каждом конкретном случае определяется электромехаником (механиком) судна:

- наложение заземления производится только электротехническим персоналом после проверки отсутствия напряжения.

Переносное заземление должно быть предварительно присоединено к корпусу судна, а затем (после проверки отсутствия напряжения на частях, подлежащих заземлению) накладывается на токоведущие части и крепится к ним с помощью струбцин, зажимов и других приспособлений.

Снимать заземление следует в обратном порядке, то есть сначала снять его с токоведущих частей, а затем отсоединить от корпуса.

Запрещается пользоваться для заземления какими-либо проводниками, не предназначенными для этой цели, а также производить присоединение заземлений путем их скрутки.

Работы на электрооборудовании с частичным снятием напряжения производит электромеханик или другой специалист персонала технической службы, имеющими право на производство подобных работ, с ведома главного (старшего) механика при соблюдении необходимых мер безопасности:

- при работах с частичным снятием напряжения не отключенные токоведущие части, доступные случайному прикосновению, ограждаются временными ограждениями, диэлектрическими матами (ковриками),

- на временных ограждениях вывешивают таблички с надписью: "Осторожно! Работают люди!", на рабочем месте -предупреждающие знаки "Стойте! Опасно для жизни!".

									Лист
									73
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

ПФВ-04.84.110.01ПЗ

Лицо, производящее работу вблизи токоведущих частей, находящихся под напряжением, должно располагаться так, чтобы эти токоведущие были перед ним.

Работы выполняются под наблюдением второго лица - страхующего.

При этом необходимо:

- работать в диэлектрических перчатках и галошах или стоять на диэлектрическом коврикe,
- пользоваться электромонтажным инструментом с изолированными рукоятками,
- держать изолирующий инструмент за ручки-захваты не дальше ограничительного кольца,
- работая на токоведущих частях одной фазы, ограждать токоведущие части других фаз резиновыми матами, миканитом,
- прикасаясь изолирующим инструментом к токоведущим частям, не дотрагиваться до окружающих предметов: бортов, переборок, деталей набора судна, корпусов механизмов.

Не касаться лиц, стоящих рядом.

Запрещено применение ножовок, напильников, металлических стремянок, рулеток, метров и другого инструмента без соответствующей изоляции при работах на участках, находящихся под напряжением:

- запрещено производить работу, если находящиеся под напряжением токоведущие части расположены сзади производящего работу или с 2-х боковых сторон,
- запрещено работать в положениях, при которых можно коснуться токоведущих частей, находящихся под напряжением,
- в помещениях, особо опасных в отношении поражения людей электрическим током, производство работ на не отключенных токоведущих частях не допускается,
- электротехнические работы на мачтах и колоннах должны производиться только при отключенном напряжении, снятых предохранителях и с соблюдением требований безопасности при работе на высоте,

					<i>ПФВ-04.84.110.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		74

- работы на токоведущих частях электрооборудования без снятия напряжения допускаются только в исключительных случаях при аварийной ситуации и должны производиться электромехаником или другими специалистами, имеющими право производства указанных работ, с ведома старшего механика при соблюдении необходимых мер безопасности и использовании основных и дополнительных изолирующих средств. В этих случаях должны быть выполнены все требования, относящиеся к работе с частичным снятием напряжения. [11]

При обслуживании электродвигателей, необходимо их остановить, а на пусковом устройстве повесить табличку с надписью: "Не включать! Работают люди!".

На работающих электрических машинах, используемых в электроприводе вспомогательных механизмов и устройств, в случае необходимости разрешается производить уход за коллекторами и токосъемными кольцами (шлифовка, чистка) одному лицу электротехнического персонала в присутствии страхующего при соблюдении следующих мер предосторожности:

- шлифовка коллекторов и токосъемных колец должна производиться с помощью специальных колодок, изготовленных из изоляционных материалов,
- работающий должен остерегаться захвата одежды или обтирочного материала вращающимися частями машин; работать следует в налокотниках, стягивающих руки у запястья, или с застегнутыми у запястья рукавами,
- со стороны коллектора и у колец ротора должны быть разостланы резиновые диэлектрические маты или работа должна производиться в диэлектрических галошах,
- запрещено касаться руками одновременно токоведущих частей и заземленных частей машины, а также других механизмов и конструкций,
- вблизи работающих электрических машин запрещено производить другие работы, связанные с пылеобразованием и разбрызгиванием жидкости,
- при проведении работ в цепях измерительных приборов, устройств защиты все вторичные обмотки измерительных трансформаторов тока и

напряжения должны быть постоянно заземлены. В сложных схемах релейной защиты для группы электрически соединенных вторичных обмоток трансформаторов тока независимо от их числа допускается осуществление заземления только в одной точке,

- при необходимости производства работ в цепях или на аппаратуре средств автоматизации должны быть приняты меры против случайного включения этих средств (заблокировать автоматический запуск),

- коммутационные переключения, включение и отключение выключателей, разъединителей и другой аппаратуры, пуск и остановка агрегатов, регулировка режима их работы, необходимые при наладке или проверке устройств систем автоматизации, производятся с разрешения старшего механика или электромеханика,

- работа в цепях систем и средств автоматизации производится по исполнительным схемам эксплуатационной документации,

- запрещено в цепях между трансформатором тока и зажимами, где установлена закорачивающая перемычка, производить работы, которые могут привести к размыканию цепи,

- на панелях или вблизи места размещения аппаратуры систем автоматизации запрещено производить работы, вызывающие сотрясение релейной аппаратуры, грозящее ложным срабатыванием реле,

- запрещено проводить работы в системах автоматизации, находящихся под питанием (электрическим, пневматическим и гидравлическим). [11]

4.3 Правила пожарной безопасности на судах

В соответствии правилами пожарной безопасности Российской Федерации на внутренних водных путях судовладелец обеспечивает противопожарную подготовку членов экипажа судна, которая состоит из:

- обучения командного и рядового состава всех судов, эксплуатирующихся на внутренних водных путях, мерам пожарной безопасности по установленным программам,

					<i>ПФВ-04.84.110.01ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		76

- обучения командного и рядового состава судов смешанного (река - море) плавания методам выживания и действиям в аварийных ситуациях (в т.ч. борьбе с пожаром) на учебно-рекажерном судне или в береговом центре в соответствии с требованиями нормативных актов,

- обучения на судах внутреннего и смешанного (река - море) плавания членов аварийных партий (групп) работе в снаряжении пожарного,

- инструктажа членов экипажа по мерам пожарной безопасности - вводного, первичного (на рабочем месте), повторного, внепланового,

- общесудовых учений по борьбе с пожаром.

4.4 Выводы по главе

Был выполнен анализ уровня шума и вибраций который показал, что он не соответствует нормам охраны труда.

С помощью решений, принятых в данном проекте, удастся снизить шум так как в сравнении с контакторами, частотный преобразователь имеет более низкий уровень шума менее 40 дБ, что удовлетворяет нормам.

Так же он обеспечит плавный пуск двигателя что положительно скажется на характеристиках шума и вибрации двигателя, уменьшит скачки напряжения, а также продлит срок службы электродвигателя.

Пожарная безопасность при модернизации рулевого устройства остаётся на высоком уровне.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проделанной работы были достигнуты результаты:

Проведен анализ рулевых устройств по типу управления и привода. Рассмотрены их достоинства и недостатки. Так же были рассчитаны моменты сил, прилагаемые на баллер руля и вал электродвигателя. В результате чего удалось снизить нагрузку на бортовую сеть посредством установки менее мощного электродвигателя.

Был выбран электродвигатель и система управления в виде преобразователя частоты, который позволил осуществлять плавный пуск и тормоз электродвигателя что снизило просадки напряжения во время многократных включений и выключений приводного двигателя рулевого устройства.

В силу, невысокой стоимости данной модернизации, срок ее окупаемости в течении 6 месяцев позволит получить большую прибыль в короткие сроки.

					<i>ПФВ-04.84.1.110.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		78

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Рулевое устройство [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://fleetphoto.ru/projects/221/> (Дата обращения 15.10.2021)
2. Управляемость судна [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://seaman-sea.ru/teoriya-ustroystva-sudna/121-upravlyaemost.html> (Дата обращения 16.10.2021)
3. Виды управления рулевыми приводами [Электронный ресурс] Режим доступа: https://studopedia.ru/3_202312_vidi-upravleniya-rulevimi-elektroprivodami.html (Дата обращения 17.10.2021)
4. Гидравлическая рулевая машина, конструкция и принцип действия [Электронный ресурс] Режим доступа: https://studopedia.ru/11_9070_gidravlicheskaya-rulevaya-mashina-konstruktsiya-i-printsip-deystviya.html (Дата обращения 18.10.2021)
5. Требования Правил Российского Речного Регистра к рулевому устройству. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://studfile.net/preview/4597375/page:12/> (Дата обращения 15.10.2021)
6. Выбор электродвигателя и расчет его рабочих параметров [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://en-res.ru/stati/vybor-elektrodvigatelya-i-raschet-ego-rabochix-parametrov.html> (Дата обращения 11.11.2021)
7. Асинхронный двигатель [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.ruselectronic.com/induction-motor/> (Дата обращения 12.10.2021)
8. Возбуждение двигателя постоянного тока. Схемы возбуждения. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://electrophysic.ru/elektricheskie-mashinyi/vozbuzhdenie-dvigatelya-postoyannogo-toka.-shemyi-vozbuzhdeniya.html> (Дата обращения 11.10.2021)
9. Регулирование частоты вращения, пуск и торможение электродвигателей переменного тока [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.electroengineer.ru/2013/07/speed-control-start-up-braking-AC-motors.html> (Дата обращения 14.10.2021)

10. Регулирование скорости двигателей постоянного тока [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://electricalschool.info/spravochnik/maschiny/706-regulirovanie-skorosti-dvigatelejj.html> (Дата обращения 15.10.2021)

11. Требования охраны труда при эксплуатации судового электрооборудования [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://sudact.ru/law/prikaz-mintruda-rossii-ot-11122020-n-886n/prilozhenie/x/> (Дата обращения 15.10.2021)

12. Магазин электрооборудования [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://slemz.com.ua/catalogue/elektrodvigatel-5-5-kvt-1500-obmin#tehnicheskie> (Дата обращения 15.10.2021)

13. Магазин электрооборудования [Электронный ресурс] Режим доступа: https://epusk.ru/catalog/altivar_212/chastotnyy_preobrazovatel_altivar_atv212_5_5_kvvt_220v_ip21/#custom_tab (Дата обращения 15.10.2021)

14. Рулевое устройство [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://flot.com/publications/books/shelf/chainikov/35.htm> (Дата обращения 6.11.2021)

15. Рулевое устройство судна [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://seaman-sea.ru/manevrennost-sudna/671-rulevoe-ustrojstvo.html> (Дата обращения 6.11.2021)

16. Расчет моментов сопротивления на баллере руля [Электронный ресурс] Режим доступа: https://sudoremont.blogspot.com/2014/03/blog-post_29.html (Дата обращения 15.10.2021)

17. Как устроены морские суда [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://seaships.ru/steering.htm> (Дата обращения 15.10.2021)

18. Расчет моментов сопротивления на баллере руля [Электронный ресурс] Режим доступа: https://vuzlit.ru/1015614/raschet_momentov_soprotivleniya_ballere_rulya (Дата обращения 6.11.2021)

19. Расчет и построение нагрузочной характеристики электродвигателя рулевого устройства [Электронный ресурс] Режим доступа:

					ПФВ-04.84.110.01ПЗ	Лист
						80
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

https://vuzlit.ru/1015615/raschet_postroenie_nagruzochnoy_harakteristiki_elektrosvyazaniya_rulevogo_ustroystva (Дата обращения 6.11.2021)

20. «Правила обслуживания судового оборудования и ухода за ним», Букин, Е.К., Готгильфом, А.С., Яковлев Г.С. Издательство Ленинград — 1977. –с75.

21. Самулеев, В. И. «Определение мощности судовой электростанции» Издательство ФГБОУ ВПО "ВГАВТ", Нижний Новгород, 2006. –с86.

22. Голомянов, И.С. Путеводитель к "Справочника серийных транспортных судов" (1964-2000 годы, тома 1-11), Издательство Новосибирск, Новосибирская государственная академия водного транспорта (НГАВТ), 2000 – 60с.

23. «Справочник по серийным транспортным судам.» Москва 1978 г, -85с

24. Эффективность проектных решений. Нижний Новгород Издательство ФБОУ ВПО «ВГАВТ» 2014. - с62.

25. Охрана труда на судах, находящихся в эксплуатации. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://sudact.ru/law/prikaz-mintruda-rossii-ot-05062...> (Дата обращения:15.09.2021.)

26. «Электрооборудование судов» Трубаков, А.А., Трошанов, Н.А. Издательство Москва 1972. -с250.

									Лист
									81
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

ПФВ-04.84.1.110.01ПЗ

ПРИЛОЖЕНИЯ

					ПФВ-04.84.110.01ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		82