627.94
В 754

В.В. ВОРОНОВ
В.К. ПЕРФИЛЬЕВ
А.В. ЯЛОВЕНКО

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА СУДОВОЖДЕНИЯ

КОНСТРУКЦИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ

15-7-88/018

Под общей редакцией
Е. Л. СМИРНОВА

Утверждено
Главным управлением
по работе с моряками
загранплавания,
кадров и учебных заведений
Минморфлота
в качестве учебника
для курсантов
судоводительской
(1606)
специальности
вузов



МОСКВА "ТРАНСПОРТ" 1988

БИБЛИОТЕКА
Новосиб... института
инженеров водного транспорта

УДК 629.12.053-83(075.8)

Воронов В. В., Перфильев В. К., Яловенко А. В. Технические средства судовождения: Конструкция и эксплуатация: Учебник для вузов / Под ред. Е. Л. Смирнова. — М.: Транспорт, 1988. — 335 с.

В учебнике рассмотрены принцип действия, устройство, электрические схемы и эксплуатация технических средств судовождения: гирокомпасов «Курс-4» и «Вега», гиротахометра «Галс», магнитных компасов КМО-Т и КМ-145, индукционных лагов ИЭЛ-2М и ИЭЛ-2, эхолотов НЭЛ-5 и НЭЛ М-3Б, авторулевого «Аист».

Учебник написан в соответствии с программой курса «Технические средства судовождения» и предназначен для курсантов судоводительской специальности высших инженерных морских училищ. Он может быть использован курсантами радиотехнической и гидрографической специальностей этих вузов.

Ил. 168, табл. 11, библиогр. 16 назв.

Учебник написали: канд. техн. наук В. В. Воронов — предисловие, гл. 5, 7, 8, параграфы 1.5—1.7; канд. техн. наук В. К. Перфильев — гл. 2—4, параграфы 1.1—1.4, приложение; канд. техн. наук А. В. Яловенко — гл. 6, 9, параграфы 1.8—1.11.

Рецензенты: канд. физ.-мат. наук Е. Ф. Лудченко, канд. техн. наук Ю. Г. Зурабов, К. Ю. Давыдов

Заведующий редакцией Н. В. Глубокова

Редактор З. Д. Лапина

В $\frac{3605040000\text{-}225}{049(01)\text{-}88}$ 191-88

ISBN 5-277-00020-8

© Издательство «Транспорт», 1988

ПРЕДИСЛОВИЕ

Перевод экономики нашей страны на качественно новую техническую основу немыслим без улучшения системы подготовки выпускников высших и средних специальных учебных заведений. Вопросы подготовки кадров для народного хозяйства рассматривались на январском (1987 г.) и февральском (1988 г.) Пленумах ЦК КПСС. Постановлениями Пленумов предусматривается поднять качество подготовки специалистов на уровень современных требований, воспитывать их идейно зрелыми и общественно активными, всемерно развивать вузовскую науку, совершенствовать управление системой высшего образования. В процессе обучения специалистов широкого профиля предусматривается углубленное изучение ими теории и существенное повышение уровня их практической подготовленности к трудовой деятельности.

Успех перевозки грузов и пассажиров на морском флоте зависит от безопасности мореплавания. Обеспечение безопасности мореплавания входит в круг должностных обязанностей капитана морского судна и его помощников. Это значит, что судоводитель должен в совершенстве владеть навигационным оборудованием, доверять ему, однако критически оценивая показания приборов и результаты вычислений.

На современных судах применяются различные технические средства, с помощью которых судоводители получают навигационную информацию. Гирокомпас и магнитный компас служат для определения курса судна, лаг — для измерения скорости и проходимого судном расстояния, эхолот — для получения сведений о глубине моря, авторулевой — для удержания судна на заданном курсе, гиротахометр — для измерения угловой скорости поворота (изменения курса) судна.

Настоящий учебник написан по программе «Технические средства судовождения» высших инженерных морских училищ и соответствует той ее части, которой предусматривается изучение конструкции и эксплуатации навигационных приборов. Теория этих приборов рассматривается в другом учебнике (Е. Л. Смирнов, А. В. Яловенко, А. А. Якушенков «Технические средства судовождения. Теория». Под ред. Е. Л. Смирнова. М.: Транспорт, 1988), продолжением которого является данное издание.

Учитывая специфику эксплуатации навигационных приборов, авторы сочли возможным некоторые величины выражать как в единицах СИ, так и в допустимых внесистемных единицах, например угловую скорость — в рад/с, градус/ч, градус/мин, скорость судна — в м/с, уз.

ЭЛЕМЕНТНАЯ БАЗА ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ СУДОВОЖДЕНИЯ И НОРМАТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

1.1. Трансформаторы, электромагнитные реле и усилительные дроссели

Трансформаторы. Трансформаторы широко применяются в технических средствах судовождения. Чаще всего они используются в качестве преобразователей переменного тока (силовые трансформаторы и автотрансформаторы), элементов усилительных схем (входные, промежуточные и выходные трансформаторы), а также в следящих системах (сигнальные трансформаторы).

Трансформатор состоит из сердечника, каркаса и обмоток. Материалом для изготовления сердечников служит листовая трансформаторная сталь.

Основной характеристикой трансформатора является коэффициент трансформации, равный отношению напряжения первичной обмотки к напряжению вторичной.

На рис. 1.1 дано графическое изображение трансформатора на электрических схемах.

Электромагнитные реле. Эти приборы предназначаются для управления отдельными участками электрических цепей. Электромагнитные реле постоянного тока являются одним из самых распространенных электромагнитных механизмов во всех автоматических устройствах. Они осуществляют включение или переключение электрической цепи под воздействием какого-либо командного сигнала. Чувствительным органом реле, реагирующим на командный сигнал, является электромагнит.

Исполнительный орган реле — одна или несколько пар контактов — приводится в действие с помощью якоря.

Мощные, рассчитанные на большой ток электромагнитные реле, называются контакторами. Нормальное функционирование реле в значительной мере зависит от работы контактной группы. Контакты должны обеспечивать надежное электрическое соединение при замыкании, стабильно работать в течение длительного времени, не давать искры при размыкании.

Выполнение этих требований обеспечивается тщательным наблюдением за состоянием контактов и применением искрогасительных устройств.

Отличие электромагнитных поляризованных реле от обычных заключается в том, что направление перемещения якоря у них зависит от полярности подаваемого на обмотку напряжения. Иными словами, поляризованное реле является реверсивным элементом. Это свойство особенно ценно при использовании реле в качестве исполнительных эле-

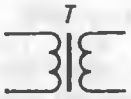


Рис. 1.1

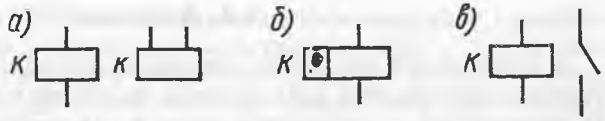


Рис. 1.2

ментов, когда знак подаваемого напряжения определяется знаком рассогласования.

На рис. 1.2, *а — в* даны графические изображения соответственно обмотки реле, обмотки поляризованного реле и реле с замыкающим контактом.

Усилительные дроссели. Такие дроссели используются как составные элементы магнитных усилителей. Наиболее употребительный вариант усилительного дросселя конструктивно оформляют следующим образом: на трехстержневой сердечник из пермаллоя (рис. 1.3, *а*) наматывают две обмотки — управляющую *w1* и рабочую *w2*. Рабочая обмотка получает питание из цепи переменного тока через трансформатор.

Магнитная проницаемость μ пермаллоя изменяется по закону, характеризуемому кривой, показанной на рис. 1.3, *б*.

Подавая на управляющую обмотку небольшой ток подмагничивания $I_п$, доводят значение μ до $μ_п$. Если теперь на эту обмотку поступит даже очень малый постоянный сигнал $I_с$, подлежащий усилению, то магнитная проницаемость пермаллоя резко уменьшится; вместе с тем уменьшится и индуктивность рабочей обмотки *w2*, которая зависит от значения μ. Это повлечет за собой уменьшение полного сопротивления рабочей обмотки и увеличение тока в ней.

Таким образом, с помощью маломощного сигнала постоянного тока, подаваемого на управляющую обмотку, представляется возможным изменять более мощный ток рабочей обмотки. Усилительный дроссель может иметь несколько рабочих обмоток. Графическое изображение дросселя с двумя рабочими обмотками дано на рис. 1.3, *в*.

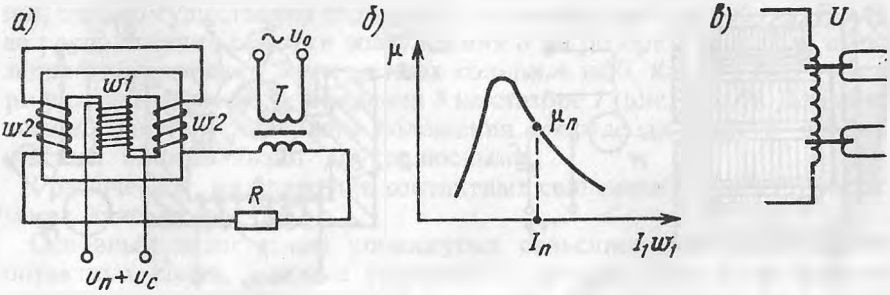


Рис. 1.3

1.2. Двигатели

В технических средствах судовождения получили широкое распространение двухфазные асинхронные двигатели с тонкостенным ротором. Их достоинства — отсутствие щеток и коллектора, незначительный момент инерции ротора — позволяют применять двухфазные двигатели в следящем приводе в качестве исполнительного элемента (рис. 1.4, *а*).

В корпусе *1* двигателя запрессовано железо *4* статора. Статор двигателя имеет две обмотки *2*, которые укладывают в пазы пакета из железных пластин *4* так, чтобы их магнитные оси были взаимно перпендикулярны. Одна из обмоток статора— главная — является возбуждающей и подключается к источнику питания переменного тока с фиксированным напряжением U_0 (рис. 1.4, *б*). Вторая обмотка является управляющей. К ней приложено напряжение $U_у$ переменного тока той же частоты, что и напряжение возбуждения. Питается она через управляющий усилитель. Короткозамкнутый ротор *3* (см. рис. 1.4, *а*) выполнен в виде тонкостенного стакана. Внутри ротора размещается неподвижный сердечник — магнитопровод *5*.

Для нормальной работы двигателя необходимо, чтобы оба напряжения были сдвинуты по фазе на 90° одно относительно другого. В этом случае возникает вращающееся магнитное поле, индуцирующее в стенках ротора токи, которые, взимодействуя с магнитным потоком, обусловливают появление вращающего момента, увлекающего ротор. Для реверсирования ротора достаточно изменить фазу управляющего напряжения $U_у$ на 180°. Это влечет за собой изменение направления вращения поля. Для получения фазового сдвига на 90° между управляющим напряжением и напряжением обмотки возбуждения последовательно одной из обмоток включают конденсатор C (см. рис. 1.4, *б*).

Двухфазный асинхронный двигатель, как и всякий другой, может быть использован как счетно-решающий элемент, работающий в режиме интегратора. Суммарное число оборотов двигателя за время t пропорционально интегралу за это же время от напряжения на управляющей обмотке двигателя.

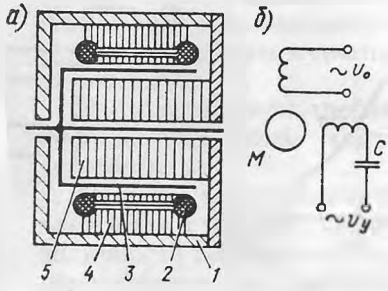


Рис. 1.4

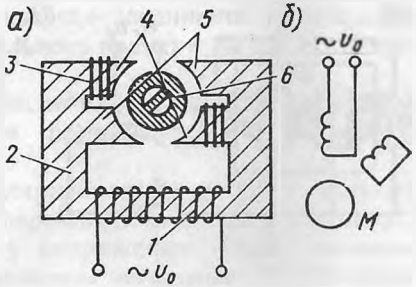


Рис. 1.5

Электродвигатель ДСД-2, используемый в гирокомпасах, представляет собой однофазный синхронный электродвигатель с двумя явно выраженными парами полюсов *4* и *5* на статоре *2* (рис. 1.5, *а*). Обмотка возбуждения *1* электродвигателя питается переменным током напряжением 110 В, частотой 50 Гц.

Короткозамкнутыми витками *3*, имеющимися на полюсах *4* двигателя, создается вращающееся магнитное поле статора. Ротор *6* двигателя увлекается вращающимся полем и вращается вместе с ним. Частота вращения ротора целиком определяется частотой тока питающей сети и при 50 Гц составляет 3000 об/мин. С помощью редуктора часового типа частота вращения ротора понижается в 1500 раз.

На рис.1.5,*б* дано изображение двигателя на электрических схемах.

1.3. Сельсины

В тех случаях, когда требуется передать на некоторое расстояние значение угловой величины, применяют самосинхронизирующуюся систему передачи на однофазном переменном токе. В индикаторных синхронных передачах на сельсинах различают сельсин-датчик и сельсин-приемник.

В конструктивном отношении сельсины представляют собой машины переменного тока. Первичной цепью сельсина является однофазная обмотка возбуждения, создающая магнитный поток, необходимый для работы машины. Вторичная цепь — обмотка синхронизации — состоит из трех обмоток, соединенных способом «звезда». Магнитные оси этих обмоток сдвинуты одна относительно другой на 120°. Обмотка синхронизации сельсина предназначена для индуцирования в ней электродвижущей силы (э. д. с.), пропорциональной углу поворота ротора (режим датчика), или для вращения ротора (режим приемника). Обмотки возбуждения всех сельсинов, входящих в данную систему, подключаются параллельно к источнику однофазного тока. Обмотка синхронизации каждого принимающего замыкается накоротко с обмоткой синхронизации датчика.

Место расположения обмоток не отражается на характеристике машин, однако существенно отражается на надежности их работы. В случае расположения обмотки возбуждения *3* на роторе *2* (рис. 1.6, *а*) последний имеет только 2 контактных кольца, а не 3, как это имеет место при укладке обмотки возбуждения *3* на статоре *1* (рис. 1.6, *б*). Для обеспечения одного устойчивого положения в пределах одного оборота сельсины изготавливают двухполюсными.

Графическое изображение контактных сельсинов на электрических схемах дано на рис. 1,6, *в*.

Основным недостатком упомянутых сельсинов является наличие контактных колец, которые увеличивают момент трения и вследствие этого снижают точность передачи показаний. Контактные кольца и щетки не могут обеспечить надежной эксплуатации сельсинов, так как в

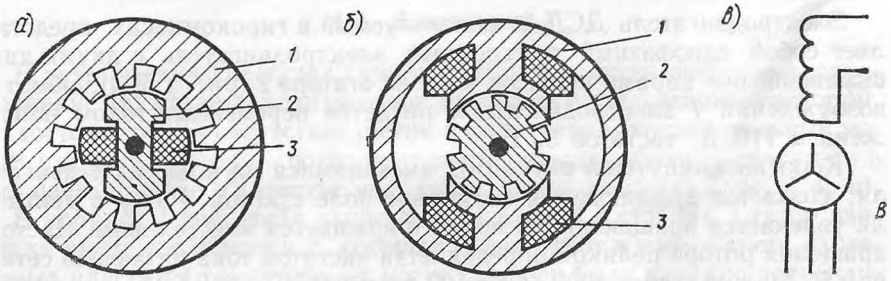


Рис. 1.6

процессе работы они могут обгорать, а это приводит к нарушению контакта и аварийному режиму работы.

Указанные недостатки устранены в бесконтактных сельсинах (рис.1.7, *а*). Статор *3* бесконтактного сельсина служит для укладки в его пазах распределенной обмотки синхронизации *2*, а по торцам — сосредоточенной обмотки возбуждения *1*. Магнитные оси этих обмоток перпендикулярны. Следовательно, обмотка возбуждения, имеющая магнитную ось, направленную вдоль оси ротора сельсина, не оказывает влияния на обмотку синхронизации.

Для осуществления связи между обмотками используют ротор, который не имеет обмоток и состоит из двух половинок *4* специальной формы, собранных из пластин железа и разделенных прокладкой *5* из немагнитного материала. Магнитный поток *6*, подводимый к ротору с помощью обмотки возбуждения, входит в его торцы, а выходит через полюсные выступы, имеющие вид явно выраженных полюсов. При вращении ротора, как и в контактном сельсине, магнитный поток вращается, что создает условия для наведения в обмотке синхронизации э. д. с., зависящей от углового положения ротора.

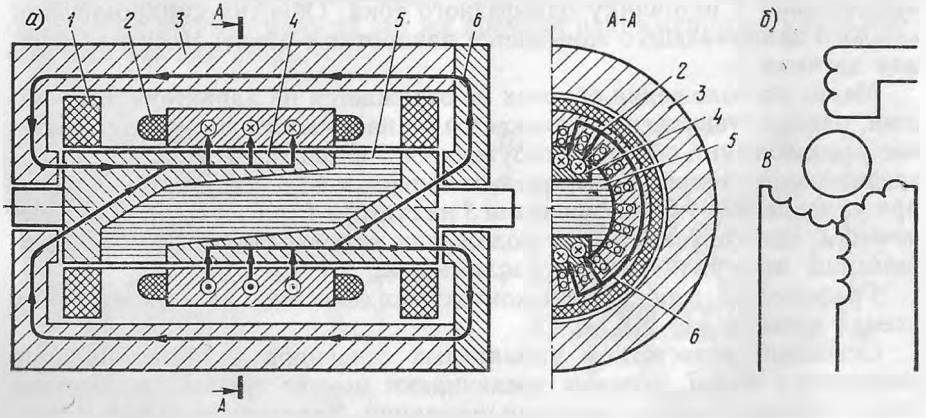


Рис. 1.7

Графическое изображение бесконтактного сельсина на электрических схемах приведено на рис. 1.7, *б*.

Принципиальная схема соединения сельсинов при объединении их в индикаторную синхронную передачу представлена на рис. 1.8. При наличии напряжения на обмотке возбуждения в каждом сельсине возникает пульсирующий магнитный поток. Если обмотки синхронизации сельсинов занимают одинаковое по отношению к магнитным потокам положение, то э. д. с., индуцируемые в замкнутых накоротко обмотках синхронизации каждого сельсина, равны, а токов в этих цепях нет.

При вращении исполнительный двигатель *М* кинематически развернет ротор сельсина-датчика *ВС* на некоторый угол, благодаря чему э.д.с. в обмотках синхронизации изменится и будет отлична от э.д.с. в обмотках принимающего сельсина *ВЕ*. Это обусловливает появление уравнительных токов между обмотками синхронизации сельсинов *ВС* и *ВЕ* и возникновение магнитных потоков обмоток синхронизации. Эти потоки, взаимодействуя с магнитными потоками обмоток возбуждения своих сельсинов, создают вращающие моменты, стремящиеся установить роторы сельсинов в согласованное положение.

Но вращающий момент сельсина-датчика не в состоянии возвратить ротор своей машины в исходное положение, так как ротор механически связан с двигателем *М*. В этих условиях ротор сельсина *ВЕ* вынужден развернуться на такой же угол вслед за ротором сельсина *ВС*. Поэтому вращающий момент, возникающий в принимающем сельсине, называется синхронизирующим.

К одному датчику можно подключить параллельно несколько принимающих сельсинов. При необходимости можно любой из них отключать и это не влияет на работу. схемы.

Иногда синхронная передача на сельсинах применяется для дистанционного управления мощными элементами. В этом случае сельсин-приемник работает в режиме сигнального трансформатора и является датчиком сигнала для следящей системы. Способ соединения сельсинов между собой в случае силовой дистанционной передачи показан на рис. 1.9.

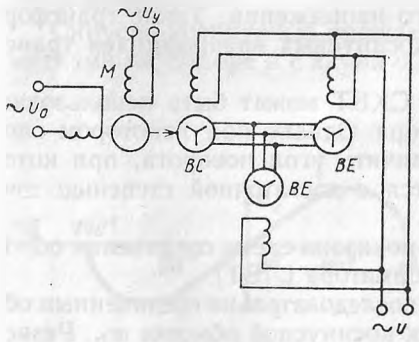


Рис. 1.8

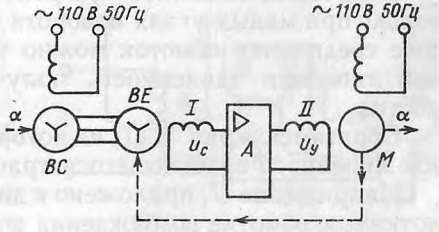


Рис. 1.9

При изменении углового положения ротора сельсина-датчика *BC* на угол α происходит рассогласование этой машины с сельсином-приемником *BE*. В обмотках синхронизации сельсина-приемника *BE* потекут уравнительные токи, индуцирующие в сигнальной обмотке *I* этой машины напряжение U_c сигнала. После усиления этот сигнал подается в виде управляющего напряжения U_y на управляющую обмотку *II* двухфазного исполнительного двигателя *M*. Электродвигатель будет работать до тех пор, пока через кинематическую связь (показанную на рис. 1.9 штриховой линией) не установит ротор сельсина-приемника *BE* в согласованное с ротором сельсина-датчика *BC* положение. Одновременно двигатель *M* разворачивает на угол, пропорциональный α, любые устройства, которые связаны с ним механически.

1.4. Вращающиеся трансформаторы

Вращающийся трансформатор является индукционным счетно-решающим устройством. Конструкция вращающегося трансформатора напоминает конструкцию сельсинов с распределенными обмотками на статоре и роторе. В отличие от обычных трансформаторов вращающийся имеет одну или две неподвижные обмотки, помещаемые на статоре, и одну или две вращающиеся обмотки, расположенные на роторе. Статорные обмотки, как и роторные, укладывают взаимно перпендикулярно.

В целях увеличения надежности работы щетки с кольцами у некоторых типов этих машин заменены ленточными спиралями. Введение ленточных спиралей ограничивает угол поворота до двух оборотов.

К обмотке $w1$, расположенной на статоре (рис. 1.10), приложено напряжение U_1 переменного тока. Со вторичных роторных обмоток w_a и w_b снимаются напряжения U_a и U_b переменного тока, амплитуды которых изменяются по закону синуса и косинуса угла поворота ротора. Другая статорная обмотка $w_к$ предназначена для компенсации вторичного магнитного потока ротора, искажающего синусоидальную (косинусоидальную) зависимость снимаемого напряжения. Такие трансформаторы получили название синусно-косинусных вращающихся трансформаторов (СКВТ).

В качестве линейного устройства СКВТ может быть использован только при малых углах поворота ротора. Однако при некотором способе соединения обмоток можно увеличить угол поворота, при котором линейная зависимость получается с достаточной степенью точности.

Обратимся к рис. 1.11, на котором показана схема соединения обмоток линейного вращающегося трансформатора (ЛВТ).

Напряжение U_1 приложено к двум последовательно соединенным обмоткам: к обмотке возбуждения w_1 и к косинусной обмотке w_b. Резистор $R_н$ нагрузки включается в синусную обмотку w_a. Снимаемое с

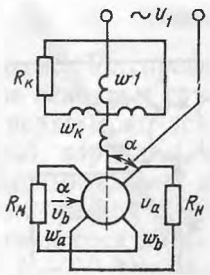


Рис. 1.10

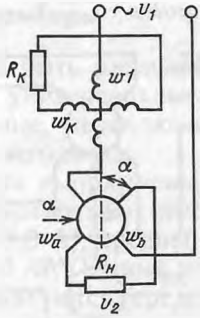


Рис. 1.11

резистора $R_н$ нагрузки напряжение U_2 находится в следующей зависимости от угла поворота ротора:

$$U_2 = \frac{k_1 \sin\alpha}{1 + m\cos\alpha} U_1,$$

где k_1 — коэффициент трансформации.

При значении коэффициента $m = 0{,}54$, характеризующем обмоточные данные ЛВТ, эта функция линейна с точностью до 0,1 % в пределах $\pm 60°$. Кривая снимаемого напряжения U_2 приведена на рис. 1.12.

Если в линейном вращающемся трансформаторе коэффициент $m = 1$, то снимаемое с трансформатора напряжение U_2 пропорционально $\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}$, так как

$$\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2} = \frac{\sin\alpha}{1+\cos\alpha}.$$

Такие вращающиеся трансформаторы называются тангенсными. Чтобы выходное напряжение U_2 было пропорционально tg α, ротор тангенсного вращающегося трансформатора необходимо поворачивать на угол 2α.

Синусно-косинусный вращающийся трансформатор BC с двумя обмотками на статоре и с двумя обмотками на роторе может быть исполь-

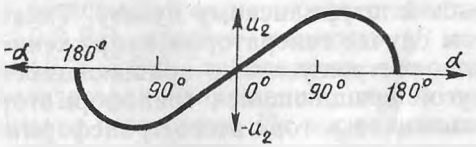


Рис. 1.12

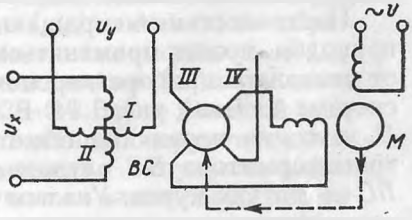


Рис. 1.13

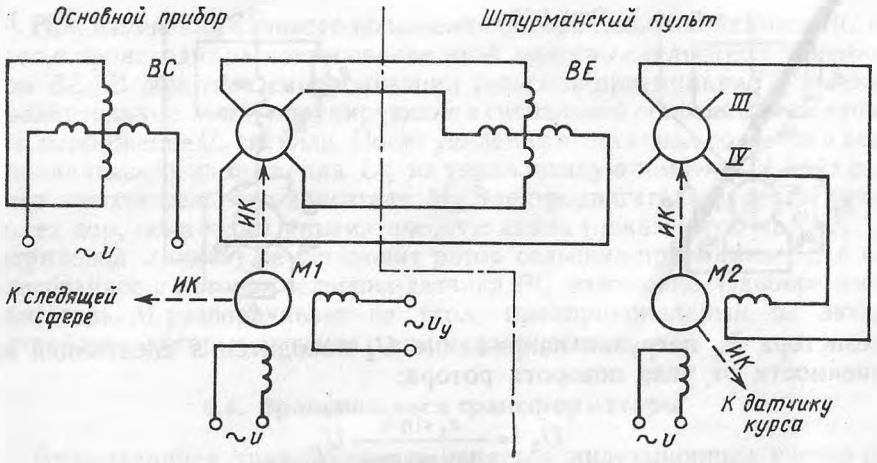


Рис. 1.14

зован для построения вектора по двум его составляющим (рис. 1.13). В этом случае к двум первичным обмоткам *I* и *II* с одинаковыми параметрами приложено 2 напряжения U_x и U_y. Магнитные потоки первичных обмоток образуют общий магнитный поток, пропорциональный значению величины $\sqrt{U_x^2+U_y^2}$.

Если вторичные обмотки вращающегося трансформатора установить так, чтобы ось обмотки *III* была перпендикулярна оси общего магнитного потока, а ось обмотки *IV* совпадала с направлением магнитного потока, то в обмотке *IV* будет наводиться э. д. с., пропорциональная модулю вектора магнитного потока, а в обмотке *III* э. д. с. не будет.

Таким образом, угол поворота ротора укажет направление результирующего вектора.

В реальных схемах угол результирующего вектора автоматически отрабатывается следящей системой. Электродвижущая сила обмотки *IV* подается на исполнительный двигатель *M*, который вращает ротор вращающегося трансформатора до тех пор, пока в обмотке *IV* э. д. с. не станет равной нулю.

Построительный вращающийся трансформатор со следящим приводом может применяться для дистанционной передачи курса от основного прибора гирокомпаса к штурманскому пульту. Такая система дана на рис. 1.14. В этом случае генератором напряжения U_x и U_y на первичных обмотках построительного вращающегося трансформатора *BE* служит другой вращающийся трансформатор *BC* — датчик курса. Угловое положение ротора этого трансформатора определяется исполнительным двигателем *M1* следящей системы гирокомпаса.

1.5. Полупроводниковые приборы

Диоды. Полупроводниковые диоды могут быть разделены на следующие основные группы: выпрямительные, универсальные, импульсные, сверхвысокочастотные (СВЧ), туннельные, переключающие (тиристоры), варикапы, стабилитроны, фото-, светодиоды.

Выпрямительные диоды предназначены для выпрямления переменного тока низкой частоты: 50—2000 Гц. В зависимости от силы тока они подразделяются на диоды маломощные ($i < 0{,}3$ А), средней мощности ($i = 0{,}3 \div 10$ А) и на силовые вентили ($i > 10$ А). Помимо допустимого тока I_{max}, выпрямительные диоды характеризуются предельным обратным напряжением $U_{обр}$.

Выпрямительные диоды малой и средней мощности широко применяются в устройствах радиоэлектронной аппаратуры. Выпускаются выпрямительные блоки, в которых диоды соединены по схеме моста, схеме удвоения напряжения и т. п.

Универсальные диоды используются для выпрямления токов в широком диапазоне частот (до сотен мегагерц). Они применяются в схемах детектирования, модуляции и в схемах других нелинейных преобразований электрических сигналов.

Импульсные диоды, предназначенные для работы в импульсных режимах, находят применение в устройствах вычислительной техники. У таких диодов длительность переходных процессов сведена к минимуму. По быстродействию импульсные диоды делятся на пять групп, причем наиболее быстродействующие имеют время восстановления $\tau_в < < 1$ нс, наименее быстродействующие — 100—500 нс.

Сверхвысокочастотные диоды используют в технике сверхвысоких частот в схемах детекторов, смесительной частоты, модуляторов, переключателей и т. д. Отдельную группу СВЧ-диодов составляют варикапы. Они представляют собой нелинейные конденсаторы, емкость которых зависит от приложенного напряжения. Варикапы используют в схемах автоматической подстройки частоты.

Стабилитроны применяют для стабилизации напряжения. Стабилитрон — это полупроводниковый диод, напряжение на котором в области электрического пробоя слабо зависит от силы тока. Основными параметрами стабилитронов являются напряжение стабилизации $U_{ст}$, минимально допустимый постоянный ток стабилизации I_{min}, максимально допустимый ток стабилизации I_{max} максимальное обратное постоянное напряжение U_{max}, максимальная мощность P_{max}.

В зависимости от мощности стабилитроны делятся на маломощные ($P < 0{,}3$ Вт), средней мощности ($P = 0{,}3 \div 5{,}0$ Вт) и большой мощности ($P > 5$ Вт). Стабилитроны широко применяют в параметрических стабилизаторах напряжения, схемах ограничения импульсов, цепях защиты от перегрузки. Их также используют как элементы согласования уровней потенциала в цепях межкаскадной связи усилителей постоянного тока.

В туннельных диодах используется так называемый туннельный эффект, который вызывает на вольт-амперной характеристике появление отрицательной дифференциальной проводимости. Они отличаются малой потребляемой мощностью и высокими рабочими частотами (до 1000 МГц). Туннельные диоды применяют в усилительных, генераторных и переключающих схемах.

Фотодиод используется как элемент, реагирующий на световой поток: при прохождении через него тока фотодиод испускает световой поток. Напряжение источника питания прилагается к фотодиоду в противоположном направлении. Когда фотодиод не освещен, в цепи проходит обратный ток небольшого значения (1—3 мкА). При освещении фотодиода ток в цепи увеличивается. В широком диапазоне изменений светового потока характеристика фотодиода линейна. Следует отметить, что фотодиод может работать без внешнего источника, т. е. он в какой-то мере является преобразователем световой энергии в электрическую. Фотодиоды применяют в схемах автоматических устройств. Светодиоды нашли широкое применение в индикаторных устройствах цифровой техники, а также в оптикоэлектронных схемах.

Особую группу диодов представляют собой тиристоры, которые относятся к категории управляемых переключающих диодов. Тиристор— это полупроводниковый диод с четырехслойной структурой типа *PNPN* или *NPNP*, имеющий отводы от двух крайних областей и одной внутренней (базовой). Электрод, подключенный к внутренней области, называют управляющим. Изменяя ток управляющего электрода, можно регулировать напряжение переключения. Четко выраженные переключающие свойства тиристоров позволяют использовать их в коммутирующих и релейных устройствах, а также в схемах импульсных усилителей и генераторов релаксационных колебаний.

Основными характеристиками тиристоров являются: напряжение $U_{\text{пер}}$ переключения — значение анодного напряжения, при котором возможно переключение (отпирание) тиристора; ток $I_{\text{упр}}$ управления — минимальный ток в цепи управляющего электрода, при котором тиристор переходит из запертого состояния в открытое; максимально допустимое напряжение U; максимальная мощность P.

Условное графическое обозначение диодов дано на рис. 1.15: общее обозначение (*а*); туннельный диод (*б*); стабилитрон (*в*); варикап (*г*); тиристор с управлением по аноду (*д*); тиристор с управлением по катоду (*е*); фотодиод (*ж*); светодиод (*з*); однофазная мостовая выпрямительная схема (*и*).

Условное буквенно-цифровое обозначение диодов состоит из четырех элементов. Первый элемент — буква или цифра, обозначающая исходный материал: Г или 1 — германий, К или 2 — кремний, А или 3 — арсенид галлия. Второй элемент — буква, указывающая класс или группу приборов: Д — выпрямительные, универсальные и импульсные диоды; В — варикапы; А — СВЧ-диоды; Н — диодные

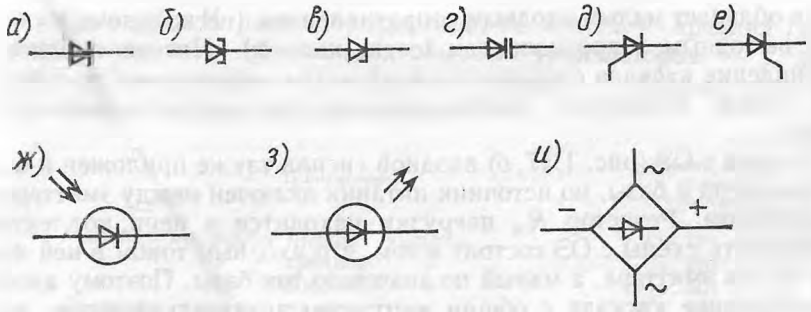


Рис. 1.15

тиристоры; У — тиристоры триодные; И — туннельные диоды; С — стабилитроны; Ц — выпрямительные столбы и блоки. Третий элемент — трехзначное число, указывающее назначение и качественные свойства диода, а также порядковый номер разработки. Например, выпрямительные диоды малой мощности ($I < 0{,}3$ А) — от 101 до 199, средней мощности ($0{,}3 < I < 10$ А) — от 201 до 299, универсальные — от 401 до 499. Четвертый элемент — буква, обозначающая разновидность типа из данной группы диодов.

Пример 1.1. Обозначение диода КД203А расшифровывается так: К — кремний (исходный материал), Д — выпрямительный диод, 203 — диод средней мощности, порядковый номер разработки 03, А — разновидность А.

Полная таблица кода приводится в справочниках. Следует иметь в виду, что полупроводниковые приборы, разработанные до 1973 г., имеют иной принцип кодирования.

Транзисторы. Полупроводниковый прибор, предназначенный для усиления мощности сигнала и имеющий три вывода и более, называется транзистором. Наибольшее распространение получили биполярные транзисторы, у которых два электрических перехода и три вывода: база *Б*, эмиттер *Э* и коллектор *К*. В зависимости от типа электропроводности крайних областей транзистор обладает структурой *PNP* (рис. 1.16, *а*) или *NPN* (рис. 1.16, *б*).

Транзистор используется как четырехполосник, т. е. имеет два входных и два выходных зажима. Один из выводов транзистора является общим для входной и выходной цепей. Различают три варианта включения транзисторов: с общей базой (ОБ), общим эмиттером (ОЭ) и общим коллектором (ОК).

В схеме с ОБ (рис. 1.17, *а*) входной сигнал приложен к выводам эмиттера и базы, а источник питания и резистор $R_н$ нагрузки включены между коллектором и базой. Такая



Рис. 1.16

схема обладает малым входным сопротивлением (несколько ом) и большим выходным сопротивлением (сотни килоом). Низкое входное сопротивление каскада с общей базой является недостатком, поэтому такая схема включения транзистора находит ограниченное применение.

В схеме с ОЭ (рис. 1.17, *б*) входной сигнал также приложен к выводам эмиттера и базы, но источник питании включен между эмиттером и коллектором. Резистор $R_н$ нагрузки находится в цепи коллектора. Особенность схемы с ОЭ состоит в том, что входным током в ней является не ток эмиттера, а малый по значению ток базы. Поэтому входное сопротивление каскада с общим эмиттером значительно выше, чем в схеме с ОБ. Оно исчисляется сотнями ом.

Выходное сопротивление в схеме с ОЭ достаточно велико (десятки килоом). Это позволяет в многокаскадном усилителе на транзисторах по схеме с общим эмиттером обходиться без согласующих устройств между каскадами. Важными достоинствами схемы с общим эмиттером являются большое усиление по току (от 20 до 200) и очень большой коэффициент усиления по напряжению (несколько сотен). Следовательно, мощность сигнала усиливается в несколько тысяч раз. Следует отметить, что в схеме с ОЭ входной и выходной сигналы находятся в противофазе. Схема с ОЭ имеет наибольшее распространение.

Схема ОК (рис. 1.17, *в*) обладает очень высоким входным сопротивлением (сотни килоом), но выходное сопротивление в такой схеме, наоборот, очень мало (несколько десятков ом). Транзисторный каскад с ОК совершенно не усиливает сигнал по напряжению (он его даже немного уменьшает). Схема с ОК имеет ограниченное применение. Она служит для согласования сопротивлений между отдельными каскадами усилителя или между выходом усилителя и низкоомной нагрузкой. В схеме с ОК выходное напряжение находится в фазе с входным. Схема с ОК называется эмиттерным повторителем.

По мощности транзисторы разделяются на транзисторы малой (до 0,3 Вт), средней (от 0,3 до 1,5 Вт) и большой мощности (более 1,5 Вт). По частоте транзисторы делятся на низкочастотные (до 3 МГц), средней частоты (от 3 до 30 МГц) и высокочастотные (более 30 МГц).

Условное обозначение транзистора состоит из четырех элементов. Первый элемент — буква или цифра, обозначающая материал (Г или

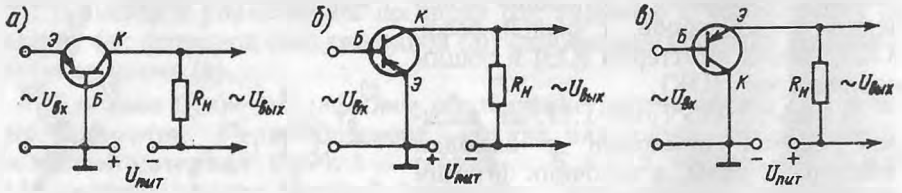


Рис. 1.17

1 — германий, К или 2 — кремний, А или 3 — арсенид галлия). Второй элемент — буква (для обычных транзисторов — Т, для полевых транзисторов — П). Третий элемент — трехзначное число, обозначающее мощность и частоту:

Транзисторы				Третий элемент условного обозначения
Малой	мощности	низкой	частоты	От 101 до 199
»	»	средней	»	» 201 » 299
»	»	высокой	»	» 301 » 399
Средней	»	низкой	»	» 401 » 499
»	»	средней	»	» 501 » 599
»	»	высокой	»	» 601 » 699
Большой	»	низкой	»	» 701 » 799
»	»	средней	»	» 801 » 899
»	»	высокой	»	» 901 » 999

Четвертый элемент — одна или две буквы, показывающие различие некоторых параметров.

Пример 1.2. Условное обозначение транзистора 1Т308А расшифровывается так: 1 — германиевый; Т — транзистор; 308 — малой мощности, высокой частоты; А — разновидности А.

Обычные (биполярные) транзисторы управляются током. Они имеют малое входное сопротивление, что является недостатком. В настоящее время начинают применяться транзисторы с очень большим входным сопротивлением. Они называются *полевыми*, так как управление в них осуществляется электрическим полем, а не током.

Полевой транзистор имеет три вывода: затвор *З*, исток *И*, сток *С*. На рис. 1.18 представлено условное графическое изображение полевых транзисторов: с каналом *N*-типа (*а*); с каналом *P*-типа (*б*); с изолированным затвором обогащенного типа с *P*-каналом (*в*); с изолированным затвором обогащенного типа с *N*-каналом (*г*).

Полевые транзисторы с изолированным затвором находят более широкое применение, так как имеют лучшие электрические свойства и более простую конструкцию. Они получили название металл-диэлектрик-полупроводник-транзисторы, или сокращенно МДП-транзисторы.

Помимо большого входного сопротивления (миллионы килоом), полевые транзисторы имеют другие достоинства: малый уровень шумов, повышенную термостабильность параметров, очень большой коэффициент усиления по току и по мощности.

Полевые транзисторы часто используют в сочетании с биполярными.



Рис. 1.18

Большое входное сопротивление полевого транзистора позволяет легко согласовать каскад на обычных транзисторах с высокоомным датчиком, а низкий уровень шумов дает возможность использовать полевой транзистор во входном каскаде малошумящих усилителей.

У полевых транзисторов есть один недостаток: они легко повреждаются от воздействия даже очень слабых внешних электрических полей. Поэтому при испытании и монтаже этих приборов необходимо принимать особые меры предосторожности.

1.6. Электронные устройства

Усилители. В технических средствах судовождения широко применяются электронные усилители. Они условно делятся на три группы: усилители напряжения, усилители тока и усилители мощности. Основными элементами усилителя являются транзисторы. В зависимости от вида сигналов усилители разделяются на следующие типы: усилители гармонических сигналов, усилители постоянного тока, усилители среднего значения тока (фазочувствительные), импульсные усилители.

Основными каскадами в электронных усилителях напряжения являются *RC*-каскады. Они предназначены для равномерного усиления сигналов в широком диапазоне частот. В качестве нагрузки используется резистор, включаемый в цепь коллектора. На рис. 1.19 показана типичная принципиальная схема *RC*-каскада на биполярном транзисторе, включенном по схеме с общим эмиттером. Каскад содержит переходные (разделительные) конденсаторы *C1* и *C2*, с помощью которых осуществляется связь транзистора *VT1* с источником сигнала $U_{вх}$ и транзистором *VT2* второго каскада.

Конденсаторы также служат для разделения цепей усиливаемого (переменного) тока и постоянного тока. Блокирующий конденсатор *C3* пропускает переменную составляющую тока эмиттера. Резисторы *R1*, *R2*, *R3*, *R4* служат для создания нужного режима работы транзистора по постоянному току и для его температурной стабилизации. Необходимое смещение на базе транзистора создается делителем *R1*, *R2*, а обратная связь по току — резистором *R4*. Емкость конденсатора *C3* выбирают такой, чтобы искажения на низкой частоте были минимальны.

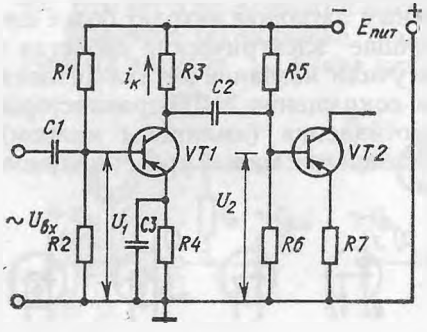


Рис. 1.19

Обратная отрицательная связь в каскаде увеличивает его входное сопротивление и уменьшает коэффициент усиления. Полярность и смещение, создаваемое резисторами *R1*, *R2*, должны быть такими, что-

бы усилитель работал в режиме без нелинейных искажений. Напряжение U_1 изменяется пропорционально входному сигналу $U_{вх}$, и в коллекторной цепи происходит аналогичное изменение тока $i_к$. Ток $i_к$ на резисторе *R3* создает пульсирующее напряжение.

Разделительный конденсатор *C2* пропускает на вход следующего каскада только переменную составляющую коллекторного напряжения. Амплитуда этого напряжения во много раз превышает значение входного сигнала. Наблюдается эффект усиления. Благодаря смещению эмиттерный переход транзистора всегда открыт, поэтому во входной цепи протекает ток (постоянная составляющая). Экономичность транзисторного усилителя определяется силой постоянного тока $i_к$ при отсутствии сигнала $U_{вх}$. Напряжение источника питания, энергия которого используется для усиления полезного сигнала, выбирают в пределах от нескольких вольт до нескольких десятков вольт.

Выходным сигналом каскада является напряжение U_2. Оно подается на вход следующего каскада (между базой и эмиттером транзистора *VT2*).

Коэффициент усиления каскада по напряжению равен отношению выходного и входного сигналов: $K = U_{вых}/U_{вх}$.

Наряду с конденсаторами в транзисторных усилителях находят применение трансформаторы как разделительные элементы между каскадами.

Трансформаторная связь позволяет: исключить постоянную составляющую; получить максимальный отбор мощности; обеспечить инверсию фазы сигнала; согласовать выход предыдущего каскада со входом последующего. На рис. 1.20 даны схемы трансформаторных каскадов с последовательным (рис. 1.20, *а*) и параллельным (рис. 1.20, *б*) включением трансформаторов. К недостаткам трансформаторной связи по сравнению с емкостной следует отнести увеличение размеров и массы приборов, а также больший уровень помех от внешних магнитных полей.

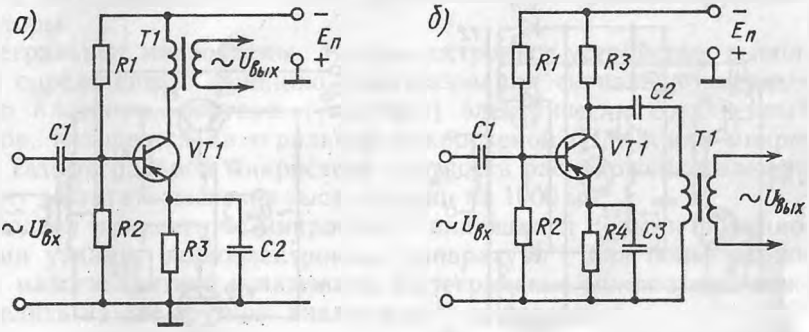


Рис. 1.20

В схемах навигационных приборов, например, в эхолотах, применяют *избирательные* (резонансные) *усилители*. Они имеют узкую полосу пропускания и усиливают сигнал только в пределах заданной полосы частот. Особенностью таких усилителей является наличие колебательного контура в отдельных каскадах.

Для усиления колебаний прямоугольной или иной формы, а также кратковременных импульсов используют *импульсные усилители* (видеоусилители). Напряжение импульса прямоугольной формы скачком достигает амплитудного значения, некоторое время сохраняется неизменным, а затем скачком падает до нуля. Длительность усиливаемых импульсов исчисляется микросекундами, а частота следования — от единиц до миллионов герц.

Импульсные усилители работают в ключевом режиме и имеют широкую полосу пропускания (в идеале от нуля до бесконечности). В таких схемах применяют элементы высоко- и низкочастотной коррекции.

Помимо транзисторов, в импульсных усилителях широко применяют тиристоры (управляемые диоды), которые обладают большими коэффициентами усиления мощности.

В устройствах автоматики применяются фазочувствительные усилители (ФЧУ). В таких усилителях среднее значение выпрямленного (постоянного) тока на выходе пропорционально переменному напряжению входного сигнала, причем направление (знак) выходного тока зависит от фазы входного напряжения. Фазочувствительные усилители можно рассматривать как управляемые выпрямители. Питание ФЧУ может осуществляться переменным током. Для ограничения обратного тока в транзисторе в его коллекторную цепь включают один или два диода. Таким образом, питающее напряжение носит пульсирующий характер.

На рис. 1.21 представлена типичная схема двухполупериодного ФЧУ, выход которого подключен к исполнительному двигателю *M1*. Трансформатор *T1* служит для передачи входного напряжения на транзисторы *VT1* и *VT2*, а трансформатор *T2* — для питания усилителя.

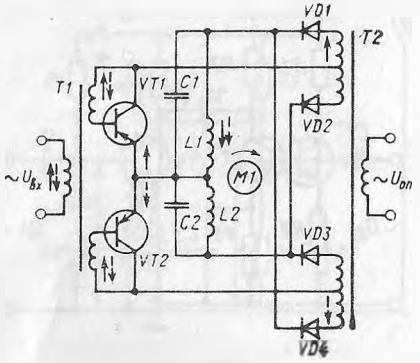


Рис. 1.21

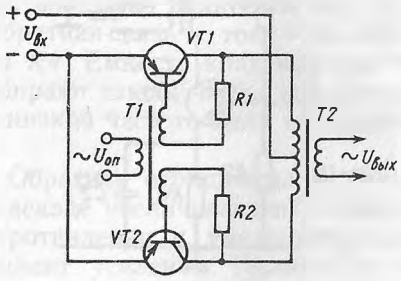


Рис. 1.22

Следует отметить, что в фазочувствительных усилителях напряжение сигнала и опорное напряжение (в данной схеме — напряжение питания) $U_{оп}$ должны формироваться синхронно от одного и того же источника.

Нагрузкой усилителя является обмотка двигателя *M1*. Транзисторы *VT1* и *VT2* открываются поочередно, но в каждый полупериод работает одна и та же обмотка двигателя *L1*. При перемене фазы входного сигнала включается другая обмотка (*L2*), и двигатель начнет вращаться в противоположную сторону. В настоящее время разработано много схем ФЧУ. В некоторых схемах питание осуществляется постоянно током, а трансформатор *T2* используется только для подачи в схему опорного напряжения.

Модуляторы и демодуляторы. Модулятор — устройство для преобразования входного медленно изменяющегося (или постоянного электрического сигнала в сигнал более высокой частоты. Демодулятор — устройство для выделения низкочастотного сигнала из модулированного колебания.

Модуляторы и демодуляторы бывают амплитудные, частотные, фазовые и импульсные. Электронные схемы модуляторов и демодуляторов выполняются на транзисторах или диодах.

На рис. 1.22 дана простейшая схема двухполупериодного модулятора, собранного на транзисторах *VT1* и *VT2*. Трансформатор *T1* (опорное напряжение) управляет отпиранием и запиранием транзисторов, работающих в ключевом режиме. На вторичной обмотке трансформатора *T2* образуется ток переменного напряжения опорной частоты, по фазе и амплитуде соответствующий полярности и значению входного сигнала $U_{вх}$.

Схемы модуляторов и демодуляторов обратимы, т. е. модулятор можно использовать в качестве демодулятора. Особенностью полупроводниковых модуляторов является наличие на их выходе некоторого нулевого сигнала при отсутствии входного напряжения из-за неполного закрытия (или открытия) транзисторов. Для уменьшения нулевого уровня в этих схемах применяют дополнительные (компенсирующие) транзисторы.

Интегральные микросхемы. Микроэлектронное устройство, выполняющее определенную функцию преобразования сигнала и имеющее высокую плотность монтажа (упаковки) электрически соединенных элементов, называется интегральной микросхемой (ИМС), или микросхемой. В интегральной микросхеме плотность расположения элементов может достигать десятков тысяч единиц на 1000 мм^3.

Благодаря применению микросхем, являющихся целыми функциональными узлами, радиоэлектронная аппаратура стала более экономичной, малогабаритной и надежной. Интегральные микросхемы можно разделить на две группы: аналоговые и цифровые.

Аналоговые интегральные микросхемы служат для усиления сигналов низкой и высокой частоты, генерирования колебаний, других пре-

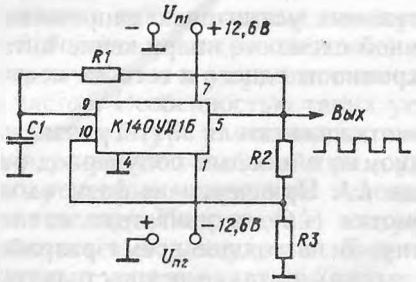


Рис. 1.23

образований сигналов, изменяющихся по закону непрерывной функции. *Цифровые интегральные микросхемы* предназначены для преобразования и обработки сигналов, изменяющихся по закону дискретной функции. Цифровые микросхемы применяют в вычислительных машинах, устройствах дискретной обработки информации, приборах автоматики. Активные элементы в цифровых микросхемах работают в ключевом режиме. Существует промежуточная категория *цифроаналоговых интегральных микросхем*, которые получают сигналы в цифровой форме и преобразуют их в сигналы в аналоговой форме или наоборот.

Условное обозначение микросхемы состоит из пяти элементов. Первый элемент — буква, показывающая степень, распространенности микросхемы (К — широкое применение микросхемы). Второй элемент — трехзначное число, обозначающее номер серии микросхем; в нем первая цифра обозначает группу микросхемы (1,5, 7 — полупроводниковые; 2,4,6, 8 — гибридные; 3 — пленочные); две последующие цифры обозначают порядковый номер разработки (от 01 до 99). Третий элемент — двухбуквенный код, обозначающий функциональное назначение микросхемы. Четвертый элемент — цифра маркировки в данной разработке. Пятый элемент — дополнительный элемент маркировки.

Пример 1.3. Условное обозначение интегральной микросхемы К140УД2А расшифровывается так: К — широкое применение микросхемы; 140 — номер серии микросхем (1 — группа полупроводниковых микросхем; 40 — порядковый номер разработки); УД — операционный усилитель; 2 — цифровой элемент маркировки в данной разработке; А — дополнительный (буквенный) элемент маркировки.

Первая буква двухбуквенного кода обозначает: А — формирователи; Б — схемы задержки; Г — генераторы; Д — детекторы; Е — вторичные источники питания; Ж — многофункциональные микросхемы; И — элементы арифметических и дискретных устройств; К — коммутаторы и ключи; Л — логические элементы; М — модуляторы; Н — наборы элементов; П — преобразователи; Р — элементы запоминающих устройств; Т — триггеры; У — усилители; Ф — фильтры; Х — многофункциональные микросхемы; Ш — линии задержки; Я — запоминающие устройства.

Пример 1.4. Двухбуквенный код для отдельных микросхем: ИВ — шифраторы; ИД — дешифраторы; ИК — счетчики; ИМ — сумматоры; ЛА — элемент И — НЕ; ЛБ — элемент И — НЕ, ИЛИ — НЕ; ЛЛ — элемент ИЛИ; НД — набор диодов; НЕ — набор конденсаторов; ТЛ — триггер Шмитта; УБ — видеоусилитель; УВ — усилитель высокой частоты; УД —

операционный усилитель; УН — усилитель низкой частоты; УТ — усилитель постоянного тока.

На рис. 1.23 дана схема генератора прямоугольных импульсов, собранная на интегральной микросхеме К140УД1Б. Питание ИМС осуществляется от двух источников постоянного тока $U_{п1}$ и $U_{п2}$. Из двенадцати отводов микросхемы в данной схеме используются только шесть (*1*, *4*, *5*, *7*, *9*, *10*).

Микросхемы типа К140УД1 находят широкое применение в электронных устройствах технических средств судовождения. Например, в индукционном лаге ИЭЛ-2М такие ИМС используются в качестве усилителей измерительного и опорного каналов.

1.7. Элементы импульсных и цифровых устройств

Все импульсные и цифровые устройства можно подразделить на пять групп: устройства и цепи для передачи импульсов; устройства, формирующие импульсные сигналы; генераторы импульсов; схемы пуска, синхронизации и деления частоты; логические схемы.

Электронные ключевые схемы. В большинстве импульсных устройств имеются ключевые схемы, предназначенные для коммутации цепи нагрузки с помощью управляющих электрических сигналов. Основу любого электронного ключа составляет полупроводниковый прибор (диод или транзистор), работающий в нелинейном ключевом режиме.

На рис. 1.24 представлена схема простейшего транзисторного ключа. Резистор нагрузки *R2* включен в коллекторную цепь, а управляющее напряжение (положительный прямоугольный импульс) подается в цепь базы. В ключевых схемах применяются транзисторы с высоким быстродействием. Под влиянием положительного прямоугольного импульса транзистор переходит в режим насыщения (ключ замыкается). Через резистор нагрузки проходит максимальный ток. При отсутствии положительного импульса в цепи базы транзистор переходит в закрытое состояние (режим отсечки). Ток в цепи коллектор — эмиттер прекращается.

Триггеры. Устройство, имеющее два устойчивых состояния равновесия и способное скачкообразно переходить из одного состояния в другое под воздействием внешнего управляющего сигнала, называется триггером. Простейший триггер — это двухкаскадный усилитель постоянного тока со 100%-ной обратной связью (рис. 1.25), собранный на двух транзисторах. Оба транзистора работают в ключевом режиме. Такой триггер можно рассматривать как схему с двумя последовательно включенными транзисторными ключами, причем выходное напряжение первого

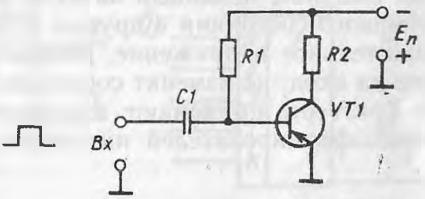


Рис. 1.24

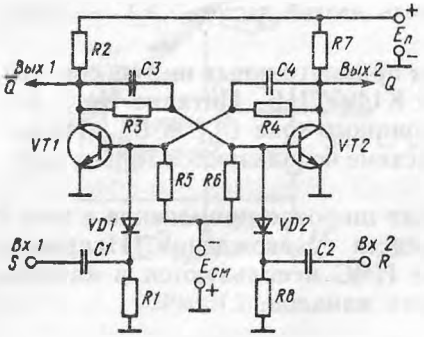


Рис. 1.25

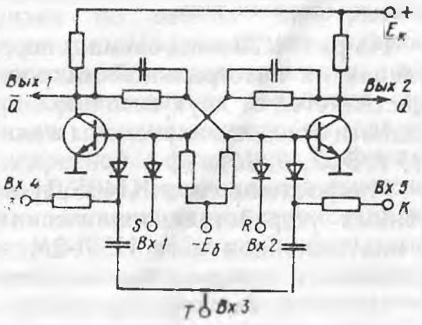


Рис. 1.26

ключа управляет вторым ключом, а выходное напряжение второго — первым.

По функциональному признаку различают два способа пуска триггеров: раздельный и счетный.

При раздельном запуске (см. рис. 1.25) импульсы подаются через отсекающие диоды *VD1* и *VD2* на базы транзисторов поочередно. Триггер с раздельным запуском называется *RS*-триггером [1]. При счетном (непрерывном) запуске триггера конденсаторы *C1* и *C2* соединяют вместе и на общий вход, обозначаемый буквой *T*, подаются импульсы, имеющие одну и ту же полярность. Триггеры со счетным запуском называются *T*-триггерами. Если снимать импульсы с одного из выходов, то их частота оказывается вдвое меньше, чем частота импульсов, подаваемых на вход триггера. Поэтому *T*-триггеры применяют в делителях числа импульсов, в счетчиках импульсов.

Широкое распространение получил универсальный *JK*-триггер (рис. 1.26). Он имеет 5 входов, которые обозначаются буквами: *R*, *S*, *T*, *J*, *K*. *JK*-триггер может работать, как обычный *RS*-триггер, при этом дополнительные входы используются для начальной установки триггера в нулевое состояние, в которое необходимо привести все триггеры в начале работы цифрового устройства. Входы *J* и *K* значительно расширяют возможности схемы триггера. Если вначале на некотором отрезке времени на входы *J* и *K* подано напряжение логического «0», то *JK*-триггер работает как обычный *T*-триггер: каждый отрицательный импульс, поданный на вход, перебрасывает триггер из одного устойчивого состояния в другое. Если затем подать на входы *J* и *K* положительное напряжение, равное $E_к$, то никакие сигналы, поступающие на вход, не изменят состояние триггера.

Триггеры применяют в качестве электронных реле, пересчетных ячеек, формирователей импульсов, различных элементов цифровых

[1] *RS*-триггер — от английских слов: reset — сбрасывать, set — устанавливать.

ЭВМ. Триггерные схемы в настоящее время широко используются в технических средствах судовождения. Они являются надежными полупроводниковыми приборами, их нормальная работа не нарушается при изменении параметров транзисторов и температуры окружающей среды.

На рис. 1.27 дано условное графическое обозначение триггеров: *RS*-триггера (*а*); *T*-триггера (б); *JK*-триггера (*в*). Символ *T* обозначает, что схема работает как триггер.

Условное обозначение микросхемы состоит из четырех или пяти элементов.

Первый элемент — буква (К), обозначающая степень распространенности триггера, или двухбуквенное сочетание (КМ, КР), характеризующее условия приемки микросхем на заводе-изготовителе. Второй элемент — трехзначное число, обозначающее номер серии; в нем первая цифра обозначает группу микросхемы в соответствии с технологией изготовления (1,5,7 — полупроводниковые; 2,4,6,8 — гибридные; 3 — пленочные); две последующие цифры обозначают порядковый номер разработки. Третий элемент — двухбуквенный код, характеризующий функциональное назначение микросхемы. Четвертый элемент — сочетание двузначного числа с буквой, представляющее собой дополнительный технологический номер разработки, расшифровка которого дается в заводской технической документации.

Пример 1.5. Условное обозначение микросхемы К531ТВ11П расшифровывается так: К — широкое применение данного устройства; 531 — номер серии (5 — группа полупроводниковых микросхем, 31 — порядковый номер разработки); ТВ — универсальный триггер (типа JK); 11П — дополнительный технологический номер разработки, расшифровка которого дана в заводской технической документации.

Двухбуквенный код обозначает: TD — динамический; ТК — комбинированный (типа RST); ТЛ — триггер Шмитта (преобразователь синусоидальных колебаний в прямоугольные импульсы — несимметричный триггер, пороговый элемент); ТМ — триггер D-типа (элемент задержки); ТР — триггер с раздельным запуском (типа RS); ТТ — триггер со счетным запуском (типа Т); ТП — прочие триггеры.

Мультивибраторы. Генератор прямоугольных импульсов называется мультивибратором. Так же как схема триггера, схема мульти-

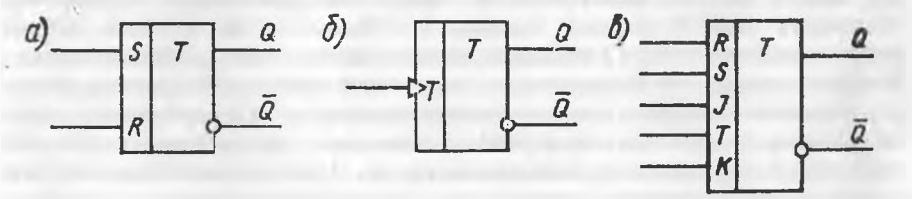


Рис. 1.27

вибратора имеет два транзистора, работающих в ключевом режиме, но в отличие от триггера ключи воздействуют один на другой не непосредственно, а через времязадающие *RC*-цепочки. Мультивибратор характеризуется двумя временноустойчивыми состояниями. Через определенные промежутки времени без какого-либо внешнего воздействия (вследствие внутренних процессов) происходит «переброс» схемы из одного состояния в другое. Мультивибраторы могут работать в одном из трех режимов: в режиме автоколебаний, в ждущем режиме и в режиме синхронизации (деления частоты).

В *ждущем режиме* одно состояние равновесия (исходное) — устойчивое, второе — квазиустойчивое. Перевод схемы в квазиустойчивое состояние осуществляется внешним запускающим импульсом, а возврат схемы в исходное состояние происходит вследствие внутренних процессов. Частота выходных импульсов ждущего мультивибратора равна частоте входных. Ждущий мультивибратор (ЖМВ) также называют одновибратором.

В *режиме синхронизации* работой автоколебательного мультивибратора управляет синусоидальный или импульсный генератор синхронизирующего напряжения.

Ждущие мультивибраторы применяют для получения определенного временного интервала, начало и конец которого фиксируются соответственно фронтом и спадом генерируемого прямоугольного импульса, а также для расширения импульсов и для деления частоты повторения импульсов.

Ждущие мультивибраторы выполняют в различных вариантах: на транзисторах с применением конденсаторов и резисторов; на интегральных микросхемах с элементами задержки; на операционных усилителях; на туннельных диодах.

1.8. Международные требования к оборудованию судов техническими средствами судовождения

На современных судах используется ряд навигационных приборов, которые служат для обеспечения безопасности и мореплавания. Основным документом, который регламентирует укомплектование судов навигационными приборами, является Международная конвенция по охране человеческой жизни на море (СОЛАС — 74). Эта конвенция вступила в силу 25 мая 1980 г. В 1981 г. Международная морская организация (ИМО) приняла поправки к СОЛАС—74. В этих поправках в текст правила 12 «Судовое навигационное оборудование» главы V «Безопасность мореплавания» включены требования, связанные с установкой на судах навигационных приборов. Принятые поправки вступили в силу 1 сентября 1984 г. Начиная с этого момента навигационное оборудование, устанавливаемое на судах, должно иметь технические характеристики не ниже тех, которые установлены в указанных документах.

Рассмотрим технико-эксплуатационные требования к основным навигационным приборам: гирокомпасу, измерителю угловой скорости поворота судна, эхолоту и лагу.

Технико-эксплуатационные требования ИМО к *гирокомпасам* сводятся к следующему.

Гирокомпас должен обеспечивать определение положения диаметральной плоскости судна относительно истинного меридиана.

При толковании требований, предъявляемых к гирокомпасу, необходимо исходить из следующих определений:

а) термином «гирокомпас» обозначают все приборы, входящие в комплект компаса;

б) «истинный курс» — это горизонтальный угол между нордовой частью истинного меридиана и диаметральной плоскостью судна, отсчитываемый от 0 до 360° по часовой стрелке;

в) считается, что компас «пришел в меридиан», если значения любых трех отсчетов курса, взятые через 30 мин, различаются не более чем на 0,7° на неподвижном судне, не имеющем крена и дифферента;

г) «установившийся курс» — это среднее значение из десяти отсчетов, взятых через 20 мин после прихода гирокомпаса в меридиан;

д) «установившаяся погрешность» гирокомпаса — это разность между установившимся и истинным курсом;

е) остальные погрешности, которые может иметь гирокомпас, определяются как разность между отсчетом курса и установившимся курсом.

Картушка курсоуказателя (репитера) должна быть градуирована через один градус или часть градуса. Каждые 10 градусов отмечаются цифрами от 0 до 360° по часовой стрелке. Освещение репитера должно быть достаточным для съема показаний курса в любое время суток. Яркость подсветки необходимо регулировать.

На неподвижном судне, а также при бортовой и килевой качке с периодом колебаний от 6 до 15 с, амплитудой 5° и максимальном горизонтальном ускорении 0,22 $м \cdot с^{-2}$ в широтах до 60° гирокомпас должен приходить в меридиан не более чем за 6 ч после включения.

Установившаяся погрешность гирокомпаса при плавании судна с постоянной скоростью на любом постоянном курсе не должна превышать $\pm 0{,}75° \sec \varphi$. Среднеквадратическая ошибка, характеризующая зону устойчивости гирокомпаса в меридиане, может быть не более $0{,}25° \sec \varphi$. Изменение показаний компаса от пуска к пуску допускается до $0{,}25° \sec \varphi$.

Необходимо, чтобы компас надежно работал при воздействии вибрации, влажности, колебаний температуры в тех пределах, которые могут быть в месте установки прибора, а также в переменном магнитном поле. При этом установившаяся погрешность компаса может изменяться не более чем на $1° \sec \varphi$. В широтах до 60°:

а) остаточная скоростная девиация после ее компенсации не должна превышать $\pm 0{,}25° \sec \varphi$;

б) инерционная девиация, вызванная быстрым изменением скорости судна, не может быть более $\pm 2°$;

в) инерционная девиация при быстром изменении курса судна на 180° (скорость 20 уз) допускается до $\pm 3°$;

г) при бортовой качке с амплитудой 20°, килевой качке с амплитудой 10° и рыскании 5° с периодом от 6 до 15 с и максимальном горизонтальном ускорении до 1 $м \cdot с^{-2}$ погрешность в показаниях курса должна быть не более $1° \sec \varphi$. Для соблюдения этого требования необходимо правильно выбирать место установки основного прибора.

Рассогласование репитера с основным прибором допускается не более чем $\pm$ 0,5°.

Судовое электропитание должно обеспечивать непрерывную работу гирокомпаса. Каждый прибор компаса необходимо защитить от изменения токов и напряжений, перегрузок в переходных режимах, а также от случайного изменения полярности питающего напряжения. При наличии нескольких источников питания нужно обеспечить возможность быстрого переключения гирокомпаса с одного из них на другой.

Устанавливая гирокомпас на судне, необходимо принять меры для исключения электромагнитного взаимодействия компаса с другим судовым оборудованием. На каждом приборе компаса должно быть указано, на каком расстоянии от главного или путевого магнитного компаса он может быть установлен.

Шум, создаваемый приборами гирокомпаса, не должен заглушать сигналы, от которых может зависеть безопасность судна.

Основной прибор гирокомпаса и репитеры для пеленгования необходимо устанавливать параллельно диаметральной плоскости судна с погрешностью $\pm 0,5°$. Курсовую черту и центр картушки нужно располагать в одной вертикальной плоскости.

Гирокомпас должен иметь корректор скоростной девиации и сигнализацию об основных неисправностях приборов.

Необходимо предусмотреть выработку информации о курсе для других навигационных приборов: радиолокационной станции (РЛС), радиопеленгатора, авторулевого.

Техническая документация гирокомпаса должна содержать данные, необходимые для эффективного обслуживания прибора. На оборудовании должны быть нанесены данные об изготовителе, а также тип и номер прибора. При монтаже приборов на судне нужно предусмотреть свободный доступ к ним с целью обслуживания.

На заседании ИМО 17 ноября 1983 г. была одобрена резолюция А.526(13), в приложении к которой сформулированы следующие требования к *индикаторам угловой скорости*.

Устройство должно вырабатывать информацию об угловой скорости поворота судна вправо и влево.

Прибор может быть автономным, являться частью какого-то оборудования или получить информацию от другого устройства.

Информация об угловой скорости поворота судна должна быть обеспечена аналоговым репитером с нулем в центре шкалы (предпочтительно круглой). Если применяется круглая шкала, то нуль отсчета располагается наверху. При появлении угловой скорости стрелка индикатора должна отклоняться от нуля в сторону поворота судна. Если действительная угловая скорость выходит за пределы шкалы, это необходимо четко видеть на индикаторе. Размеры шкалы в каждую сторону от нуля должны быть не менее 120 мм. Чувствительность системы должна быть такой, при которой изменение угловой скорости на 1°/мин приводило бы к перемещению стрелки указателя по его шкале не менее чем на 4 мм. Дополнительно к аналоговому может быть установлен цифровой индикатор. Он должен выдавать информацию о стороне поворота судна.

В приборе необходимо иметь линейную шкалу в диапазоне угловых скоростей не менее ±30°/мин с оцифровкой через 10°/мин. Могут быть предусмотрены дополнительные цифровые шкалы.

Индикатор угловой скорости должен иметь демпфирование с регулируемой постоянной времени в пределах от 0 до 10 с. Угловая скорость может измеряться с погрешностью не более чем 0,5° ± 5 % показаний прибора.

В эту погрешность входит дополнительная погрешность, вызванная вращением Земли.

Бортовая качка с амплитудой ± 5° и периодом до 25 с, а также килевая качка с амплитудой ± 1° и периодом до 20 с не должны привести к изменению показаний прибора более чем на 0,5°/мин. Требуемую точность измерения угловой скорости поворота судна необходимо обеспечить на скоростях судна до 10 уз. Измеритель угловой скорости должен быть готов к работе не более чем через 4 мин после включения. В составе измерителя угловой скорости нужно иметь устройство, сигнализирующее о том, что прибор работает.

Подключение прибора к другим системам и устройствам не должно изменять их характеристик.

Общие технические требования ИМО к *навигационным эхолотам* заключаются в следующем.

Навигационные эхолоты, устанавливаемые на суда в соответствии с правилом 12 главы V Международной конвенции по охране человеческой жизни на море, должны выдавать надежную информацию о глубине под килем судна.

Эхолот должен обеспечивать измерение глубин под килем судна в пределах от 2 до 400 м. Прибор должен иметь минимум два диапазона. Один диапазон должен охватывать все глубины (до 400 м), а другой обеспечивать измерение малых глубин (МГ) в пределах одной десятой максимальной глубины (до 40 м). Цена деления шкалы указателя глубин не должна быть менее 2,5 мм на 1 м глубины для диапазона малых глубин и не должна быть менее 0,25 мм на 1 м глубины для диапазона больших глубин.

Основным индикатором глубины должен быть тот, который обеспечивает запись глубины (самописец). В комплект могут входить и другие индикаторы (указатель, цифровой указатель), если они не влияют на работу основного индикатора (самописца). Размеры окна самописца должны быть достаточными для того, чтобы в течение 15 мин обеспечивалось наблюдение за записываемой глубиной.

Когда до конца рулона бумажной ленты остается расстояние, равное одной десятой общей длины ленты, на бумаге должна быть видна метка, предупреждающая о необходимости замены бумаги в самописце. Подсветка органов управления и шкал индикаторов должна быть достаточной для снятия показаний глубины и настройки приборов. Освещенность этих устройств необходимо регулировать.

Частота индикации должна быть не менее 12 показаний в минуту.

С учетом скорости звука в воде, равной 1500 м·с$^{-1}$, точность измерения глубины эхолотом должна быть в диапазоне малых глубин ± 1 м, в диапазоне больших глубин $\pm$ 5 м. Допустимая погрешность в значении измеренной глубины не должна составлять более 5 % значения измеренной величины. Эхолот должен надежно измерять глубину с требуемой точностью при бортовой качке $\pm 10°$ и при килевой качке $\pm$ 5°.

Схема эхолота должна быть работоспособной при тех колебаниях напряжения судовой сети, которые обычно бывают. Необходима защита эхолота от токов перегрузки, неустойчивых режимов энергоснабжения и случайного изменения полярности питающего напряжения. Если предусмотрено питание приборов от нескольких источников, необходимо предусмотреть устройство для быстрого переключения прибора с одного источника на другой.

В комплекте приборов эхолота нужно иметь устройство для защиты другого судового оборудования от радиопомех, возникающих в схеме эхолота при его работе. Механический шум от работы приборов эхолота не должен мешать прослушиванию других сигналов, от которых зависит безопасность судна.

Каждый прибор, входящий в комплект эхолота, должен иметь маркировку, указывающую, на каком минимальном расстоянии от главного или путевого магнитного компаса этот прибор может быть установлен.

Все приборы эхолота должны быть пригодны к продолжительной эксплуатации в условиях качки, вибрации, влажности и температуры (которые могут изменяться при длительном плавании судна). На всех приборах необходимо указывать название завода-изготовителя, а также тип и номер прибора.

Конструктивное исполнение приборов должно быть таким, при котором обеспечивается легкий доступ ко всем его блокам для ремонта.

Эхолот, устанавливаемый на судно, должен быть снабжен технической документацией, содержащей сведения, необходимые судовому персоналу для эффективной эксплуатации и надежного обслуживания приборов.

Основные технические требования ИМО к судовым *измерителям скорости и пройденного расстояния* (лагам) сводятся к следующему.

Устройства для указания скорости и пройденного расстояния предназначаются для обычных навигационных целей. Они должны вырабатывать информацию о пройденном расстоянии и скорости переднего хода судна относительно грунта или воды. Это оборудование должно надежно работать на переднем ходу во всем диапазоне скоростей на глубинах более 3 м под килем судна.

Информация о скорости судна может представляться в аналоговом или цифровом виде. При использовании цифрового указателя глубины показания скорости должны изменяться через 0,1 уз. Деления шкалы аналогового указателя скорости должны составлять 0,5 уз. Через каждые 5 уз должна быть оцифровка. Если лаг обеспечивает измерение скорости и переднего, и заднего хода судна, то на указателе скорости должна быть надежная и ясная информация о направлении измеряемой скорости.

Пройденное судном расстояние должно представляться в цифровом виде. Указатель пройденного судном расстояния должен охватывать расстояние от 0 до 9999,9 морских миль. Цена деления счетчика расстояния не должна превышать 0, 1 морской мили. Там, где это возможно, необходимо предусмотреть сброс счетчика расстояния в нулевое положение.

Конструкция указателей скорости и пройденного судном расстояния должна быть такой, при которой обеспечивается надежный съем информации в любое время суток. Следует предусмотреть устройства для ввода информации о пройденном расстоянии в другие навигационные приборы, установленные на судне. Такая информация должна выдаваться с дискретностью 0,005 морских миль.

Если в лаге предусмотрена возможность измерения скорости судна или относительно воды, или относительно морского дна, то схему необходимо снабдить переключателем работы или должен быть обеспечен автоматический переход с одного режима на другой. При этом должна быть и надежная индикация о том, относительно воды или грунта измеряется скорость судна.

При плавании судна на глубокой воде без ветра, течения и приливно-отливных явлений погрешность измерения лагом скорости должна быть не ниже ± 5 %, или 0,5 уз. В этих же условиях погрешность измерения лагом пройденного расстояния не должна превышать ± 5 % расстояния, пройденного судном за 1 ч, или 0,5 морской мили за каждый час.

Если на точность работы лага могут влиять волнение моря, бортовая и килевая качка судна, температура и соленость воды, скорость распространения звука в воде, то в документации к лагу должны указываться погрешности измерения скорости судна в зависимости от указанных явлений или указываться условия, при которых обеспечивается надежная работа лага с требуемой точностью.

Монтаж приборов необходимо вести таким образом, чтобы выход из строя любого прибора или поломка крепления этого прибора не могли привести к проникновению воды внутрь судна. Если в комплекте лага имеются устройства, которые необходимо выдвигать через корпус судна, то их конструкция должна быть такой, при которой их легко можно было бы устанавливать в рабочее положение и убирать при любой скорости судна. Необходимо иметь указатель, показывающий, в каком положении (выдвинутом или убранном) находится это устройство.

Основные технические требования ИМО к *магнитным компасам* сводятся к следующему.

На всех морских судах должен быть установлен главный магнитный компас для определения курса судна и пеленгования. Кроме главного компаса, необходимо иметь путевой магнитный компас. Если имеется дистанционная оптическая передача от главного компаса в рулевую рубку с изображением картушки влево и вправо от курсовой черты не менее 15°, то путевой компас можно не устанавливать.

Картушка компаса должна иметь градусные деления (от 0 до 360°), оцифрованные через 10° по часовой стрелке, начиная от 0°. Главные румбы отмечаются латинскими буквами N, E, S, W. Суммарная инструментальная погрешность картушки (из-за эксцентриситета и т.п.) не должна превышать 0,5°. В любое время суток необходимо обеспечить надежное снятие показаний путевого компаса с расстояния не менее 1,4 м. Разрешается использовать увеличительное стекло.

Магнитную систему компаса и магниты-уничтожители требуется изготавливать из сплава, имеющего коэрцитивную силу не менее 11,2 кА/м, а компенсаторы четвертной девиации должны обладать минимальным остаточным намагничиванием и характеризоваться низкой коэрцитивной силой. Все остальные детали компаса следует выполнять из немагнитного материала, влияние которого на картушку приводит к появлению девиации не более чем $(9/H)°$, где H — горизонтальная составляющая магнитного поля в мкТл.

Погрешность от увлекания картушки компасной жидкостью при повороте судна с угловой скоростью 1,5°/с не должна превышать $(36/H)°$. Эти данные относятся к картушкам диаметром до 200 мм при температуре жидкости (20±3) °С. Предельная погрешность от трения (девиация застоя) определяется выражением $(3/H)°$. Период колебаний картушки должен быть не менее 24 с (при H 18 мкТл), а время затухания колебаний (от 90 до ±1°) не должно превышать 60 с.

Магнитный компас требуется снабжать устройствами:

а) для компенсации горизонтальной составляющей постоянного судового магнетизма (для уничтожения полукруговой девиации);

б) для уничтожения креновой девиации;

в) для компенсации горизонтальной составляющей индуктивного магнетизма от горизонтальных элементов судна (для уничтожения четвертной девиации);

г) для компенсации горизонтальной составляющей индуктивного

магнетизма от вертикальных элементов судна (для уничтожения переменной части полукруговой девиации).

Магнитный компас должен работать автономно независимо от какого-либо источника электроэнергии (за исключением освещения). Если главный компас имеет дистанционную репитерную передачу, то установка путевого компаса необязательна. Но при этом должно быть предусмотрено аварийное питание репитерной системы.

Котелок главного магнитного компаса необходимо устанавливать в кардановом подвесе, обеспечивающем сохранение горизонтального положения азимутального кольца при наклонах нактоуза до 40 в любом направлении.

Аналогичные требования предъявляются и к путевым компасам. Но разрешается бескардановый подвес путевого компаса при условии обеспечения свободного наклона картушки до 30°.

Главный магнитный компас по возможности устанавливается в диаметральной плоскости (ДП) судна. При этом курсовая черта должна располагаться в ДП с погрешностью $\pm$ 0,5°. Главный компас нужно устанавливать в таком месте, где имеется максимальная возможность пеленгования. Путевой компас надо размещать в рулевой рубке с учетом удобства пользования им при управлении судном.

Минимальное допустимое расстояние от компаса до ближайшего ферромагнитного элемента конструкции судна зависит от длины последнего. На судах длиной более 120 м не разрешается устанавливать компас на расстоянии, меньшем 4 м от оконечных частей переборок, стоек, бимсов, пиллерсов и т. п. и меньшем 3 м от сплошных ферромагнитных конструкций (например, от середины переборки). На судах длиной менее 120 м эти расстояния могут быть уменьшены: при длине судов 70 м они должны составлять соответственно не менее 3 и 2,6 м, а при длине судов 50 м — соответственно не менее 2,5 и 2 м. Электрические приборы и устройства должны устанавливаться на таком расстоянии от магнитного компаса, при котором их включение не влияло бы на магнитный компас.

1.9. Правила безопасности при эксплуатации технических средств судовождения

Технические средства судовождения, к которым относятся гирокомпас, магнитный компас, индикатор угловой скорости поворота судна, эхолот, лаг, авторулевой, получают питание от судовой электрической сети. В различных точках схем этих приборов могут быть напряжения, опасные для жизни.

Судовые помещения, в которых могут быть размещены технические средства судовождения, в отношении опасности поражения людей электрическим током подразделяются на:

помещения с повышенной опасностью, характеризующиеся наличием хотя бы одного из следующих условий повышенной опасности: сы-

ростью с относительной влажностью воздуха более 75 %; токопроводящими палубами; высокой температурой (более $+30^{\circ}$ С); возможностью одновременного прикосновения человека к частям, соединенным с корпусом судна, и к металлическим корпусам электрооборудования; к этим помещениям относятся все служебные и жилые;

помещения особо опасные, характеризующиеся наличием хотя бы одного из следующих условий повышенной опасности: особой сыростью (относительной влажностью воздуха, близкой к 100 %); химически опасной средой (парами или отложениями, разрушающими изоляционные материалы и токоведущие части электрооборудования), а также наличием одновременно двух или более условий повышенной опасности; к этим помещениям относятся шахты лагов и эхолотов;

помещения без повышенной опасности, характеризующиеся отсутствием условий повышенной или особо повышенной опасности.

При эксплуатации приборов, установленных в помещениях указанных категорий, необходимо, чтобы токоведущие части приборов были закрыты защитными кожухами или ограждены, если к ним подводится ток следующих напряжений:

В помещениях без повышенной опасности	65 В и более
» » с повышенной опасностью	36 В и более
» » особо опасных	12 В и более

К обслуживанию приборов допускаются квалифицированные специалисты, имеющие специальное образование и диплом об окончании соответствующего учебного заведения, успешно прошедшие проверку знаний в навигационной камере.

В гиропосту, аккумуляторной и агрегатной должны быть вывешены инструкции по правилам безопасной эксплуатации оборудования, размещенного в данном помещении, схемы блокировки и сигнализации, предупредительные знаки. В помещениях, где находятся приборы под высоким напряжением, необходимо повесить плакаты или установить знаки, предупреждающие об опасности.

Запрещается пользоваться электроизмерительными приборами, входящими в схему технических средств судовождения, если они неисправны.

С приборами и устройствами, содержащими ртуть, необходимо обращаться с особой осторожностью. При попадании ртути на палубу должны быть приняты срочные меры по ее удалению. Пролитую ртуть нужно собрать медным лотком, а палубу вымыть водой с мылом. Затем, чтобы обезвредить трудно удаляемые следы ртути, следует неоднократно окатить палубу 20 %-ным раствором хлорного железа, оставляя его каждый раз до высыхания. После этого палубу нужно несколько раз тщательно протереть мягкой кистью или щеткой. В случае утечки большого количества ртути, если невозможно ее полностью удалить и обезвредить, вопрос о длительном пребывании людей в этом помещении может быть решен только органами санитарного контроля.

При стоянке судна в порту все фидеры питания технических средств судовождения должны быть отключены. Все приборы необходимо содержать в чистоте. Запрещается вблизи оборудования выполнять работы, связанные с пылеобразованием, разбрызгиванием жидкости, рассеиванием твердых частиц металлов, абразивов и т. п.

Не разрешается эксплуатация аппаратуры в раскрытом виде. При работе приборов все блоки должны быть установлены на штатные места, винты завернуты. Не допускается эксплуатация распределительных щитов и электрических машин со снятыми кожухами.

Запрещается применять некалиброванные плавкие предохранители, а также использовать плавкие предохранители на ток больший, чем это предусмотрено. Категорически запрещено заменять плавкие предохранители во время работы аппаратуры. Для замены предохранителей приборы необходимо выключать, а сеть до предохранителей обесточить.

Блокировочные устройства, предотвращающие возможность вскрытия приборов без полного отключения напряжения свыше 250 В, должны быть исправны. Запрещается пользоваться искусственными перемычками для блокировки цепей. Во избежание электрического удара при пробое изоляционного материала токоведущих элементов необходимо следить за тем, чтобы все корпуса приборов были надежно заземлены.

При планово-предупредительных ремонтах технических средств судовождения, проводимых не реже двух раз в год, а также во время стоянки судна в ремонте особое внимание необходимо уделять проверке: сопротивления изоляции всех кабельных линий, соединяющих приборы; сопротивления заземляющих устройств всех приборов; безотказности действия блокировки; сроков испытания защитных средств в соответствии с Правилами пользования и испытания защитных средств, применяемых в электроустановках; отсутствия водотечности в донных установках (антенн эхолота, клинкетов лага и др.). Результаты проверки следует заносить в рабочий формуляр прибора с указанием даты и фамилии лица, проводившего ее.

Общую уборку помещений, где размещены технические средства судовождения, необходимо выполнять в присутствии лица, обслуживающего установку. Уборка за ограждениями приборов высокого напряжения может вестись только при снятом напряжении персоналом, обслуживающим эти приборы.

Прежде чем коснуться токоведущих частей аппаратуры, которые могут оказаться под напряжением, необходимо проверить, обесточены ли они. Отсутствие напряжения надо проверять между всеми фазами и каждой фазы по отношению к корпусу судна или к нулевому проводу (если такой есть).

Напряжение до 1000 В надо проверять указателем напряжения или переносным вольтметром. Применение контрольных ламп допускается при линейном напряжении до 220 В включительно. Перед проверкой не-

обходимо убедиться в исправности применяемого указателя путем контроля его на токоведущих частях, находящихся под напряжением. Указатель напряжения должен быть рассчитан на номинальное линейное напряжение, отсутствие которого проверяется. Стационарные измерительные приборы и сигнальные лампы являются только вспомогательными средствами, на основании показаний которых нельзя делать заключение об отсутствии напряжения.

Необходимо обращать внимание на возможность обратного трансформирования напряжения через трансформаторы. Для устранения этого явления нужно отсоединить связанные с отключенным прибором силовые, осветительные трансформаторы со стороны как первичного, так и вторичного напряжения.

Запрещается касаться высоковольтных конденсаторов, не разрядив их. Разряд высоковольтных конденсаторов нужно проводить заземленным проводником, имеющим на свободном конце наконечник из изоляционного материала.

Все трудоемкие работы по ремонту технических средств судовождения, а также работы, требующие высококвалифицированного исполнения, должны выполняться во время стоянки судна в порту специалистами базовых электронавигационных камер.

Ремонтировать приборы надо при снятом напряжении. В случае необходимости (для настройки, регулировки аппаратуры) подачи тока высокого напряжения эта работа должна выполняться с использованием специальных приспособлений и в присутствии второго лица, имеющего на это право. Выполнять работы на приборах при частично снятом или неснятом напряжении, если это требуется, необходимо в комбинезоне или в рубашке с застегивающимися манжетами, используя при этом средства индивидуальной защиты от поражения электрическим током. Металлические кольца, перстни, часы с браслетами, металлические браслеты при этом следует снимать.

Если при ремонте или проверке отдельных блоков требуется подавать в них ток, необходимо использовать соединительные шланги. Во всех остальных случаях нужно обесточить питающую сеть, снять предохранители и на включающем устройстве вывесить табличку с надписью «*Не включать — работают люди!*».

Запрещается ремонтировать и регулировать блоки эхолота без приспособлений, делающих эту работу безопасной. При ремонте или проверке блоков эхолота следует обесточить первичные цепи питания, вытащив предохранители, а на выключатель повесить табличку с надписью «*Не включать — работают люди!*».

Перед началом работы в посылочном реле (блоке посылок) необходимо разрядить посылочные конденсаторы (так как они способны сохранять опасный для жизни человека электрический заряд очень длительное время после выключения прибора).

При эксплуатации и ремонте гидравлических лагов нужно иметь в виду, что во всех приборах, входящих в комплект лага и находящихся

в помещении, особо опасном в отношении возможности поражения электрическим током, имеются элементы с напряжением 110—120 В. Поэтому при эксплуатации или ремонте лага необходимо помнить, что в помещениях особо опасных выполнять работы на неотключенных токоведущих частях запрещено.

Шахта лага должна быть всегда герметично задраена, за исключением случаев проведения в ней работ. Спускаться в шахту лага разрешается лишь после предварительного тщательного ее проветривания. Независимо от длительности проветривания запрещается входить туда одному человеку, если за ним не наблюдает второе лицо, находящееся вне этого помещения (у входа). Входящий должен надеть предохранительный пояс с лямками и сигнальным линем, второй конец которого должен находиться у наблюдающего — дежурного у горловины. Запрещается входить в шахту лага или работать в ней без освещения.

Если требуется снять приемную трубку лага для ремонта, проверки и т. п., нужно проконтролировать надежность крепления ограничительного устройства подъема трубки, закрыть клинкет, отвернуть на два-три оборота гайку сальника и проследить, не поступает ли вода. Если через сальник начинает поступать вода, необходимо немедленно зажать сальник, открыть и вновь закрыть клинкет, чтобы устранить причину засорения, и повторить вышеуказанную операцию.

При эксплуатации гирокомпасов требуется помнить,что реактивы, используемые для составления поддерживающей жидкости, опасны для жизни. Формалин является сильнодействующим ядом. При попадании его на руки необходимо тщательно вымыть их с мылом. Техническая бура содержит вредные примеси, поэтому, используя ее,нужно принимать меры предосторожности, исключающие попадание буры внутрь организма.

Гидролизный спирт, используемый при обслуживании гирокомпаса, предназначен только для технических целей. Он содержит ядовитые, опасные для жизни примеси, поэтому использовать его не по назначению категорически запрещается. Хранить формалин, буру и гидролизный спирт необходимо в закрытых и опечатанных ящиках, исключающих доступ к ним лиц, не знающих правил обращения с этими веществами.

Если необходимо извлечь некоторое количество жидкости из резервуара гирокомпаса, то запрещается делать это, отсасывая жидкость ртом через сифонную трубку (так как жидкость содержит вредные вещества). Для этой цели нужно пользоваться резиновой грушей.

Если человек при поражении электрическим током остается в соприкосновении с токоведущими частями установки, в первую очередь следует обесточить линию любым безопасным способом: отключить линию питания или перерубить кабель инструментом с изолированной рукояткой. При невозможности отключить линию пострадавшего нужно отделить от токоведущих частей, изолировав свои руки резиновыми перчатками, сухими тряпками, одеждой и стоя на резиновом коври-

ке, сухой ткани или доске. Рекомендуется при спасении пострадавшего действовать по возможности одной рукой. Без применения указанных мер предосторожности прикасаться к человеку, находящемуся под током, опасно.

После освобождения пострадавшего от действия тока необходимо:

если пострадавший находится в сознании, обеспечить ему полный покой;

если пострадавший потерял сознание, но у него сохранилось дыхание, пострадавшего удобно уложить, расстегнуть его одежду, создать приток свежего воздуха, давать ему нюхать нашатырный спирт, обрызгивать его водой, растирать и согревать его тело;

если пострадавший находится без сознания и плохо дышит или у него вообще нет признаков жизни, немедленно делать ему искусственное дыхание.

1.10. Документация и запасные части

Завод-изготовитель по согласованию с заказчиком поставляет вместе с приборами относящуюся к ним документацию. Вместе с комплектом приборов на судно поставляются следующие документы.

Ведомость заказа определяет состав технической и отчетной документации, запасных частей и приспособлений. В этом же документе содержится заводской номер или шифр каждого прибора комплекта. Кроме того, в ведомости заказа для каждого документа или прибора записан номер сводной ведомости.

Ведомость отчетной документации включает в себя перечень инструкций, схем, чертежей, описаний, ведомостей и формуляров, отмечена принадлежность всех этих документов к той или иной сводной ведомости.

Технический формуляр прибора является основным техническим документом любой аппаратуры. В нем содержатся основные данные прибора, результаты испытаний его на заводе, результаты швартовных и ходовых испытаний. Сюда же вносят заключение о состоянии устройств после гарантийного периода, а также изменения в комплекте прибора. Отдельно делают отметки об имевшихся неисправностях прибора и их устранении. Кроме того, в техническом формуляре есть ведомость расхода запасных частей и инструмента. Отдельно имеется ведомость учета времени, в течение которого работал прибор. Обязанность заполнения формуляра возложена на помощника капитана, который отвечает за обслуживание технических средств судовождения.

Техническое описание прибора содержит описание принципа действия прибора, устройства отдельных блоков, а также электрическую схему всей аппаратуры.

Инструкция по установке включает в себя рекомендации по определению места, где необходимо разместить приборы, входящие в комплект того или иного технического средства судовождения.

Инструкция по регулировке и обслуживанию содержит правила эксплуатации аппаратуры (подготовку к работе, включение, выключение, настройку и регулировку в процессе эксплуатации).

Технические условия на сдачу приборов содержат все технические условия ходовых и швартовных испытаний приборов.

Техническое описание агрегата питания входит в состав документации в том случае, если в комплект приборов включен агрегат питания. Этот документ содержит описание конструкции и правила эксплуатации установки.

Технический формуляр агрегата питания содержит основные технические данные устройства, необходимые сведения по эксплуатации, а также перечень запасных частей и результаты испытаний, которые проводились на заводе.

Принципиальные и полные электрические схемы включают в себя электрические схемы отдельных приборов, а также полную электрическую схему установки или схему подключения приборов. Эти схемы собраны в отдельной папке.

Кинематические схемы включают в состав документации отдельных наиболее сложных узлов. Иногда кинематические схемы приборов приводят в техническом описании или в отдельном альбоме фотоснимков приборов.

Инструкция по распаковке чувствительного элемента гирокомпаса входит в комплект документации гирокомпасов. Эта инструкция определяет правила распаковки чувствительного элемента, а также порядок подготовки его к эксплуатации.

Регулировочные номограммы включают в себя материал, с помощью которого определяются значения регуляторов лага после пробегов на мерной линии.

Эксплуатационная ведомость набора запасных частей, инструментов и принадлежностей (ЗИП) содержит перечень всех запасных деталей, инструментов и принадлежностей с указанием их десятичного номера и прибора, для которого они предназначены.

Сборочный чертеж прибора служит для облегчения сборки и разборки прибора в процессе эксплуатации. Кроме того, этот чертеж облегчает поиск нужной детали в ЗИПе по ее десятичному номеру, нанесенному на чертеже.

В процессе эксплуатации технических средств судовождения возникает необходимость в измерении различных параметров. Для этой цели применяют измерительные устройства: вольтметры, амперметры, омметры, ареометры, тахометры и т. п. Некоторые из этих устройств входят в состав набора запасных частей, инструментов и принадлежностей, который необходим для обеспечения эксплуатации, выполнения профилактических осмотров и ремонта приборов.

Набор запасных частей, инструментов и принадлежностей входит отдельным прибором в комплект технических средств судовождения Имеется также отдельный ЗИП для агрегата питания.

Подробный перечень всех частей ЗИПа занесен в эксплуатационную ведомость, в которой каждой детали, приспособлению или инструменту присвоен номер. Такой же номер проставлен на упаковке, гнезде, бирке или на самой детали. Это позволяет легко найти в ЗИПе требуемую деталь.

Для поиска необходимой запасной части нужно отыскать ее десятичный номер по сборочному чертежу прибора. Затем по этому номеру и шифру прибора в эксплуатационной ведомости ЗИПа можно найти место нужной запасной части (ящик, гнездо). Инструменты и приспособления для выполнения того или иного ремонта подбирают, используя эксплуатационную ведомость ЗИПа.

Общие рекомендации по выполнению ремонта приборов на судне сводятся к следующему.

Прежде всего выясняют, можно ли ремонт данного прибора выполнить на судне или его может провести только специалист базовой электрорадионавигационной камеры. Подготавливают рабочее место и разбирают неисправный прибор. При этом особое внимание обращают на последовательность операций разборки. Для того чтобы не возникло трудностей при последующей сборке прибора, рекомендуется записывать операции разборки в их последовательности.

Тщательно осматривают все детали разобранного прибора, предварительно очистив их от грязи и смазочных материалов. Заменяют вышедшие из строя детали запасными.

Собирают прибор, соблюдая очередность операций, противоположную той, которая была при разборке. При сборке прибора рекомендуется пользоваться также электрическими схемами и сборочными чертежами. Собранный прибор проверяют в действии.

По мере эксплуатации технических средств судовождения запасные части из ЗИПа расходуются. Помощник капитана, ответственный за обслуживание прибора, делает об этом запись в расходной ведомости технического формуляра. В этот же формуляр вносят сведения о проведенном ремонте.

С целью пополнения ЗИПа периодически подают заявки в базовую электрорадионавигационную камеру и службу материально-технического обеспечения пароходства.

1.11. Обязанности специалиста, обслуживающего технические средства судовождения

Обязанности помощника капитана, на которого возложено обслуживание технических средств судовождения, определены Наставлением по организации штурманской службы на судах Министерства морского флота СССР (НШС — 82) и Правилами технической эксплуатации судовой электрорадионавигационной аппаратуры (РД 31.65.05— 83).

Технические средства судовождения закрепляются за помощником капитана, что оформляется приказом капитана. Специалист проходит проверку знаний в пароходстве. Он должен:

обеспечивать исправность технических средств и их готовность к действию, соблюдать правила эксплуатации приборов и требования инструкций;

составлять план-график профилактических работ и выполнять их. В соответствии с Правилами технической эксплуатации судовой электрорадионавигационной аппаратуры для поддержания приборов в исправном состоянии проводят их техническое обслуживание (ТО) следующих видов: ТО при подготовке аппаратуры к включению; ТО при навигационном использовании приборов и ТО ежедневное, еженедельное, ежемесячное, полугодовое;

поддерживать комплектацию ЗИПа в соответствии с заводской ведомостью;

вести техническую документацию, составлять ведомости и заявки на ремонт приборов;

следить за изменением поправок и технических параметров приборов и заносить их новые значения в формуляры;

принимать работу специалистов базовой электрорадионавигационной камеры при ремонте и регулировке приборов, проверять их записи в формулярах;

проверять по указанию капитана знание правил технической эксплуатации приборов штурманами судна;

перед выходом судна в рейс обеспечивать подготовку всех приборов к работе и докладывать о готовности старшему помощнику капитана.

Приборы передаются в заведование судовому специалисту, как правило, при стоянке судна в порту и по возможности в присутствии представителя базовой электрорадионавигационной камеры.

Сдающий заведование заранее подготавливает приборы и документацию к сдаче, а также составляет акт по форме, которая приводится в НШС — 82.

При приемке приборов, установленных на судне вновь или после заводского ремонта, обслуживающий их помощник капитана проверяет (желательно в присутствии представителя БЭРНК):

наличие технической документации на каждый прибор;

комплектность оборудования в соответствии с технической документацией;

правильность монтажа, исправность и техническое состояние приборов;

записи в формулярах о результатах швартовных и ходовых испытаний;

комплектность ЗИПа в соответствии с ведомостью.

Швартовные и ходовые испытания приборов проводят по программе и методике, предусмотренной технической документацией. Результаты испытаний заносят в формуляр (они должны соответствовать техническим условиям на поставку данного оборудования). Приемку и результаты выполненных проверок приборов оформляют актом, который составляют по форме, приведенной в НШС — 82. Один экземпляр акта направляют в БЭРНК пароходства.

При приемке приборов, находящихся в эксплуатации, кроме указанных выше проверок, определяют наличие:

записей в формулярах об определении параметров и поправок во время эксплуатации приборов;

записей в формулярах о наработке часов, выходах прибора из строя и проведенных ремонтных работах;

табличек с принятыми значениями поправок около индикаторов.

ГИРОКОМПАС «КУРС-4»

2.1. Основные технические данные и состав комплекта

Морские гирокомпасы предназначены для определения плоскости истинного меридиана. Показания гирокомпасов используются: для счисления пути судна; для удержания судна на заданном прямом курсе; для выполнения маневра курсом; при визуальном пеленговании навигационных ориентиров; для стабилизации относительно плоскости истинного меридиана некоторых судовых антенн, устройств, изображений на экране РЛС; при взятии радиопеленгов; для решения различных задач в судовых навигационных комплексах.

На судах морского транспортного флота Советского Союза получили широкое распространение двухгироскопные компасы. Первый вариант этих гирокомпасов — неапериодический гирокомпас «Курс-4», второй вариант — апериодический гирокомпас «Курс-5». На судах промыслового и вспомогательного флота распространены двухгироскопные неапериодические компасы типа «Амур», имеющие меньшие размеры.

В настоящее время на суда морского флота начал поступать одногироскопный гироазимуткомпас «Вега».

Технические данные гирокомпаса. Гирокомпас «Курс-4» является морским навигационным прибором. Расчетная широта гирокомпаса составляет 60° N (S). Период незатухающих колебаний гирокомпаса по азимуту и высоте в расчетной широте равен 84,4±5 мин, период затухающих колебаний 100±15 мин. Фактор затухания 2,5—6,0. Время прихода гирокомпаса в меридиан составляет 2,5—6,0 ч.

Чувствительный элемент — двухгироскопный, гарантийный срок его работы равен 8500 ч. Наработка на отказ составляет 10—12 тыс. ч. Охлаждение чувствительного элемента — принудительное, жидкостное. Подвес чувствительного элемента — гидростатический, центрирование — электромагнитное.

Погрешность показаний гирокомпаса при движении судна с постоянной скоростью неизменным курсом составляет ±1,0°. При маневрировании судна (вне расчетной широты) инерционные девиации гирокомпаса на быстроходных водоизмещающих судах могут достигать 4,0°.

Состав комплекта гирокомпаса. В комплект гирокомпаса входят основной прибор (прибор 1М) и вспомогательные приборы (рис. 2.1). В основном приборе размещена гироскопическая система — чувствительный элемент (ЧЭ), в котором под действием суточного вращения Земли возникает направляющий момент, приводящий чувствительный элемент в плоскость истинного меридиана.

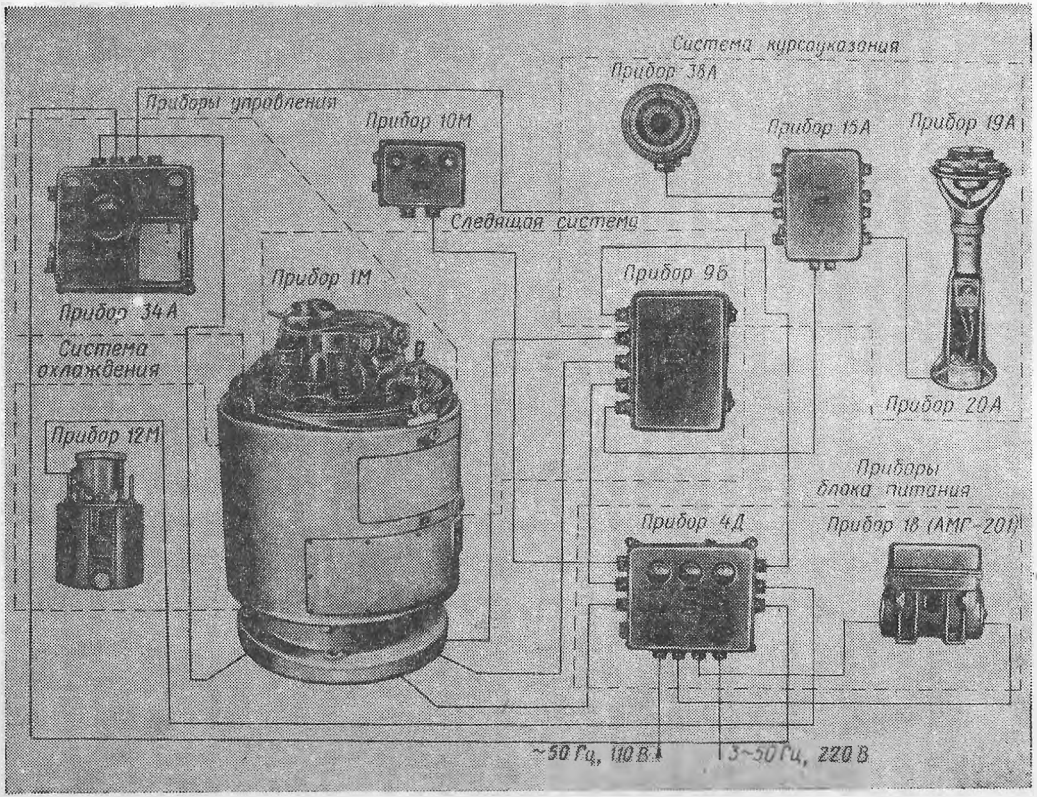

Система курсоуказания
Прибор 38А
Приборы управления
Прибор 10М
Прибор 15А
Прибор 19А
Следящая система
Прибор 1М
Прибор 9Б
Прибор 34А
Система охлаждения
Прибор 20А
Прибор 12М
Приборы блока питания
Прибор 4Д
Прибор 18 (АМГ-201)
~50 Гц, 110 В
3~50 Гц, 220 В

Рис. 2.1

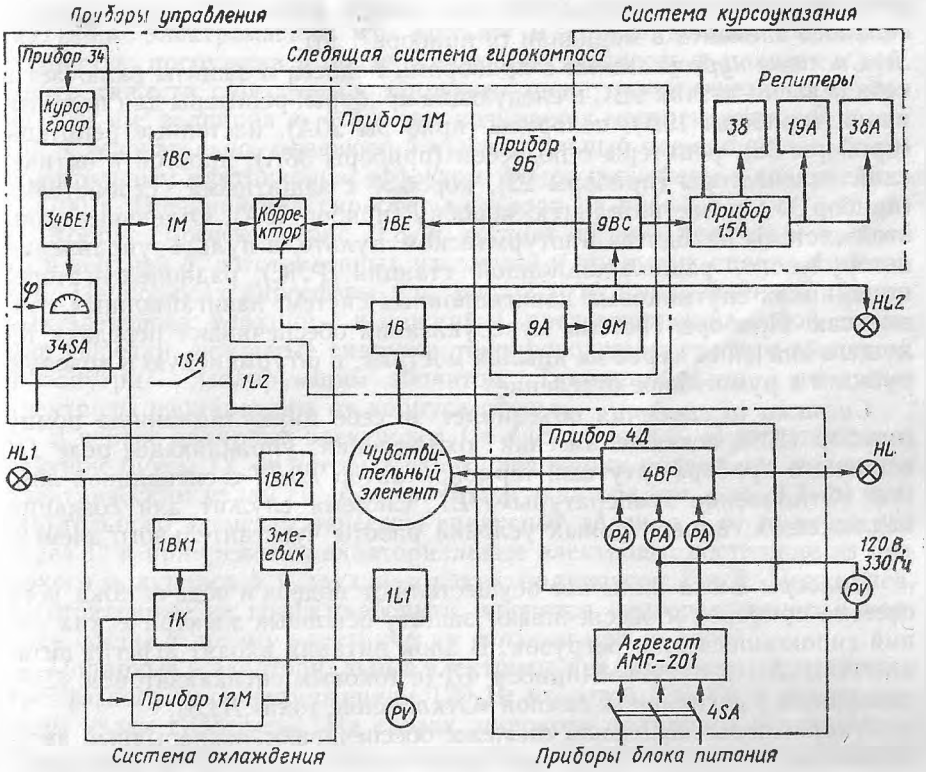


Рис. 2.2

Все вспомогательные приборы образуют с различными элементами и блоками основного прибора отдельные самостоятельные по назначению системы, которые обеспечивают нормальные условия функционирования чувствительного элемента, осуществляют автоматический контроль значений некоторых параметров гирокомпаса, передают показания основного прибора на репитеры и в системы судовой автоматики.

1. Следящая система гирокомпаса (рис. 2.2) включает в себя трансляционно-усилительный прибор (прибор 9Б), а также следящую сферу с датчиком угла *1В* (с сигнальной лампой «Рассогласование следящей системы» *HL2*) и азимутальный двигатель *1ВЕ*, которые размещены в основном приборе. Главное назначение следящей системы — непрерывное автоматическое измерение курса судна.

Приборы управления обеспечивают в любых условиях плавания такое навигационное использование гирокомпаса, при котором достигаются наибольшая эффективность и точность. К приборам управления относятся штурманский пульт (прибор типа 34), корректор скорост-

ной девиации и устройство *1L2* для ускоренного приведения чувствительного элемента в меридиан (в приборе 1 М).

Система курсоуказания с приборами подвеса и защиты включает в себя сельсин-датчик 9ВС и следующие приборы: репитеры для пеленгования (приборы 19А), пелорусы (приборы 20А), настенные репитеры (приборы 38), репитеры с подвесом (приборы 38А), простой и оптический пеленгаторы (приборы 22), коробку с защитными устройствами (прибор ЗУ), разветвительную коробку (прибор 15А). Отдельные узлы этой системы находятся в штурманском пульте, в пульте управления авторулевого, радиолокационной станции (РЛС), радиопеленгаторе, приемниках спутниковых навигационных систем, навигационных комплексах. Приборы системы курсоуказания обеспечивают передачу текущего значения курса на крылья мостика, в штурманскую и ходовую рубки и в румпельное отделение.

Система охлаждения объединяет в себе циркуляционную помпу (прибор 12М), а также змеевик охлаждения, управляющее реле *1К* основного прибора, ртутный термоконтактор *1ВК1* с сигнальной лампой «Отклонение температуры» *HL1*. Система служит для создания надлежащих температурных условий работы чувствительного элемента.

Приборы блока питания осуществляют подвод и подачу тока всей системе приборов и обеспечивают защиту основных электрических линий гирокомпаса от перегрузок. В блок питания входят агрегат питания АМГ-201 и пусковой прибор 4Д (с токовым сигнализатором *4ВР*, связанным с сигнальной лампой «Отклонение тока» *HL3*).

Индикаторы сигнальной системы обеспечивают непрерывный автоматический контроль состояния всех систем гирокомпаса. Индикаторы этой системы размещены в основном приборе 1М, пусковом приборе 4Д, трансляционно-усилительном приборе 9Б, штурманском пульте и сигнальном приборе 10М (на рис. 2.2. не показан).

Запасные части, инструменты и принадлежности предназначены для повседневного обслуживания гирокомпаса и проведения профилактических работ. Они размещены в двух ящиках: ЗИПе гирокомпаса и ЗИПе агрегата.

2.2. Основной прибор

В основном приборе 1М размещены: чувствительный элемент (гироскопическая система), следящая сфера и внешние детали, неподвижные относительно судна. К последним относятся: нактоуз, резервуар для поддерживающей жидкости, его крышка, называемая столом, элементы системы охлаждения и устройство для ускоренного проведения чувствительного элемента в меридиан.

Чувствительный элемент. Гиросфера — герметически запаянный шар диаметром 252 мм. Внутри гиросферы размещены 2 гиромотора, приспособление для гашения незатухающих колебаний (жидкостный

успокоитель), реле выключателя затухания, центрирующая катушка (катушка электромагнитного «дутья») и другие детали. Гиросфера полностью погружена в поддерживающую жидкость и плавает в ней. Центр тяжести гиросферы расположен ниже геометрического центра на 7,79 мм; величина $a = 7{,}79$ мм называется метацентрической высотой. Следовательно, плавающий чувствительный элемент обладает положительным маятниковым эффектом. Масса гиросферы в воздухе $m \approx \approx 8700$ г. Внешний вид гиросферы показан на рис. 2.3, *а*.

Корпус гиросферы (рис. 2.3, *б*) состоит из двух полусфер: нижней *16* и верхней *8*, изготовленных из латуни и покрытых снаружи эбонитом. На полюсах гиросферы (см. рис. 2.3, *а*) прикреплены 2 полярных электрода: верхний *1* и нижний *4*, представляющих собой латунные чашечки, покрытые снаружи токопроводящим графито-эбонитом, а изнутри — изолирующим эбонитом. Таким образом, полярные электроды изолированы от корпуса сферы.

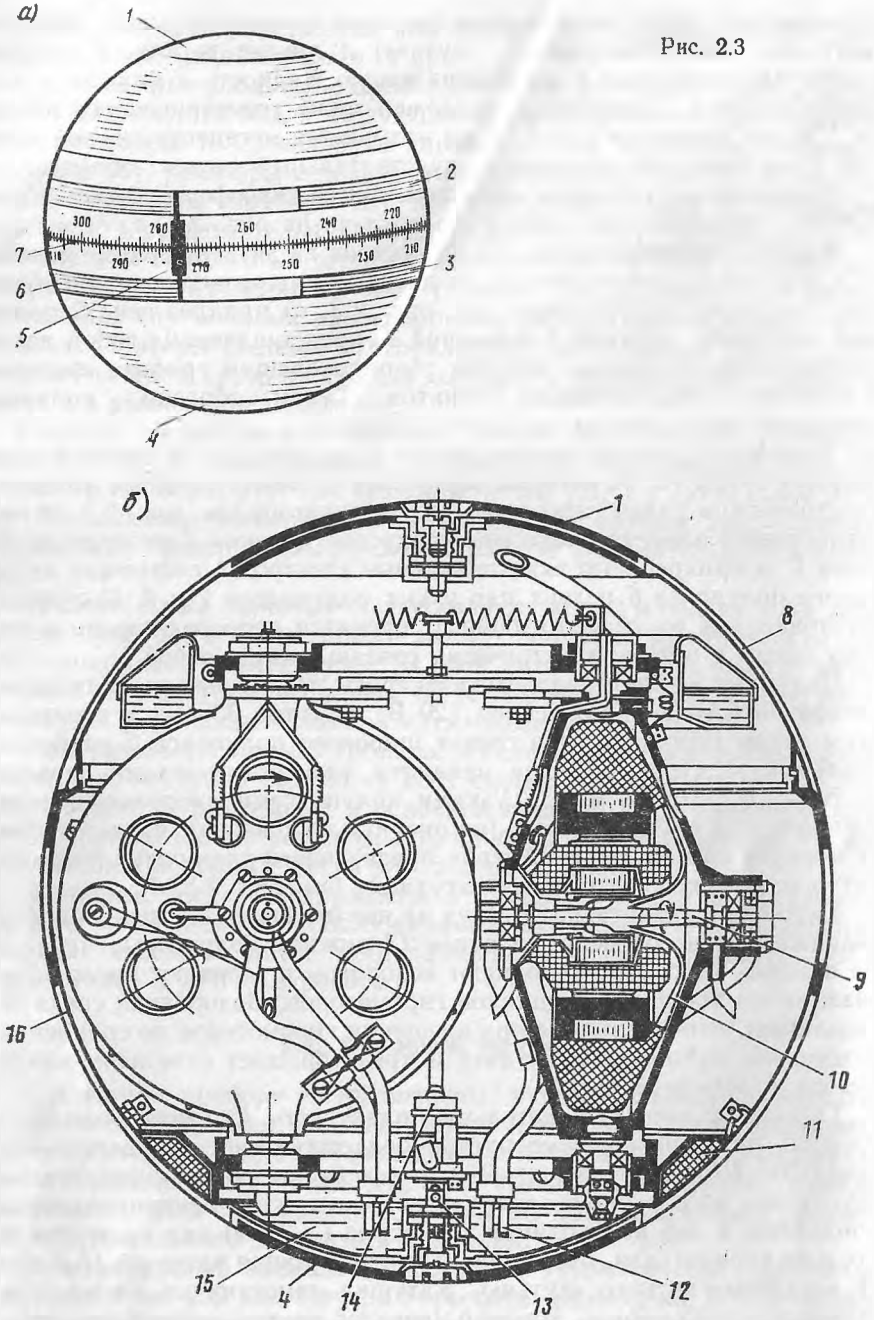
В центре полярных электродов *1* и *4* (см. рис. 2.3, *б*) имеются токоведущие буксы *13*, от которых через проводники подводится питание к электрическим узлам гиросферы. Вдоль экватора (см. рис. 2.3, *а*) чувствительного элемента нанесены градусные деления *7* от нуля до 360 через 1° и прикреплены экваториальные электроды, состоящие из широкого полупояса *6* и двух пар узких полупоясов *2* и *3*. Полупояса, изготовленные из графито-эбонита, крепятся непосредственно к корпусу сферы и потому электрически связаны между собой.

Полярные и экваториальные электроды предназначены для подачи трехфазного тока напряжением 120 В, частотой 330 Гц к электрическим узлам гиросферы. На срезах широкого полупояса *6* размещены угольные электроды *5*. Они являются электроэлементами следящей системы. В разрыве между узкими полупоясами расположен угольный электрод круглой формы (на рисунке не показан), изолированный от корпуса сферы. Этот электрод предназначен для подачи питания к катушке реле выключателя *14* затухания (см. рис. 2.3, *б*).

Гиросфера герметична. Воздух из нее откачивается через ниппель, находящийся в токоведущей буксе *13* нижней полусферы. Через тот же ниппель гиросферу заполняют водородом и заливают масло *15* для смазывания шарикоподшипников гиромоторов. Водородная среда обусловливает меньшее трение при вращении гиромоторов по сравнению с воздушной, лучшую теплоотдачу и предотвращает окисление находящегося в гиросфере масла.

Гиросфера имеет отрицательную плавучесть. Остаточная масса гиросферы при рабочей температуре поддерживающей жидкости 40 °С равна 30—40 г. Для того чтобы гиросфера при работе гирокомпаса не опускалась на следящую сферу и автоматически центрировалась по отношению к ней необходимой точностью (± 2 мм) как по вертикали, так и по горизонтали, применяется центрирующая катушка *11* (катушка электромагнитного «дутья»). Катушка намотана на алюминиевый кольцеобразный каркас, который крепится внутри нижней полусферы.

Рис. 2.3


а)
1
2
3
4
5
6
7
300
280
260
240
220
210
290
270
250
230
б)
1
8
9
10
11
12
13
14
15
16
4

Питание на катушку подается от первой и второй фаз трехфазного тока, питающего гироскопы.

Магнитное поле центрирующей катушки индуцирует в алюминии следящей сферы вихревые токи, поле которых, взаимодействуя с магнитным полем катушки, создает отталкивающие силы P (рис. 2.4, *а*). Эти силы, направленные нормально к поверхности следящей сферы, имеют вертикальную и горизонтальную составляющие P_1 и P_2, действием которых и достигается центрирование гиросферы по отношению к следящей сфере. Расстояние между сферами в районе экватора составляет 3—4 мм. Если, например, под влиянием увеличения температуры плотность жидкости уменьшится, то гиросфера начнет опускаться. Расстояние ее до нижней части следящей сферы уменьшится, отталкивающая сила катушки увеличится, и дополнительное опускание чувствительного элемента прекратится.

Гиромоторы — основная часть чувствительного элемента. Два идентичных гиромотора — асинхронные двигатели трехфазного тока обращенного типа с короткозамкнутыми роторами типа «беличья клетка». Они питаются трехфазным током напряжением 120 В, частотой 330 Гц и вращаются со скоростью 19 800 об/мин. Обмотка статора трехфазная и соединена по способу звезды. Гиромоторы подбирают так, чтобы их характеристики (масса роторов, частота вращения при нормальном напряжении, время разгона и выбега) были наиболее близкими.

Ротор — массивный обод, переходящий в сравнительно тонкую диафрагму *10* и ось *9* (см. рис. 2.3, *б*). Роторы вытачивают из отливки специальной легированной стали и подвергают статической и динамической балансировке. Масса ротора $m \approx 2300$ г.

Камеру гиромотора, так же как и ее крышку, изготовляют из электрона — легкого и прочного металла (сплава алюминия, кремния и магния). На камере укреплена статорная обмотка. Две фазы обмотки статора подключены к буксам полярных электродов, а третья — к корпусу сферы. В камере помещаются подшипник и компенсационная пружина, выбирающая аксиальный люфт подшипников. К шарикоподшипникам гиромоторов предъявляются высокие требования в отношении шероховатости и допусков. Главные подшипники гиромоторов смазываются при помощи фитилей *12* (см. рис. 2.3, *б*), опущенных в масло.

Гиромоторы по вертикальной оси укреплены на подшипниках во втулках корпуса (фонаря), жестко связанного с нижней полусферой Верхний подшипник радиального типа, нижний — радиально-упорный. Главные оси неработающих гиромоторов расположены под углом $2\varepsilon_0 = 90°$ одна к другой, а с линией $N_г$ — $S_г$ гиросферы образуют углы в 45° (рис. 2.4, *б*).

Системой рычагов *1*, коромысла *2* и пружин *3* гироскопы спарены между собой. Подобная кинематическая упругая связь позволяет гироскопам вращаться вокруг вертикальных осей гирокамер лишь в про-

тивоположных направлениях, в результате чего главные оси гироскопов всегда составляют с линией $N_г$ — $S_г$ гиросферы одинаковые углы. Угловой поворот ограничивается упорами.

В широте $\varphi = 60^\circ$ под действием суточного вращения Земли работающие гироскопы отклоняются от исходного направления (ε_0 45) примерно на угол $\varepsilon_\varphi = 2{,}3^\circ$. Благодаря этому появляются постоянные моменты пружин *3*, которые вызывают прецессию гиросферы вокруг полуденной линии $N_г$ — $S_г$ вслед за плоскостью истинного горизонта.

Рассмотренная схема размещения гироскопов обеспечивает значительное уменьшение погрешности гирокомпаса при качке судна. Действительно, вследствие движения гироскопов вокруг вертикальных осей при надлежащем выборе жесткости пружин *3* удалось повысить

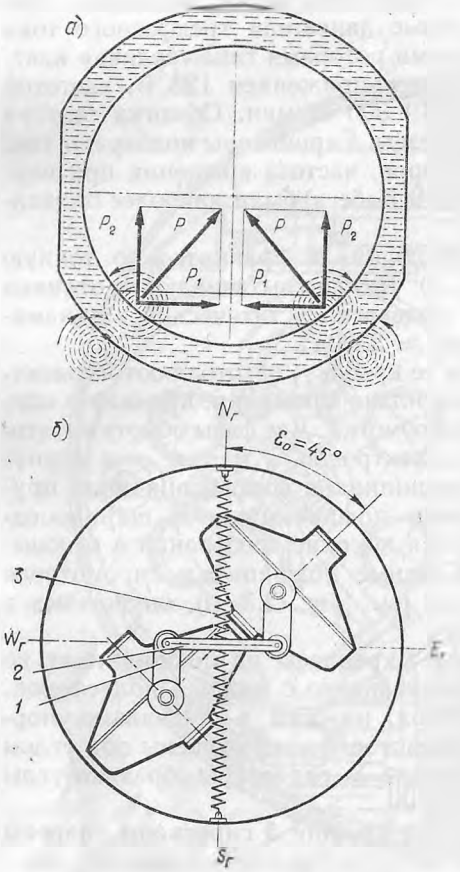


Рис. 2.4

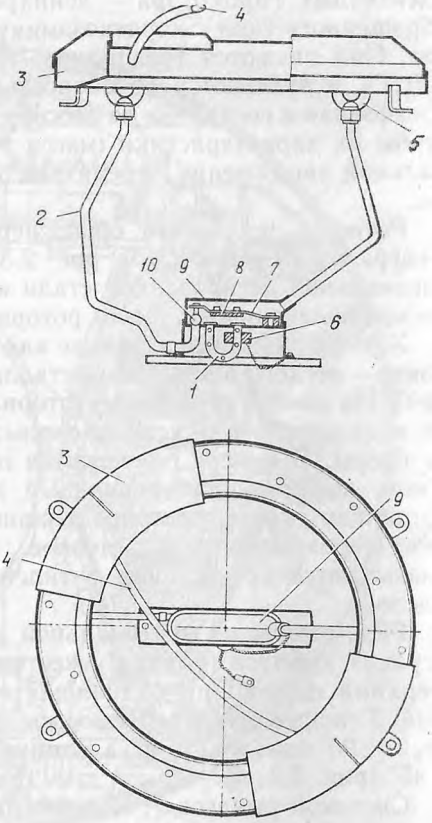


Рис. 2.5

период собственных колебаний чувствительного элемента относительно его оси $N_г$ — $S_г$ до 16 мин. Поскольку периоды качки морских судов характеризуются значениями 6—18 с, очевидно, что влияние качки на гиросферу, периоды колебаний которой по азимуту и высоте составляют 80—100 мин, а по углу крена 16 мин, несущественно.

Приспособление для погашения незатухающих колебаний (рис. 2.5) состоит из кольцеобразного желоба, с северной и южной сторон которого расположены герметически запаянные отсеки *3*, заполненные маслом. Каждый из отсеков внутренними перегородками разделен на 5 секций. Отсеки соединены между собой с помощью двух тройников *5*, трубок *2* и камеры *9* выключателя затухания. Сверху отсеки соединены трубкой *4* для воздуха. При колебаниях гиросферы относительно плоскости горизонта перетекание масла будет происходить с запаздыванием. Появляющийся в этом случае сдвиг по фазе приводит к тому, что в секторах образуется избыток масла, который вызывает затухание колебаний чувствительного элемента.

В нижней части каждой переборки имеется калиброванное отверстие для перетекания жидкости, а в верхней части — отверстие для циркуляции воздуха между секциями. Калиброванные отверстия в переборках позволяют установить период перетекания жидкости в направлении $E_г — W_г$ достаточно большим, что значительно снижает влияние качки на точность работы гирокомпаса.

Для предотвращения образования нежелательного избытка масла в одном из отсеков при воздействии ускорений в плоскости меридиана имеется устройство — выключатель затухания. Оно состоит из камеры *9*, клапана *7* и электромагнита *1*. При подаче питания в обмотку *6* электромагнита якорек *8* клапана *7* притягивается к полюсам и шариком *10* прикрывает отверстие трубки *2*, тем самым прекращая перетекание масла. Один конец обмотки реле подключают непосредственно к корпусу гиросферы, другой — к специальному электроду.

Чувствительный элемент целиком погружен в поддерживающую жидкость. В состав жидкости входят: дистиллированная вода, глицерин, формалин и бура реактивная. Ввиду того что через жидкость проходит переменный ток повышенной частоты (330 Гц), электролиза в ней не происходит.

Электрическая схема чувствительного элемента дана на рис. 2.6, где показаны полярные электроды *1* и *8*, экваториальные электроды *4*, *9* и *11*, электроды следящей системы *3* и *10*, электрод выключателя затухания *5*, статорные обмотки *2* гиромоторов, обмотка *6* реле выключателя затухания, обмотка *7* центрирующей катушки.

Следящая сфера. Она является одним из основных элементов следящей системы гирокомпаса (рис. 2.7). Чаши *13* и *3* следящей сферы изготовлены из алюминия. С наружной стороны они полностью покрыты эбонитом.С внутренней стороны эбонитовое покрытие выполнено частично, а полярная часть каждой чаши покрыта токопроводящим составом — графито-эбонитом.

Таким образом, в следящей сфере имеются два полярных электрода, расположенных против соответствующих полярных электродов гиросферы. Чаши следящей сферы на полюсах имеют отверстия *4*, через которые происходит свободная циркуляция поддерживающей жидкости и воздуха при погружении следящей сферы в резервуар с жидкостью. В эбонитовых кольцах *1* и *2* размещены токопроводящие латунные секции, покрытые эбонитом и имеющие с внутренней стороны по три токопроводящие графито-эбонитовые дуги. Токопроводящие дуги (электрически связанные между собой) образуют третий электрод, соответствующий экваториальному электроду чувствительного элемента.

Между кольцами *1* и *2* вставлены семь эбонитовых колодок *12* и семь стекол. В две диаметрально противоположные колодки вмонтированы электроды — следящие контакты. В одной из колодок вмонтирован электрод, предназначенный для подачи питания в реле выключения затухания.

Смотровые стекла служат для наблюдения за положением гиросферы внутри следящей сферы. На стеклах с внутренней и внешней сторон, а также на колодках имеются окрашенные риски. По створу этих рисок с экваториальной линией можно судить о положении чувствительного элемента по высоте.

Держатель *10* — полый латунный стержень, покрытый эбонитом, в нижней части он имеет утолщенный эбонитовый диск. По окружности диска имеется семь латунных букс *5* с отверстиями, в которых за-

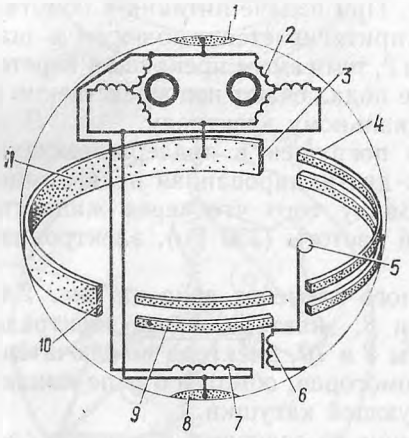


Рис. 2.6

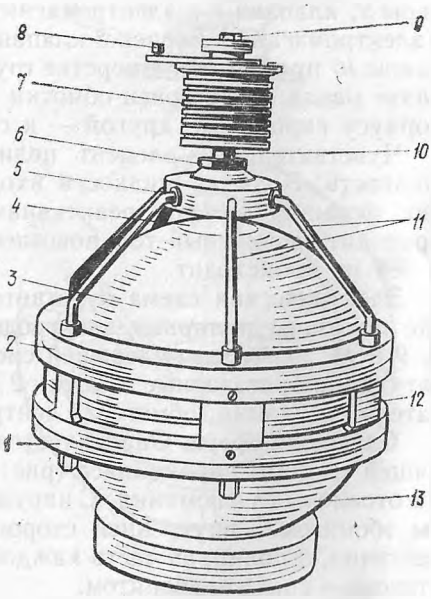


Рис. 2.7 →

креплены латунные стержни *11*. Вся наружная поверхность стержней, кроме концов, входящих в буксы и чаши, покрыта эбонитом. К концам букс внутри полой чаши держателя припаяны изолированные один от другого и от корпуса проводники, которые проходят внутри держателя и электрически соединяют стержни с токособирательными кольцами *7* коллектора. После припайки проводников нижнюю полую часть держателя во избежание проникновения в нее поддерживающей жидкости заливают влагостойкой изоляционной массой — карбинолом.

Электрический контакт между соответствующими стержнями и электродами следящей сферы достигается контактными винтами, которые ввинчивают в чаши, токопроводящие кольца и колодки с электродами. Все отверстия, где проходят контактные винты, закрывают эбонитовыми резьбовыми пробками.

Электрический ток между соответствующими электродами следящей сферы и гиросферы проходит по схеме, приведенной на рис. 2.8: с первого (сверху) кольца коллектора (вывод *55*) на электрод *55* следящей сферы, через поддерживающую жидкость на электрод катушки реле выключения затухания; со второго и третьего колец (выводы *30*, *31*) к следящим контактам *30* и *31* и через жидкость на угольные вставки экваториального электрода гиросферы; с четвертого кольца — первая фаза (вывод *27*) — на верхний полярный электрод следящей сферы и через жидкость на одноименный электрод гиросферы; с пятого кольца — вторая фаза (вывод *28*) — на нижний полярный электрод следящей сферы и через жидкость на нижний полярный электрод гиросферы; с шестого кольца — третья фаза (вывод *29*) — на верхний и нижний экваториальные и токоведущие кольца следящей сферы и через жидкость к экваториальному электроду гиросферы, электрически соединенному с корпусом сферы.

Переходные сопротивления жидкости между одноименными электродами гиросферы и следящей сферы малы по сравнению с переходными сопротивлениями между разноименными электродами. Поэтому утечка тока между фазами незначительна.

Следящая сфера подвешена к столу основного прибора с помощью опорного шарикоподшипника *6* (см. рис. 2.7), закрепленного на держателе *10*. В гнездо *9* помещают центрирующий штифт нижнего диска корректора при установке его на столе гирокомпаса. Поводком *8* следящая сфера соединяется с механизмом корректора.

Внешние части основного прибора, неподвижные относительно судна. Корпус основного прибора, в котором монтируются различные детали и элементы, называется *нактоузом* (рис.2.9). Он состоит из трех частей: литого круглого основания *1*, укрепляемого на палубе болтами, средней цилиндрической части *4*, поддерживающей компас, и крышки со смотровыми стеклами (на рисунке не показана).

В средней части *4* нактоуза со стороны кормы судна для наблюдения за положением гиросферы имеется окно *18*, закрываемое дверцей *3*. Ниже окна расположена закрытая крышкой *2* коробка с платами,

откуда идет гибкий кабель к верхней плате, находящейся на столе *6*. На корпусе расположены также выключатель *19* освещения основного прибора и закрываемые крышкой *20* переключатель устройства ускоренного приведения гиросферы в меридиан и выключатель помпы охлаждения. Средняя часть нактоуза может разворачиваться относительно нижней в небольших пределах ($\pm 9°$) при помощи зубчатой планки и зубчатого колеса, размещенных внутри средней части нактоуза внизу (на рисунке не показаны). Такая конструкция позволяет точно установить курсовую черту параллельно диаметральной плоскости судна.

Карданов подвес состоит из наружного *16*, внутреннего *15* и опорного *5* кардановых колец. Ось 17 вращения наружного кольца параллельна продольной оси судна. Опорное кольцо *5* при помощи спиральных пружин *14* подвешено к внутреннему кольцу *15*.

Резервуар, в который заливают токопроводящую поддерживающую жидкость, подвешивают на заплечиках к опорному кольцу. Он покрыт с внутренней стороны слоем эбонита для предохранения металла от коррозии, а жидкости — от окисления.

Стол гирокомпаса — это бронзовая отливка *6* в виде диска, нижняя сторона которого покрыта слоем эбонита. Столом закрывают резервуар с поддерживающей жидкостью, он служит для подвеса на опорном шарикоподшипнике следящей сферы, на нем установлены корректор *11*, двигатель корректора *7*, терморегулятор *13*, сельсин *8* и другие элементы.

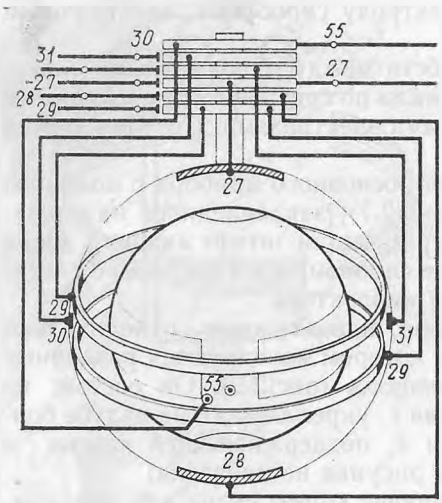


Рис. 2.8

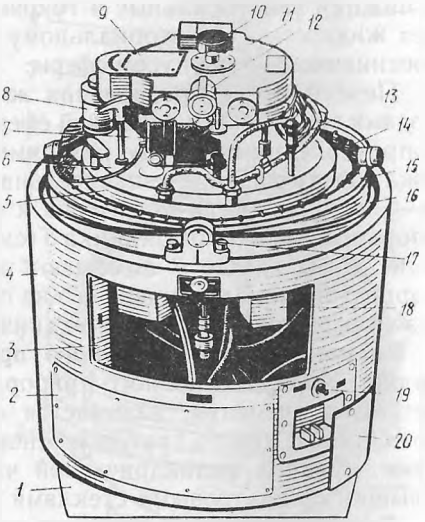


Рис. 2.9

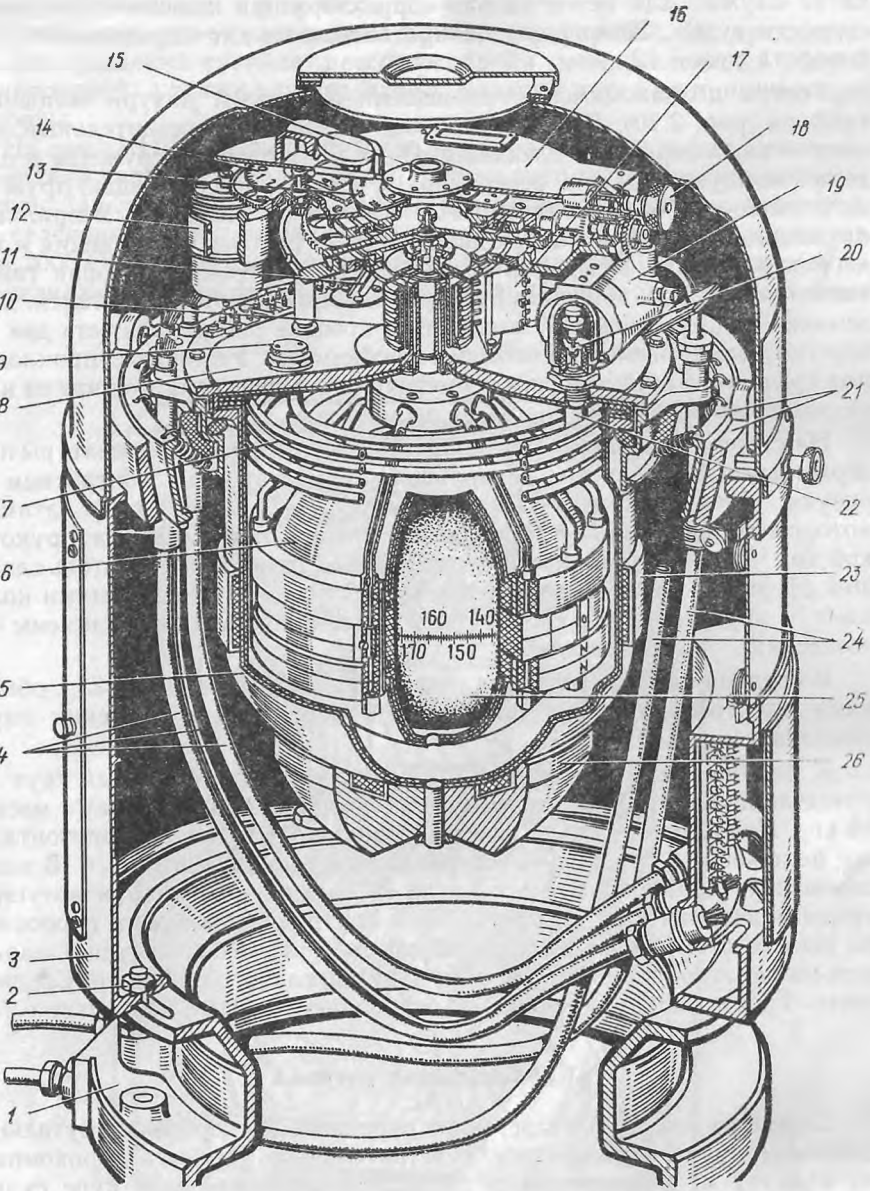

160 140
110 150
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26

Рис. 2.10

Отсчет курса судна по гирокомпасу снимается через окно *10*. Ручка *12* служит для перестановки корректора при изменении широты и скорости судна. Номограмма *9* предназначена для определения угла поворота ручки *12*.

Теперь познакомимся с размещением деталей внутри основного прибора (рис. 2.10). В центре прибора находятся чувствительный элемент — гиросфера *25* и следящая сфера *6*, которые погружены в поддерживающую жидкость резервуара *5*. Резервуар с помощью пружинного кольца подвешен к кольцам *21* карданова подвеса. В приливах пружинного кольца крепятся две трубки *24* системы охлаждения и три кабеля *4*. Сверху резервуар закрывается крышкой *8*, которая также является площадкой (столом) для размещения некоторых деталей. Для заливки поддерживающей жидкости в крышке резервуара есть два отверстия, закрываемые винтовыми пробками *9*. Резиновые прокладки под крышкой *8* обеспечивают герметичность резервуара, так что на качке поддерживающая жидкость не выливается.

На столе *8* размещены термометр *11* для контроля температуры поддерживающей жидкости, сигнальный термостат *22* с контактами *20* ревуна, щеткодержатель *17* и корректор *16* с двигателем *19*, азимут-мотором *12*, шкалами *13* и *14* грубого и точного отсчетов курса и рукоятки *18*. Через центральное отверстие стола проходит держатель следящей сферы, на котором закреплен коллектор *10* с токоведущими кольцами. С внутренней стороны к столу прикреплен змеевик *7* системы охлаждения.

В средней части резервуара (снаружи) установлен пояс *23* с обмотками электромагнитного устройства ускоренного приведения гирокомпаса в меридиан.

К нижней части резервуара прикреплен балансировочный груз *26*, представляющий собой несимметричную чугунную отливку массой 16 кг. Поворотом груза *26* можно устанавливать стол *8* в горизонтальное положение по уровню *15*, закрепленному на корректоре *16*. В кольцевом пазу балансировочного груза *26* имеется сигнальная катушка, предназначенная для дистанционного контроля положения гиросферы по высоте относительно следящей сферы. Плоскость катушки параллельна экваториальной плоскости чувствительного элемента. Средняя часть *3* нактоуза прикреплена к основанию *1* четырьмя болтами *2*.

2.3. Следящая система

Следящая система непрерывно отрабатывает любое азимутальное движение судна относительно чувствительного элемента гирокомпаса по азимуту и, следовательно, автоматически определяет курс судна. Помимо этого, следящая система участвует в передаче курса судна на репитеры, подводит ток питания к электродам гиросферы, обеспечивает безмоментный подвес чувствительного элемента и его центрирование

относительно следящей сферы. Элементы следящей системы, кроме прибора 1М, размещены и в приборе 9Б.

Трансляционно-усилительный прибор (прибор 9Б). Он предназначен для усиления сигнала рассогласования между следящей сферой и гиросферой, а также для передачи показаний курса на принимающие приборы.

На рис. 2.11 показан общий вид прибора 9Б с открытой крышкой. В верхней части на металлической панели расположен магнитный усилитель. На лицевой стороне панели размещены следующие элементы: два селеновых выпрямителя *9* и *3*, два резистора *4* по 500 Ом, резистор *6* на 2000 Ом, секционированный резистор *8* на 1500 Ом, конденсаторы *12*, сигнальный трансформатор *10* и сигнальная неоновая лампа *5* «Рас-

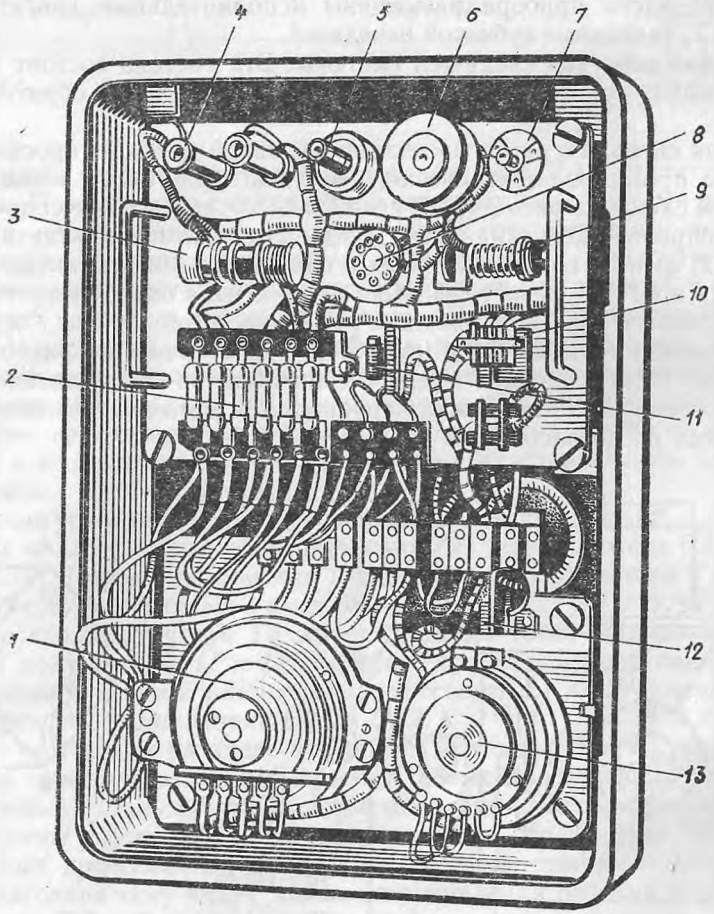


Рис. 2.11

согласование следящей системы», включенная в цепь вторичной обмотки сигнального трансформатора. В эту же цепь включены сигнальные лампы в приборах 10М и 34А.

Когда рассогласование следящей системы превысит 0,7—2,5°, напряжение на вторичной обмотке трансформатора становится достаточным для зажигания сигнальных ламп. Последние загораются, сигнализируя о рассогласовании следящей системы гирокомпаса. В цепи лампы *5* помещен балластный резистор *11*. Предохранители *2* служат для защиты обмотки возбуждения азимутального двигателя и усилителя.

В правом верхнем углу расположен тумблер *7* выключения усилителя следящей системы. На внутренней стороне панели усилителя расположены фазовый трансформатор и два усилительных дросселя. В нижней части прибора размещены исполнительный двигатель *13* и датчик *1*, связанные зубчатой передачей.

Принцип действия следящей системы. Эта система состоит из датчика сигнала, усилителя, исполнительного двигателя и обратной связи.

Датчик сигнала о рассогласовании следящей сферы и гиросферы построен на принципе электрического моста и представлен в виде эквивалентной схемы на рис. 2.12, *б*, где *r1* и *r2* — переходные сопротивления токопроводящей жидкости между следящими контактами *30* (рис. 2.12, *а*) и *31* следящей сферы и одноименными контактами гиросферы; *R1* и *R2* — резисторы. Мост подключен к первой и третьей фазам трехфазного тока напряжением 120 В, частотой 330 Гц. Когда *r1* = *r2*, то между точками *А* (см. рис. 2.12, *б*) и *Б* схемы нет разности потенциалов. Если следящая сфера поворачивается относительно гиросферы, то равенство плеч моста нарушается и в его диагонали появляется сигнал рассогласования.

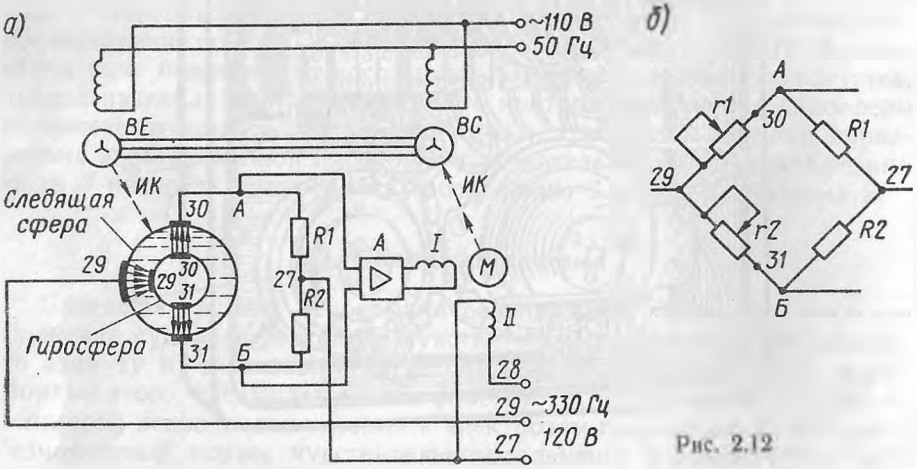


Рис. 2.12

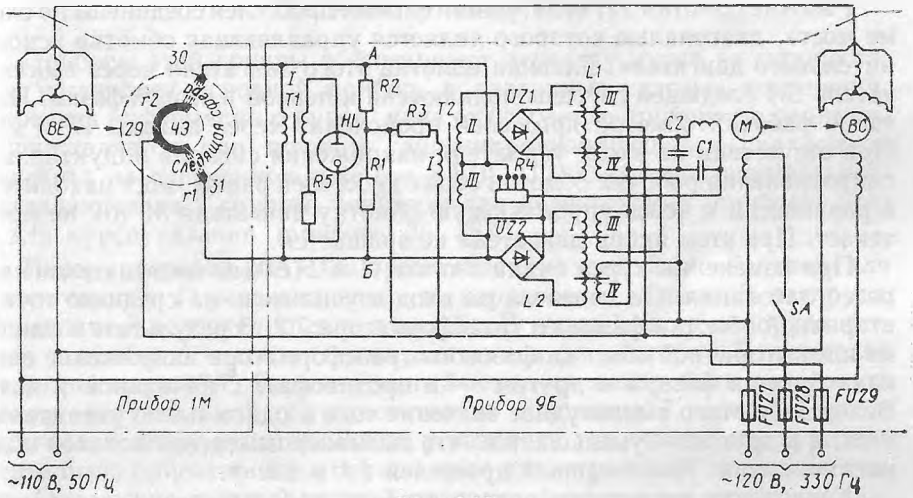


Рис. 2.13

Принцип действия следящей системы (см. рис. 2.12, *а*) состоит в следующем. При повороте судна вместе с неподвижными частями основного прибора поворачивается следящая сфера относительно гиросферы. Вследствие изменения переходных сопротивлений жидкости нарушается равновесие моста. Сигнал рассогласования из точек *А* и *Б* поступает через усилитель на управляющую обмотку исполнительного двигателя *М* следящей системы. Отработка исполнительного двигателя вызывает поворот сельсина-датчика *ВС* и электрически связанного с ним принимающего сельсина *BE* (азимут-мотора), расположенного на столе основного прибора. Азимут-мотор механически связан со следящей сферой и возвращает ее в согласованное с чувствительным элементом положение.

К схеме усилителя следящей системы относятся 2 усилительных дросселя *L1* и *L2*, фазовый трансформатор *T2*, демодуляторы *UZ1* и *UZ2* (рис. 2.13). Первичная обмотка *I* фазового трансформатора *T2* подсоединена через резистор *R3* к предохранителям *FU27* и *FU29*. Вторичная обмотка трансформатора *T2* имеет среднюю точку. Нагрузками вторичных полуобмоток *II* и *III* фазового трансформатора являются управляющие обмотки *I* усилительных дросселей *L1* и *L2*. В цепь последних включены выпрямители *UZ1* и *UZ2*.

При отсутствии на входе усилителя (в точках *А* и *Б*) напряжения сигнала через управляющие обмотки обоих дросселей протекает выпрямленный начальный ток i_0 подмагничивания. Вследствие симметричности схемы управляющие обмотки создают в сердечниках обоих усилительных дросселей одинаковые по значению потоки подмагничивания, благодаря чему индуктивные сопротивления рабочих обмоток обоих дросселей также равны между собой.

Рабочие обмотки *III* и *IV* усилительных дросселей соединены по схеме моста, диагональю которого является управляющая обмотка исполнительного двигателя. Главная обмотка этого двигателя через выключатель *SA* следящей системы подключена к первой и второй фазам. Питание рабочих обмоток дросселей происходит через выводы *27* и *29*. При отсутствии на входе усилителя напряжения сигнала индуктивные сопротивления рабочих обмоток обоих дросселей равны, мост находится в равновесии и через управляющую обмотку двигателя *М* ток не протекает. При этом якорь двигателя не вращается.

При изменении курса судна в точки *А* и *Б* схемы поступает сигнал рассогласования. Он подается на вход в усилитель на среднюю точку вторичной обмотки фазового трансформатора *Т2*. В результате в одном из плеч вторичной обмотки фазового трансформатора напряжение сигнала будет в фазе, а в другом — в противофазе с начальной э. д. с. Вследствие этого амплитудное значение тока в одном плече увеличивается, а в другом — уменьшается, что вызывает изменение потоков подмагничивания усилительных дросселей *L1* и *L2*.

Увеличение магнитного потока в одном дросселе резко уменьшает индуктивное сопротивление его рабочих обмоток, а уменьшение магнитного потока в другом — увеличивает индуктивное сопротивление. В результате равновесие моста нарушается и через управляющую обмотку двигателя М начинает протекать ток, приводя его ротор во вращение. При повороте судна в другую сторону изменяется фаза напряжения сигнала в точках *А* и *Б*. Теперь совпадение фазы сигнала и начальной э. д. с. наблюдается в другом плече вторичной обмотки фазового трансформатора. Это в конечном счете определяет изменение направления вращения ротора исполнительного двигателя в противоположную сторону.

Конденсаторы *С1* и *С2* включены в цепь управляющей обмотки и предназначены для сдвига фазы тока на угол, равный 90°, по отношению к фазе тока в главной обмотке. Секционированный резистор *R4* включен между входом и выходом усилителя и служит для регулирования обратной связи следящей системы.

Исполнительный двигатель *М* через механическую передачу вращает сельсин-датчик *ВС*. Последний посредством синхронной электрической связи разворачивает принимающий сельсин *ВЕ* (азимутальный двигатель) до тех пор, пока следящая сфера не согласуется с гиросферой. Тем самым изменение курса судна будет отработано следящей системой.

В диагональ моста параллельно входу магнитного усилителя включена первичная обмотка *I* сигнального трансформатора *Т1*. Напряжение со вторичной обмотки трансформатора *Т1* подается к сигнальной неоновой лампе *HL*, в цепь которой последовательно включен добавочный резистор *R5*. Эта лампа загорается при рассогласовании следящей системы на угол, больший 0,7—2,5°, и тем самым сигнализирует о неисправности этой системы.

2.4. Репитерная система

Приборы этой группы обеспечивают передачу курса из гиропоста, где установлен основной прибор, в различные судовые помещения. Передача информации о курсе судна от основного прибора на репитеры осуществляется при помощи самосинхронизирующейся синхронной передачи на переменном токе (см. § 1.3). По назначению репитеры подразделяются на 2 группы: репитеры для пеленгования (приборы 19А) и для курсоуказания (приборы 38, 38А).

Пелорус (прибор 20А). Он представлен на рис. 2.14. Репитер для пеленгования *1* устанавливают в кардановом кольце *2* пелоруса. Основание *7* пелоруса крепят к палубе. В нижней части пелоруса имеется коробка *6* с контактными платами и регулятором *5* освещения шкал репитера 19А. Верхняя часть *3* пелоруса может быть развернута вокруг вертикальной оси относительно основания *7* на любой угол. Благодаря этому репитер можно установить так, чтобы его курсовая черта была ориентирована параллельно диаметральной плоскости судна. Положение верхней части *3* пелоруса фиксируется четырьмя винтами *4*.

Репитер для пеленгования (прибор 19А). Он предназначен для работы с пеленгатором. Прибор представляет собой металлический застекленный сверху корпус, внутри которого имеется принимающий сельсин (рис. 2.15).

Наружная шкала *4*, нанесенная на неподвижном относительно корпуса судна кольце, называется азимутальным кругом и предназначена для определения курсовых углов. Под стеклом репитера находятся 2 картушки со шкалами грубого *2* и точного *3* отсчета, а также курсовая черта *1*.

Ротор принимающего сельсина *5* (рис. 2.16) при помощи зубчатой передачи *4* связан с картушками точного *1* и грубого *2* отсчета. Передаточное число передачи принимающего сельсина к картушке точного отсчета 1:10, а грубого отсчета 1:360. Картушка точного отсчета разбита на 100 делений с ценой каждого 0,1°. Картушка грубого отсчета разделена на 360 делений, т. е. цена каждого деления 1°. Над картушками укреплен неподвижный индекс — курсовая черта *3*.

Кроме основной шкалы, на картушке грубого отсчета в зеркальном изображении со сдвигом на 180° нанесена шкала для пеленгования. Для освещения картушек в корпусе репитера установлены 3 лампочки, для питания которых имеется трансформатор с вторичным напряжением 2,5 В. Первичная обмотка трансформатора включена параллельно обмотке возбуждения сельсина и питается однофазным током напряжением 110 В. Цепь первичной обмотки трансформатора проходит через регулировочный резистор, установленный в приборе 20А.

Прибор 19А отличается от других репитеров тем, что для придания ему устойчивости относительно горизонтальной плоскости в нижней части репитера укреплен свинцовый груз. Для согласования показа-

ний репитера с показаниями основного прибора имеется ручной согласователь. Через отверстие в корпусе вставляют ключ, которым вручную через шестеренное сцепление вращают шкалы репитера. При зацеплении шестерни картушки с шестерней согласователя одновременно разрываются контакты *7* и *6* двух фаз ротора принимающего сельсина и последний отключается от системы синхронной передачи.

Репитер для курсоуказания (прибор 38А). Во внутренних помещениях судна устанавливают модернизированные репитеры (приборы 38 и 38А). В отличие от приборов 19А эти репитеры имеют вместо двух одно стекло, закрывающее картушки. Стекло крепят кольцом, на которое не наносят делений азимутального круга.

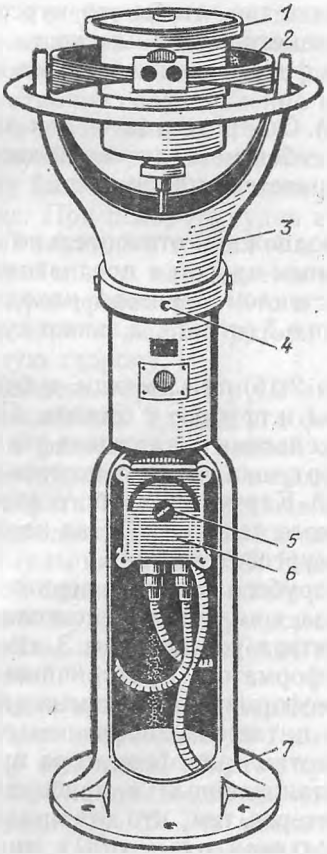


Рис. 2.14

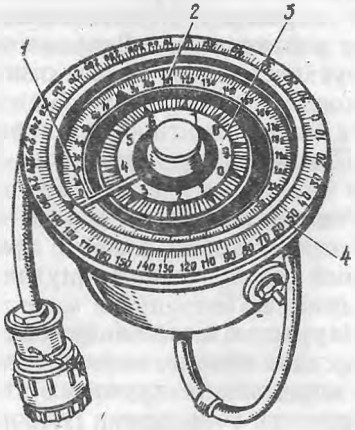


Рис. 2.15

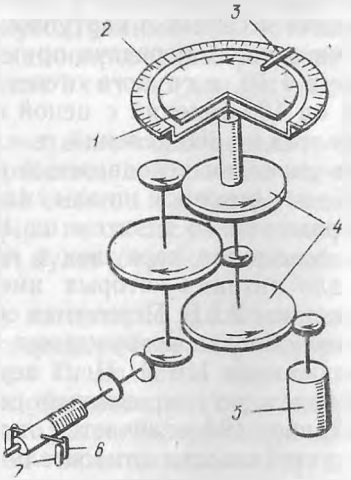


Рис. 2.16

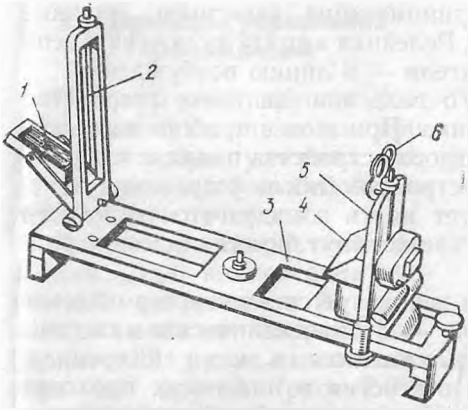


Рис. 2.17

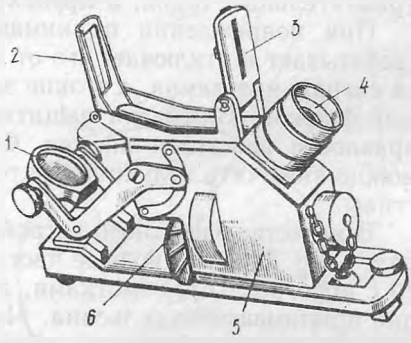


Рис. 2.18

Пеленгатор. Прибор (рис. 2.17) представляет собой раму *3*, которая установлена на репитере и поворачивается вокруг его центра. В кронштейне *4* укреплена трехгранная призма, которая дает обратное увеличенное изображение шкалы репитера. Для наведения пеленгатора имеются глазная *5* и предметная *2* мишени. При пеленговании Солнца используют светофильтры *6*. Если пеленгуемый небесный объект находится значительно выше плоскости горизонта, применяют зеркало *1*.

Оптический пеленгатор ПГК-2. Внутри корпуса *5* оптического пеленгатора (рис. 2.18) размещены 2 оптические системы. Основная телескопическая система служит для наблюдения и пеленгования навигационных ориентиров. Дополнительная система — микроскоп — предназначена для повышения точности снятия отсчета пеленга с картушки гирокомпаса. Обе системы имеют общий окуляр *4*. Телескопическая система имеет светофильтры. Надлежащий фильтр выбирают посредством рычага *6*. На корпусе оптического пеленгатора установлены глазная *3* и предметная *2* мишени для предварительной ориентации оптической оси телескопической системы в направлении пеленгуемого ориентира. Зеркало *1* используется для пеленгования Солнца и звезд.

Оптические характеристики пеленгатора ПГК-2

Кратность увеличения трубы	5,85
» увеличения микроскопа	4
Чувствительность уровня	15′
Предел визирования по вертикали	0—60°

Коробка с защитными устройствами (прибор ЗУ). Она предназначена для разветвления и защиты линий синхронной передачи курса на принимающие сельсины, а также для сигнализации и отключения какого-либо сельсина в случае его неисправности. Внутри прибора рас-

положены защитные устройства принимающих сельсинов, плавкие предохранители и сигнальная лампа. Релейная защита включена в цепь уравнительных токов, а предохранители — в линию возбуждения.

При повреждении принимающего сельсина защитное устройство срабатывает и отключает его от датчика. При этом в приборе загорается сигнальная лампа, а в окне защитного устройства появляется красный флажок. Включают защитное устройство после устранения неисправности нажатием кнопки. Следует иметь в виду, что устройство можно включить только после того, как остынут биметаллические пластины.

В качестве защитного устройства используется электротермическое реле (рис. 2.19). Основные части реле — 3 биметаллические пластины *10* с подогревными обмотками, которые включены в линии синхронизации принимающего сельсина. Через отверстия в пластинах проходит шток *9* с регулировочными гайками *8*. При исправной работе принимающего сельсина ток в синхронизирующих цепях мал, поэтому нагрев биметаллических пластин недостаточен для их прогиба и головка фиксатора *1* удерживается при помощи стягивающих пружин рычагами *7*. При этом контакты *6* замкнуты, а контакты *5* — разомкнуты.

Если принимающий сельсин неисправен,то ток в линиях синхронизации увеличивается и нагревает биметаллические пластинки, которые изгибаются, упираются в гайки и перемещают шток на расстояние, равное их прогибу. Головка штока давит на рычаги *7* спускового механизма, которые удерживают соединенный с контактным механизмом фиксатор *1*. В результате фиксатор освобождается и контакты *6* отключают неисправный сельсин от сети, а контакты *5* одновременно включают световой сигнал. При этом смещается сигнальный флажок *4* в окне корпуса реле.

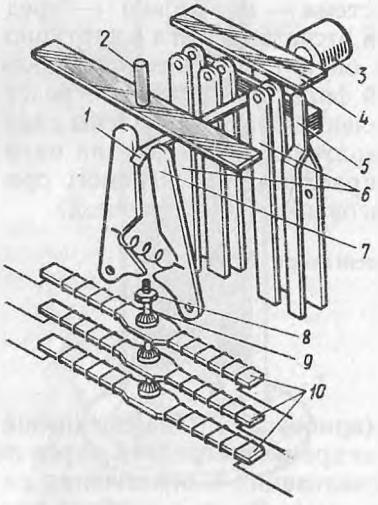


Рис. 2.19

Кнопка *3*, выступающая через отверстие в корпусе, служит для последующего включения реле после устранения неисправности принимающего сельсина и естественного охлаждения биметаллических пластин. Контакты реле можно разомкнуть также вручную при помощи кнопки *2*.

Разветвительные коробки (прибор 15А). Этот прибор предназначен для разветвления и защиты линий синхронной передачи курса на принимающие сельсины. Плавкие предохранители ставят в цепи уравнительных токов и в цепи возбуждения сельсинов.

2.5. Приборы управления гирокомпасом

Приборы этой группы дают возможность использовать гирокомпас в любых условиях эксплуатации с наибольшей эффективностью и точностью.

Корректор скоростной девиации. Для компенсации скоростной погрешности δ_v гирокомпас снабжают корректором. Он имеет 2 диска, наложенных один на другой (рис. 2.20). Нижний диск, соединенный со следящей сферой гирокомпаса, строго ориентирован относительно гиросферы. Его паз $П$ расположен по оси $OE_к$ гиросферы. При повороте судна следящая система гирокомпаса возвращается в согласованное с гиросферой положение, а паз нижнего диска всегда направлен на восток гиросферы независимо от возможного изменения курса судна.

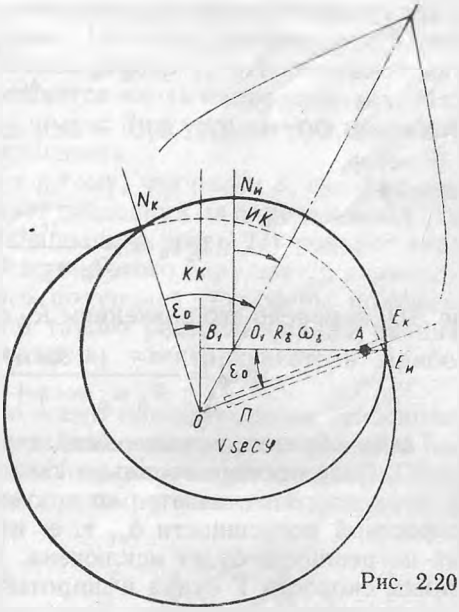


Рис. 2.20

Верхний диск, наложенный на нижний, соединен с последним в точке A штырем особой конструкции, укрепленным с нижней стороны верхнего диска на расстоянии O_1A от центра этого диска, пропорциональном $R_\delta\ \omega_\delta$. Палец западает в паз нижнего диска, эксцентрично соединяя оба диска. Верхний диск укреплен на каретке и может сдвигаться относительно нижнего в направлении диаметральной плоскости судна. Расстояние OO_1 (эксцентриситет) между центрами дисков можно установить в зависимости от известных значений скорости судна и широты места.

Из рис. 2.20 следует, что направление паза $П$ нижнего диска соответствует направлению $E_к$ — восток гиросферы, поэтому курс судна по показаниям гиросферы, содержащий скоростную погрешность δ_v, определится углом $КК$.

Устранение из показаний гирокомпаса скоростной погрешности δ_v достигается таким перемещением каретки с верхним диском в направлении диаметральной плоскости судна, при котором расстояние OO_1 между центрами дисков пропорционально значению $V\sec\varphi$. Тогда курс $КК$, отсчитываемый по показаниям гиросферы, отличается на значение угла ε_0 от курса $ИК$, отсчитываемого по верхнему диску (картушке компаса) от линии $N_и O_1$. Линия $N_и\ O_1$ перпендикулярна направлению O_1A. Следовательно,

$$КК = ИК + \varepsilon_0.$$

Из прямоугольного треугольника B_1OA находим

$$\operatorname{tg}\varepsilon_0 = \frac{B_1O}{AO_1 + B_1O_1}.$$

Угол $B_1OO_1 = ИК$. $B_1O = OO_1 \cos ИК$, $B_1O_1 = OO_1 \sin ИК$, $OO_1 = V \sec\psi$,
поэтому

$$\operatorname{tg}\varepsilon_0 = \frac{V \sec\varphi \cos ИК}{R_\delta \omega_\delta + V \sec\varphi \sin ИК},$$

где AO_1 заменено его значением $R_\delta\omega_\delta$. Тогда

$$\operatorname{tg}\varepsilon_0 = \frac{V\cos ИК}{R_\delta \omega_\delta \cos\varphi + V \sin ИК} = -\operatorname{tg}\delta_v.$$

Таким образом, если верхний диск корректора установлен так, чтобы OO_1 было пропорционально $V\sec\varphi$, то отсчет $ИК$ по верхнему диску корректора отличается от отсчета $КК$ по гиросфере на значение скоростной погрешности δ_v, т. е. из показаний гирокомпаса скоростная погрешность будет исключена. Корректор устанавливают по значениям скорости V судна и широты φ места.

Скоростная погрешность в гирокомпасах «Курс-4» исключается корректором при скоростях, не превышающих 50 уз, и широте не свыше 82°.

Теперь более подробно рассмотрим кинематическую схему корректора (рис. 2.21). В центре нижнего диска *12* имеется стержень с шариком, при помощи которого корректор центрируется с держателем следящей сферы. Немного в стороне от центра диска в зацепление с ним входит штифт *11* поводка следящей сферы. Таким образом, положение нижнего диска соответствует положению следящей сферы, т. е. компасному курсу (отсюда название «диск компасных курсов»).

Верхний диск *13* (диск истинных курсов) эксцентрично связан с нижним диском *12* при помощи пальца *8*, входящего в прорезь нижнего диска. Прорезь сделана в направлении $Е_к$ — $W_к$ компасные. Верхний диск вместе с кареткой *9* может передвигаться по направляющим *10*, расположенным параллельно диаметральной плоскости судна. Это перемещение (введение эксцентриситета) может быть выполнено либо вручную при помощи маховика *14*, либо дистанционно—включением электродвигателя *15*. С верхним диском *13* скреплена картушка *5* грубого отсчета, имеющая 72 деления с ценой деления 5°. Этот же диск, кроме того, через механическую передачу связан с картушкой *6* точного отсчета, имеющей 100 делений с ценой деления 0,1°.

Рассмотрим взаимодействие частей корректора при введении поправки на скоростную погрешность.

Установка корректора вручную выполняется по шкале *2* при помощи номограммы *4*, укрепленной на крышке корректора. Входными

данными для пользования номограммой являются скорость судна (в узлах) и широта места плавания. По этим данным определяется эксцентриситет в миллиметрах. Отдав стопор *1*, поворачивают маховик *14*, при этом каретка *9* перемещается вдоль направляющих. Маховик поворачивают до тех пор, пока индекс *3* не установится против требуемого деления шкалы *2* эксцентриситета.

Перемещение каретки приводит к тому, что палец *8*, скользя вдоль паза нижнего диска *12*, поворачивает последний на определенный угол. Поворот диска вызывает (через поводковую связь *11*) поворот следящей сферы на такой же угол. Вследствие этого нарушается симметричное относительно срезов широкого полупояса гиросферы положение следящих контактов. В результате такого рассогласования начинает действовать исполнительный (следящий) электродвигатель прибора 9Б, вращая сельсин-датчик.

Датчик электрически связан со всеми принимающими сельсинами, в том числе азимутмотором *7*. Последний поворачивает верхний диск *13* на угол, равный δ_v, и, следовательно, возвращает следящую сферу в согласованное положение. Таким образом, в показания шкалы курса

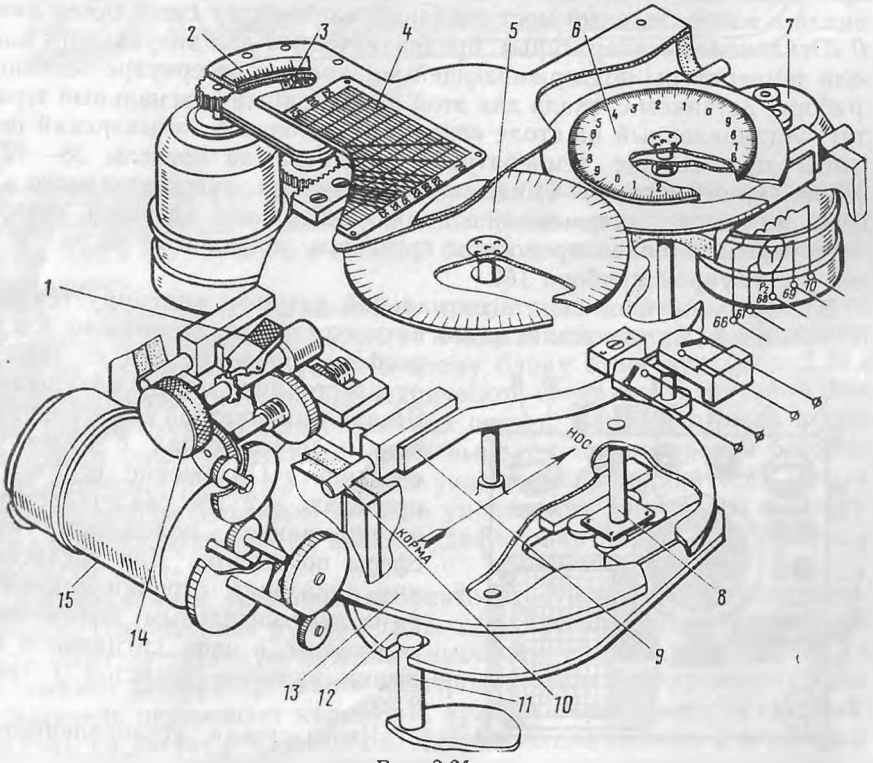


Рис. 2.21

корректора и всех принимающих приборов вводится поправка на скоростную погрешность.

Корректор устанавливают на столе основного прибора на трех опорах и закрепляют на нем двумя накидными пружинными захватами. Одна из опор имеет регулировочный винт, благодаря которому корректор устанавливается по азимуту с погрешностью до $\pm 0{,}25°$.

Штурманский пульт (прибор 34А). Он служит для контроля работы гирокомпаса и для управления корректором скоростной девиации. Внутри прибора размещены репитер, курсограф и блок дистанционного управления корректором. Общий вид прибора показан на рис.2.22.

На крышке прибора установлены: а) вольтметр *6*, предназначенный для контроля напряжения 120 В (см. также позицию *16* на рис. 2.23); б) сигнальная лампа *7* «Отклонение тока» для контроля за постоянством токов в цепи гиромоторов; при отклонении тока в любой из фаз на значение более 0,25 А лампа загорается; в) сигнальная лампа *9* «Рассогласование следящей системы», которая загорается при рассогласовании следящей сферы и гиросферы по азимуту на угол, больший 0,7—2,5°; датчиком сигнала для этой лампы служит трансформатор *Т1* (см. рис. 2.13), первичная обмотка которого включена как диагональ в измерительный мост следящей системы; г) сигнальная лампа *10* «Отклонение температуры», предназначенная для визуального контроля температуры поддерживающей жидкости в резервуаре основного прибора; датчиком сигнала для этой лампы служит сигнальный термостат, установленный на столе основного прибора и замыкающий цепь лампы при выходе температуры жидкости за пределы 38—42°С; д) микроамперметр *11* — индикатор положения чувствительного элемента по высоте, включенный в линию сигнальной катушки, которая расположена в балансировочном грузе (см. позицию *26* на рис. 2.10) под резервуаром прибора 1М.

Электродвижущая сила в сигнальной катушке индуцируется магнитным полем катушки электромагнитного «дутья», размещенной в гиросфере. Значение э. д. с. зависит от расстояния между катушками. Шкала индикатора проградуирована в миллиметрах с нулем посередине. Положение стрелки в пределах ± 2 мм свидетельствует о нормальном положении гиросферы по высоте. Для согласования показаний стрелки индикатора с действительным положением гиросферы в цепь сигнальной катушки включен резистор *1* (рис. 2.23).

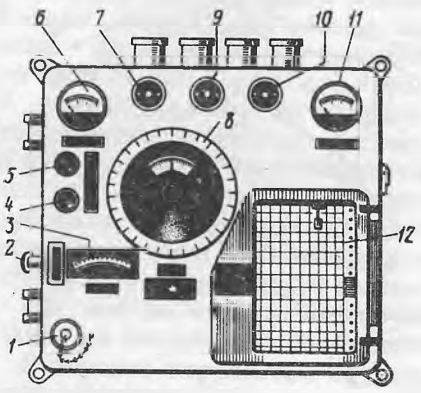


Рис. 2.22

Через стекла, установленные в крышке прибора, видны (см.

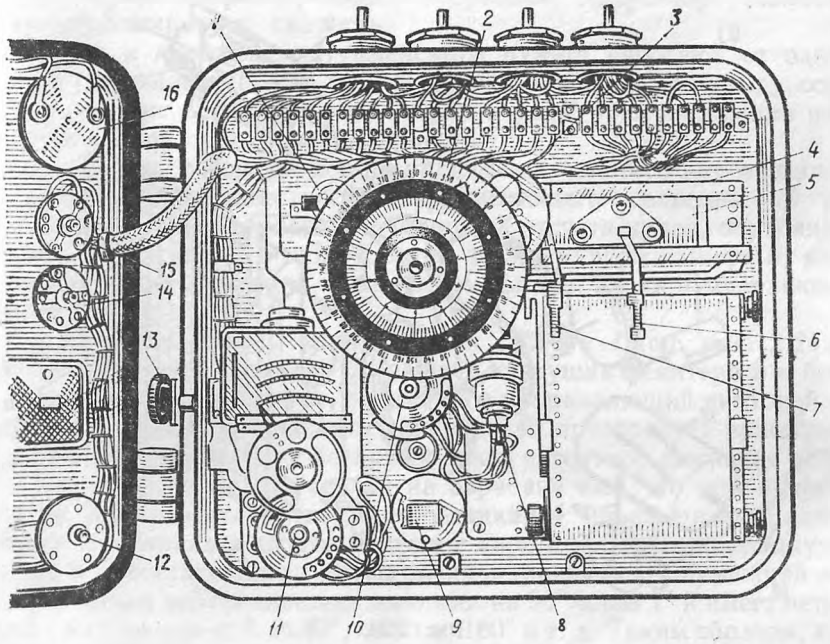


Рис. 2.23

рис. 2.22) шкалы *8* репитера, курсограмма *12* курсографа, колпачок *1*, под которым находится кнопка в цепи принимающего сельсина, а также кнопки *4* и *5*, ручка *2* и шкала *3* блока дистанционного управления корректором.

Блок управления корректором предназначен для дистанционной установки корректора по скорости судна и широте места непосредственно из штурманской рубки. К этому блоку относятся (рис. 2.24,б) поворотный барабан *16*, на цилиндрической поверхности которого нанесены шкалы скорости для различных широт. Установка шкал в зависимости от широты места плавания выполняется поворотом барабана *16* при помощи ручки *18*. Стрелка-указатель *17* механически связана с принимающим сельсином *19*. Для управления двигателем корректора на крышке прибора 34А имеются две кнопки *14* (см. рис. 2.23) и *15* «Скорость хода».

Дистанционная установка корректора осуществляется следующим образом. Поворачивая ручку *1* (рис. 2.25), устанавливают шкалу скорости, соответствующую нужному значению широты. Кнопкой *8* или *9* замыкают цепь реверсивного электродвигателя *7* корректора. Электродвигатель перемещает каретку *6*, вращая механически связанный с ней сельсин-датчик *5* корректора. Принимающий сельсин *2* перемещает стрелку-указатель *4* вдоль шкалы скорости. Когда стрелка доходит до

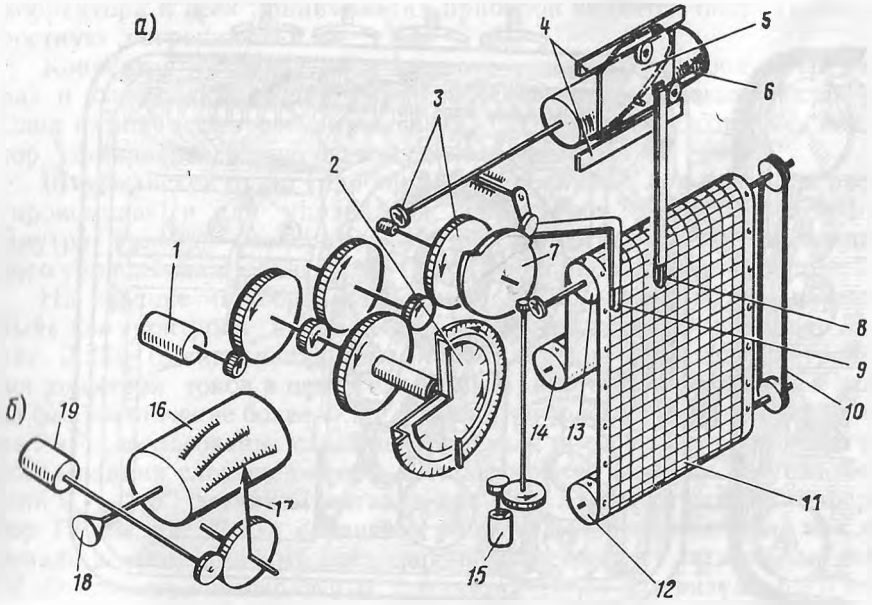


Рис. 2.24

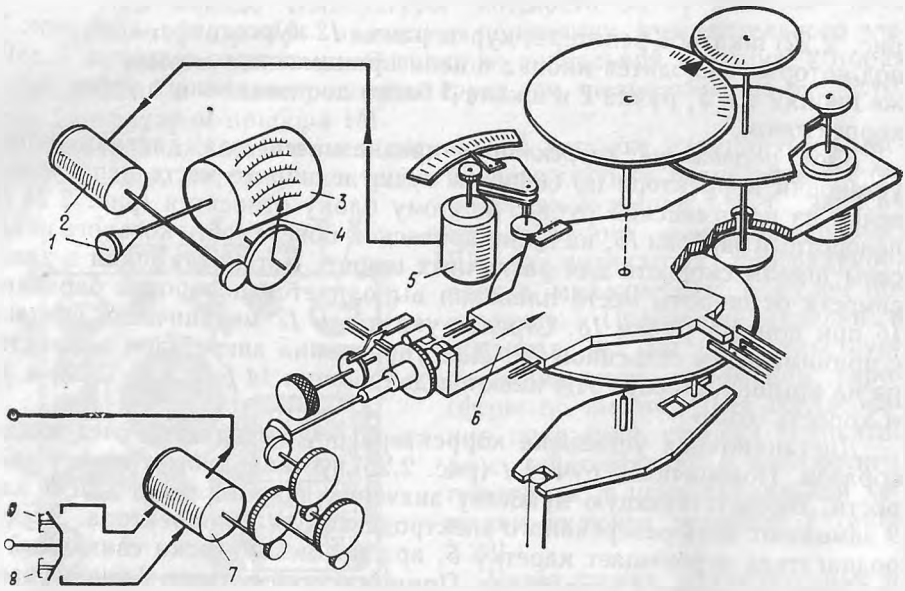


Рис. 2.25

нужного отсчета скорости, кнопку отпускают. Корректор установлен на заданную широту и скорость.

Репитер и *курсограф* штурманского пульта работают от одного сельсина-приемника *10* (см. рис. 2.23) и кинематически между собой связаны (см. рис. 2.24). Этот блок имеет 2 узла: узел индикации и записи курса и лентопротяжный механизм.

Первый узел, обеспечивающий индикацию и запись курса, состоит из следующих основных частей: принимающего сельсина *10* (см. рис. 2.23), картушек грубого *2* и точного *3* отсчета курса, барабана *5*, кинематических связей между ними, а также курсового пера *6*, которое укреплено на каретке и может перемещаться вдоль направляющих *4* и четвертного пера *7*.

При изменении курса принимающий сельсин *1* (см. рис. 2.24, *а*) через механическую передачу *3* вращает картушки репитера *2* и барабан *6*. Каретка *5* имеет штифт, входящий в направляющий винтовой паз барабана *6*. Подобная кинематическая связь преобразует вращательное движение барабана *6* в возвратно-поступательное движение каретки *5*. Направляющий паз сделан на барабане так, что при повороте судна на 360° каретка проходит по планкам *4* четыре раза из одного крайнего положения в другое. Вместе с кареткой перемещается курсовое перо *8*. В соответствии с этим правая широкая часть бумажной ленты *11* разделена вертикальными линиями на 90° через 1° и имеет четыре шкалы с надписями от 0 до 90°, от 90 до 180° и т. д. Таким образом, курсовое перо фиксирует курс судна в пределах одной четверти.

Для того чтобы определить, к какой именно четверти относится сделанная запись курса, служит четвертное перо *9*. Кронштейн четвертного пера укреплен на шарнире и при помощи пружины все время прижимается к ребру диска-эксцентрика *7*, который разделен на четыре равных сектора различного радиуса. При вращении диска-эксцентрика перо *9* может занимать четыре фиксированных положения, соответствующие четырем секторам диска. В соответствии с этим левая узкая часть ленты (рис. 2.26) имеет 4 графы с надписями: 0—90°, 90—180°, 180—270°, 270—360°. Движения каретки и эксцентрика согласованы так, что в момент перехода четвертного пера из графы, соответствующей одной четверти, в другую курсовое перо меняет направление своего движения на противоположное.

Таким образом, чтобы прочесть запись курса на ленте, необходимо сначала определить, в какой четверти располагается курс по записи в левой части ленты, а затем по шкале, соответствующей этой четверти, прочесть курс судна в правой части ленты. Перья крепят к кронштейнам замочными устройствами, их легко снимать для чистки и заливки чернилами. Напряжение для ламп освещения снимается с трансформатора *9* (см. рис. 2.23).

Второй узел (см. рис. 2.24, *а*) — лентопротяжный механизм включает в себя следующие основные части: двигатель времени *15*, ведущий барабан *13*, ведомый барабан *12* и барабан *14*, несущий рулон бумаги.

Электродвигатель времени *13*, вращаясь с постоянной скоростью, передвигает бумажную ленту пропорционально времени. На ленте имеются поперечные параллельные линии. Расстояние между соседними линиями лента проходит за 10 мин; с ее левой стороны (см. рис. 2.26) четко отпечатаны цифры от 0 до 24 (через 2 ч).

Принципиальная электросхема двигателя представлена на рис. 1.5 и описана в параграфе 1.2. При частоте тока 50 Гц и одной паре полюсов частота вращения ротора составляет 3000 об/мин. Эта частота вращения снижается редуктором до 2 об/мин при использовании двигателя в лентопротяжном механизме курсографа.

Редуктор смонтирован как неотъемлемая часть двигателя. Выходной валик редуктора через червячную передачу вращает ведущий барабан *13* (см. рис. 2.24, *а*) и через гибкий тросик *10* — ведомый барабан *12*. Бумажная лента имеет по краям перфорацию, в которую попадают зубцы валиков, что позволяет протягивать ленту без скольжения и перекосов. Ведомый барабан *12* можно снимать. Для этого необходимо снять тросик и вынуть оси барабана из гнезд. Барабан *14*, несущий рулон бумаги, также вынимают при перезарядке курсографа. Для протяжки

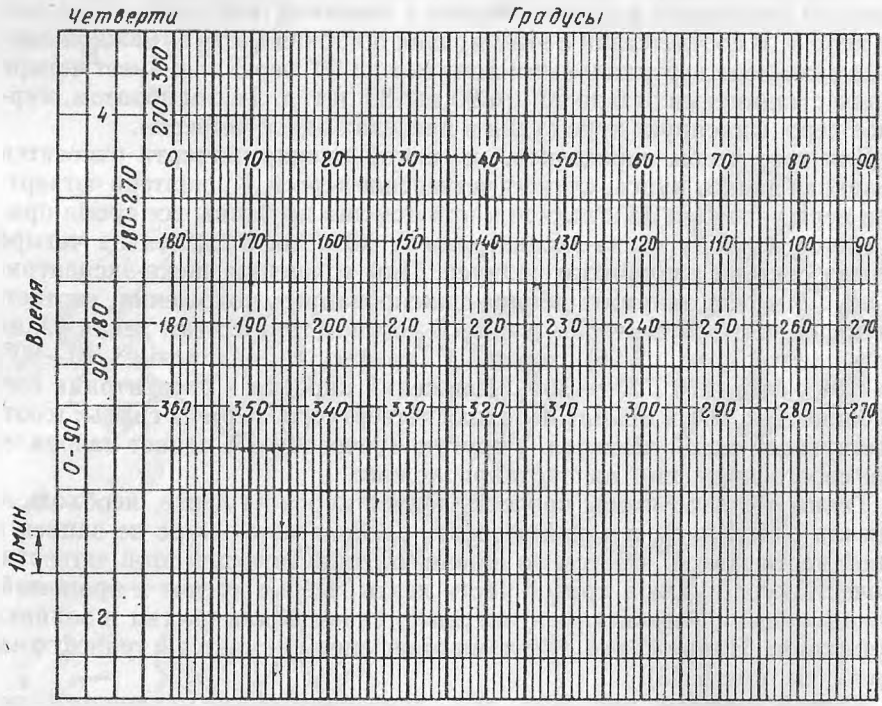


Рис. 2.26

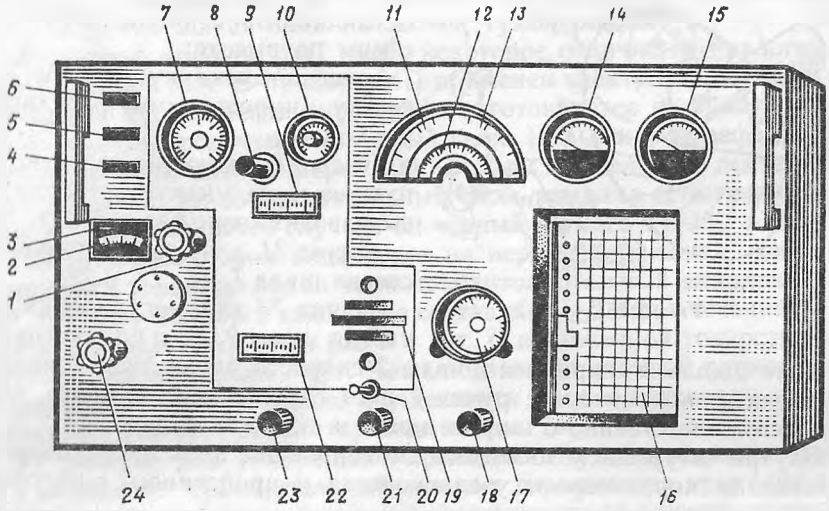


Рис. 2.27

курсограммы сначала необходимо отдать стопорную гайку на ведущем барабане *13*, вручную протянуть курсограмму вниз и вновь поджать стопорную гайку.

Согласование показаний механизмов указания и записи курса с показаниями основного прибора 1М осуществляется ключом. Для отсоединения двух фаз обмотки ротора необходимо удерживать в течение процесса согласования кнопку *12* (см. рис. 2.23) в нажатом состоянии.

Штурманский пульт (прибор 34П). Он служит для контроля работы гирокомпаса, для индикации курса, скорости судна, пройденного судном расстояния, времени, для автоматической записи курса и для управления корректором скоростной девиации. Прибор показан на рис. 2.27. На крышке прибора видны:

сигнальное табло *6* «Отклонение температуры»; сигнальное табло *5* «Отклонение тока»; сигнальное табло *4* «Рассогласование следящей системы»; датчиками для этих табло служат устройства, которые являются датчиками сигналов для сигнальных ламп прибора 34А;

шкала *7* скорости судна по лагу; шкала *10* для установки расстояния (в пределах от 0 до 26 миль), по прохождении которого по лагу срабатывает контакт и ревун *19* подает звуковой сигнал;

счетчик *9* пройденного в данном рейсе расстояния; сброс счетчика на ноль осуществляется кнопкой *8*; счетчик *20* общего пройденного судном расстояния;

шкалы *11* и *12* грубого и точного отсчета курса, значение которого снимается против курсовой черты *13*;

вольтметр *14* для контроля тока напряжением 120 В, частотой 330 Гц;

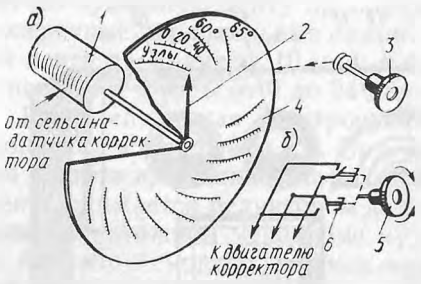


Рис. 2.28

индикатор *15* положения гиросферы по высоте;

окно *16* блока курсографа; подсветку курсограммы регулируют ручкой *18*;

часы *17*, имеющие часовую, минутную и секундную стрелки; часы заводят один раз в 5 сут;

ручка *21* для регулировки подсветки шкал *7*, *11*, *12* и *22*;

ручка *23* для регулировки подсветки шкал *9*, *10* и индикатора *15*, а также шкалы *3* широты и шкалы *2* скорости блока дистанционного управления корректором; ручки *1* и *24* служат для ручного ввода данных соответственно о широте места и скорости судна.

Внутри штурманского пульта смонтированы блок дистанционного управления корректором, узел скорости и пройденного расстояния, репитер и курсограф.

Блок дистанционного управления корректором состоит из поворотного диска *4* (рис. 2.28, *а*), принимающего сельсина *1*, стрелки *2* и электроконтактов *6* (рис. 2.28, *б*). На поворотном диске *4* нанесен ряд шкал скоростей для различных широт. Для малых широт предусмотрена одна шкала от 0 до 10°. С увеличением широты интервалы по широте между шкалами скорости уменьшаются. Для широт от 70 до 75° шкалы скорости наносят для каждого градуса. Перестановку шкал осуществляют поворотом ручки *3*.

Сельсин *1* электрически связан с сельсином-датчиком корректора и отрабатывает заданное датчиком смещение верхнего диска При этом стрелка *2*, насаженная на валу сельсина *1*, двигается по шкале скорости. Контакты *6* предназначены для управления реверсивным электродвигателем корректора; контакты замыкаются ручкой *5*.

Дистанционный ввод информации в корректор осуществляется следующим образом. Ручкой *1* (см. рис. 2.27) вращают диск 4 (см. рис. 2.28, *а*) до тех пор, пока на шкале *3* (см. рис. 2.27) не будет выставлена широта места. Затем ручкой *24* замыкают одну из контактных групп *6* (см. рис. 2.28) и удерживают их включенными, пока стрелка *2* не достигнет необходимого значения скорости по шкале *2* (см. рис. 2.27).

К углу скорости и пройденного расстояния относятся: сельсин-приемник скорости, на оси которого насажена шкала скорости *7* (в пределах 0—25 уз); сельсин-приемник пройденного расстояния (в пределах 0—10 000 миль) и расстояния, пройденного в данном переходе (в пределах 0—1000 миль), и сигнализатор о прохождении судном заданного расстояния от 0 до 26 миль (см. рис. 2.27). Шкала *10* сигнализатора нанесена на диске с кулачком, который механически связан с сельсином пройденного расстояния. Поворотом этой шкалы вручную устанавливают заданное расстояние. По прохождении судном этого расстояния

кулачок с помощью контактов замыкает цепь ревуна *19*. При необходимости ревун может быть выключен тумблером *20*.

Курсограф прибора 34П имеет некоторое отличие от аналогичного блока прибора 34А. В приборе 34П применен электротермический способ записи курса. Лента курсографа изготовляется из бумаги, на которую нанесен теплочувствительный слой. Перья курсографа нагреваются до температуры примерно 100 °С. При движении по ленте кончик пера оплавляет теплочувствительный слой, выявляя естественный цвет бумаги; в большинстве случаев он черный (бумага ТБ-1).

Изменяя резистором подаваемое на перья напряжение, можно регулировать толщину линии записи. Лентопротяжный механизм работает от часов. Точность хода часов составляет ± 2 мин в течение суток, если подзаводят часы один раз в 4 сут. С пониженной точностью часы работают без остановки 7 сут. Часы подзаводят съемной ручкой. Стационарной рукояткой можно осуществить пуск и остановку часового механизма. Имеется регулятор хода часов.

Устройство для ускоренного приведения чувствительного элемента в меридиан. Чувствительный элемент гирокомпаса приходит в меридиан после включения питания в зависимости от широты места в течение 3—6 ч, и в этот период гирокомпас непригоден для использования. Для устранения этого недостатка имеется специальное устройство. Ускоренное приведение гиросферы в меридиан достигается воздействием на гиросферу внешнего момента относительно вертикальной оси *OZ*.

При неработающих гиромоторах под действием этого момента гиросфера поворачивается вокруг оси *OZ*. Прилагая внешний момент определенного направления, приводят гиросферу в плоскость меридиана. Положение плоскости меридиана должно быть известно, например по магнитному компасу.

По принципу действия устройство для ускоренного приведения чувствительного элемента гирокомпаса в меридиан представляет собой двухфазный асинхронный двигатель.

Магнитопровод статора — это стальной кольцеобразный пояс *8*, который укреплен снаружи резервуара в районе экватора гиросферы (см. рис. 2.10). Пояс имеет 3 пары полюсов. На этих полюсах уложены 2 обмотки: главная *w1* и управляющая *w2* (рис. 2.29). Последовательно с главной обмоткой *w1* включен конденсаторный блок *C1*, создающий необходимый сдвиг фазы тока. Ротором устройства для приведения гирокомпаса в меридиан является чувствительный элемент.

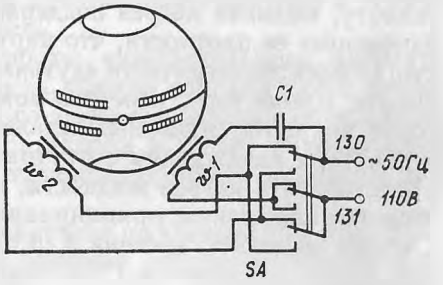


Рис. 2.29

Действием устройства управляют с помощью переключателя *SA*,

имеющего 3 положения. В среднем положении обе обмотки статора отключены от источника питания. В крайних положениях они питаются однофазным током напряжением 110 В, частотой 50 Гц. Одно из крайних положений обозначено надписью «Увеличение», другое — «Уменьшение» (при этом имеется в виду увеличение или уменьшение отсчета показаний, снимаемых с экваториальной шкалы гиросферы). Выводы концов обеих статорных обмоток подключены к выходной плате, которая защищена колпачком.

Магнитопровод статора (пояс) снаружи покрыт вулканизированной резиной, защищающей обмотки от попадания влаги. Блок конденсаторов размещен в нижней части нактоуза прибора 1 М.

При подаче питания в обмотки *w1* и *w2* статора, расположенного в плоскости экватора гиросферы, образуется вращающееся магнитное поле, которое индуцирует в металлической оболочке чувствительного элемента вихревые токи. Взаимодействие поля, создаваемого этими токами, с вращающимся магнитным полем статора создает вращающий момент, направленный по вертикальной оси гиросферы. Для изменения направления вращающего момента используется переключатель *SA*, меняющий фазу тока в управляющей обмотке *w2* на противоположную.

Более простой способ приведения заключается в следующем. Не подавая питание на чувствительный элемент, привести гиросферу в меридиан. Затем на гиросферу подать трехфазный ток питания. Если гиросфера начнет уходить из меридиана, то рядом кратковременных включений переключателя надлежит возвратить ее в меридиан. Внешний момент, действуя относительно вертикальной оси чувствительного элемента, вызовет при работающих гироскопах прецессионное движение гиросферы вокруг ее горизонтальной оси *OY* и наклон чувствительного элемента к плоскости горизонта. Появляющийся маятниковый момент порождает второе прецессионное движение в азимуте, используя которое надлежит удерживать гиросферу в меридиане.

2.6. Система охлаждения гирокомпаса

При работе гирокомпаса отдельные элементы прибора 1 М, главным образом гиромоторы и катушка электромагнитного «дутья», выделяют теплоту, вызывая нагрев поддерживающей жидкости. Это приводит к изменению ее плотности, что нарушает нормальный режим работы катушки электромагнитного «дутья» и изменяет положение гиросферы по высоте. Кроме того, перегрев может отрицательно повлиять на эбонитовое покрытие отдельных деталей прибора.

Система охлаждения с ртутным термоконтактором. Для того чтобы предотвратить нагрев жидкости, компас снабжают системой автоматического охлаждения, принципиальная схема которой дана на рис. 2.30. Система включает: змеевик *4* (в приборе 1М), шланги 7, циркуляционную помпу *5* (в приборе 12М), термометр *3*, термоконтактор *1* и замыкатель ревуна *2*. Циркуляционная помпа подает воду *6* повышенного

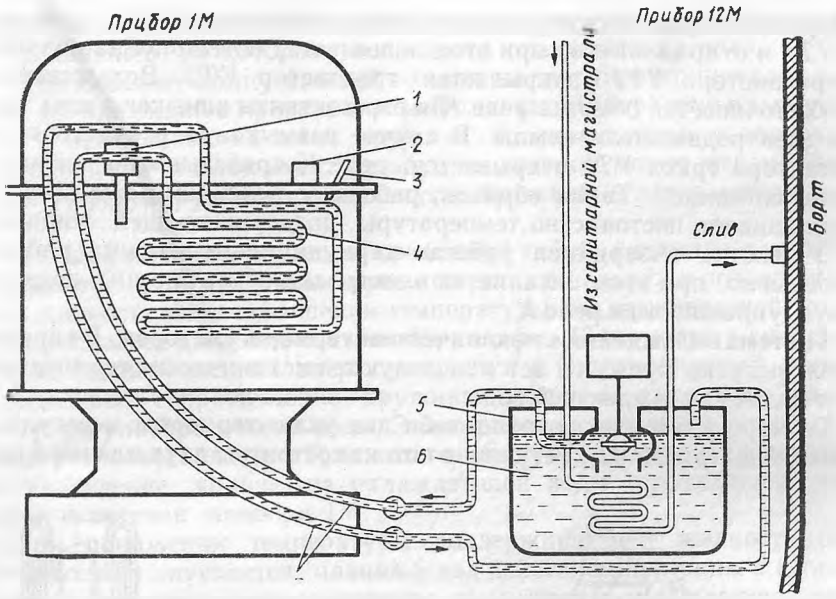


Рис. 2.30

давления в змеевик *4* прибора 1М. Проходя по змеевику, вода охлаждает поддерживающую жидкость, а затем стекает в помпу. Совершая непрерывную циркуляцию, вода постепенно нагревается. Для ее охлаждения в помпе *5* имеется змеевик, который соединяется с какой-либо судовой магистралью, например санитарной. В случае выхода помпы из строя змеевик прибора 1М может быть подключен непосредственно к судовой магистрали.

Змеевик прибора 1М представляет собой латунную трубку, покрытую эбонитом и свитую в два ряда спиральных колец. Змеевик крепится к нижней части стола и полностью погружен в поддерживающую жидкость. Температура поддерживающей жидкости контролируется термометром, установленным на столе центрального прибора и погруженным примерно на 100 мм в жидкость.

Для обеспечения нормальной работы чувствительного элемента температура поддерживающей жидкости должна сохраняться с точностью $\pm$ 1°С относительно номинального значения, которое определяется рабочей точкой ртутного термоконтактора и может находиться в пределах от 38 до 42° для разных термоконтакторов. Возможны два режима работы системы охлаждения.

В режиме «Автоматическая работа» питание на электродвигатель помпы подается через переключатель *SA* режимов работы и рабочие контакты управляющего реле *K* (рис. 2.31). В случае замыкания контакта

S ртутного термоконтактора напряжение поступает на базу транзистора *VT1* и открывает его; при этом повышается потенциал на коллекторе транзистора *VT1* и закрывается транзистор *VT2*. Вследствие этого обесточивается обмотка реле *K* и его контакты замыкают цепь питания электродвигателя помпы. В случае размыкания ртутного термоконтактора триод *VT2* открывается, реле *K* срабатывает и питание с помпы снимается. Таким образом, работая в релейном режиме, помпа поддерживает постоянство температуры поддерживающей жидкости.

В режиме «Аварийная работа» циркуляционная помпа работает непрерывно, при этом питание на электродвигатель помпы подается, минуя управляющее реле *K*.

Система охлаждения с механическим терморегулятором. В гирокомпасах выпуска прежних лет используются механические терморегуляторы подачи охлаждающей воды.

Терморегулятор включает в себя два узла: термостат и регулятор потока воды (рис. 2.32). Регулятор потока состоит из двух планок *5* и *11*,

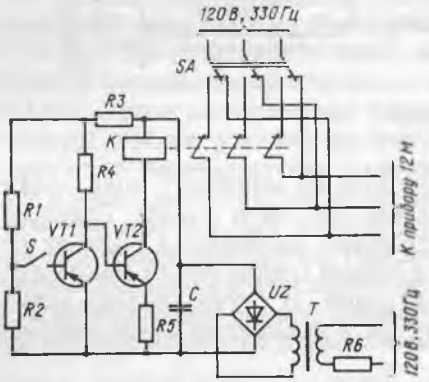


Рис. 2.31

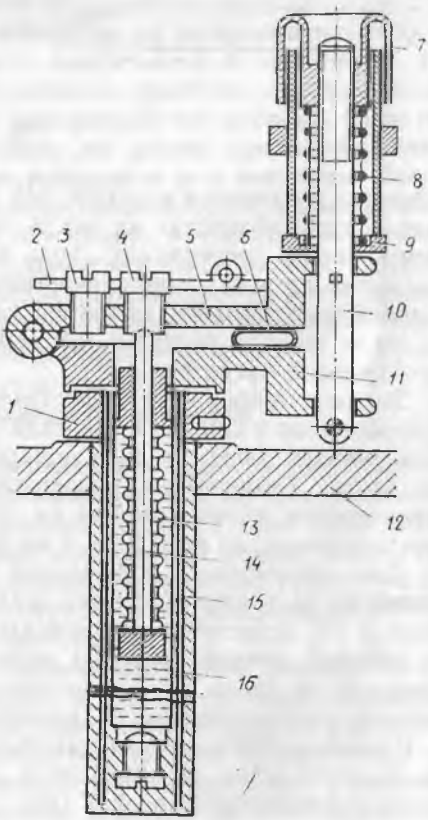


Рис. 2.32 →

шарнирно связанных между собой. Между планками зажимается резиновый шланг *6*, по которому подводится охлаждающая вода.

К свободному концу нижней планки на шарнире прикреплен стержень *10*, входящий в прорезь верхней планки. На верхнюю планку опирается насаженная на шток пружина *8*, помещенная в оправку *9*. В верхней части шток имеет резьбу, по которой может перемещаться гайка *7*, регулируя тем самым сжатие пружины и зазор между планками.

Нижняя планка с помощью крепежной гайки *1* связана с корпусом термостата *15*, погруженным через отверстие в столе *12* в поддерживающую жидкость. При повышении температуры поддерживающей жидкости повышается давление бензола *16*, сильфон *13* термостата сжимается и шток *14*, перемещаясь вверх, упирается в регулировочный винт *4*. Преодолевая сопротивление пружины *8*, шток *14* разжимает планки *5* и *11* регулятора потока воды. Это вызывает увеличение площади сечения резинового шланга *6*, зажатого между планками, а следовательно, увеличение количества охлаждающей воды, проходящей через шланг и змеевик прибора 1М.

При понижении температуры поддерживающей жидкости шток *14* термостата опускается, планка *5* под действием пружины *8* сжимает шланг *6*, что уменьшает количество проходящей охлаждающей воды. Стопорный винт *3* ограничивает нижний предел движения верхней планки. Пружина *2* фиксирует определенное положение винтов *3* и *4*. Терморегулятор настраивают на температуру 38—42 °С, после чего он автоматически поддерживает ее с точностью примерно до ± 1 °С.

Замыкатель ревуна предназначен для включения сигнальных устройств: ревуна (в приборе 10 М) и сигнальных ламп «Отклонение температуры» (прибора 34) при отклонении температуры поддерживающей жидкости от нормальной. Основной частью замыкателя ревуна является термостат. В замыкателе ревуна имеются три контакта. Средний контакт под действием пружины прижимается к штоку термостата. Если температура поддерживающей жидкости повышается, то шток в термостате поднимается и замыкает средний контакт с верхним, а если понижается — шток опускается и средний контакт под действием пружины замыкается с нижним, замыкая цепь сигнальных устройств.

Циркуляционная помпа (прибор 12М). В корпусе (рис. 2.33) помпы *15* размещены нагнетательное устройство и змеевик охлаждения *14*. Электродвигатель *6* помпы — асинхронный, его статорная обмотка питается трехфазным током напряжением 120 В, частотой 330 Гц, а ротор короткозамкнутый. На оси электродвигателя насажено сегнерово колесо *1*, вращающееся в камере *2* с боковым отводом *3* и нижним всасывающим патрубком *16*. Сегнерово колесо помпы — это полый диск, по ободу которого высверлены отверстия. При его вращении вода отбрасывается в периферийную область камеры, вследствие чего возникает повышенное давление, под действием которого вода по боковому

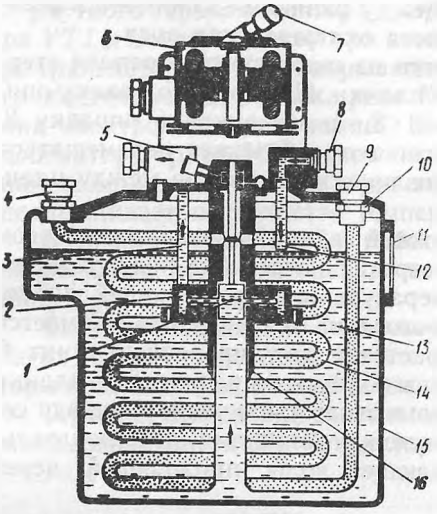


Рис. 2.33

отводу *3* через штуцер *5* и резиновым шлангам попадает в змеевик прибора 1М. Пройдя змеевик основного прибора гирокомпаса, вода через штуцер *8* и трубку *12* попадает снова в корпус помпы и т. д. Корпус помпы закрывается крышкой *10*.

Помпа развивает нормальное давление до $5 \cdot 10^5$ Па. Охлаждающую воду заливают в корпус помпы через отверстие, закрываемое пробкой. Иногда в воду добавляют небольшое количество глицерина (0,5 л) для смазывания вращающихся частей нагнетательного устройства. Контроль уровня охлаждающей воды *13* осуществляется по водомерному стеклу *11* (уровень воды должнен находиться вблизи красной черты).

В нижней части корпуса помпы имеется закрываемое пробкой отверстие для слива воды. На корпусе двигателя расположены лубрикаторы *7* для смазывания его подшипников. В верхней части прибора 12 М установлена плата, к которой выведены концы статорной обмотки электродвигателя помпы. Сюда же подведен кабель электропитания от трехфазного генератора. В змеевик охлаждения *14* через штуцеры *9* и *4* поступает охлаждающая вода из санитарной системы.

Для пуска помпы в нише нактоуза основного прибора имеется переключатель на три положения: «Автоматическая работа», «Выключено», «Аварийная работа».

В гирокомпасах выпусков предыдущих лет при их пуске одновременно начинает работать и система охлаждения. Для того чтобы остановить электродвигатель помпы, следует в приборе 4Д снять два однoамперных предохранителя №15-15 и 16-16.

2.7. Блок питания и сигнальный прибор

Пусковой прибор (прибор 4Д). Он предназначен для пуска и остановки гирокомпаса, разветвления и защиты основных линий питания и контроля силы тока в следящей системе и обмотках статоров гиромоторов. На крышке прибора установлены (рис. 2.34, *а*):

три амперметра *1* для контроля наличия и силы трехфазного тока напряжением 120 В, частотой 330 Гц;

пакетный выключатель *4* питания гирокомпаса однофазным током 110 В, 50 Гц от понижающего трансформатора;

пакетный выключатель *3* питания двигателя агрегата от судовой сети трехфазного тока.

В крышке сделаны два застекленных отверстия *2*, находящиеся над сигнальными лампами.

Внутри прибора (рис. 2.34, *б*) расположены сигнальные неоновые лампы *8* и *10*, контактные платы *5* и *7*, платы с предохранителями *6* и токовый сигнализатор *9*.

Сигнальные неоновые лампы предназначены для сигнализации: левая *10* — о подключении гирокомпаса к цепи однофазного тока;

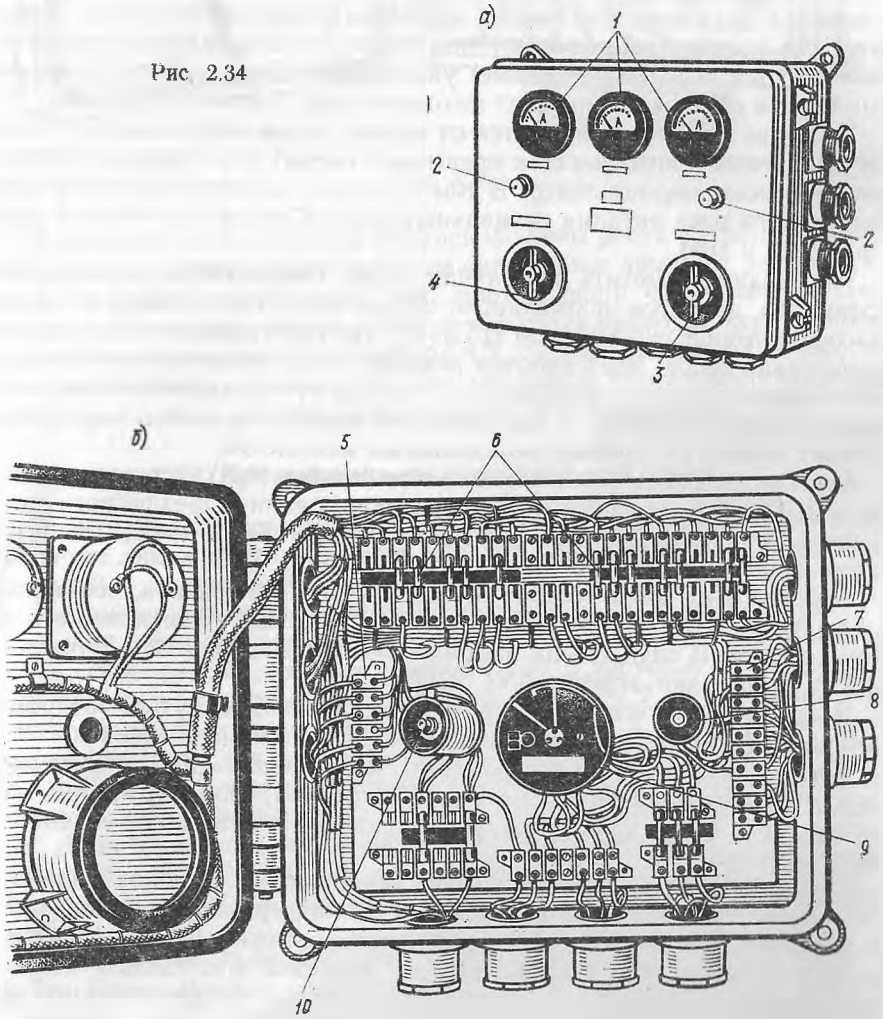


Рис. 2.34

правая *8* — о подключении двигателя агрегата к судовой сети. Лампы загораются при установке соответствующего выключателя в положение «Включено».

Токовый сигнализатор — это малогабаритный асинхронный двигатель. Его статорные обмотки включены последовательно в линию трехфазного тока. На оси ротора двигателя насажен подвижный контакт, располагающийся между двумя неподвижными контактами. К оси ротора также одним концом крепится пружина, другой ее конец связан с регулировочным винтом. Ротор двигателя находится под действием момента, создаваемого вращающимся магнитным полем статора, и момента пружины. Натяжение пружины и расстояние между неподвижными контактами выбирают так, чтобы при нормальной силе трехфазного тока (в рабочем режиме) указанные выше моменты уравновешивались и подвижный контакт находился между неподвижными.

В случае если ток отклонится от нормы, подвижный контакт замыкается с левым контактом (ток превышает норму) или с правым контактом (ток ниже нормального). В том и другом случае замыкается цепь однофазного тока питания сигнальных ламп «Отклонение тока» в приборах 34А и 10М.

Необходимо отметить два случая, когда срабатывание сигнального устройства является нормальным: а) при пуске гирокомпаса в период разгона роторов гиромоторов (15 мин), так как пусковые токи в фазах значительно выше, чем в рабочем режиме; б) при подключении гирокомпаса только к сети однофазного тока, так как статор двигателя токового сигнализатора обесточен, а под действием момента пружины подвижный контакт замкнут с правым неподвижным контактом.

Агрегат питания и сигнальный прибор (прибор 10М). Агрегат питания типа АМГ-201Б предназначен для преобразования трехфазного тока судовой сети напряжением 220 В, частотой 50 Гц в трехфазный ток напряжением 120 В, 330 Гц.

Агрегат АМГ-201Б состоит из двигателя и генератора, собранных в одном корпусе, и блока стабилизации частоты, установленного на этом корпусе. В случае если напряжение судового тока 380 В (частота 50 Гц), применяют агрегат АМГ-201А.

В агрегате двигатель асинхронный с короткозамкнутым ротором и синхронный генератор с возбуждением от постоянных магнитов.

Узел стабилизации частоты тока, вырабатываемого генератором, состоит из следующих элементов: двух дросселей, трансформатора, магнитного усилителя, реле пуска, резисторов, конденсаторов и селеновых выпрямителей.

Сигнальный прибор (прибор 10М) предназначен: для звуковой сигнализации при отклонении температуры поддерживающей жидкости от допустимой; для световой сигнализации при отклонении силы трехфазного тока питания чувствительного элемента и следящей системы от допустимых предельных значений; для световой сигнализации при рассогласовании следящей системы гирокомпаса.

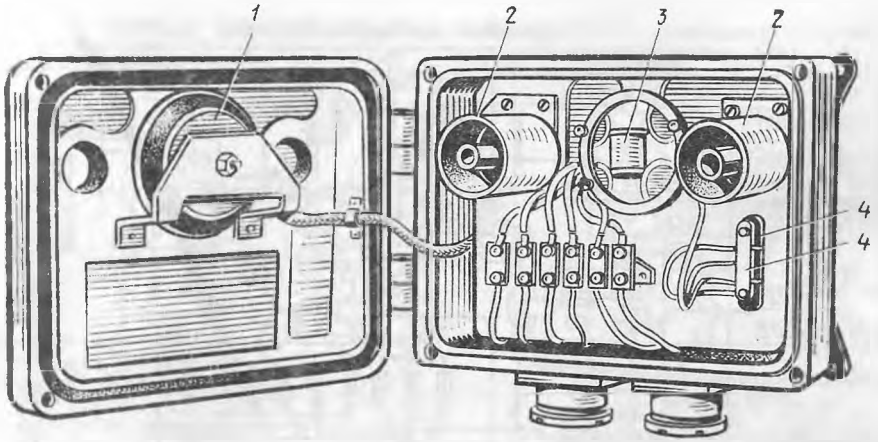


Рис. 2.35

В корпусе прибора (рис. 2.35) расположены ревун *1*, трансформатор *3* для питания ревуна, две неоновые сигнальные лампы *2*, два резистора *4*, которые ограничивают ток, протекающий через лампы. Цепь питания сигнальной лампы «Отклонение тока» проходит через контакты токового сигнализатора прибора 4Д, сигнальная лампа «Рассогласование следящей системы» получает питание от сигнального трансформатора усилителя следящей системы (см. описание прибора 9Б).

2.8. Принципиальная электрическая схема

Электрическая схема (рис. 2.36) гирокомпаса включает следующие основные линии питания: линию судового трехфазного тока напряжением 220 В, частотой 50 Гц; линию судового однофазного тока 110 В, 50 Гц: линию трехфазного тока напряжением 120 В,частотой 330 Гц.

Линия судового трехфазного тока напряжением 220 В, частотой 50 Гц. Трехфазный ток напряжением 220 В,частотой 50 Гц судовой сети подается от щита в прибор 4Д на выводы *1*,*2*, *3*, расположенные в нижней части корпуса прибора. С выводов *1*, *2*, *3* по кабелю внутреннего монтажа ток переходит на зажимы пакетного переключателя *4SA2*. С зажимов этого пакетного переключателя, пройдя пофазно три 10-амперных предохранителя, ток судовой сети поступает на выводы *1*, *2*, *3*, далее по кабелю наружного монтажа подается на зажимы двигателя агрегата АМГ-201. К этой же цепи через резисторы *4R1* и *4R2* подключена неоновая лампочка *4HL2*, сигнализирующая о наличии судового тока.

Линия судового однофазного тока напряжением 110 В, частотой 50 Гц. Переменный ток напряжением 110 В, частотой 50 Гц подается к выводам *1* и *2* прибора 4Д и одноименным зажимам пакетного пере-

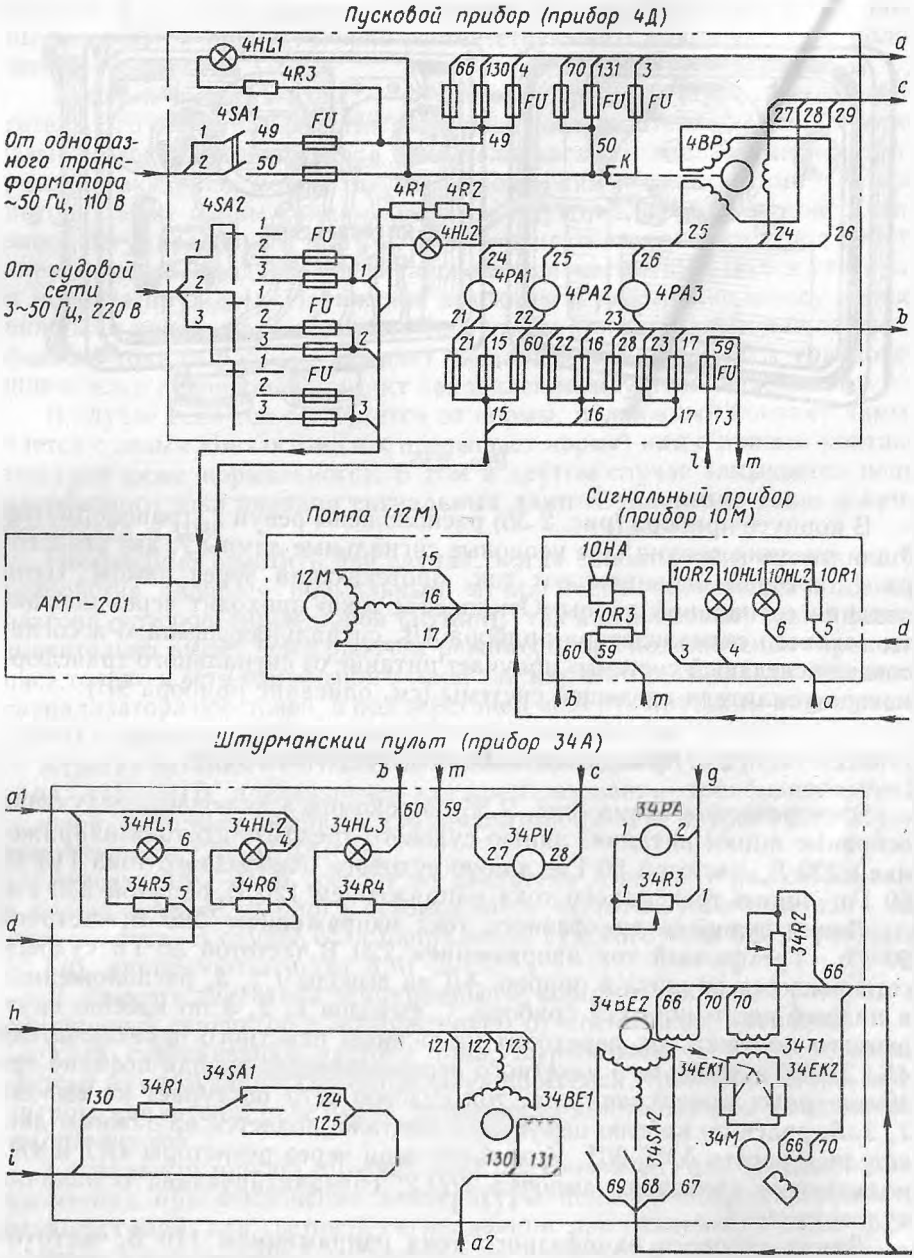
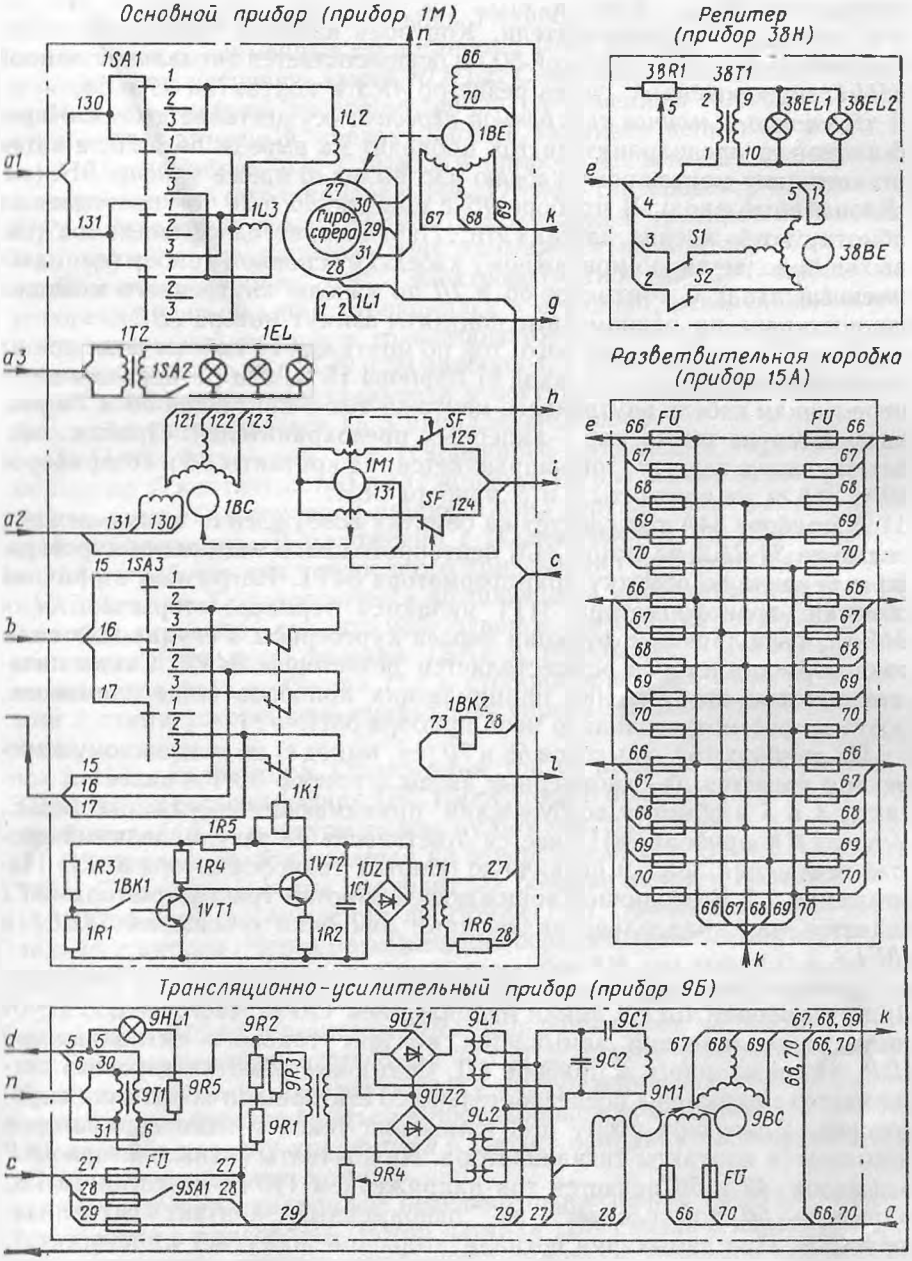

Пусковой прибор (прибор 4Д)
4HL1
4R3
4SA1
FU
От однофазного трансформатора ~50 Гц, 110 В
4SA2
От судовой сети 3~50 Гц, 220 В
4R1
4R2
4HL2
4PA1
4PA2
4PA3
4BP
K
АМГ-201
Помпа (12М)
12M
Сигнальный прибор (прибор 10М)
10HA
10R1
10R2
10R3
10HL1
10HL2
Штурманский пульт (прибор 34А)
34HL1
34HL2
34HL3
34R1
34R2
34R3
34R4
34R5
34R6
34PA
34PV
34SA1
34SA2
34BE1
34BE2
34T1
34EK1
34EK2
34M

Рис. 2.36


Основной прибор (прибор 1М)
Репитер (прибор 38Н)
Разветвительная коробка (прибор 15А)
Трансляционно-усилительный прибор (прибор 9Б)
1SA1
1L2
1BE
1L3
1L1
1TZ
1EL
1SA2
1M1
SF 125
SF 124
1BC
1SA3
1BK2
1K1
1R5
1R3
1R4
1BK1
1VT2
1UZ
1VT1
1R1
1R2
1T1
1R6
38R1
38T1
38EL1
38EL2
38BE
S1
S2
FU
9HL1
9R2
9UZ1
9L1
9C1
9C2
9UZ2
9L2
9T1
9R5
9R3
9R1
9R4
9SA1
9M1
9BC
67, 68, 69
66, 70

ключателя *4SA1*. Пройдя его, ток поступает на выводы *49—50* и 20-амперные предохранители. Контроль наличия однофазного тока напряжением 110 В, частотой 50 Гц осуществляется сигнальной лампой *4HL1*, подключенной через резистор *4R3* к контактам *49* и *50*.

Питание сельсинов синхронной передачи осуществляется так. Через 6-амперные предохранители ток проходит на выводы *66* и *70*, а затем по внешнему монтажному кабелю (см. выход *а*) идет в прибор 9Б (см. одноименный вход). В приборе 9Б с выводов *66* и *70* ток поступает на обмотку возбуждения датчика *9BC*. Параллельно однофазный ток (см. выход *к*) подается по монтажному кабелю в основной прибор (см. одноименный вход). С контактов *66* и *70* по кабелю внутреннего монтажа он поступает на одноименные контакты азимут-мотора *1BE*.

Из прибора 9Б, кроме того, ток по монтажному кабелю подается на одноименные выводы (см. вход *к*) прибора 15 А, где по параллельным перемычкам кабеля внутреннего монтажа ток с контактов *66* и *70* разветвляется на шесть пар 1-амперных предохранителей. Пройдя соответствующую защиту, ток направляется на контакты *66* и *70* приборов 19А, 34А и на контакты *1* и *5* прибора 38Н.

В приборе 34А ток следует на обмотку возбуждения принимающего сельсина *34BE2*, на мотор 34М лентопротяжного механизма курсографа и первичную обмотку трансформатора 34Т1. Нагрузкой вторичной обмотки трансформатора 34Т1 являются терморезисторы *34EK1* и *34EK2*, выполняющие функции перьев курсографа. Регулировка силы тока терморезисторов осуществляется резистором *34R2*. Схема питания обмоток возбуждения принимающих приборов везде одинакова, поэтому рассмотрим только цепь прибора 38Н.

Из прибора 15А с выводов *66* и *70* (см. выход *е*) по монтажному кабелю ток подается на одноименные вводы в прибор 38Н и далее на контакты *1* и *5* и обмотку возбуждения принимающего сельсина 38ВЕ. У ввода *5* в приборе 38Н имеется ответвление на регулировочный реостат освещения *38R1* и первичную обмотку трансформатора *38T1*. Напряжение 2,5 В вторичной понижающей обмотки трансформатора *38T1* подается на параллельно включенные лампочки освещения *38EL1* и *38EL2*.

Питание сигнальных ламп «*Отклонение тока*» осуществляется так. При отклонении тока в линии напряжением 120 В, частотой 330 Гц от допустимых значений замыкается контакт токового сигнализатора *4BP*, установленного в приборе 4Д. Статорные обмотки токового сигнализатора включены последовательно со статорными обмотками гиромоторов. Благодаря этому при изменении токов в цепи гиромоторов замыкаются контакты сигнализатора. На контакты сигнализатора *4BP* с выводов *49* и *50* подается ток напряжением 110 В, частотой 50 Гц. С вывода *50* ток следует на одноименный контакт сигнализатора *4BP*. При замыкании сигнализатора ток поступает на контакт *3*, с которого перемычкой подается на контакт 3-амперного предохранителя. Здесь путь тока разветвляется.

1. Цепь прибора 10М. С вывода *3* прибора 4 Д (см. выход *а*) сигнал подается на одноименный вход прибора 10М, проходит резистор *10 R2* и подается на неоновую лампу *10 HL2*. С вывода *4* прибора *10 М* ток по монтажному кабелю возвращается на одноименный контакт прибора 4Д и через 1-амперный предохранитель замыкает цепь на контакт *49*.

2. Цепь прибора 34А. С вывода *3* прибора 4Д ток идет (см. вход *а1*) на одноименный вход прибора 34А. Отсюда ток подается на резистор *34R6* и неоновую лампу *34HL2*. Через вывод *4* приборов 34А и 4Д и 1-амперный предохранитель цепь замыкается на контакт *49*.

Питание прибора 1М. Электромагнитное приспособление для ускоренного приведения гирокомпаса в меридиан, реверсивный электродвигатель корректора и трансформатор освещения питаются однофазным током с выводов *49* и *50* прибора 4Д. Ток с выводов *50* и *49* проходит 3-амперные предохранители и поступает на контакты *130* и *131*. Здесь ток разветвляется на 3 параллельные цепи.

1. Цепь устройства для ускоренного приведения гирокомпаса в меридиан. С контактов *130* и *131* прибора 4Д (см. выход *а*) ток поступает (см. вход *а1*) в основной прибор 1М на переключатель *1SA1*, имеющий 3 положения. В положении *1* («Увеличение») по обмоткам *1L2* и *1L3* устройства для ускоренного приведения гирокомпаса в меридиан протекает ток. Образовавшееся вращающееся магнитное поле увлекает за собой гиросферу так, что наблюдаемое значение курса будет увеличиваться. При переключении *1SA1* в положение *3* («Уменьшение») изменяются фаза в обмотке *1L2* и сторона вращения поля. В положении *2* схема ускоренного приведения гирокомпаса в меридиан обесточена.

2. Цепь корректора. Однофазный ток из прибора 4Д (см. выход *а*) подается на сельсин-датчик 1ВС корректора в приборе 1М и на сельсин-приемник *34BE1* в штурманском пульте (см. входы *а2*).

Одновременно ток подается на реверсивный двигатель 1М1 корректора. С контакта *131* ток проходит по обмотке якоря и подается на одну из обмоток возбуждения двигателя *1M1*, включенных последовательно с якорем. Через размыкающие ограничительные контакты *SF* и контакт *124* (или *125*) ток покидает прибор 1М (см.выход *i*) и направляется в штурманский пульт (вход *i*). Через замкнутый контакт выключателя *34SA1* и резистор *34R1* цепь замыкается на контакт *130*.

При переключении тумблера *34SA1* в нижнее положение питание будет поступать на другую обмотку возбуждения двигателя *1M1* корректора и он будет вращаться в противоположную сторону. Мотор *1M1* перемещает каретку корректора и вводит поправку на скоростную девиацию в показания компаса.

Посредством синхронной передачи перемещение каретки передается обратно в прибор 34А. Ротор датчика *1BC* связан с кареткой зубчатой передачей, поэтому перемещение каретки вызывает его поворот. Уравнительные токи датчика с выводов *121*, *122* и *123* подаются на одноименные вводы принимающего сельсина *34BE1* в приборе 34А. По

положению стрелки, укрепленной на оси сельсина *34BE1*, можно контролировать дистанционную установку корректора.

3. Цепь освещения основного прибора. Однофазный ток из пускового прибора подается на трансформатор *1T2* основного прибора (см. вход *a3*). Со вторичной обмотки этого трансформатора через выключатель освещения *1SA2* напряжение подается на лампочки *1EL*.

Линия трехфазного тока напряжением 120 В, частотой 330 Гц. От генератора АМГ-201 трехфазный ток подается на вводы *15*, *16* и *17* прибора 4Д. В этих точках линия разветвляется.

Питание прибора 1М осуществляется так. Через 3-амперные предохранители с выводов *21*, *22* и *23* по кабелю внутреннего монтажа ток поступает на одноименные зажимы трех амперметров *4PA1*, *4PA2* и *4PA3*, размещенных на крышке прибора 4Д. Пройдя пофазно через амперметры, с выводов *24*, *25* и *26* ток идет на вводы *24*, *25* и *26* токового сигнализатора. Затем с выходных зажимов *27*, *28* и *29* токового сигнализатора ток подается потребителям.

1 Цепь гиромоторов. С выводов *27*, *28* и *29* прибора 4Д (см. выход *c*) трехфазный ток поступает на одноименные вводы прибора 1М и подводится к токособирательным кольцам коллектора, откуда через стержни «паука», электроды следящей сферы, токопроводящую жидкость и электроды гиросферы поступает к обмоткам гиромоторов и катушке электромагнитного «дутья».

2 Цепь помпы (прибор 12М). Трехфазный ток с предохранителей №15-15, 16-16, 17-17 прибора 4Д подается (см. выход *b*) в основной прибор на переключатель *1SA3*, который определяет режим работы помпы. В положении *1* ножи переключателя разомкнуты и помпа обесточена. В положении *2* ножи переключателя *1SA3* замкнуты, питание на прибор 12М подано и помпа работает непрерывно («Аварийный режим»). Автоматический режим работы помпы достигается установкой переключателя *1SA3* в положение *3*. В этом случае действием помпы управляет реле *1K1* системы термостабилизации поддерживающей жидкости.

3. Цепи системы термостабилизации. Питание на эту систему подается с прибора 4Д (см. выход *c*). Две фазы трехфазного тока подаются на трансформатор 1Т1 системы термостабилизации. Во вторичную обмотку трансформатора включен двухполупериодный выпрямитель *1UZ*. Этот выпрямитель обеспечивает постоянным током схемы транзисторов *VT1* и *VT2*, а также обмотку реле *1K1*.

4. Цепь сигнального термостата *1BK2*. При отклонении температуры за установленные пределы замыкается либо верхний, либо нижний контакт термостата *1BK2*. Вторая фаза тока через контакт *28-73* термостата следует в пусковой прибор (см. выход *l*) на предохранитель № 73-59. Пройдя прибор 4Д (см. выход *m*), ток поступает на ревун *10HA* сигнального прибора и сигнальную лампу *34HL3* прибора 34А. Далее цепь замыкается через контакт *60* на первую фазу в приборе 4Д (см. выход *b*).

5. Цепь сигнальной катушки *1L1*. Переменное магнитное поле катушки электромагнитного «дутья» наводит в сигнальной катушке *1L1* трансформаторную э. д. с. Это напряжение снимается с зажимов *1* и *2* и подается на индикатор *34PA* (см. вход *g*) штурманского пульта. Шкала индикатора проградуирована в миллиметрах положения гиросферы по высоте (относительно следящей сферы), поскольку э. д. с. в катушке *1L1* является функцией отстояния гиросферы от катушки.

Питание прибора 9Б осуществляется так. Трехфазное питание на прибор 9 Б поступает из пускового прибора (см. вход *c*). К первой и третьей фазам подсоединены первичная обмотка трансформатора *9T2* и рабочие обмотки усилительных дросселей *9L1* и *9L2*. Подмагничивание дросселей *9L1* и *9L2* осуществляется постоянным током выпрямителей *9UZ1* и *9UZ2*, подключенных к трансформатору *9T2*. От первой и второй фаз через выключатель *9SA1* следящей системы питается главная обмотка исполнительного двигателя *9M1*.

1. Цепь сигнального трансформатора *9T1*. Ток третьей фазы от электрода *29* гиросферы поступает на электроды *30* и *31* следящей сферы и затем через резисторы *9R2* и *9R1* (см. выход *c*) замыкается на первую фазу (предохранитель *27*). В качестве диагонали этого моста включена первичная обмотка сигнального трансформатора *9T1* прибора 9Б. Нагрузкой вторичной обмотки являются сигнальные лампы *HL1* приборов 9Б, 10М и 34А (см. выход *d*).

2.9. Техническая эксплуатация гирокомпаса

Техническую эксплуатацию гирокомпасов осуществляют в соответствии с требованиями Правил технической эксплуатации судовой электрорадионавигационной аппаратуры.

Размещение приборов. В гиропосту размещают: приборы 1М, 4Д, 9Б, 10М, 12М, агрегат АМГ-201. В штурманской рубке устанавливают прибор 34А, прибор 10М. Прибор ЗУ-1 (или 15А) размещают таким образом, чтобы расход кабеля при установке репитеров был наименьшим. Один прибор 10М устанавливают в каюте члена экипажа, ответственного за приборы.

Помещение гиропоста должно быть изолировано от проникновения воды, пыли и дыма. Желательно, чтобы основной прибор находился возможно ближе к центру тяжести судна и в его диаметральной плоскости. Смещение от диаметральной плоскости судна допускается не более 3—4 м. Гиропост окрашивают белой масляной краской, палубу покрывают линолеумом, все помещение оборудуют системой вентиляции.

Основной прибор 1М устанавливают так, чтобы его курсовая черта была параллельна диаметральной плоскости судна с погрешностью $\pm 0{,}5°$. Этот прибор ориентируют дверцей нактоуза в корму. Между корпусом и кормовой переборкой должно быть не менее 600—700 мм свободного пространства для наблюдения за чувствительным элементом

Помпу (прибор 12М) крепят к переборке в гиропосту немного выше стола основного прибора. К помпе должен быть обеспечен подвод воды с расчетом ее циркуляции по змеевику со скоростью 90 л/ч в умеренном климате и примерно 180 л/ч — в тропиках. Если судно предназначено для длительного плавания в районах с высокими температурами, система подачи воды к помпе должна иметь дополнительный змеевик, размещенный в рефрижераторной установке.

Пелорусы (приборы 20А), находящиеся на мостике, устанавливают так, чтобы стрелка на основании прибора была параллельна диаметральной плоскости судна и направлена с кормы на нос.

Линию 0—180° азимутального кольца пеленгаторного репитера (прибор 19А) устанавливают относительно диаметральной плоскости судна с допустимой погрешностью $\pm 0{,}25°$.

Проверку ориентации пеленгаторных репитеров относительно диаметральной плоскости судна начинают с контроля правильности ориентации главного магнитного компаса. С этой целью с помощью пеленгатора берут по азимутальному кругу магнитного компаса отсчеты курсовых углов нескольких пар предметов, расположенных на судне симметрично относительно диаметральной плоскости, например срезов полубака, боковых переборок какой-либо надстройки.

Проведя наблюдения, находят суммы курсовых углов симметричных предметов отдельно для каждой пары. Если суммы курсовых углов находятся в пределах $360 \pm 0{,}2°$, то магнитный компас ориентирован правильно.

Для выверки пеленгаторного репитера необходимо (имея в виду, что судно на плаву) одновременно взять курсовые углы отдаленного ориентира как по магнитному компасу, так и по пеленгаторному репитеру. Курсовые углы должны быть одинаковыми. Если они не равны, то следует «отдать» четыре болта, которые фиксируют положение шейки пелоруса, и плавно вращать верхнюю часть пелоруса до тех пор, пока курсовые углы не будут одинаковыми с погрешностью $\pm 0{,}2°$. Болтами зафиксировать новое положение шейки пелоруса. Аналогично следует выверить и второй пеленгаторный репитер.

Общие рекомендации по обслуживанию гирокомпаса судовым специалистом. Гирокомпас содержат в чистоте и регулярно проверяют надежность всех контактных соединений. Неисправные предохранители и лампочки заменяют исправными из ЗИПа. При всех профилактических и ремонтных работах пользуются штатными инструментами. Документация на гирокомпас содержит формуляр, технический паспорт, инструкцию по эксплуатации, копии заявок на приобретаемую аппаратуру, приемо-сдаточные акты, акты на списание расходных материалов.

Каждый пуск гирокомпаса и продолжительность его работы регистрируют в техническом формуляре. Там же отмечают содержание работ по устранению неисправностей, замене ЧЭ и вышедших из строя деталей.

Согласно правилам безопасности труда предохранители заменяют только щипцами, имеющимися в ЗИПе. Крышки всех приборов работающего гирокомпаса должны быть закрыты. При ручной установке корректора стоят на резиновом коврике, так как стол основного прибора находится под напряжением. Все экранирующие оболочки кабелей должны быть надежно соединены с корпусом приборов, а корпуса приборов заземлены. К замене чувствительного элемента можно приступать не ранее чем через 2 ч после выключения гирокомпаса. Запрещается отсасывать жидкость из резервуара гирокомпаса ртом через сифонную трубку: для этого нужно пользоваться резиновой грушей.

При эксплуатации гирокомпаса необходимо помнить, что реактивы, используемые для составления поддерживающей жидкости, опасны для жизни. Формалин представляет собой сильнодействующий яд, поэтому при попадании формалина на руки их тщательно моют с мылом. Техническая бура содержит вредные примеси, поэтому, используя ее, принимают меры предосторожности, исключающие попадание ее внутрь организма. Спирт, применяемый при обслуживании гирокомпаса, предназначен только для технических целей; он содержит ядовитые, опасные для жизни примеси, поэтому использование его не по назначению категорически запрещается.

Пуск гирокомпаса. Перед пуском гирокомпаса проверяют наличие, плотность посадки в гнездах и соответствие схеме (по силе тока) предохранителей в приборах 4Д, 9Б, ЗУ и 15 А. Контакт токового сигнализатора должен быть замкнут.

Проверяют готовность к пуску основного прибора, обратив особое внимание на количество поддерживающей жидкости в резервуаре; в случае необходимости ее добавляют. Переключатель системы охлаждения ставят в положение «Автоматическая работа», переключатель ускоренного приведения ЧЭ в меридиан — в нейтральное положение, корректор — в нулевое положение, выключатель следящей системы в приборе 9Б — в положение «Выключено». Проверяют уровень дистиллированной воды в помпе и, если это необходимо, добавляют ее до красной риски водомерного стекла. Контролируют наличие бумаги в курсографе. Заводят часы. Все сигнальные лампы и лампы подсветки должны быть исправны и находиться в своих гнездах.

Примечание. В гирокомпасах выпуска прежних лет в приборе 4Д снимают предохранители №15-15, 16-16, 17-17 в цепи помпы и проверяют наличие чернил в баллонах перьев курсографа.

Пуск гирокомпаса производят за 6 ч до выхода судна в море.

Поочередность срабатывания различных систем и блоков гирокомпаса при его пуске иллюстрируется временной диаграммой (табл. 2.1). До момента времени t_0 гирокомпас выключен. Условно весь цикл переходного процесса гирокомпаса подразделен на участки: пусковой режим (с момента времени t_0 до момента времени t_{12}); переходный режим (с момента времени t_{12} до момента времени t_{17}); контрольный режим

Таблица 2.1 Временная диаграмма включения переключателей и срабатывания индикаторов при пуске гирокомпаса „Курс-4"



(с момента времени t_{17} до момента времени t_{18}) рабочий режим (после момента времени t_{18}).

Пуск гирокомпаса необходимо осуществлять по следующей методике.

1. Выключатель «Однофазный ток», находящийся в приборе 4Д, ставят в положение «Включено» (момент времени t_0 в табл. 2.1). В схему гирокомпаса должно быть подано напряжение 110 В, 50 Гц. Сразу же должны загореться сигнальная лампа «Однофазный ток» в приборе 4Д, сигнальная лампа и табло «Отклонение тока» в приборах 10М и 34А. Если какой-либо из этих индикаторов не сработал, то питание с гирокомпаса снимают и отыскивают неисправность.

2. Тумблером «Освещение» включают подсветку шкал основного прибора (момент времени t_1). Выключают тумблер «Приемник» в блоке курсографа. Согласуют показания всех репитеров и курсографа с показаниями шкал корректора основного прибора.

3. Тумблер «Приемник» устанавливают в положение «Включен» (момент времени t_2). В течение интервала времени $t_3 - t_2$ может быть выполнено ускоренное приведение гирокомпаса в меридиан.

4. Выключатель «Судовая сеть» в приборе 4Д ставят в положение «Пуск» (момент времени t_4). На агрегат подается трехфазный ток судовой сети, при этом должны загореться сигнальная лампа «Судовая сеть», погаснуть и вновь загореться сигнальные лампы и табло «Отклонение тока» в приборах 10М и 34А, загореться сигнальные лампы и табло «Рассогласование следящей системы» в приборах 9Б, 10М и 34А. Вольтметр прибора 34А должен показать наличие напряжения, а амперметры прибора 4Д — наличие пусковых токов в цепи 120 В, 330 Гц. Должно загореться сигнальное табло «Отклонение температуры» и должен сработать ревун. Если какие-либо из названных устройств не сработали, то необходимо выключить трехфазный ток, найти и устранить неисправность.

5. Снимают в приборе 4Д (момент времени t_5) предохранитель № 59-73; табло «Отклонение температуры» должно погаснуть, ревун будет выключен.

6. После понижения силы пусковых токов гиромоторов до их рабочих значений (в момент t_6 погаснет табло «Отклонение тока») переключатель «Судовая сеть» поставить в положение «Работа». За время разгона гиромоторов показания трех амперметров прибора 4Д изменятся (табл. 2.2).

Таблица 2.2. **Изменение показаний трех амперметров прибора 4Д при разгоне гиромоторов**

Фазы тока	Сила тока, А	
	пускового	рабочего
1	4,0	1,5—2,3
2	4,4	1,3—2,0
3	4,0	1,4—2,1

7. Проверяют работу помпы охлаждения. Для этого переключатель системы охлаждения в основном приборе ставят в положение «Аварийная работа» (момент времени t_7). Помпа должна начать рабо-

тать. Вторично проверяют уровень воды в ней и, если это необходимо, воду доливают. Вновь ставят переключатель системы охлаждения в основном приборе в положение «Автоматическая работа» (момент времени t_8).

Примечание. В старых комплектах гирокомпаса для выполнения этой проверки временно ставят на предназначенные для них места одноамперные предохранители № 15-15, 16-16 и 17-17.

8. Проверяют согласование показаний курсографа с показаниями шкал корректора основного прибора. Пускают в ход часы курсографа (момент времени t_9). Регулируют четкость записи линии курса. На курсограмме делают в месте нахождения курсового пера отметку времени. У сноски пишут судовое время, дату, делают запись «Гирокомпас запущен» и ставят подпись.

9. Проверяют функционирование системы дистанционного управления корректором. Для этого тумблером (или рукояткой) «Скорость хода» в приборе 34А (34Н), поставив его в положение «+» (момент времени t_{10}), а затем в положение «(—)», подают питание на двигатель корректора. В приборе 34А при этом должно наблюдаться отклонение стрелки относительно шкалы скорости сначала в сторону увеличения, а затем — в сторону уменьшения значения. Когда стрелка установится на нуль шкалы скорости, тумблер «Скорость хода» возвращают в исходное положение (момент времени t_{11}). Одновременно стрелка на корректоре должна установиться на нулевое деление шкалы эксцентриситета.

10. Включают в приборе 9Б (момент времени t_{12}) следящую систему гирокомпаса. После согласования следящей системы с чувствительным элементом должны погаснуть сигнальные лампы и табло «Рассогласование следящей системы». Напряжение, индицируемое вольтметром прибора 34А, должно быть 120 В.

11. Когда температура поддерживающей жидкости в резервуаре основного прибора повысится до 36 ° С (момент времени t_{13}), ставят на место в приборе 4Д предохранитель №59-73. Должен начать работать ревун и должно загореться табло «Отклонение температуры». При температуре 38 °С ревун и табло выключаются (момент времени t_{14}). Выключатель «Система охлаждения» ставят в положение «Выключено». Когда температура жидкости достигнет 42 °С, вновь должен начать работать ревун и должно загореться сигнальное табло (момент времени t_{15}). Выключатель «Система охлаждения» ставят в положение «Автоматическая работа». Спустя некоторое время (момент времени t_{16}) ревун и сигнальное табло «Отклонение температуры» должны выключиться.

Примечание. В старых комплектах гирокомпасов ставят на место в прибор 4Д предохранители № 59-73, 15-15, 16-16 и 17-17. Должна начать работать помпа. Через отверстие в металлической части трубки над столом основного прибора удаляют воздух из змеевика прибора 1М. Для этого достаточно вывинтить пробку и дождаться, пока из отверстия пойдет вода без пузырьков воздуха.

12. Контролируют работу системы охлаждения в режиме «Автоматическая работа». Устанавливают значения температуры, при которых включается и выключается помпа.

13. Через 3—4 ч после пуска гирокомпаса устанавливают стол прибора 1М по уровню и проверяют положение гиросферы по высоте: ее экватор должен совпадать с экватором следящей сферы с допустимой погрешностью ±2 мм. Если показания амперметров соответствуют значениям рабочих токов и система охлаждения функционирует в автоматическом режиме, а экватор гиросферы расположен ниже или выше экватора следящей сферы более чем на 2 мм, то необходимо изменить плотность поддерживающей жидкости. Проверяют показания индикатора «Положение ЧЭ», находящегося в приборе 34А. Они должны соответствовать действительному положению гиросферы относительно следящей сферы.

14. В течение 1 ч (интервал $t_{17} — t_{18}$) через 30 мин берут три пеленга отдаленного ориентира и определяют зону неустойчивой работы гирокомпаса. Если разброс пеленгов не превышает 0,5°, то гирокомпас устойчив в меридиане и пригоден для эксплуатации.

15. Определяют поправку гирокомпаса. Данные о зоне неустойчивости чувствительного элемента и поправку гирокомпаса заносят в технический формуляр.

16. Повторно проверяют согласованность показаний репитеров и корректора основного прибора.

Ускоренное приведение чувствительного элемента гирокомпаса в меридиан. Эту операцию выполняют в случае, если необходимо пользоваться компасом вскоре после его включения.

Для приведения ЧЭ в меридиан судно должно быть надежно ошвартовано у причала.

Рекомендуется следующий порядок действий по пуску гирокомпаса с одновременным ускоренным приведением его в меридиан:

определяют по магнитному компасу истинный курс судна с точностью 2—3°;

выполняют рекомендации пп. 1,2 настоящего параграфа по пуску гирокомпаса;

переключателем, находящимся в кормовой части нактоуза, включают питание устройства для ускоренного приведения гирокомпаса в меридиан. Наблюдая через смотровое окно резервуара, подводят ЧЭ на значение истинного курса с допустимой погрешностью ±2°;

выполняют рекомендации пп. 3,4 настоящего параграфа по пуску гирокомпаса;

В случае отклонения ЧЭ от заданного курса кратковременными включениями переключателя удерживают гиросферу на заданном курсе в течение 10—15 мин.

Дальнейший порядок действий определяется рекомендациями пп. 5—15 настоящего параграфа.

Наблюдение за работой гирокомпаса в рейсе. На ходу судна необходимо дважды в сутки совершать обход помещений, где размещены приборы гирокомпаса, и проверять:

температуру и общий уровень шума в гиропосту, отсутствие посторонних звуков и запахов, герметичность системы охлаждения гирокомпаса, давление воды в судовой магистрали, исправность системы вентиляции;

показания амперметров в приборе 4Д (значения рабочих токов указаны в формуляре или инструкции завода-изготовителя);

напряжение трехфазного тока по вольтметру прибора 34А (должно быть 120 В);

показания термометра прибора 10М (температура поддерживающей жидкости должна быть в пределах 40 ± 2 °С);

положение ЧЭ по высоте по индикатору прибора 34А (положение ЧЭ по высоте должно быть в пределах ± 2 мм);

уровень поддерживающей жидкости в резервуаре (уровень должен отстоять примерно на 35 мм от верхнего края наливного отверстия);

уровень воды в помпе охлаждения по риске на водомерном стекле, а также циркуляцию воды в системе охлаждения гирокомпаса;

наличие бумажной ленты, а также согласованность четвертного и курсового перьев в приборе 34А;

согласованность показаний всех репитеров с показаниями основного прибора;

подачу воды в помпу;

установку корректора по широте и скорости.

При необходимости проведения каких-либо ремонтных работ в рейсе следует получить на это разрешение капитана судна.

Остановка гирокомпаса. Чтобы остановить гирокомпас, нужно: остановить часы курсографа; на курсограмме сделать отметку о выключении гирокомпаса; снять подсветку основного прибора и репитеров; поставить в положение «Выключено» выключатель следящей системы; снять питание выключателем судовой сети; снять питание однофазным током после остановки ротора агрегата.

После остановки гирокомпаса надо проверить все приборы, входящие в комплект; тщательно осмотреть прибор 1М, удалить сухой ветошью следы жидкости на столе основного прибора и внутри нактоуза; прибор 1М закрыть крышкой; все приборы зачехлить.

Проверки и регулировки гирокомпаса. Одно из основных условий правильной эксплуатации гирокомпаса «Курс-4» — хорошее знание штурманским составом всех приборов комплекта и инструкций по его эксплуатации.

Исправность гирокомпаса и надежность его работы могут быть обеспечены при тщательном повседневном наблюдении за приборами и содержании их в чистоте.

Периодичность контрольно-профилактических работ по поддержанию гирокомпаса в рабочем состоянии приведена ниже.

1. Через каждые 100 ч работы гирокомпаса (один раз в 4 сут) заводят часы лентопротяжного механизма курсографа.

2. Через каждые 360 ч работы курсографа (2 раза в месяц) заменяют курсограмму.

3. Через каждые 1000 ч работы гирокомпаса и при каждом пуске рекомендуется проверять: чувствительность следящей системы; время отработки следящей системой угла 90° (при рассогласовании на 120—130° в обе стороны); число полных колебаний следящей системы относительно положения равновесия; исправность индикатора положения ЧЭ по высоте; срабатывание контактов сигнального термостата при температуре + 38 и + 42 °С поддерживающей жидкости; чувствительность токового сигнализатора; частоту и напряжение трехфазного тока 120 В, 330 Гц; пределы срабатывания сигнальных ламп следящей системы, которые должны загораться при рассогласовании 0,7—2,5°.

4. Через каждые 1500 ч работы выполняют разборку прибора 1М и зачищают графито-эбонитовые электроды ЧЭ и следящей сферы мелкой стеклянной бумагой, затем протирают их чистой марлей, обильно смоченной спиртом-ректификатом. Кольца коллектора следящей системы чистят крокусной бумагой, затем протирают чистой марлей, смоченной спиртом.

5. Через каждые 3000 ч работы системы заменяют поддерживающую жидкость, промывают подшипники агрегата и заменяют смазочный материал.

В случае преждевременной порчи поддерживающей жидкости ее заменяют немедленно.

6. Все вольтметры и амперметры приборов 4Д и 34А подлежат ежегодной проверке.

Предварительный осмотр схемы состоит в следующем. Перед регулированием и выверкой гирокомпаса его осматривают. У каждого прибора проверяют окраску, целость стекол, сохранность шлицев на винтах, уплотнение сальников и крышек, надежность крепления проводников в контактах, целость электрического монтажа, соответствие всех установленных предохранителей схеме (по силе тока) и надежность их посадки в гнезда.

Поврежденную окраску восстанавливают, винты с забитыми шлицами заменяют. Для обеспечения надежности все контакты поджимают. Вращающиеся части проверяют движением от руки для того, чтобы обнаружить грубые неисправности, например заедание вследствие попадания пыли, стружек либо из-за коррозии, засыхания масла, изнашивания зубчатой передачи, поломки механизмов.

После предварительного осмотра проверяют правильность присоединения водяной магистрали в гиропосту и ее действие. Давление воды, подаваемой в змеевик помпы, должно быть $(1{,}5 \div 1{,}7)\ 10^5$ Па.

Проверка и обслуживание агрегата АМГ-201 заключается в следующем. При обслуживании агрегата один раз в месяц продувают ап-

паратуру от пыли, проверяют герметичность бачка для масла и измеряют сопротивление изоляции агрегата. Через каждые 3000 ч работы промывают подшипники и заменяют смазочный материал ЦИАТИМ-201. При отклонении частоты вращения агрегата от нормы (2470 об/мин) регулируют агрегат согласно прилагаемому к нему описанию. Эта работа выполняется силами единой технической службы судна.

Проверка линии сигнальных ламп «Отклонение тока» состоит в следующем. Для выполнения этой проверки необходимо в приборе 4Д отрегулировать токовый сигнализатор, который должен включать сигнальные лампы «Отклонение тока» в приборах 10М и 34А при изменении тока в любой фазе линии трехфазного тока 120 В, 330 Гц на ±0,25А. Работу токового сигнализатора проверяют замыканием двух фаз на резистор мощностью 15 Вт сопротивлением 1 кОм или извлечением одного из предохранителей в этой линии. Токовый сигнализатор, если это необходимо, регулируют так. При номинальном значении тока в трехфазной линии 120 В, 330 Гц подвижный контакт изменением натяжения пружины приводят в среднее вертикальное положение. Зазор между подвижным и неподвижным контактами устанавливают так, чтобы их замыкание произошло при отклонении силы тока на±0,25А. Эту операцию можно выполнять во время пускового режима гиромоторов, когда сила тока повышена, особенно тщательно соблюдая правила безопасности труда.

Проверка чувствительности, времени отработки и числа колебаний следящей системы состоит в следующем. Основными параметрами следящей системы, характеризующими ее работу, являются: чувствительность, время отработки 90° и число колебаний относительно положения равновесия. Указанные параметры проверяют при проведении периодических проверок всей гирокомпасной системы, при замене или ремонте прибора 9Б, замене токопроводящей поддерживающей жидкости или изменении ее проводимости. После прихода чувствительного элемента в меридиан, что проверяется по курсограмме или пеленгованием, приступают к проверке параметров следящей системы.

Фиксируют отсчет по картушке прибора 1М или репитеру. Рифленым валиком исполнительного двигателя АДП-261 в приборе 9Б вручную рассогласовывают следящую систему с ЧЭ на 1°. Валик отпускают и по картушке фиксируют отсчет. Рассогласование повторяют в противоположную сторону на 1° и снова фиксируют отсчет. Разность отсчетов, полученных при рассогласовании в обе стороны, характеризует чувствительность следящей системы: она не должна превышать 0, 2°.

Для проверки скорости отработки следящей системы отключают провода № 30 или 31 или замыкают перемычкой вывод № 28 с выводами № 30 или 31 в приборе 9Б и рассогласовывают следящую систему на угол 120°. Снимают перемычку или подключают провод № 30 или 31 на место. Когда следящая система отработает 20° в противоположную сторону и наберет скорость, включают секундомер. С этого момента измеряется время отработки угла 90°.

Замер времени отработки повторяют при заводке следящей системы в противоположную сторону. Время отработки следящей системой угла 90° как в одну, так и в другую стороны должно быть не более 20 с; разность во времени отработки в разные стороны не должна быть более 4 с.

Одновременно с измерением времени отработки проверяют число колебаний следящей системы. Для этого измеряют число прохождений следящей системой положения равновесия. Следящая система должна проходить положения равновесия не более пяти раз. Если время отработки следящей системы оказывается больше, то проверяют значение момента трения в приборах 9Б, 1М и принимающих.

Для обнаружения заеданий в принимающих приборах их поочередно отключают, каждый раз измеряя скорость отработки. Если тормозящий отработку прибор будет обнаружен, его отключают от схемы и устраняют причину заедания или отправляют в ремонт.

Если скорость отработки и число колебаний следящей системы не зависят от принимающих приборов, то подбирают новое значение обратной связи резистором *R4* или заменяют конденсатор *C1* в цепи исполнительного двигателя в приборе 9Б.

Проверка линии сигнальных ламп «*Рассогласование следящей системы*» состоит в следующем. Снимают значение курса с корректора и тумблер «Усилитель» в приборе 9Б ставят в положение «Выключено». Затем вручную вращают рифленую головку на валу исполнительного двигателя в этом же приборе до тех пор, пока не загорятся сигнальные лампы «Рассогласование следящей системы» в приборах 9Б, 10М, 34А. Вторично снимают значение курса судна. Рассогласование должно находиться в пределах 0,7—2,5° в различных приборах.

Перед *проверкой синхронной передачи* согласуют показания всех принимающих приборов с показаниями картушки основного прибора.

В приборе 9Б включают следящую систему. Рассогласуют следящую систему на 120° замыканием перемычкой контактов № 30 и 31 с контактом № 28 в приборе 9Б. Катушки принимающих приборов и прибора 1М должны вращаться в одну сторону.

Если при проверке обнаружится, что один из принимающих приборов вращается в противоположную сторону, то его немедленно отключают, проверяют подключение роторных обмоток № 67, 68, 69 и включают их правильно по схеме.

При рассогласовании принимающего прибора с основным прибором на 0,5° меняют местами концы обмоток возбуждения № 66, 70, а при рассогласовании на 0,3° — меняют местами его концы роторных обмоток. Допускается рассогласование принимающих приборов ±0,1°. При иных значениях рассогласование устраняют разворотом статора сельсина или перезацеплением трибки, сидящей на оси ротора с шестерней.

Проверка действия прибора 34А состоит в следующем. Проверяют согласованность четвертного и курсового перьев курсографа. Для этого, вращая маховичок сельсина, устанавливают курсовое перо поочередно

редно против значений курса 0, 90, 180, 270°, проверяя на каждом указанном курсе точность перехода четвертного пера в следующую четверть. Переход должен происходить в тот момент, когда курсовое перо сместилось из крайнего положения к середине ленты не более чем на 0,5° при значениях курсов 90, 180, 270° и не более чем на 1° при курсе 360°.

Направление движения курсового пера должно изменяться по достижении им края шкалы.

Проверяют исправность перьев и правильность заправки бумаги. Согласуют значение курса, которое записывается курсовым пером, с показанием картушки основного прибора. Если эту операцию приводят при работающем компасе, то предварительно размыкают цепь синхронной обмотки ротора нажатием кнопки, находящейся на крышке прибора, затем ключом выполняют согласование.

При *проверке совместного действия корректора и прибора 34А* устанавливают индекс по шкале эксцентриситета на крышке корректора на деление «15». Выставляют широту 75°. Открывают прибор 34А и, вращая ось сельсина, устанавливают стрелку по шкале скорости в среднее положение. Включают однофазный ток.

Нажимают кнопку со знаком «+» в приборе 34А: стрелка в приборе и индекс в корректоре должны перемещаться вправо. Нажимают кнопку со знаком «—»: стрелка в приборе и индекс в корректоре должны перемещаться влево. При переходе индекса за деление «0» или «30» ограничительные контакты должны разорвать линию питания двигателя от корректора.

Если при нажатии кнопки «+» индекс и стрелка двигателя двигаются влево или индекс и стрелка не двигаются, то следует проверить правильность подключения двигателя. Если при нажатии кнопки движение стрелки и индекса происходит в противоположные стороны, то необходимо проверить правильность подключения роторных обмоток сельсинов на корректоре и в приборе 34А.

Стрелка сельсина в приборе 34 и индекс корректора должны двигаться плавно, без скачков. Во всех промежуточных положениях индекс шкалы эксцентриситета должен устанавливаться на отсчетах, снятых с номограммы при входе в нее, с теми же значениями широты и скорости, которые введены в прибор 34А.

Проверка действия прибора 34П состоит в следующем. Перед проверкой узла записи курса заправляют в лентопротяжный механизм рулон теплочувствительной бумаги типа ТБ-1. Тумблер «Приемник курса» устанавливают в положение «Выключено» и ключом согласуют показания картушки репитера с показаниями основного прибора. Тумблер «Приемник курса» ставят в положение «Включено».

Заводят часовой привод лентопротяжного механизма курсографа. В дальнейшем подзаводят часовой привод не реже чем один раз в 4 сут. Устанавливают рукоятку часового привода в положение «Пуск» и убеждаются в том, что часы пошли.

Осматривают механизм пройденного расстояния и после проверки счетчик заданного расстояния сбрасывают на нуль, нажав для этого кнопку на крышке прибора. При проверке указателя скорости судна обращают особое внимание на прочность крепления шкалы на оси сельсина.

Механизм дистанционного управления корректором, индикатор положения гиросферы по высоте и заправку курсографа проверяют так же, как и в приборе 34А.

Заправляют курсограф бумажной лентой. Для этого рулон ленты надевают на средний барабан и пропускают через верхний ведущий барабан, имеющий направляющие штифты, входящие в перфорированные отверстия бумажной ленты. Конец ленты, обрезанный с двух сторон уголком, укрепляют на нижнем ведомом барабане, который при помощи гибкого пружинного тросика натягивает ленту, прижимая ее к столу. Фрикцион барабана смазывают маслом, имеющимся в ЗИПе.

Проверка действия помпы состоит из следующих операций. Перед пуском помпы проверяют уплотнение всех штуцеров и шлангов помпы и основного прибора 1М. Через наливное отверстие в крышке помпы наливают дистиллированную воду. Ее уровень контролируют через водомерное стекло: он должен доходить до красной черты на стекле.

При установке переключателя системы охлаждения в основном приборе в положение «Аварийная работа» проверяют циркуляцию охлаждающей воды в змеевике основного прибора (по пульсации жидкости в резиновом шланге). Направление вращения ротора помпы должно совпадать с направлением красной стрелки, нанесенной на ее крышке. Для проверки правильности направления вращения ротора помпы снимают колпачок, который прикрывает выступающую часть оси двигателя. Если ротор помпы вращается в противоположную сторону, то необходимо проверить правильность подключения фаз и поменять местами две фазы из трех там, где они перепутаны, т. е. в приборе 4Д или на контактной плате двигателя помпы. Проверяют наличие смазочного материала в лубрикаторах двигателя помпы.

При неисправности помпы допускается временное охлаждение гирокомпаса непосредственно от судовой магистрали пресной воды через редуктор, понижающий давление воды до $0{,}7 \cdot 10^5$ Па.

При *проверке линии сигнальных ламп «Отклонение температуры»* устанавливают переключатель системы охлаждения в основном приборе в положение «Выключено». Когда температура поддерживающей жидкости поднимется до 42 °С, то необходимо так отрегулировать замыкатель ревуна, чтобы происходило замыкание верхнего контакта; при этом в приборе 10М должен загудеть ревун, а в приборе 34А должна загореться лампа «Отклонение температуры».

Ставят переключатель в положение «Аварийная работа» и дожидаются, когда температура жидкости понизится до 38°С. Регулируют замыкатель ревуна так, чтобы замкнулся нижний контакт, заработал ревун и зажглась сигнальная лампа «Отклонение температуры». После

выполнения проверки переключатель системы охлаждения ставят в положение «Автоматическая работа».

Проверка действия системы охлаждения гирокомпаса состоит из следующих операций. При установке переключателя системы охлаждения гирокомпаса в положение «Автоматическая работа» температура жидкости должна автоматически поддерживаться рабочей (не выходить за пределы 38—42 °С); в противном случае надлежит заменить ртутный термоконтактор.

Примечание. При наличии механического терморегулятора его устанавливают, выполняя операции в такой последовательности. Вынимают регулировочный винт, упирающийся в шток терморегулятора, настолько, чтобы он не касался штока. Вывертывают стопорный винт так, чтобы не ограничивалось действие пружины на планку. Отвертывают винт, закрывающий отверстие на изгибе металлического трубопровода. Зажимают верхней гайкой терморегулятора резиновую трубку настолько, чтобы вода не проходила через нее; верхняя гайка при этом располагается примерно на четвертом — шестом делении (в дальнейшем верхнюю гайку не перемещать). Ввинчивают стопорный винт до тех пор, пока вода не начнет вытекать отдельными каплями.

Когда температура поддерживающей жидкости достигнет +40 °С, регулировочный винт ввинчивают до упора его в шток термореле так, чтобы вода из отверстия брызнула струйкой. Завертывают винт на изгибе трубопровода.

После этого два-три раза, примерно через часовые промежутки времени, проверяют температуру по термометру. Если температура поддерживающей жидкости продолжает повышаться, то регулировочный винт повертывают на четверть оборота по направлению движения часовой стрелки.

При понижении температуры поддерживающей жидкости регулировочный винт вращают против направления движения часовой стрелки.

По окончании регулировки предохранительную пружину вкладывают в прорези стопорного и регулировочного винтов. При неудовлетворительном действии системы автоматического регулирования охлаждения гирокомпаса следует заменить термореле запасным.

При плавании судов в районах с высокими температурами, когда невозможно обеспечить температуру поддерживающей жидкости на уровне 40±2 °С, разрешается повысить ее до 46±2 °С. Установка терморегулятора на автоматическое поддержание температуры в пределах 44—48 °С аналогична его установке на автоматическое поддержание температуры в пределах 38—42 °С. Для сохранения неизменным положения чувствительного элемента относительно следящей сферы по высоте при температуре 46°С следует долить глицерин.

Положение гиросферы по высоте регулируют так. После того как гиросфера отработает 8—10 ч после пуска гирокомпаса, температура поддерживающей жидкости установится 40 °С, амперметры будут показывать номинальные значения рабочих токов в фазах, приступают к ее регулированию по высоте относительно следящей сферы.

Если стол основного прибора установлен горизонтально (по уровню), то при нормальном положении чувствительного элемента красная риска, нанесенная на смотровом стекле следящей сферы, должна совпадать с экваториальной линией чувствительного элемента. Отклонение от этого положения допускается в пределах ±2 мм. Если эква-

ториальная линия чувствительного элемента ниже риски на стекле, то в поддерживающую жидкость в резурвуаре вливают немного глицерина (табл. 2.3). Если экваториальная линия чувствительного элемента выше риски на стекле, то в жидкость добавляют дистиллированной воды, чтобы чувствительный элемент занял нормальное положение.

Таблица 2.3. **Объем жидкости, добавляемой в резервуар в зависимости от положения чувствительного элемента**

Положение ЧЭ по высоте, мм	Объем воды, см³	Объем глицерина, см³	Положение ЧЭ по высоте, мм	Объем воды, см³	Объем глицерина, см³
±1	100	15	±5	550	100
±2	300	30	±6	600	120
±3	400	60	±7	700	140
±4	500	80	±8	800	160

Знак «плюс» в данных табл. 2.3 соответствует положению ЧЭ выше нормального (при этом необходимо добавлять воду), а знак «минус» — положению ЧЭ ниже нормального (при этом необходимо добавлять глицерин).

Вливая дистиллированную воду или глицерин, тщательно перемешивают поддерживающую жидкость в резервуаре. На судах рекомендуется вливать жидкость так. Через одно из двух открытых отверстий в столе плавно опускают в резервуар гибкий резиновый шланг из ЗИПа. Пальцами зажимают шланг. Часть шланга извлекают наружу и опускают ниже уровня жидкости.

Ослабив зажатие шланга, сливают в подставленную градуированную кружку нужное количество жидкости. Вновь зажимают шланг. Выливают из кружки жидкость. В кружку наливают необходимое количество глицерина или дистиллированной воды, опускают в нее конец шланга, ослабляют ее зажатие. Когда кружка наполнится до краев, ее поднимают выше уровня поддерживающей жидкости. Жидкость из кружки начнет перетекать в резервуар. Со временем жидкости в кружке почти не останется, и кружку быстро опускают вниз. Подобное переливание повторяют несколько раз. Через 20—30 мин после добавления воды или глицерина фиксируют показания амперметров в приборе 4Д. Если значения силы тока ниже рабочих, то в жидкость нужно прибавить буры из расчета не более 2 г на 0,1 А, растворив ее в 0,1 л поддерживающей жидкости, взятой из резервуара.

Правильность показаний индикатора положения чувствительного элемента по высоте проверяют следующим образом. Столу прибора 1М придают горизонтальное положение и одновременно определяют положение ЧЭ по высоте относительно риски на следящей сфере и по ин-

дикатору в приборе 34А. Показания прибора не должны отличаться от истинного положения ЧЭ по высоте более чем на ± 1 мм. При отклонениях показаний индикатора более чем на $\pm$ 1 мм регулировочным резистором *R4* устанавливают стрелку прибора в соответствии с истинным положением ЧЭ.

Правильность действия часов лентопротяжного механизма проверяют так. До 08.00 по судовому времени заводят часы и после этого их останавливают. Отдают стопорную гайку на ведущем валике лентопротяжного механизма. Протягивают курсограмму так, чтобы под курсовым пером оказалась горизонтальная линия, соответствующая 08.00. Делают отметку времени на курсограмме; в сноске указывают время (08.00), дату, должность проверяющего лица. В 08.00 по судовому времени пропускают часовой ход.

Через 2 сут в 08.00 по судовому времени наносят на курсограмму контрольную отметку времени. Если она не совпадает с горизонтальной линией, соответствующей 08.00, на величину, меньшую половины расстояния до соседней горизонтальной линии, то часы работают исправно. В противном случае рычажком, поворачивая его в нужную сторону, корректируют ход часов и повторяют проверку.

Проверку и регулировку ориентации основного прибора относительно диаметральной плоскости судна выполняют так. Неправильная ориентация основного прибора относительно диаметральной плоскости судна обусловливает наличие у гирокомпаса постоянной поправки. До проверки ориентации основного прибора контролируют установку пелорусов. К выверке установки основного прибора гирокомпаса приступают, когда судно надежно ошвартовано, а гирокомпас пришел в меридиан.

Корректор скоростной девиации выставляют на нулевое деление шкалы эксцентриситета, положение корректора относительно стола основного прибора фиксируют стопорными винтами с контргайками (на винтах и гайках должны быть краской нанесены марки).

Показания пеленгаторных репитеров и репитера в приборе 34А согласуют с показаниями шкал корректора с допустимой погрешностью 0,1°.

Определяют зону ε_0 неустойчивой работы гирокомпаса: она должна быть менее 0,5°.

Находят одним из навигационных или астрономических способов поправку гирокомпаса. Если поправка гирокомпаса составляет более 1°, то ослабляют болты, которые крепят нактоуз к основанию, и, пользуясь шкалой внутри нактоуза, развертывают его на угол, равный поправке. После разворота нактоуза болты поджимают.

Повторно определяют поправку гирокомпаса: она должна быть не более 1°.

Разборка и сборка основного прибора. Основной прибор разбирают при замене чувствительного элемента, поддерживающей жидкости и зачистке электродов на следящей сфере и гиросфере.

При неполной *разборке* прибора отделяют стол корректора от резервуара, а затем отсоединяют нижнюю часть следящей сферы от верхней.

Достают из ЗИПа треножник и устанавливают его на палубу вблизи основного прибора. Между ножек треножника кладут на палубу подставку для гиросферы. Отсоединяют штепсельные разъемы на столе прибора 1М, штуцеры системы охлаждения. Вывертывают болты, крепящие стол к внутреннему карданову кольцу. Вывертывают (ключом) в верхнее крайнее положение контргайки на ручках стола. Ввинчивая ручки, снимают стол компаса с направляющих штифтов. Вдвоем за ручки, не наклоняя стола, приподнимают его и следящую сферу над резервуаром и ждут, пока вся жидкость не вытечет из нижней части следящей сферы в резервуар.

Устанавливают стол и следящую сферу на треножник. Вывертывают из нижней чаши следящей сферы эбонитовую пробку и контактный винт № 28. Отвертывают семь эбонитовых гаек, крепящих верхнюю крышку к нижней, и, стаскивая последнюю без перекосов вниз, отделяют от верхней чаши и ставят на подставку, предварительно подстелив чистую ткань.

Протирают графито-эбонитовые части на следящей сфере и гиросфере чистой тканью, смоченной спиртом. В случае большого загрязнения (при работе гиросферы более 1500 ч) допускается прочищать токоведущие части мелкозернистой стеклянной бумагой. Ручки стола устанавливают в прежнее положение.

Если при осмотре стола компаса обнаружится люфт между держателем следящей сферы и корректором или ненадежный контакт между щетками и токособирательными кольцами, то корректор снимают отдельно. Это выполняют так.

На столе корректора отключают электроцепи азимутального двигателя, сельсина-датчика, реверсивного двигателя, ограничительных контактов электромеханического стопора и освещения картушек корректора. «Приотдают» контргайку правого регулировочного винта ножки корректора и вывертывают винт. Положение второго регулировочного винта нарушать запрещается, чтобы при сборке не рассогласовать положение диаметральной плоскости нактоуза с курсовой чертой корректора.

Снимают пружинные держатели корректора. Плавно поднимая, отделяют корректор от стола и ставят отдельно. Особым ключом устраняют люфт и подтягивают специальную гайку, застопорив ее винтом. Проверяют нажатие щеток на токособирательные кольца и полируют поверхность колец.

Устанавливают корректор на стол компаса, для чего осторожно вводят палец следящей сферы в гнездо нижнего диска и посредством регулировочного винта устанавливают ножки корректора в исходное положение. Винт закрепляют контргайкой и восстанавливают электроцепь корректора.

Токопроводящую поддерживающую жидкость приготовляют по следующему рецепту:

Вода дистиллированная, л	13
Химически чистый глицерин (плотность 1,25 г/см³), л	2,5
40-процентный технический формалин, л	0,1
Бура, г	14,3

В резервуар, предварительно промытый спиртом и протертый сухой чистой батистовой тканью, заливают 10 л дистиллированной воды, затем добавляют 0,1 л формалина и полученную смесь тщательно размешивают. Специальной кружкой добавляют в резервуар 2,5 л глицерина. После каждого отмеривания глицерина кружку ополаскивают дистиллированной водой, сливая ее в резервуар с раствором. Растворяют 14,3 г буры в 0,5 л дистиллированной воды, нагревая ее до 40—50 °С в эмалированном или стеклянном сосуде. Вливают раствор буры в резервуар. Сосуд, содержавший раствор буры, ополаскивают дистиллированной водой и сливают ее в резервуар. Полученную смесь перемешивают резиновым шлангом.

Правильность составления токопроводящей жидкости проверяют имеющимся в ЗИПе денсиметром. Ниже приведены значения (в г/см³) плотности жидкости в зависимости от температуры (в °С), которые должен показать денсиметр:

25	1,040
20	1,042
15	1,043

Допуск на плотность жидкости при ее изготовлении составляет 0,005 г/см³. Жидкость должна быть прозрачной; допускается розовый оттенок. Количество жидкости в резервуаре прибора 1М до загрузки ЧЭ должно закрыть три четверти смотрового окна.

Перед *загрузкой чувствительного элемента* проверяют монтаж следящей сферы, для чего прозванивают линию между токособирательными кольцами на держателе и соответствующими электродами внутри верхней полусферы. Звонок должен звонить при замыкании электродов №55, 30, 31, 27, 28 и 29 с аналогичными контактами на столе. Точно так же должны прозваниваться цепи от одноименных контактов азимутального двигателя мотора до контактных плат на столе.

После проверки электрических цепей снова протирают все графитоэбонитовые части следящей сферы и гиросферы чистой батистовой тканью, смоченной спиртом. Вкладывают гиросферу, не наклоняя ее, в нижнюю следящую полусферу, а затем соединяют нижнюю следящую полусферу с верхней. При сборке обязательно обращают внимание на то, чтобы контактный винт № 28 второй фазы был плотно завернут и надежно обеспечивал контакт с электродом нижней полусферы. После этого завертывают эбонитовую пробку.

Стол за ручки переносят к резервуару и медленно, давая возможность поддерживающей жидкости заполнить внутреннее пространство

следящих полусфер, опускают в резервуар. Поджимают болтами стол к резервуару, ставят штуцеры охлаждения на места. Подключают штепсельные разъемы на столе прибора. Уровень поддерживающей жидкости в резервуаре при этом не должен доходить примерно на 35 мм до верхнего края наливного отверстия на столе.

Пузырек уровня на крышке корректора должен находиться в центре. Если пузырек отклонен, то ослабляют винт, крепящий балансировочный груз. Поворотом груза совмещают пузырек с центром уровня. Винт закрепляют.

2.10. Навигационное обслуживание гирокомпаса и штурманский контроль

Штурманский контроль функционирования гирокомпаса на ходу и при стоянке судна на якоре возложен на вахтенного помощника капитана, который должен непрерывно следить за работой всех систем гирокомпаса и в случае появления в них отказов принимать своевременные и энергичные меры по обеспечению безопасности судна.

При заступлении на вахту контролируются:

курс судна по гирокомпасу и магнитному компасу, а также поправки этих компасов;

отметка времени на курсограмме, выполненная на момент приема вахты;

широта места и скорость судна, которые введены в прибор 34;

согласованность показаний пеленгаторных репитеров, курсографа и репитера в пульте управления авторулевого с показаниями основного компаса;

показания вольтметра и индикатора положения гиросферы по высоте (в приборе 34);

состояние сигнальных индикаторов (ревун не должен работать, сигнальные лампы и табло «Рассогласование следящей системы», «Отклонение тока», «Отклонение температуры» не должны гореть).

В течение ходовой вахты штурман обязан:

непрерывно контролировать курс судна;

периодически контролировать показания индикаторов сигнальных систем гирокомпаса;

проверять бесперебойность работы курсографа, плавность протяжки ленты, четкость записи курса и четверти, своевременно наносить на курсограмму отметки времени при приеме на борт лоцмана и его ухода с судна, при входе в туман или лед, при изменении режима работы главного двигателя, при начале следования судна разделенными путями, при переводе судовых часов, при сдаче вахты. Если судно встало на якорь, то лентопротяжный механизм курсографа можно остановить;

ежечасно сличать показания магнитного и гироскопического компасов; сличать показания этих компасов также после изменения курса

судна. Следует иметь в виду, что сличение показаний, выполненное повторно на новом курсе через час после маневра, более достоверно (у гирокомпаса к этому моменту времени затухнут инерционные девиации, вызванные маневром);

ежечасно сличать показания всех репитеров на мостике;

один раз за вахту определять поправку гирокомпаса, убеждаясь в ее стабильности (в пределах зоны неустойчивости гирокомпаса). Поправку гирокомпаса лучше определять в том случае, если судно к моменту определения поправки следовало с неизменной скоростью и постоянным курсом более 1,5—2,0 ч.

Навигационное обслуживание гирокомпаса, осуществляемое вахтенным помощником капитана на ходу судна, заключается в своевременной установке корректора скоростной девиации и поддержании основных систем гирокомпаса в рабочем режиме.

Для своевременной установки корректора следует при изменении скорости судна сразу же вводить новое значение скорости V в штурманский пульт, один раз за вахту корректировать ввод широты φ_c. При плавании в широте φ более 75° рекомендуется следующий порядок ввода информации в штурманский пульт:

ввести предельное значение (для пульта) широты 75° (она меньше φ_c);

в соответствии со значением счислимой широты φ_c выбрать из табл. 2.4 значение масштабного коэффициента $k_м$; рассчитать значение установочной скорости $V_у = k_м V$; ввести значение установочной скорости $V_у$ в штурманский пульт.

Таблица 2.4. **Масштабный коэффициент $k_м$ в зависимости от счислимой широты φ_c**

φ_c, °	75	76	77	78	79	80	81	82
$k_м$	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7	1,9

Действия вахтенного помощника капитана по поддержанию рабочих параметров гирокомпаса определяются состоянием индикаторов сигнальных систем.

В случае срабатывания индикаторов сигнальных систем действия вахтенного помощника капитана регламентируются следующими правилами.

1. При срабатывании ревуна в приборе 10М и сигнального табло (лампы) «Отклонение температуры» в приборе 34 вахтенный помощник капитана немедленно сообщает об этом лицу, в ведении которого находится техническая эксплуатация гирокомпаса, и контролирует по индикатору прибора 34 положение чувствительного элемента по высоте. Стрелка индикатора должна находиться в вертикальном положении с

допуском ± 2 мм. Вахтенный помощник капитана принимает доклад об устранении причин, которые вызвали срабатывание индикаторов.

2. Если стрелка индикатора положения чувствительного элемента по высоте отклонилась от вертикального положения более чем на ± 2 мм, то вахтенный помощник капитана ставит об этом в известность лицо, обслуживающее гирокомпас, и осуществляет внеочередное сличение показаний гироскопического и магнитного компасов. Результаты этого сличения не должны отличаться от тех, которые были выполнены ранее на этом курсе. Вахтенный помощник капитана принимает доклад об устранении неисправности.

3. Если стрелка индикатора положения гиросферы по высоте в приборе 34 переместилась на красный сектор шкалы, то вахтенный помощник капитана немедленно сообщает об этом лицу, обслуживающему гирокомпас, сличает показания магнитного и гироскопического компасов. Если из гиропоста подтверждают возможность касания гиросферы и следящей сферы, то он определяет поправку гирокомпаса, переходит на управление судном по магнитному компасу и докладывает об этом капитану. Вахтенный помощник капитана принимает доклад из гиропоста об устранении неисправности и контролирует по изменению поправки вхождение гирокомпаса в меридиан. Получив разрешение капитана, он переходит на управление судном по гирокомпасу.

4. При зажигании светового табло (лампы) «Отклонение тока» вахтенный помощник капитана проверяет показания других сигнальных индикаторов, сообщает о происшедшем лицу, которое обслуживает гирокомпас, производит сличение показаний магнитного и гироскопического компасов. Если из гиропоста сообщили об обесточивании одной или более фаз трехфазного тока напряжением 120 В, частотой 330 Гц, вахтенный помощник капитана переходит на управление судном по магнитному компасу и докладывает об этом капитану. После доклада из гиропоста об устранении имевшейся неисправности вахтенный помощник принимает меры к определению поправки гирокомпаса. Получив разрешение капитана, он переходит на управление судном по гирокомпасу. Если обесточивание фаз трехфазного тока напряжением 20 В, частотой 330 Гц не имело место, тогда достаточно проконтролировать работу гирокомпаса, сличив его показания с показаниями магнитного компаса. Вахтенный помощник капитана принимает доклад о причинах возникновения неисправности и их устранении.

5. При зажигании сигнального табло (лампы) «Рассогласование следящей системы» вахтенный помощник капитана немедленно переходит на управление судном по магнитному компасу, докладывает о принятых мерах капитану, ставит в известность о случившемся лицо, обслуживающее гирокомпас. Приняв доклад из гиропоста об устранении неисправности, он сличает показания гирокомпаса с показаниями

магнитного компаса и, получив разрешение капитана, переходит на управление судном по гироскопическому компасу.

Примечание. Периодическое загорание сигнального табло (лампы) «Рассогласование следящей системы» при сильной качке судна указывает на исправность действия следящей системы. При этом следует иметь в виду, что кратковременные динамические ошибки следящей системы достигают 1,5—2,5°.

Навигационное обслуживание гирокомпаса при стоянке судна в порту заключается в снятии точностных и динамических характеристик и поддержании прибора в рабочем состоянии. В случае если гирокомпас с приходом судна в порт не выключался, штурманскому контролю подлежат показания всех индикаторов сигнальных систем и работа системы охлаждения.

В случае пуска в средних и малых широтах гирокомпас надо включать за 6 ч до выхода судна в море. В высоких широтах гирокомпас надо приводить в действие еще раньше. Гирокомпас должен до выхода судна в море прийти в меридиан, а затем штурман, обслуживающий гирокомпас, должен успеть определить «зону неустойчивости» гирокомпаса и его поправку.

Гирокомпас считается пришедшим в меридиан, если колебания чувствительного элемента по азимуту не выходят за значение угла 0,7° (требования ИМО). Для определения «зоны неустойчивости» рекомендуется взять с интервалом 30 мин три пеленга отдаленного ориентира. Разброс любой пары пеленгов не должен выходить за указанное значение (0,7°). «Зона неустойчивости» чувствительного элемента гирокомпаса «Курс», как показывают практические наблюдения, находится в пределах 0,3—0,35°. Установив значение «зоны неустойчивости», определяют поправку гирокомпаса, предварительно убедившись, что при неподвижном судне корректор скоростной девиации выставлен по шкале эксцентриситета на ноль.

Для контроля постоянства динамических параметров чувствительного элемента гирокомпаса следует записать кривую затухающих колебаний гирокомпаса и по ней определить период T_α затухающих колебаний гирокомпаса и фактор затухания f. Полученные значения T_α и f сравнивают с паспортными для данной широты. Кривая затухающих колебаний гирокомпаса пригодна для анализа лишь в случае надежной швартовки судна у причала.

2.11. Характерные неисправности, их причины и способы устранения

При появлении неисправности в том или ином узле гирокомпаса выяснять ее причину и устранять неисправность надлежит в такой последовательности: проверить целость всех предохранителей данного узла; проверить, нет ли механических заеданий; убедиться в том, что нет обрыва электрических проводов. Если этих дефектов нет, то следует приступить к поиску специфических неисправностей узла (табл. 2.5).

Таблица 2.5. **Характерные неисправности гирокомпаса «Курс-4», их причины и способы устранения**

Признаки неисправности	Возможная причина неисправности	Способ обнаружения и устранения неисправности
В приборах 10М и 34А горят сигнальные лампы *10HL2* и *34HL2*	Нарушен контакт одной из фаз в приборе 1М	Проверить надежность контактов в приборе 1М, обратив особое внимание на контакт между угольной щеткой и токопроводящим кольцом держателя Если в резервуаре прибора 1М мало поддерживающей жидкости (вследствие чего верхний полярный электрод гиросферы находится вне жидкости), добавить токопроводящей жидкости в резервуар через пробки на столе компаса Проверить надежность внутреннего монтажа в приборе 1М. Разобрать частично прибор, обратив особое внимание на контактные винты № 27 и 28. Винты и гнезда промыть спиртом или бензином. Винты установить в токопроводящие стержни и «прозвонить» линию между одноименными контактами на столе компаса и следящей сферы
	Обрыв фазы в монтаже схемы	Отыскать обрыв между приборами и восстановить контакт
Все амперметры прибора 4Д показывают силу тока меньше или больше «нормального» значения	Понижено или повышено напряжение трехфазного генератора	Проверить частоту вращения двигателя. Если она не соответствует паспортным данным, то подрегулировать блок регулятора частоты
	Повышена токопроводимость жидкости	Токопроводимость жидкости со временем немного возрастает, вследствие чего сила тока в фазах увеличивается на 0,1—0,2 А. При этом если сила тока в процессе дальнейшей работы не увеличивается, то корректировать токопроводящую жидкость по проводимости не требуется
	Электроды на чувствительном элементе и следящей сфере загрязнены	Разобрать следящую сферу, вынуть чувствительный элемент. Тщательно протереть все токопроводящие электроды и изоляционные части чувствительного элемента и следящей сферы чистой тканью, аккуратно зачистить электроды мелкозернистой стеклянной бумагой и потом протереть батистом, смоченным в спирте или бензине. Омметром измерить сопротивление между фазами. Сличить полученные показания с паспортными данными чувствительного элемента. Проверить линии токопроводящих электродов следящей сферы. Если токопроводящая жидкость окажется слишком

Продолжение табл. 2.5

Признаки неисправности	Возможная причина неисправности	Способ обнаружения и устранения неисправности
		давно налитой или загрязненной, если в ней наблюдается хлопьеобразный осадок и она имеет темный цвет, то жидкость необходимо заменить новой
Два амперметра в приборе 4Д показывают завышенный ток (3,5÷5,0 А)	Неполное короткое замыкание в линии трехфазного тока	Вынув предохранители в приборе 4Д, отключить линию трехфазного тока прибора 1М и проверить изоляцию. При обнаружении плохой изоляции найти место утечки тока и восстановить изоляцию
	Короткое замыкание внутри чувствительного элемента	Прослушать работу гиромоторов в чувствительном элементе. Если характерного звука работы гиромоторов не слышно, то следует разобрать следящую систему и заменить чувствительный элемент
	Короткое замыкание в держателе следящей сферы	Разобрать следящую сферу, снять держатель и при обнаружении замыкания между проводниками внутри держателя сдать следящую сферу для заводского ремонта. Если изоляция в проводниках нарушена выше держателя, восстановить ее, используя изоляционную ленту
Электродвигатель АДП-261 работает нормально, репитеры остановились, сигнальная лампа *4HL1* горит	Испорчен датчик синхронной связи БД-501А	Проверить щетки и кольца датчика, а также соединение обмоток ротора и статора
Картушки репитеров не вращаются	Обрыв соединения между контактами № 30 и 31 основного компаса и реверсным электродвигателем	Проверить целость соединительных проводов и контактов между приборами 1М, 9Б, замеченный обрыв в схеме устранить
		Проверить контакты выключателя цепи главной обмотки реверсивного мотора в приборе 9Б
Картушки репитеров рассогласовываются с прибором 1М	В датчике прибора 9 под щетками на токопроводящих кольцах роторной цепи имеется нагар или ослабли контакты № 67, 68, 69	Поджать контакты № 67, 68 и 69 датчика и промыть спиртом или бензином щетки и токопроводящие кольца в роторной цепи. Если кольца прогорели глубоко, то датчик необходимо заменить новым

Продолжение табл. 2.5

Признаки неисправности	Возможная причина неисправности	Способ обнаружения и устранения неисправности
Исполнительный электродвигатель АДП-261 во время работы чрезмерно нагревается. При его отработке загораются сигнальные лампы *9HL1, 10HL1, 34HL1*	Перегрузка электродвигателя вследствие механических заеданий следящей системы	Проверить легкость вращения следящей сферы. В случае большого трения или заедания разобрать следящую сферу, промыть и смазать подшипники или заменить их новыми
	Короткое замыкание витков обмоток электродвигателя	Неисправности электродвигателя проверяют по заводской инструкции. Проверить зубчатую передачу в приборе 9Б. Снять электродвигатель. Аккуратно разобрать и промыть подшипники, смазать их специальным маслом, собрать и проверить легкость их вращения от руки
Следящая система не работает. Сигнальные лампы *9HL1, 10HL1, 34HL1* горят	Усилитель прибора 9Б не работает	Проверить места пайки контактов и внутренний монтаж схемы усиления. Проверить напряжение на контактах фазового трансформатора и на рабочих обмотках дросселя. Проверить омметром селеновые выпрямители
Следящая система не работает. Сигнальные лампы *9HL1, 10HL1, 34HL1* не горят	Нарушен контакт между приборами 1М и 9Б	Восстановить контакт, проверить внешний монтаж между приборами 1М и 9Б
При изменении курса судна следящая система отрабатывает рывками	Ослаблен эксцентриковый натяг держателя следящей сферы	Снять корректор и ключом для круглых головок отрегулировать эксцентриковый натяг, подтянуть гайку держателя и застопорить ее винтом
Один репитер остановился	Заедание механизма в репитере	Снять кожух репитера и проверить легкость поворота сельсина от руки. В случае заедания снять стекла и картушки репитера, осмотреть и прочистить механизм
	Короткое замыкание в цепи репитера	Отключить репитер (в приборе 21А), «отдать» штепсельную соединительную муфту, поставить в разветвительной коробке новые предохранители. Если предохранители не сгорят, то это указывает на неисправность репитера. Снять кожух репитера, отсоединить концы от сельсина и проверить омметром элементы, установленные способом внутреннего монтажа и обмотки сельсина. Устранить неисправность

Признаки неисправности	Возможная причина неисправности	Способ обнаружения и устранения неисправности
Картушки всех репитеров быстро вращаются в одну сторону. Сигнальные лампы *9HL1, 10HL1, 34HL1* горят	Не работает азимут-мотор в приборе 1М	Проверить предохранители № 66 и 70 в приборе 9Б. Проверить обмотки азимут-мотора. В случае надобности заменить азимут-мотор новым. Новый мотор следует сцепить с шестернями корректора прибора 1М, подключив предварительно к контактам соответствующие концы проводки
Индекс номограммы корректора рассогласован с принимающим прибором дистанционного управления корректора (в приборе 34А)	Смещен индекс на корректоре или неточно установлена стрелка принимающего сельсина в приборе дистанционного управления корректором	Открыть крышку прибора 34А (под током). Торцовым ключом снять гайку с оси принимающего сельсина и шестерню со стрелкой установить, ориентируясь на показания индекса. Гайку после этого закрепить
Температура поддерживающей жидкости повышается	Не работает помпа	Проверить, нет ли в помпе заеданий. Если заедание обнаружено, но устранить его без разборки помпы невозможно, то остановить мотор помпы. Система охлаждения может быть подключена к санитарной магистрали через редуктор, понижающий давление воды до $0{,}7 \cdot 10^5$ Па
	Вышел из строя термоконтактор	Заменить термоконтактор
	Нарушена регулировка терморегулятора	Отрегулировать терморегулятор
	Прекратилась подача воды	Проверить магистраль
	Помпа работает, но нет требуемого давления воды	Остановить помпу, снять шланг охлаждения прибора 1М (левый штуцер на приборе 12М), а на его место поставить короткий резиновый шланг, другой конец которого опустить в наливное отверстие крышки помпы. Таким путем удалить воздух из помпы. Затем добавить в бачок помпы дистиллированной воды
	В помпе мало дистиллированной воды	Долить в бачок помпы дистиллированную воду, доведя уровень жидкости до красной риски на стекле

ГИРОАЗИМУТКОМПАС «ВЕГА»

3.1. Основные технические данные и состав комплекта

Основные технические данные. Гироазимуткомпас «Вега» является морским навигационным прибором и предназначен для использования на судах в широтах до 80°. Он имеет два режима работы: основной — режим корректируемого гирокомпаса, дополнительный — режим гироазимута. Погрешность показаний прибора в режиме корректируемого гирокомпаса при плавании транспортных судов с неизменной скоростью и постоянным курсом составляет $\pm 0{,}8°$ в диапазоне широт $\pm$ 70° и $\pm$ 1,5° — в диапазоне широт от 70 до 80°.

Скоростная девиация и девиация затухания исключаются из показаний гирокомпаса путем коррекции положения чувствительного элемента. Необходимые корректирующие сигналы формируются в блоке коррекции по данным внешней информации о скорости судна и широте места.

В условиях маневрирования судна погрешность корректируемого гирокомпаса характеризуется значением $\pm$ 2,0° в широтах до 70° и значением $\pm 2{,}5°$ — в диапазоне широт от 70 до 80° при скорости судна до 50 уз.

Инерционные девиации корректируемого гирокомпаса существенно уменьшены благодаря увеличению периода его собственных колебаний до 150 мин и использованию индикатора горизонта с нелинейной характеристикой.

В условиях качки судна погрешность гирокомпаса не превышает $\pm 1{,}5°$ в широтах ниже 70° и $\pm 2{,}0°$ — в диапазоне широт от 70 до 80°. Минимизация погрешности прибора при качке достигается путем увеличения постоянной времени индикатора горизонта до 60 с.

В режиме гироазимута дрейф чувствительного элемента составляет 1,5°/ч в широтах до 70° и 2°/ч — в диапазоне широт от 70 до 80°. Время ускоренного приведения чувствительного элемента гироазимуткомпаса в меридиан составляет не более 30 мин. Гарантийный срок службы чувствительного элемента — 10 000 ч. В принудительном охлаждении прибор не нуждается. Питание гироазимуткомпаса осуществляется от судовой сети напряжением 380 В, частотой 50 Гц.

Состав комплекта. В него входят основной прибор ВГ-1А и вспомогательные приборы (рис. 3.1).

В *приборе ВГ-1А* размещены чувствительный элемент, система его подвеса, двухканальная следящая система гироблока, двухканальная система косвенного управления чувствительным элементом и система терморегулирования. Основным узлом прибора ВГ-1А является од-

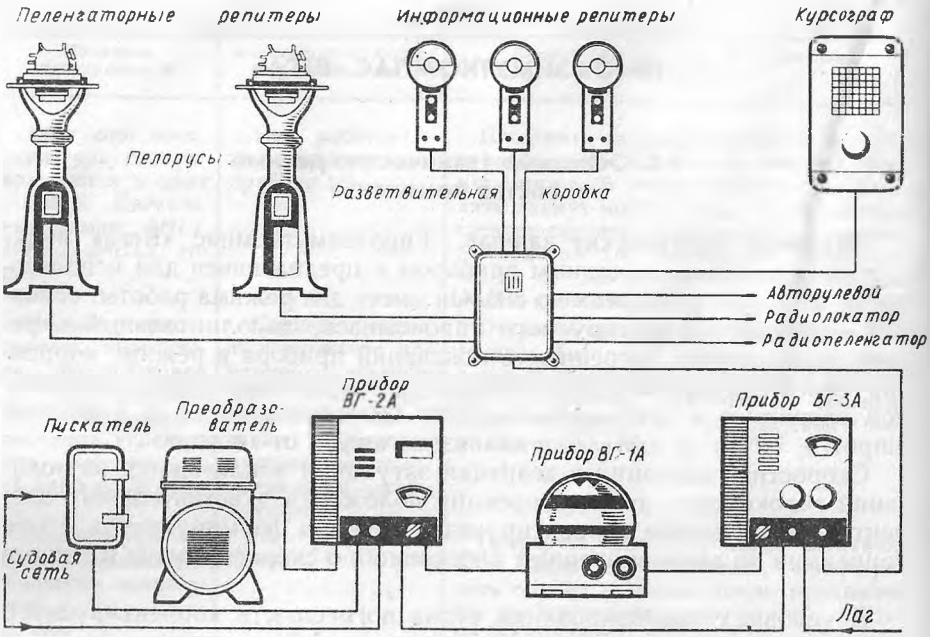


Рис. 3.1

ногироскопный чувствительный элемент с жидкостно-торсионным подвесом.

Двухканальная следящая система гироблока обеспечивает сохранение чувствительным элементом (гиросферой) свойств свободного гироскопа. Она состоит из следящей сферы, колец карданова подвеса, двух исполнительных (стабилизирующих) двигателей, двух усилителей, двух двухкомпонентных датчиков угла и поворотного трансформатора. Двухканальная система косвенного управления придает чувствительному элементу свойство избирательности по отношению к плоскости меридиана и включает в себя некоторые элементы следящей системы: следящую сферу, кольца карданова подвеса, усилители, исполнительные двигатели, а также индикатор горизонта и две пары торсионов между следящей сферой и гиросферой. Основной прибор показан на рис. 3.13.

Прибор ВГ-2А — прибор питания гироазимуткомпаса. В приборе размещены кнопки «Пуск» и «Стоп» для включения компаса, световые табло, трансформаторы, реле, предохранители и вольтметр. Прибор показан на рис. 3.17, *а*.

Прибор ВГ-3А — штурманский пульт гироазимуткомпаса. Прибор предназначен для формирования корректирующих сигналов, дистан-

ционного управления режимами работы основного прибора и ручного введения данных о широте места и скорости судна. Вычислительное устройство этого прибора относится к двухканальной системе коррекции, которая служит для исключения из показаний чувствительного элемента скоростной девиации и девиации затухания. Прибор ВГ-3А показан на рис. 3.15, *а*.

Кроме упомянутых, в комплект гироазимуткомпаса входят известные вспомогательные приборы 15М, 23-Т, 19А, 38, 38А, 20А, 22А, ПГК-2 и запасные части, инструменты и приспособления.

Некоторые вспомогательные приборы образуют с различными элементами основного прибора отдельные системы, которые обеспечивают нормальное функционирование чувствительного элемента и электрической схемы гироазимуткомпаса. Такими системами являются: блок питания, следящая система трансляции курса, контрольно-сигнальная система.

3.2. Принцип действия гирокомпаса с косвенным управлением

В гирокомпасах с косвенным управлением в качестве ЧЭ применяют астатические гироскопы, а управляющие моменты формируются косвенным путем по сигналам индикатора горизонта при помощи системы управления движением гироскопа. Индикатор горизонта так укреплен на гирокомпасе, что измеряет угол β наклона главной оси ЧЭ к плоскости горизонта.

Если на чувствительный элемент гирокомпаса, помимо упомянутых управляющих моментов, с помощью этой системы действуют дополнительные корректирующие моменты, которые формируются по сигналам вычислительного устройства на основании внешней информации о широте и скорости судна и обеспечивают нулевые значения координат положения равновесия при стационарном (установившемся) движении объекта, то *гирокомпас* называется *корректируемым*.

В индикаторе горизонта (ИГ) гироазимуткомпаса (рис. 3.2) значение угла β подъема главной оси гироскопа *1* преобразуется в электрический сигнал U_c. Этот сигнал усиливается в усилителе *У1* и раздельно подводится к обмоткам двух датчиков моментов $ДМ_y$ и $ДМ_z$. Назначение этих устройств состоит в преобразовании подводимого сигнала во вращающие моменты, пропорциональные сигналу.

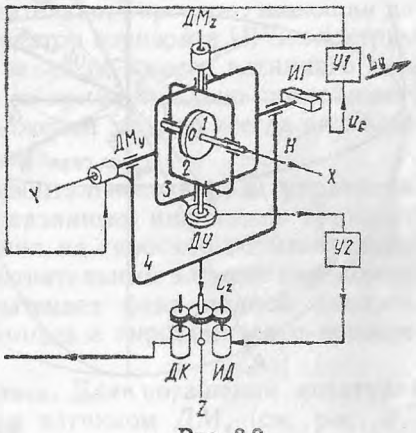


Рис. 3.2

Роторная часть датчика $ДМ_z$ укреплена на рамке *2* гироскопа, а статорная — на рамке *3*; роторная часть датчика $ДМ_y$ укреплена на рамке *3*, а статорная — на рамке *4*. Датчик $ДМ_y$ называется датчиком горизонтального момента, т. е. он создает момент относительно оси *ОУ* гироскопа. Датчик *ДМ* является датчиком вертикального момента относительно оси *OZ* гироскопа.

Вращающий момент вокруг оси *ОУ*, пропорциональный углу β, служит для получения из астатического гироскопа гирокомпаса. Вращающий момент вокруг оси *OZ*, также пропорциональный углу β, служит для погашения колебаний чувствительного элемента.

Датчик угла *ДУ*, усилитель *У2* и исполнительный двигатель *ИД* совместно с рамкой *4* являются элементами следящей системы гирокомпаса, которая отрабатывает любое изменение курса судна и удерживает угол между рамками *2* и *3* равным 90°.

Незатухающие колебания гирокомпаса с косвенным управлением. Рассмотрим поведение гирокомпаса, показанного на рис. 3.2 Будем полагать, что датчик моментов $ДМ_z$ отключен. Допустим, что в начальный момент времени главная ось *OX* гироскопа отклонена от плоскости истинного меридиана к востоку на угол α_0 (рис. 3.3, *а*) и расположена в плоскости горизонта.

При горизонтальном положении главной оси угол $\beta = 0$ и сигнал U_c (см. рис. 3.2) на выходе индикатора горизонта ИГ отсутствует. Это

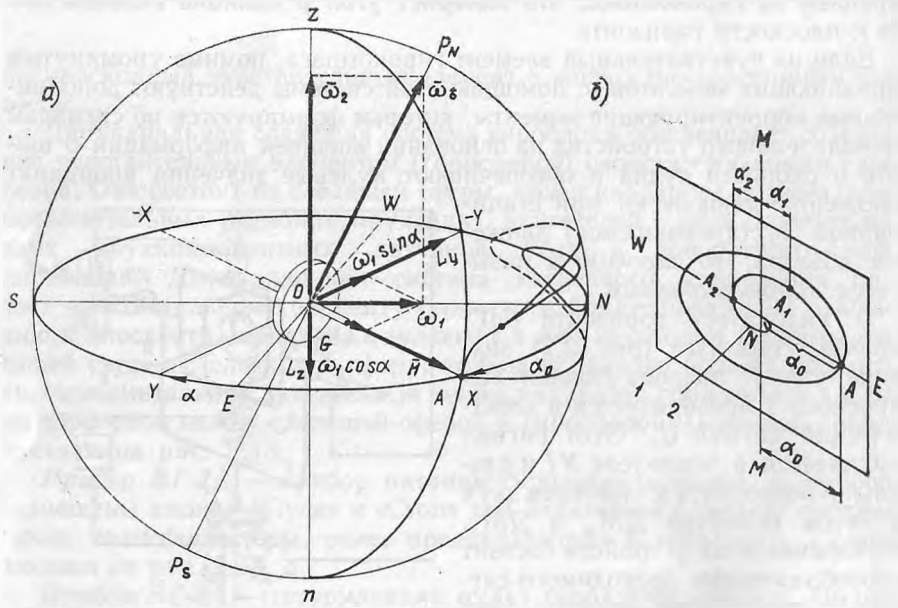


Рис. 3.3

означает, что горизонтальный момент L_y, налагаемый датчиком $ДМ_y$ на гироскоп, также равен нулю и, следовательно, гироскоп является свободным, т. е. сохраняет неизменным свое направление в пространстве. Вследствие суточного вращения Земли восточная половина плоскости горизонта непрерывно опускается в пространстве. По этой причине главная ось гироскопа (конец вектора $\overline{H}$) будет видимым образом приподниматься над плоскостью горизонта. Угловая скорость этого подъема $\omega_з \cos\varphi \sin\alpha_0$.

Как только главная ось выйдет из горизонтального положения и получит наклон на угол β, на выходе индикатора горизонта появится сигнал U_c, пропорциональный этому углу. После усиления этот сигнал поступает на датчик момент $ДМ_y$, который налагает на гироскоп момент L_y, также пропорциональный углу β. Вектор момента L_y направлен в сторону отрицательных значений оси $OУ$, и под его действием возникает прецессионное движение главной оси по направлению к плоскости истинного меридиана. По мере приближения к плоскости истинного меридиана скорость прецессионного движения возрастает, так как увеличивается угол подъема β северного конца оси фигуры гироскопа, все еще находящегося в восточной половине горизонта.

В плоскости меридиана ось гироскопа имеет максимальный угол подъема, и под действием момента $L_{y\,max}$ гироскоп переходит плоскость меридиана и оказывается в западной половине горизонта, которая непрерывно поднимается в пространстве вследствие вращения Земли. Значит, в своем относительном движении ось фигуры теперь опускается к плоскости горизонта тем быстрее, чем дальше она отходит от плоскости меридиана. Движение в азимуте прекращается, как только ось гироскопа оказывается в плоскости горизонта.

Если проследить за дальнейшим движением оси фигуры, то можно убедиться в том, что ось гироскопа вновь возвратится в исходное положение *А* (см. рис. 3.3, *б*) по замкнутой траектории, представляющей собой эллиптическую кривую *1*. Следовательно, гироскоп, имеющий датчик момента $ДМ_y$ (см. рис. 3.2), индикатор горизонта ИГ и электрическую связь между ними, совершает около плоскости истинного меридиана эллиптические колебания, т. е. принципиально превращается в гирокомпас, так как в среднем положении прибор всегда располагается в плоскости истинного меридиана.

Таким образом, применение горизонтального канала управления, включающего в себя электрически связанные индикатор горизонта, усилитель и устройство для наложения на гироскоп горизонтального момента, превращает гироскоп в чувствительный элемент гирокомпаса без затухания. Из изложенного вытекает факт полной аналогии, поведения рассматриваемого гирокомпаса и гирокомпаса с непосредственным управлением.

Затухающие колебания гирокомпаса. Для погашения незатухающих колебаний гирокомпас снабжен датчиком $ДМ_z$ (см. рис. 3.2).

Вновь допустим, что в начальный момент времени главная ось гирокомпаса расположена горизонтально и ее северный конец $\overline{H}$ отклонен к востоку на угол α_0 (см. рис. 3.3, *а*). Этот конец оси гирокомпаса вследствие вращения в пространстве плоскости истинного горизонта видимым образом поднимается со скоростью, пропорциональной $\omega_з \cos \varphi \sin \alpha_0$ над этой плоскостью.

Если бы гирокомпас не имел приспособления для затухания, траекторией его движения был бы эллипс. В рассматриваемом же случае по мере подъема северного конца оси над плоскостью горизонта напряжение сигнала U_c подается с индикатора горизонта на оба датчика моментов $ДМ_y$ и $ДМ_z$. Поэтому, помимо момента L_y, появится момент L_z (см. рис. 3.2 и 3.3).

Момент L_y вызывает прецессию оси гирокомпаса к плоскости меридиана, а момент L_z создает прецессию северного конца вниз к плоскости горизонта. В начальный момент времени, когда угол подъема оси гирокомпаса над плоскостью горизонта еще мал, а значит, мал и момент L_z, угловая скорость видимого подъема оси гирокомпаса, обусловленная земным вращением, больше, чем угловая скорость опускания оси к плоскости горизонта под действием вертикального момента L_z. Поэтому северный конец оси поднимается над плоскостью горизонта, но с меньшей скоростью, чем при незатухающих колебаниях. В точке A_1 (см. рис. 3.3, *б*). т. е. недалеко от плоскости меридиана, скорость $\omega_з \cos \varphi \sin \alpha_1$ видимого подъема оси равна угловой скорости L_z/H опускания оси к плоскости горизонта.

С этого момента северный конец оси гирокомпаса начинает опускаться, продолжая двигаться к плоскости меридиана. Когда ось гирокомпаса приходит в меридиан, она имеет меньший угол подъема над плоскостью горизонта, чем в случае незатухающих колебаний. Перейдя к западу относительно плоскости истинного меридиана, северный конец оси опускается к плоскости горизонта значительно быстрее, так как угловые скорости $\omega_з \cos \varphi \sin \alpha$ и L_z/H складываются. Поэтому угол α_2 отклонения конца оси гироскопа от плоскости меридиана при пересечении плоскости горизонта в точке A_2 (см. рис. 3.3, *б*) меньше начального угла α_0 отклонения.

Продолжая рассуждения подобным образом, можно прийти к выводу, что ось гирокомпаса совершает затухающие колебания, описывая траекторию, имеющую форму сходящейся эллиптической спирали *2*.

Таким образом, применение второго вертикального канала управления, включающего в себя электрически связанные индикатор горизонта, усилитель и устройство для наложения на гироскоп момента, превращает незатухающие колебания гирокомпаса в затухающие, т. е. вертикальный канал управления гирокомпасом является демпфирующим устройством.

3.3. Принципиальная электрическая схема

В режиме корректируемого гирокомпаса главная ось прибора при движении судна с постоянной скоростью и неизменным курсом располагается вдоль полуденной линии N — S и указывает плоскость истинного меридиана. В режиме гироазимута главная ось прибора в течение некоторого интервала времени сохраняет то азимутальное направление, которое указывал гироскоп при переключении его с режима гирокомпаса на режим гироазимута.

Чувствительным элементом гироазимуткомпаса является гиросфера *1* (рис. 3.4). Внутри гиросферы размещен один гироскоп *2* Кинетический момент $\bar{H}$ гироскопа направлен по горизонтальной оси *OX* чувствительного элемента. Центр тяжести ЧЭ совпадает с его геометрическим центром. Таким образом, чувствительный элемент является астатическим. Гиросфера размещена внутри следящей сферы (корпуса гироблока) *5*. Пространство между следящей сферой и чувствительным элементом заполнено поддерживающей жидкостью *4*.

При рабочей температуре чувствительный элемент имеет нейтральную плавучесть. Относительно следящей сферы гиросфера центриру-

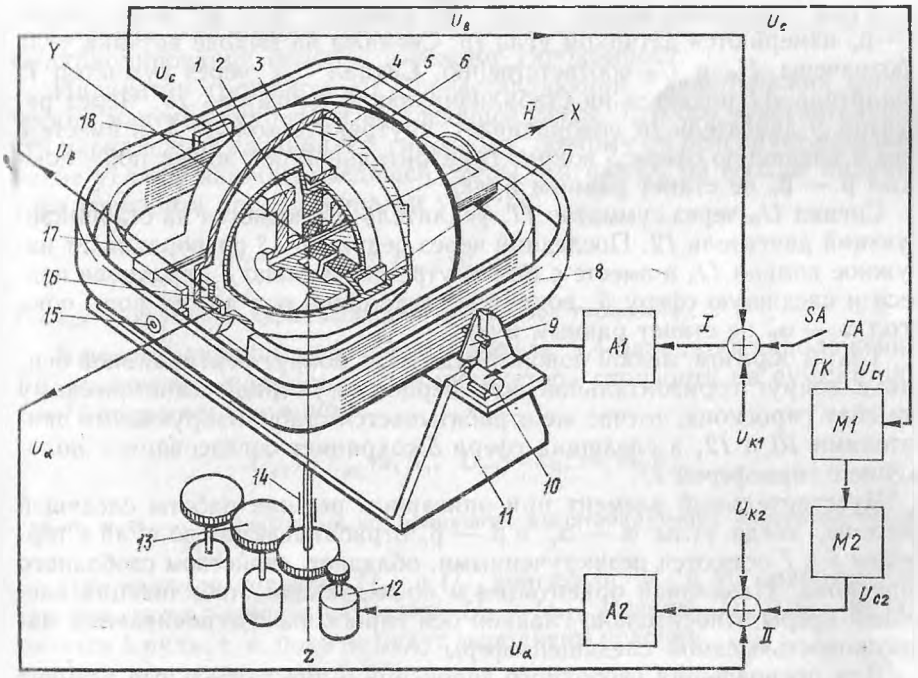


Рис. 3.4

ется с помощью двух пар торсионов и промежуточного кольца *3*. Вертикальные торсионы *6* одним концом закреплены в следящей сфере *5*, а другим — в кольце *3*. Горизонтальные торсионы *7* одним концом прикреплены к гиросфере *1*, а другим — к кольцу *3*. Следящая сфера *5* вместе с установочным кольцом *17* обладает положительной маятниковостью. Цапфами *15* следящая сфера покоится в подшипниках внутреннего кольца *8* карданова подвеса. Наружное кольцо *11* этого подвеса посажено цапфой в подшипник *14* корпуса прибора. Таким образом, весь гироблок (чувствительный элемент и следящая сфера) имеет три степени свободы.

Следящая система гироблока осуществляет слежение за положением чувствительного элемента по азимуту и высоте, обеспечивая сохранение им свойств свободного гироскопа, и является основой для реализации трехстепенного жидкостно-торсионного подвеса гиросферы.

Следящая система гироблока имеет два канала. Азимутальный канал отрабатывает поворот судна относительно оси *OZ* чувствительного элемента, а горизонтный канал служит для отработки поворота судна вокруг оси *OУ* гиросферы.

Положение гироскопа относительно горизонтной системы координат определяется углами α и β, а положение следящей сферы относительно горизонтной системы координат — углами α_c и β_c.

Углы рассогласования сфер по азимуту $\alpha - \alpha_c$ и по высоте $\beta - \beta_c$ измеряются датчиком угла *16*. Сигналы на выходе датчика угла обозначены U_α и U_β соответственно. Сигнал U_β через сумматор *1*, усилитель *A1* подается на стабилизирующий двигатель *10*. Через редуктор *9* двигатель *10* поворачивает внутреннее кольцо *8*, а вместе с ним и следящую сферу *5* вокруг горизонтальной оси до тех пор, пока угол $\beta - \beta_c$ не станет равным нулю.

Сигнал U_α через сумматор *11*, усилитель *A2* подается на стабилизирующий двигатель *12*. Последний через редуктор *13* разворачивает наружное кольцо *11*, а вместе с ним внутреннее кольцо *8* карданова подвеса и следящую сферу *5* вокруг вертикальной оси до тех пор, пока угол $\alpha - \alpha_c$ не станет равным нулю.

Таким образом, любой поворот судна как вокруг вертикальной оси, так и вокруг горизонтальной оси, перпендикулярной кинетическому моменту гироскопа, тотчас же отрабатывается стабилизирующими двигателями *10* и *12*, а следящая сфера *5* сохраняет согласованное положение с гиросферой *1*.

Чувствительный элемент при описанном режиме работы следящей системы, когда углы $\alpha - \alpha_c$ и $\beta - \beta_c$ отрабатываются до нуля и торсионы *6* и *7* остаются незакрученными, обладает свойством свободного гироскопа. Начальная ориентация и последующая стабилизация следящей сферы относительно главной оси гироскопа обеспечиваются маятниковостью самой следящей сферы.

Для превращения свободного гироскопа в чувствительный элемент гироазимуткомпаса применена система косвенного управления (СКУ).

В зависимости от режима работы прибора эта система превращает свободный гироскоп в чувствительный элемент либо гирокомпаса, либо гироазимута.

Основная особенность работы системы косвенного управления состоит в том, что она воздействует на гиросферу через каналы следящей системы гироблока. Наложение управляющих моментов осуществляется через торсионы при помощи следящих приводов. Известно, что для превращения свободного гироскопа в гирокомпас необходимо и достаточно наложить относительно горизонтальной оси *OУ* гироскопа управляющий момент, пропорциональный углу β. Для демпфирования собственных колебаний гирокомпаса достаточно наложить момент, пропорциональный углу β, относительно оси *OZ* гироскопа.

Рассмотрим, каким образом осуществляется реализация этих моментов в гироазимуткомпасе «Вега» (см. рис. 3.4).

Система косвенного управления имеет два канала. К азимутальному каналу управления относятся индикатор горизонта *18*, масштабирующий элемент *M1*, усилитель *A1*, двигатель *10* и горизонтальные торсионы *7*. Азимутальный канал функционирует, если переключатель *SA* режимов работы находится в положении *ГК* (гирокомпас). Горизонтный канал управления образован индикатором горизонта *18*, масштабирующими элементами *M1* и *M2*, усилителем *A2*, двигателем *12* и вертикальными торсионами *6*.

Сначала рассмотрим работу системы косвенного управления при функционировании прибора в режиме гирокомпаса.

Индикатор горизонта ИГ, представляющий собой плоский физический маятник, укреплен на следящей сфере. Его ось чувствительности параллельна главной оси гироскопа, поэтому он реагирует на изменение угла β_c наклона следящей сферы. Сигнал U_c на выходе индикатора горизонта пропорционален углу β_c:

$$U_c = k_{иг}\beta_c,$$

где $k_{иг}$ — крутизна характеристики индикатора горизонта.

В режиме гирокомпаса переключатель *SA* находится в положении *ГК* (включено), поэтому сигнал индикатора горизонта на сумматорах *I* и *II* достигает значений

$$U_{c1} = k_{иг}\, m_1 \beta_c; \quad U_{c2} = k_{иг}\, m_1\, m_2 \beta_c,$$

где m_1 и m_2 — передаточные коэффициенты масштабирующих элементов *M1* и *M2*.

При наличии сигналов U_{c1} и U_{c2} двигатели *M1* и *M2* работают до тех пор, пока разности сигналов U_β и U_{c1}, а также U_α и U_{c2} не обратятся в нуль, т. е. пока не будут выполнены условия

$$U_\beta - U_{c1} = 0; \quad U_\alpha - U_{c2} = 0.$$

При этом углы $\alpha - \alpha_c$ и $\beta - \beta_c$ между гиросферой и следящей сферой отличны от нуля и на гиросферу действуют моменты торсионов

$$L_г = c_г(\beta - \beta_c); \quad L_в = c_в(\alpha - \alpha_c).$$

В этих формулах параметры $c_г$ и $c_в$ выражаются в тех же единицах физических величин, что и моменты, и определяются жесткостью соответственно горизонтального и вертикального торсионов.

Раскроем сущность разностей углов $\alpha - \alpha_c$ и $\beta - \beta_c$. Для этого представим формулы $U_\beta - U_{c1} = 0$ и $U_\alpha - U_{c2} = 0$ следующим образом:

$$k_1(\alpha - \alpha_c) - k_{иг} m_1 m_2 \beta_c = 0; \quad k_д(\beta - \beta_c) - k_{иг} m_1 \beta_c = 0.$$

После несложных преобразований получим выражения

$$\alpha - \alpha_c = m_2 n_{иг} \beta; \quad \beta - \beta_c = n_{иг} \beta,$$

где $n_{иг}$ — приведенный коэффициент передачи индикатора горизонта;

$$n_{иг} = \frac{k_{иг} m_1}{k_{иг} m_1 + k_д}.$$

Из полученных формул следует, что разности $\alpha - \alpha_c$ и $\beta - \beta_c$ пропорциональны углу β подъема главной оси гироскопа над плоскостью горизонта, следовательно, моменты торсионов

$$L_г = c_г n_{иг} \beta; \quad L_в = c_в m_2 n_{иг} \beta.$$

При действии на свободный гироскоп двух моментов, значения которых пропорциональны углу β, он превращается в чувствительный элемент гирокомпаса.

В режиме гироазимута переключатель SA находится в положении $ГА$ (положение «Выключено»). Как следует из схемы, в системе косвенного управления функционирует только один горизонтный канал, благодаря которому главная ось гиросферы удерживается в горизонтальном положении. Азимутальный канал управления отключается.

Для коррекции погрешностей гирокомпаса при стационарном движении судна в блоке коррекции вырабатываются корректирующие сигналы $U_{к1}$ и $U_{к2}$, которые подаются в соответствующие каналы управления, где суммируются с управляющими сигналами U_{c1} и U_{c2}. Наличие этих сигналов приводит в конечном счете к дополнительному закручиванию вертикальных торсионов, которое обеспечивает компенсацию скоростной погрешности в показаниях гирокомпаса. Дополнительное закручивание горизонтальных торсионов нивелирует главную ось гирокомпаса, вследствие чего устраняет девиацию затухания.

3.4. Основной прибор

Основной прибор (прибор ВГ-1А) состоит из двух узлов: корпуса и гиросекции. Последняя в свою очередь заключает в себе съемный гироблок, внутри которого находится чувствительный элемент.

Чувствительный элемент. Он одногироскопный и выполнен в виде сферы (рис. 3.5). Диаметр сферы 92 мм. Она состоит из двух соединенных между собой цилиндрической шейкой *2* полусфер *1*. Для обеспечения герметичности места соединения полусфер и шейки пропаивают. При сборке из гиросферы откачивают воздух и заполняют ее гелием. Центр тяжести гиросферы совмещен с ее геометрическим центром. Масса гиросферы 500 г. Способ подвеса гиросферы — жидкостно-торсионный, благодаря чему полностью устранено сухое трение и гироскоп достаточно защищен от внешних вибраций.

Внутри корпуса *2* гиросферы размещены гиромотор и статоры *1* датчиков углов (рис. 3.6). Двигатель асинхронный, трехфазный. Статорная обмотка *8* гиромотора укреплена на шейке *5* корпуса гиросферы. Роторная обмотка *4* посажена на валу *7* гироскопа. Ротор гиромотора выполнен в виде двух соосных, расположенных симметрично относительно корпуса гиросферы маховиков *6*. Масса ротора 300 г. На статор гиромотора подается переменный ток напряжением 40 В, частотой 500 Гц, который подводится к чувствительному элементу через торсионы, а также посредством гибких, изолированных один от другого проводников. Внутри корпуса гиросферы напротив главных подшипников *3* установлены статоры *1* двухкоординатных датчиков углов. Относительно следящей сферы, внутри которой гиросфера размещена, она имеет две степени свободы.

Гироблок. К нему относятся гиросфера, следящий элемент и система связей между ними. Следящий элемент (см. рис. 3.9) представляет

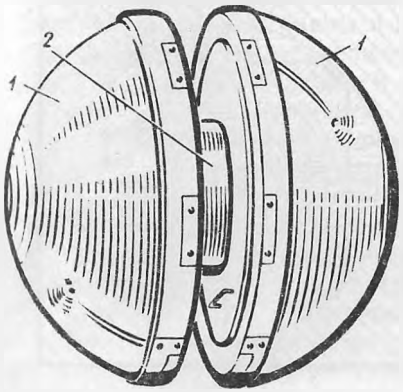


Рис. 3.5

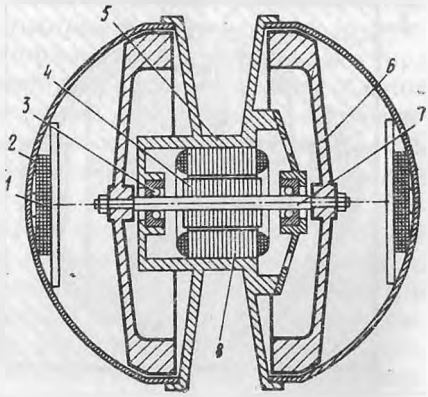


Рис. 3.6

собой сложную конструкцию, состоящую из нескольких частей. В собранном виде следящий элемент имеет форму куба. Внутри этого куба имеется сферическая выточка, в которую помещена гиросфера. Поэтому в дальнейшем с целью унификации терминологии, относящейся к гирокомпасам, следящий элемент условимся называть следящей сферой.

Корпус гиросферы размещается внутри следящей сферы *3* (рис. 3.7). Зазор между сферами равен 2 мм; он заполнен жидкостью, плотность которой при рабочей температуре 75 °С равна 2 г/см^3, что обеспечивает нейтральную плавучесть гиросферы. Рабочая температура поддерживается автоматической системой терморегулирования. Гиросфера связана горизонтальными торсионами *6* с внутренним вертикальным карданом «кольцом» *5*. Следящая сфера *3* связана с «кольцом» *5* вертикальными торсионами *4*, Все четыре торсиона расположены в плоскости, перпендикулярной оси фигуры гироскопа.

Центр тяжести следящей сферы благодаря наличию груза смещен вниз по отношению к ее геометрическому центру. Таким образом, весь гироблок имеет положительную маятниковость. Торсионы *4* и *6* центрируют гиросферу относительно следящей сферы, а при повороте следящей сферы через торсионы на гиросферу передаются управляющие и корректирующие моменты.

На корпусе гиросферы установлены статоры *1* (см. рис. 3.6) датчиков углов. Роторы *1* (см. рис. 3.7) этих датчиков размещены на следящей сфере против статорных обмоток *2*. С помощью этих двухкомпонентных датчиков угла измеряются углы $\alpha - \alpha_c$ и $\beta - \beta_c$ рассогласования гиросферы и следящей сферы по азимуту и высоте. Крутизна характеристики датчиков угла $k_{д.у} = 12{,}4$ В/рад.

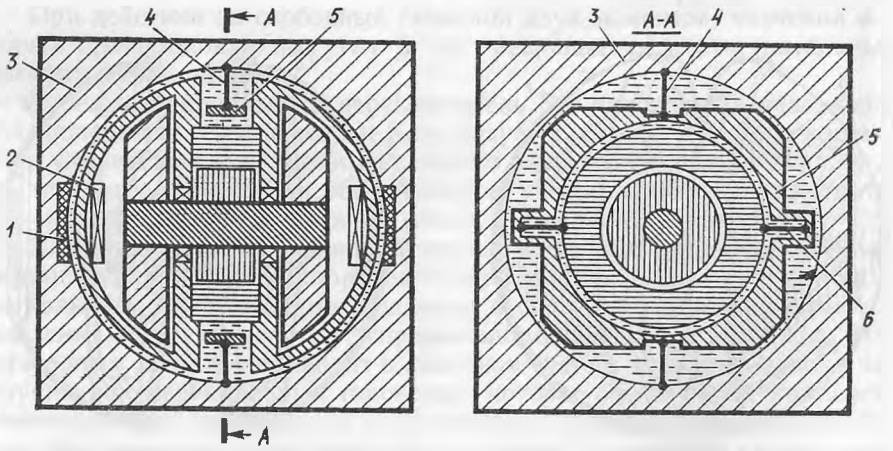


Рис. 3.7

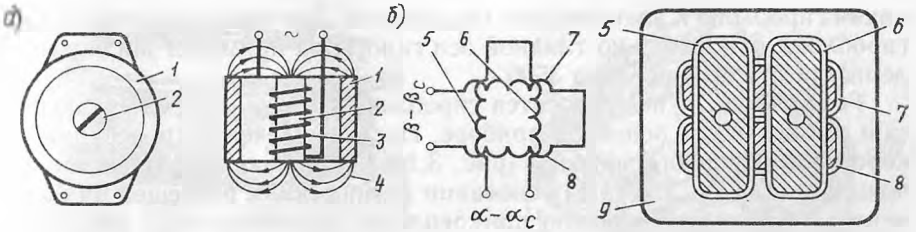


Рис. 3.8

Конструктивное оформление статора и ротора датчика угла показано на рис. 3.8. Статор датчика угла (рис. 3.8, *а*) представляет собой катушку *3*, которая намотана на стержень *2*. Снаружи на катушку надет металлический стакан *1*. Стержень *2* и стакан *1* являются магнитопроводами. На катушку *3* подается переменный ток частотой 400 Гц, и вокруг статора датчика угла возникает переменное магнитное поле, магнитные силовые линии *4* которого замыкаются так же, как в соленоиде.

На расстоянии 2 мм от торцовой поверхности статора датчика угла, укрепленного в корпусе гиросферы, находится рамка *9* (рис. 3.8, *б*) ротора датчика угла, который установлен на следящей сфере. Плоскость рамки *9* параллельна торцовой поверхности статора. На рамке уложены две пары взаимно перпендикулярных обмоток. Вертикально ориентированные обмотки *5* и *6* имеют равное число витков; соединены они последовательно, но навстречу друг другу. Так же выполнены и соединены горизонтально ориентированные обмотки *7* и *8*.

Если геометрический центр рамки *9* ротора расположен против геометрического центра статора, то сигналы на выходе обмоток равны нулю. Это объясняется тем, что э.д.с., наводимые в обмотках *5* и *6*, а также в обмотках *7* и *8*, равны и полностью компенсируют одна другую.

Если же геометрические центры ротора и статора не совпадают (при рассогласованных гиросфере и следящей сфере), то на выходе обмоток *5* и *6* появляется напряжение, пропорциональное углу $\alpha - \alpha_c$ рассогласования гиросферы и следящей сферы по азимуту, а на выходе обмоток *7* и *8* — напряжение, пропорциональное углу $\beta - \beta_c$ рассогласования сфер по высоте.

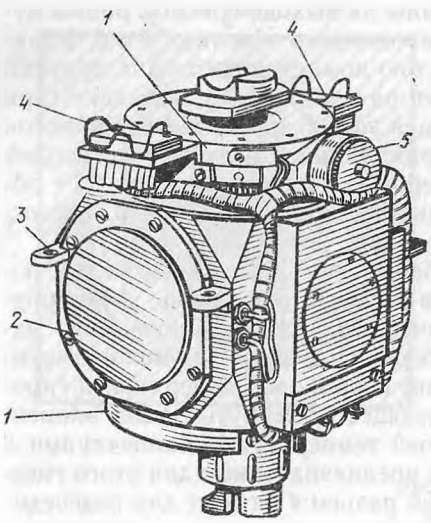
В верхней и нижней частях гироблока (рис. 3.9) на наружной поверхности имеются кольцевые пазы, в которых размещены электронагревательные элементы *1*, предназначенные для форсированного нагрева гироблока при включении прибора. Под двумя технологическими щеками *2* размещены датчики углов. На боковой поверхности гироблока находится термореле *5*, отключающее упомянутые выше элементы при достижении гироблоком рабочей температуры. Заплечиками *3* следящая сфера (гироблок) ложится в предназначенные для этого гнезда установочного кольца. Штепсельный разъем *4* служит для подсоеди-

нения гироблока к электросхеме гиросекции. Для погашения колебаний гироблока относительно главной оси гироскопа применен жидкостной демпфер. Масса гироблока 3500 г.

Гиросекция. К ней относится гироблок, а также система его подвеса и размещения в основном приборе. После извлечения гиросекции из корпуса *1* основного прибора (рис. 3.10) ее устанавливают на четыре ножки (рис. 3.11, 3.12). На основании *2* гиросекции размещен ряд элементов. Снизу к основанию прикреплены исполнительный двигатель *5* (см. рис. 3.11) азимутального канала следящей системы гироблока, два датчика курса *3* и контейнер *4* со щеткодержателями и токопроводящими щетками. Сверху на основании гиросекции на трех стойках укреплены кольцевой обогреватель *5* (см. рис. 3.10), два термореле *6* и *7*. Термореле *6* управляет кольцевым обогревателем, а термореле *7* является аварийным и замыкает цепь ревуна при перегреве гироблока.

Исполнительный двигатель *5* (см. рис. 3.11,3.12) через редуктор связан с вертикальным кардановым кольцом *6* и может поворачивать его относительно оси, перпендикулярной палубе судна. На кольце *6* укреплены шкала курса *8* (см. рис. 3.11, на рис. 3.10, позиция *3*) с ценой деления 1° и исполнительный двигатель *12* (см. рис. 3.12) горизонтного канала следящей системы.

Через зубчатый сектор *4* (см. рис. 3.10, на рис. 3.12 позиция *11*) этот двигатель связан с горизонтальным кардановым кольцом *7* (см. рис. 3.12, на рис. 3.10 позиция *2*) и может вращать его вокруг горизонтальной оси, перпендикулярной оси фигуры гироскопа. Внутри горизонтального карданова кольца *8* (см. рис. 3.4) размещено установочное кольцо *17*, предназначенное для крепления на нем гироблока. Цапфы и подшипники установочного кольца соосны оси фигуры гироскопа. На



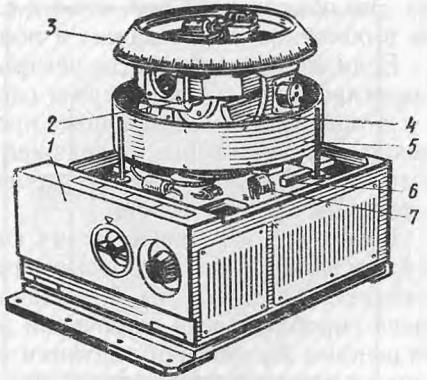


Рис. 3.10

← Рис. 3.9

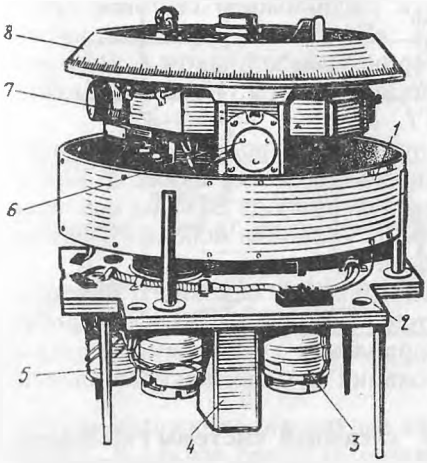


Рис. 3.11

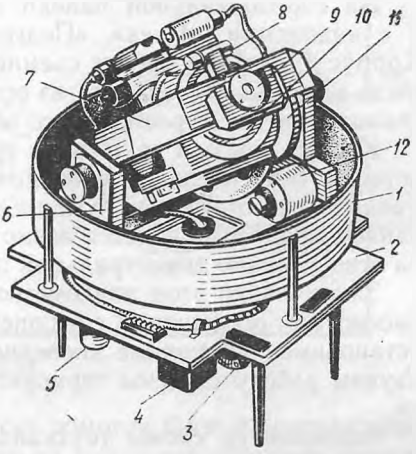


Рис. 3.12

установочном кольце *17* укреплен индикатор горизонта *18*. Ось чувствительности индикатора горизонта параллельна оси фигуры гироскопа (при согласованных гиросфере и следящей сфере). В общем случае индикатор горизонта выдает электрический сигнал U_c, пропорциональный углу подъема β_c следящей сферы над плоскостью горизонта. Крутизна характеристики индикатора горизонта $k_{иг}$ = 17,2 В/рад, а постоянная времени $\tau_{иг}$ = 60 с.

На установочном кольце также размещены статор поворотного трансформатора *9* (см. рис. 3.12), жидкостный демпфер *10* и уровень *8*.

Корпус основного прибора. К внешним частям гироазимуткомпаса относятся корпус *6* основного прибора, съемный сферический колпак *8* и основание *3* (рис. 3.13).

На передней стенке корпуса размещена панель управления, на которой установлены переключатель *5* и резистор *2*. Переключатель *5* имеет два положения («Подготовка» и «Работа») и предназначен для пуска гироазимуткомпаса. Резистор *2* имеет шильдик «Скорость приведения» и служит для ускоренного приведения чувствительного элемента в меридиан.

Правая боковая стенка корпуса имеет две ниши, закрытые съемными крышками. Под первой крышкой меньшего размера размещены регулировочные резисторы. Резистором «Поправка» осуществляется настройка прибора в режиме гирокомпаса, а резистором «Дрейф» — в режиме гироазимута. Под второй крышкой установлен усилитель *У1* горизонтального канала следящей системы. В нишах левой боковой стенки находятся усилитель *У2* азимутального канала следящей системы и нерегулируемые элементы схемы.

На горизонтальной панели корпуса расположено световое табло *7* с надписями: «Пуск», «Подготовка», «Гирокомпас», «Гироазимут». Корпус *6* прибора закрыт съемным сферическим колпаком *8*. Верхняя часть колпака изготовлена из органического стекла. Через нее можно снимать отсчет курса судна со шкалы *1*.

Корпус прибора крепится к основанию *3*. Контроль за положением корпуса относительно основания осуществляется по шкале *4*. Конструкцией механического соединения корпуса прибора ВГ-1А с его основанием предусматривается возможность регулировки основного прибора относительно диаметральной плоскости (ДП) судна до 5°.

Закончив на этом знакомство с конструкцией основного прибора, рассмотрим особенности следящей системы гироблока. Более подробно остановимся на системе косвенного управления гироазимуткомпаса и изучим работу системы терморегулирования чувствительного элемента.

Особенности схемы двухканальной следящей системы гироблока. Эта система осуществляет слежение за положением чувствительного элемента по азимуту и высоте, обеспечивая сохранение им свойств свободного гироскопа. Следящая система является основой для реализации трехстепенного жидкостно-торсионного подвеса гиросферы, обеспечивает подачу электрического тока напряжением 40 В, частотой 500 Гц к чувствительному элементу, измеряет курс судна и передает показания основного прибора в штурманский пульт.

Схема двухканальной следящей системы дана на рис. 3.14, где показаны: угол α между плоскостью истинного меридиана и осью фигуры гироскопа, измеряемый в плоскости истинного горизонта; угол β между плоскостью истинного горизонта и осью фигуры гироскопа; угол $\alpha - \alpha_c$ рассогласования между гиросферой и следящей сферой, измеряемый в плоскости горизонта; угол $\beta - \beta_c$ рассогласования между гиросферой и следящей сферой, измеряемый в вертикальной плоскости; двухкомпонентные датчики угла *B1*, *B2*; угол γ между гироблоком и горизонтальным кардановым кольцом; синусно-косинусный вращающийся трансформатор *B3*; усилители *A1*, *A2* соответственно азимутального и горизонтного каналов следящей системы; исполнительные двигатели *M1*, *M2* соответственно азимутального и горизонтного каналов следящей системы.

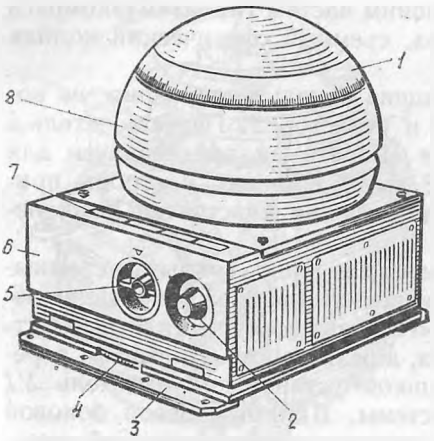


Рис. 3.13

Когда следящая сфера занимает симметричное относительно гиро-

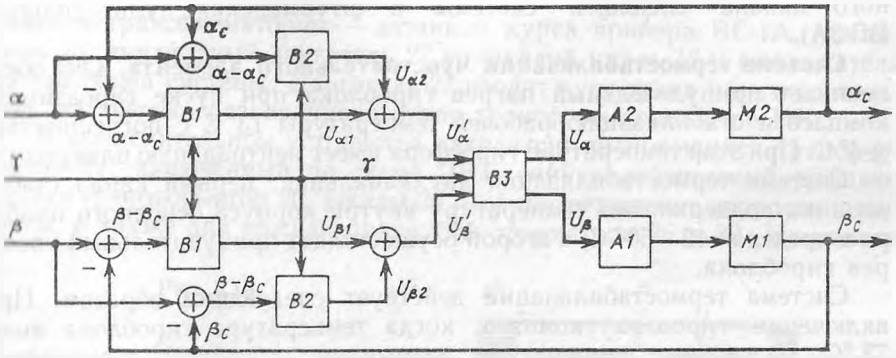


Рис. 3.14

сферы положение, на выходе вторичных обмоток *B1* и *B2* сигнал равен нулю. В случае рассогласования сфер на выходных обмотках появляются сигналы, значения которых (при $\gamma = 0$) пропорциональны углам $\alpha - \alpha_c$ и $\beta - \beta_c$.

Первая особенность следящей системы гироблока состоит в том, что в схеме применены два датчика *B1* и *B2*, причем они включены по дифференциальной схеме. Благодаря этому исключаются погрешности ΔU_α и ΔU_β в измерении углов рассогласования $\alpha - \alpha_c$ и $\beta - \beta_c$, вызываемые линейными перемещениями гиросферы относительно следящей сферы в направлении оси фигуры гироскопа.

Вторая особенность двухканальной следящей системы состоит в том, что при наклоне гироблока и установочного кольца на угол γ по отношению к горизонтальному кольцу карданова подвеса наблюдается взаимное влияние обоих каналов следящей системы. Наличие таких перекрестных связей приводит к неустойчивости следящей системы.

Для устранения этого недостатка в схему следящей системы помещен преобразователь координат — синусно-косинусный вращающийся трансформатор. Его статор укреплен на горизонтальном кардановом кольце, а ротор — на цапфе установочного кольца. Поэтому ротор *B3* развернут по отношению к статору на угол γ. В этом случае напряжения U_α и U_β не зависят от углов γ поворота гироблока, углы отработки соответствующих двигателей также не зависят от этих углов и, следовательно, азимутальный и горизонтный каналы следящей системы полностью развязаны и не влияют один на другой. Исполнительные двигатели *M1* и *M2* отрабатывают углы рассогласования $\alpha - \alpha_c$ и $\beta - \beta_c$ и согласуют следящую сферу с гиросферой. При этом на гиросферу не действуют никакие внешние моменты, и она благодаря высокому быстродействию следящей системы сохраняет свойства свободного гироскопа.

С исполнительным двигателем *M2* механически связаны два датчика курса, которые передают информацию об отработке азимутль-

ного канала следящей системы в штурманский пульт (прибор ВГ-3А).

Система термостабилизации чувствительного элемента. Она обеспечивает принудительный нагрев гироблока при пуске гироазимуткомпаса и стабилизацию рабочей температуры 73° С с погрешностью ±4° С. При этой температуре гиросфера имеет нейтральную плавучесть.

Система термостабилизации двухканальная: первый канал стабилизации поддерживает температуру внутри корпуса основного прибора в пределах 42—50° С, а второй осуществляет принудительный разогрев гироблока.

Система термостабилизации действует следующим образом. При включении гироазимуткомпаса, когда температура гироблока ниже 73 °С, т. е. ниже температуры размыкания контактов термореле *5* гироблока (см. рис. 3.9), электрический ток напряжением 110 В,частотой 500 Гц подается на электронагревательные элементы *1*. Когда температура гироблока достигнет 73 ± 4° С, контакты термореле *5* размыкаются, прекращая форсированный обогрев гироблока.

Одновременно при включении гироазимуткомпаса электрический ток напряжением 25 В, частотой 50 Гц подается через замкнутые контакты термореле *6* (см. рис. 3.10) гиросекции на кольцевой обогреватель *5* корпуса основного прибора. Когда температура под колпаком достигает 50 °С, контакты термореле *2* размыкаются, отключая питание от обогревателя *5*. При понижении температуры внутри основного прибора до 42±4 °С контакты термореле *2* вновь замыкаются, питание подается на обогреватель *5* и цикл повторяется.

Если температура под колпаком при работе гироазимуткомпаса достигла 87±3°С, срабатывают контакты термореле *7*, подавая питание на ревун и табло «Перегрев» прибора ВГ-3А.

3.5. Штурманский пульт, курсограф и прибор питания

Штурманский пульт (прибор ВГ-3А). Снаружи на корпусе *9* (рис. 3.15, *а*) штурманского пульта установлены: переключатель *10* режимов работы прибора на два положения («Гирокомпас» и «Гироазимут»); рукоятки *8* и *7* для установки широты места и скорости судна, а также резистор (на рисунке не показан) для регулировки яркости подсветки ламп. На крышке *2* прибора закреплено табло *3* с надписями «Гироазимут», «Гирокомпас», «Подготовка», «Перегрев» и видны шкалы *4*, *5* и *6* соответственно курса судна, широты места и скорости.

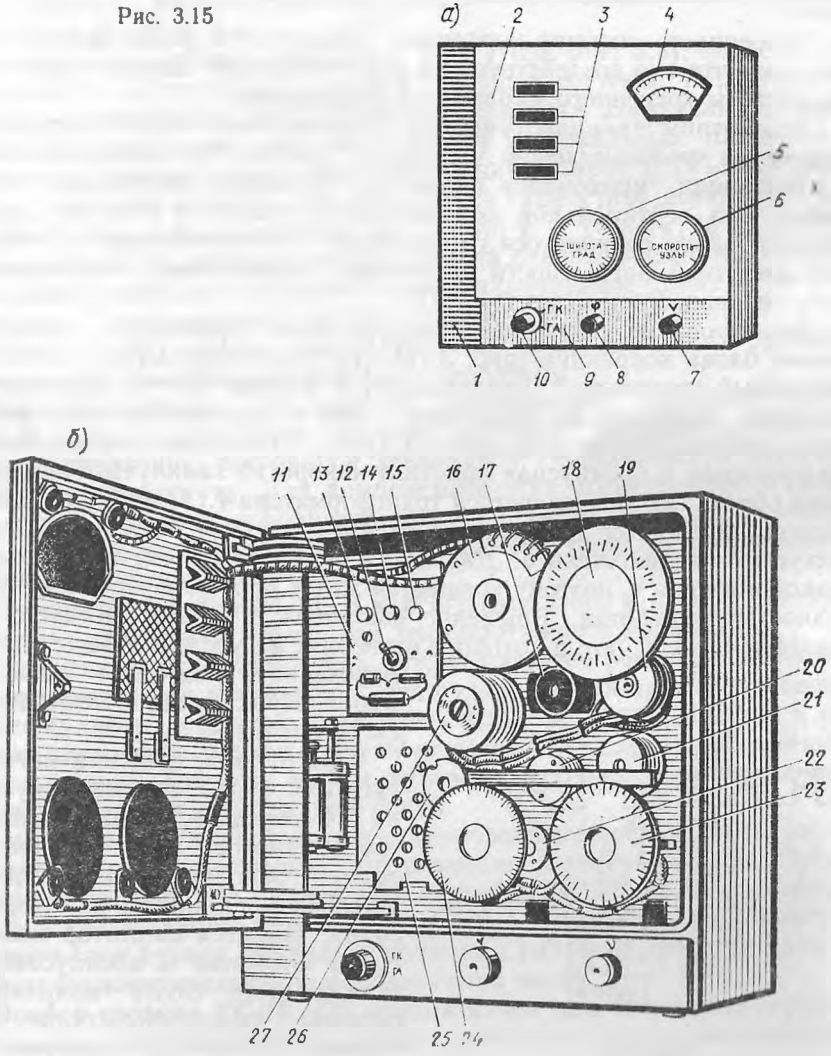
На крышке *1*, прикрепленной к левой стенке корпуса, установлен ревун, предназначенный для подачи звукового сигнала в случае перегрева гироблока или отключения питания. Внутри корпуса прибора размещены: следящая система трансляции курса, вычислительное устройство системы коррекции, элементы системы курсоуказания.

К следящей системе трансляции курса (см. рис. 3.15, *б*) относятся: вращающийся трансформатор *19*, электрически соединенный с враща-

ющимся трансформатором — датчиком курса прибора ВГ-1А, усилитель *25*, двухфазный двигатель *27* со шкалой курса *18* и выключатель *12* следящей системы. Двигатель *27* вводит курс судна в вычислительное устройство, разворачивая ротор трансформатора *20* по ИК.

В вычислительном устройстве находятся: вращающийся трансформатор *21*, включенный по схеме ЛВТ, синусно-косинусный вращающийся трансформатор *20*, шкалы *23* и *24* соответственно скорости и широты, а также два вращающихся трансформатора *26* и *22*. На панели

Рис. 3.15



11 размещены сумматор (на резисторах) и подстроечные резисторы *13* (V_N); *14* (sin φ) и *15* (tg φ).

Элементами системы курсоуказания в приборе ВГ-3А являются сельсины-датчики курса *16* и *17*, которые при изменении курса судна приводятся во вращение двигателем *27*.

Система коррекции в зависимости от режима работы прибора предназначена для компенсации либо широтной и скоростной девиаций в показаниях гирокомпаса (такой гирокомпас принято называть корректируемым), либо видимого азимутального увода в показаниях гироазимута.

Особенность системы коррекции гироазимуткомпаса «Вега» состоит в том, что она воздействует на чувствительный элемент через каналы системы косвенного управления гироскопом.

Рассмотрим *принцип действия двухканальной системы коррекции положения чувствительного элемента*. Известно, что для компенсации в показаниях гирокомпаса скоростной девиации достаточно относительно его вертикальной оси наложить момент $H\,(V_N\,/R_\delta)$, а для нивелирования главной оси гирокомпаса и исключения из его показаний широтной погрешности достаточно воздействовать относительно горизонтальной оси моментом $HU_з$.

Формирование указанных моментов можно проследить, пользуясь схемой блока коррекции (рис. 3.16). При изменении курса судна азимутальный двигатель *1*, находящийся в приборе ВГ-1А, приводит во вращение механически связанный с ним вращающийся трансформатор *2*, который играет роль датчика курса. Вторичные цепи этой машины (синусная и косинусная обмотки) накоротко замкнуты с аналогичными обмотками вращающегося трансформатора *4*. Поэтому на выходе машины появляется напряжение сигнала, которое через усилитель *5* поступает на двигатель *6*. Двигатель механически связан с ротором трансформатора *4*, поэтому вращается до тех пор, пока сигнал не будет полностью отработан. Вращение двигателя *6* также передается на трансформатор *7*, ротор которого развернут на угол, соответствующий мгновенному значению истинного курса. Курс судна контролируется по шкале *3*.

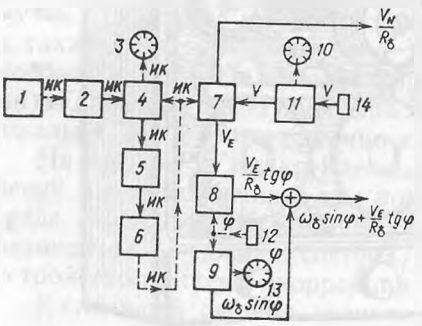


Рис. 3.16

При ручном введении значения скорости судна вращение рукоятки *14* передается вращающемуся трансформатору *11*. С выхода этого трансформатора напряжение, пропорциональное скорости судна, подается на статор машины *7*. На синусной и косинусной обмотках этого СКВТ появляются сигналы, пропорциональные значениям V_N и V_E. Контроль за

введенным в вычислитель значением скорости судна осуществляется по шкале *10*.

С рукояткой *12* ввода широты места механически связаны два вращающихся трансформатора *9* и *8* и шкала *13* широты. С синусной обмотки первого из них снимается сигнал, пропорциональный sin φ. На первичные цепи трансформатора *8* подается ток напряжением, пропорциональным значению V_E. Ротор этой машины устанавливается в зависимости от широты φ. Благодаря особому соединению обмоток этой машины с выхода снимается напряжение, определяемое выражением $U = (V_E/R_\delta)\,\mathrm{tg}\,\varphi$.

Сигнал $U_{к2}$, пропорциональный V_N/R_δ (см. рис. 3.4), подается на сумматор *11* азимутального канала следящей системы. В результате этого осуществляется дополнительная отработка азимутального двигателя *12*, дополнительное закручивание вертикальных торсионов *6* и появится вертикальный компенсирующий момент $H\,(V_N/R_\delta)$, благодаря действию которого компенсируется скоростная девиация.

Сигнал $U_{к1}$, пропорциональный $[\omega_\delta \sin\varphi + (V_N/R_\delta)\,\mathrm{tg}\,\varphi]$, поступает на сумматор горизонтального канала следящей системы. Благодаря этому возникает дополнительное закручивание горизонтальных торсионов *7*, формируется второй компенсирующий момент $H\,[\omega_\delta \times \sin\varphi + (V_E/R_\delta)\,\mathrm{tg}\,\varphi]$ и подавляется широтная девиация с одновременным нивелированием главной оси гиросферы.

Инструментальные погрешности изготовления гироблока (остаточный дебаланс гиросферы, неточная выставка торсионов и т.д.) приводят к появлению постоянной девиации у гирокомпаса и наличию дрейфа у гироазимута. Для компенсации этих погрешностей в схему коррекции подаются дополнительные сигналы $U_{\Delta к}$ и $U_{др}$. Значения этих сигналов подбирают в процессе настройки прибора регулировкой резисторов «Поправка» и «Дрейф».

Курсограф (прибор 23-Т). В курсографах этого типа модернизированы узел записи курса и привод лентопротяжного механизма.

Перемещение курсового пера обусловливается работой кулачкового механизма. При изменении курса судна сельсин-приемник поворачивает кулачок, образующая которого имеет форму кардиоиды, и вызывает отклонение прижатого к нему рычага. Последний перемещает курсовое перо. Точность записи курса кулачковым механизмом одинакова в пределах всей ширины ленты.

Запись курса осуществляется термоэлектрическими перьями на теплочувствительной бумаге. Это повышает четкость записи. Предусмотрены регулировка силы токов, обтекающих перья, а следовательно, и ширины линии курса. Температура плавления теплочувствительного слоя бумаги составляет примерно 100 °С. В качестве привода лентопротяжного механизма используются часы.

Прибор питания ВГ-2А. Он предназначен для включения гироазимуткомпаса, защиты основных цепей и контроля исправности электросхемы (рис. 3.17, *а*).

В нижней части крышки прибора установлены кнопки *5* «Пуск» и *6* «Стоп» для пуска и остановки гироазимуткомпаса, а также переключатель *4* «Контроль» на три положения, с помощью которого подключается вольтметр *3* к различным фазам гироблока. На крышке также смонтированы световое табло *1* и окно *2* для наблюдения за счетчиком времени наработки гироазимуткомпаса.

Внутри прибора размещены пусковой трансформатор *8* (рис. 3.17,*б*), трансформаторы питания *9*, трансформатор *7* освещения, реле времени *16*, счетчик *10* времени наработки системы, два пусковых реле *12* и

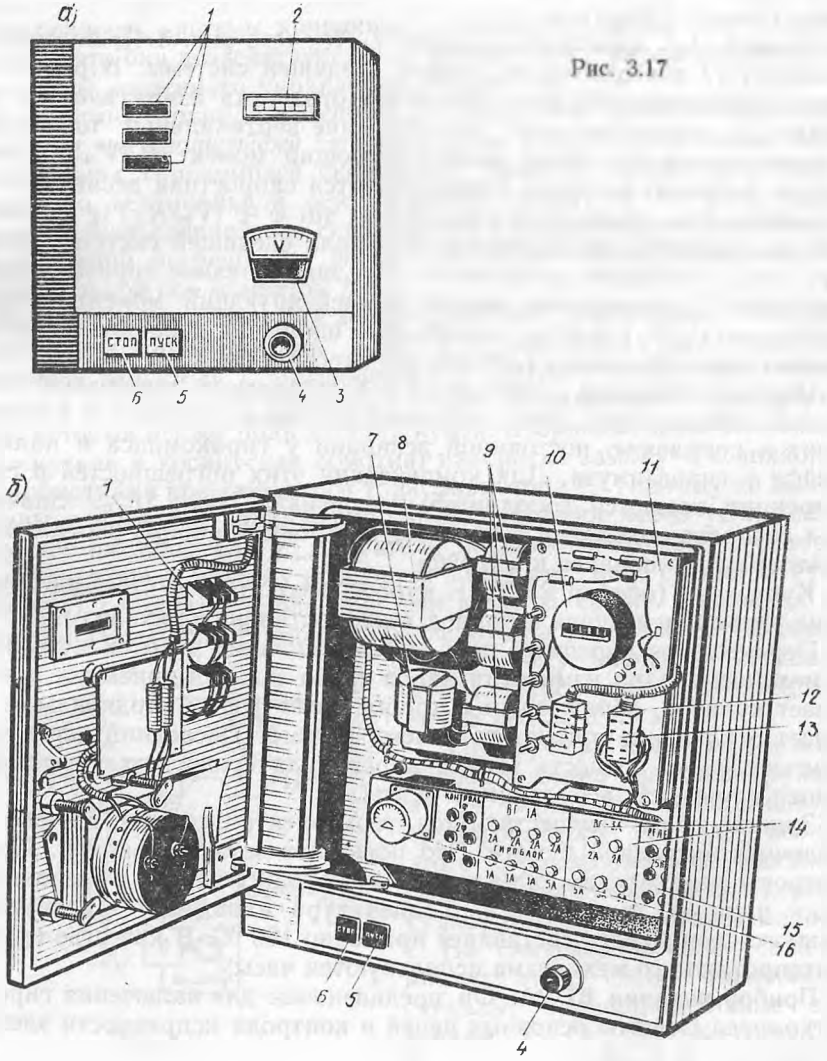


Рис. 3.17

13, контрольные гнезда *15* и предохранители *14*. Элементы *10*, *12*, *13* установлены на съемной панели *11*.

На первичную обмотку пускового трансформатора подается напряжение 110 В, 50 Гц судовой сети. При нажатии кнопки «Пуск» со вторичной обмотки этого трансформатора напряжение 127 В, 50 Гц подается на магнитный пускатель, который запускает агрегат АМГ-202, подавая на него через замкнутые контакты реле магнитного пускателя напряжение 220/380 В, 50 Гц судовой сети.

Трансформаторы питания предназначены для обеспечения питанием гироблока, следящих систем, системы косвенного управления и системы коррекции.

3.6. Принципиальная электрическая схема

Принципиальная электрическая схема представлена на рис. 3.18. Переменное напряжение 110 В, 50 Гц подведено от судовой сети к распределительному щиту на пакетный переключатель «Гироазимуткомпас 50 Гц 110 В».

От судовой сети трехфазное напряжение 380/220 В, 50 Гц подведено к пакетному переключателю «Гироазимуткомпас 3~50 Гц 380/220 В» на том же щите (на рис. 3.18 пакетные переключатели не показаны).

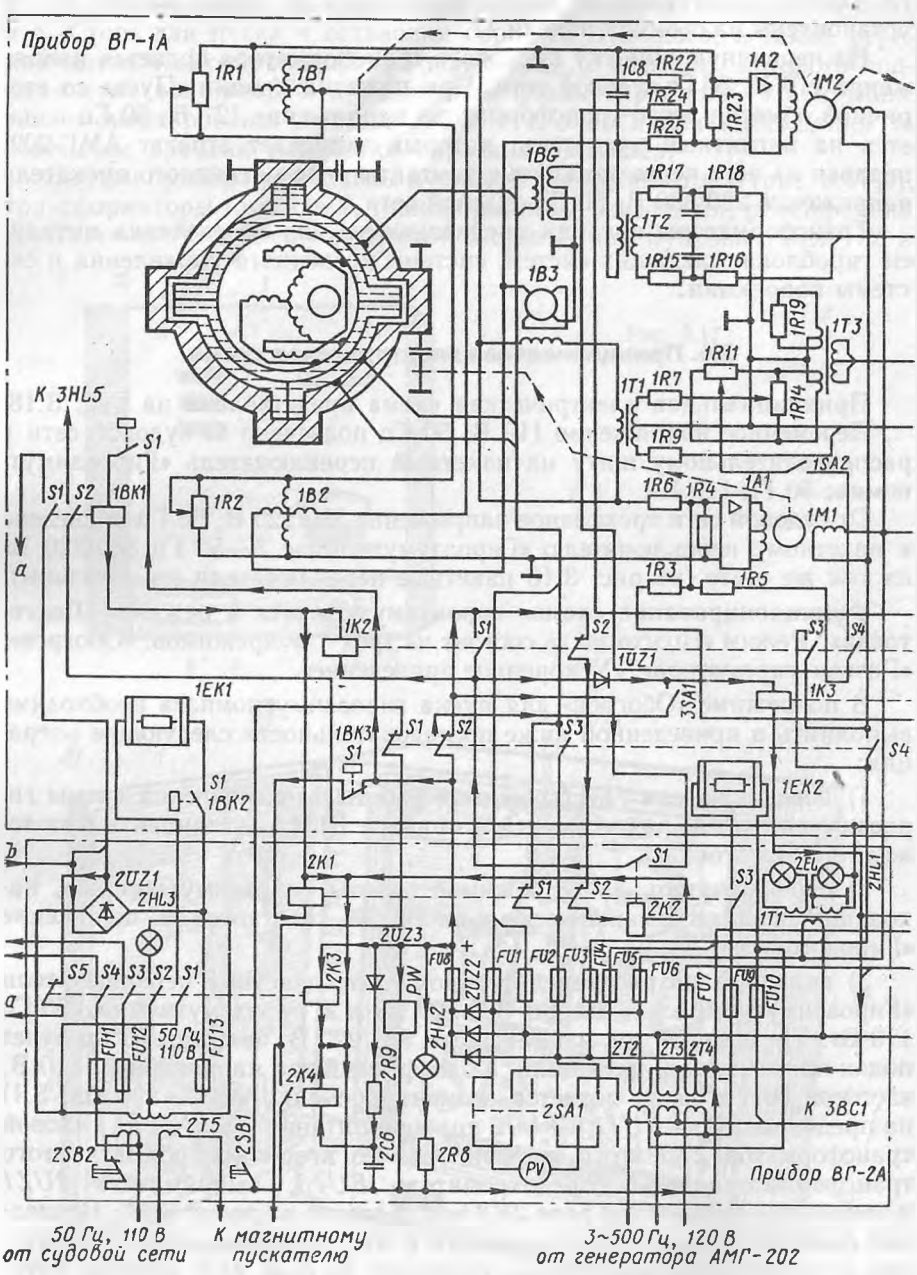
Функционирование схемы гироазимуткомпаса в режиме «Подготовка». Режим «Подготовка» состоит из трех подрежимов: «Обогрев», «Разгон гиромотора», «Ускоренное приведение».

В подрежиме «Обогрев» для пуска гироазимуткомпаса необходимо выполнить в приведенной ниже последовательности следующие операции:

1) переключатель *1SA1* режимов работы электрической схемы гироазимуткомпаса, размещенный в приборе ВГ-1А, установить в положение «Подготовка»;

2) переключатель *3SA1* режимов работы гироазимуткомпаса, находящийся в штурманском пульте ВГ-3А, поставить в положение «Гирокомпас» (ГК);

3) включить на распределительном щите пакетные переключатели «Гироазимуткомпас 3~50 Гц 380/220 В» и «Гироазимуткомпас 50 Гц 110 В». Трехфазный ток напряжением 380/220 В, частотой 50 Гц будет подан на магнитный пускатель, а однофазный ток напряжением 110 В, частотой 50 Гц сразу подается (момент времени t_0 см. в табл. 3.1) на предохранители *FU11* и *FU12* прибора питания ВГ-2А и на силовой трансформатор *2T5* этого же прибора. Со вторичной обмотки этого трансформатора через предохранитель *FU13*, выпрямитель *2UZ1* и замкнутый контакт *S5* реле *2K3* ток подается на ревун *3BA*. Последний начинает работать, сигнализируя о том, что однофазный ток питания к схеме гироазимуткомпаса подведен, но реле *2K3*, которое питается от генератора АМГ-202, обесточено;


Прибор ВГ-1А
1R1
1B1
1C8
1R22
1R24
1R25
1R23
1A2
1M2
1BG
1B3
1R17
1R18
1T2
1R15
1R16
1R19
1T3
1R11
1T1
1R7
1R14
1R9
1SA2
1R6
1R4
1A1
1M1
1R3
1R5
К 3HL5
S1
1BK1
1R2
1B2
a
1K2
1UZ1
3SA1
1K3
1EK1
1BK3
1EK2
1BK2
b
2UZ1
2HL3
2K1
2K2
2EL
2HL1
1T1
2UZ3
2K3
PW
2HL2
2UZ2
FU1
FU2
FU3
FU4
FU5
FU6
FU7
FU8
FU9
FU10
S5
S4
S3
S2
S1
FU11
FU12
50 Гц
110 В
FU13
2T2
2T3
2T4
2K4
2R9
2T5
2SB1
2SB2
2C6
2R8
2SA1
PV
К 3BC1
Прибор ВГ-2А
50 Гц, 110 В
от судовой сети
К магнитному
пускателю
3~500 Гц, 120 В
от генератора АМГ-202

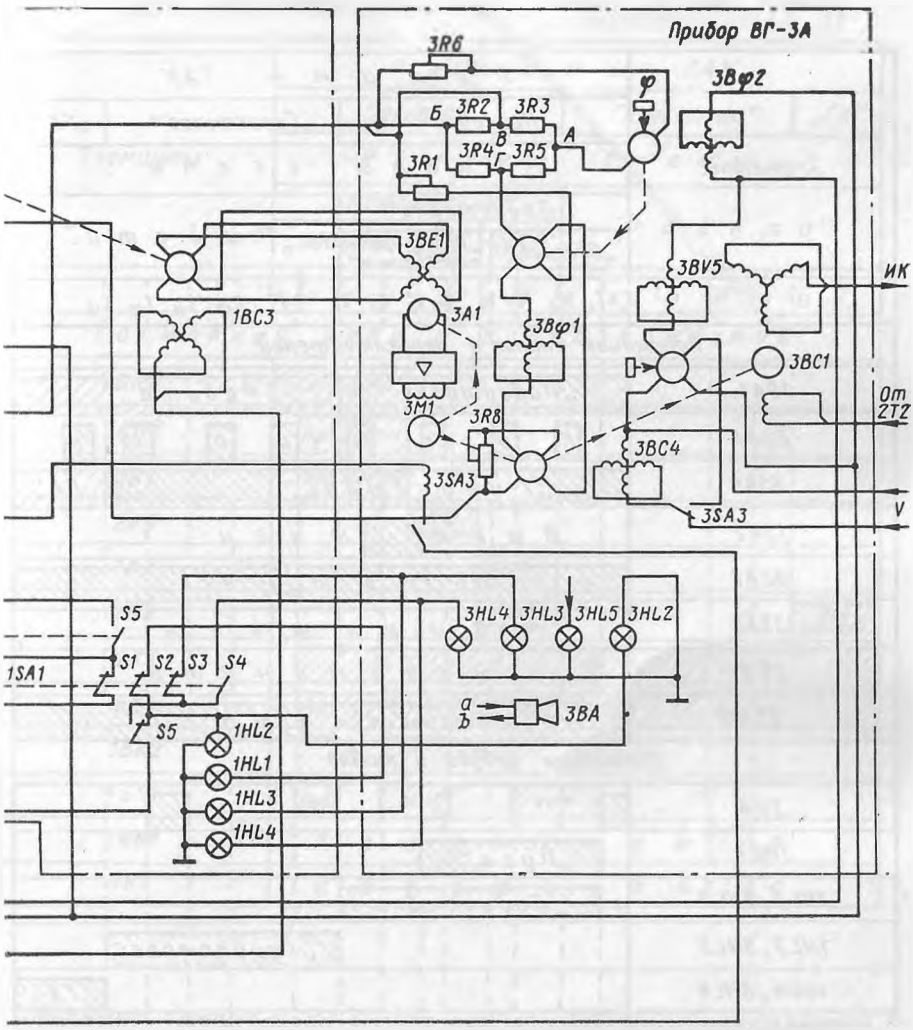
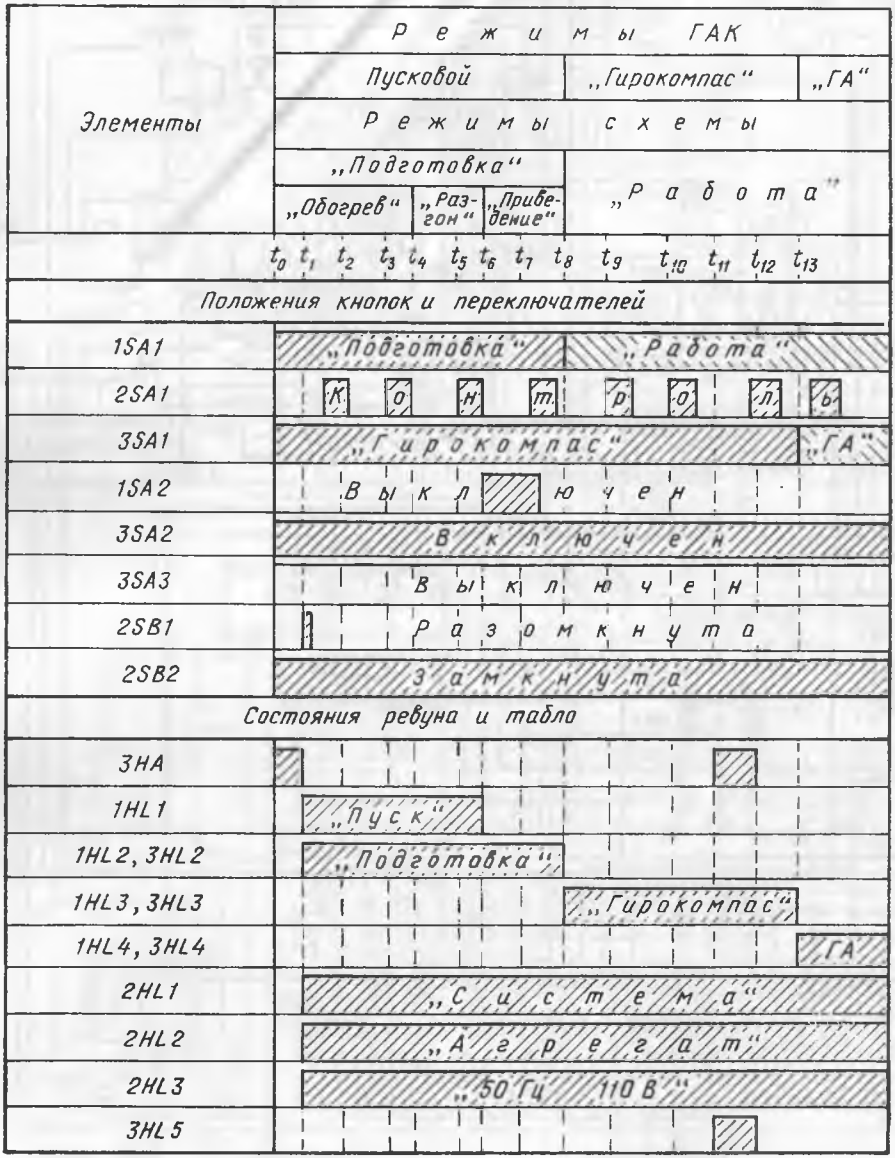
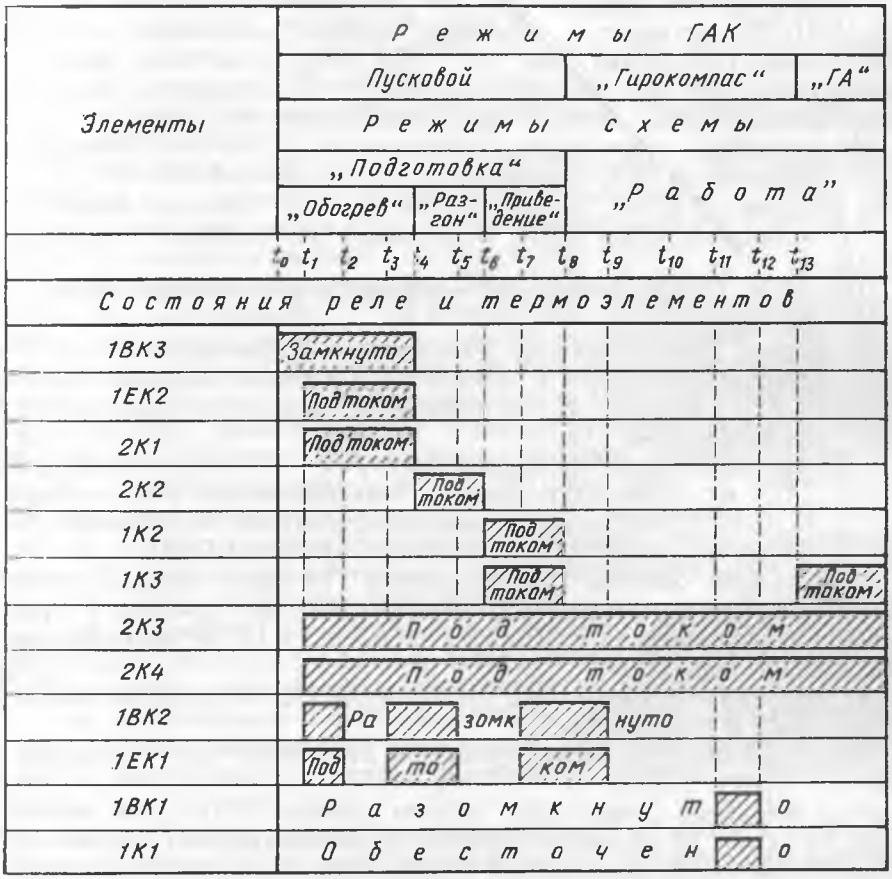

Прибор ВГ-3А
3R6
3R2
3R3
3R1
3R4
3R5
Б
В
Г
А
φ
3Вφ2
3BE1
3A1
3Вφ1
3M1
3R8
3SA3
3BV5
ИК
3BC1
От ZTZ
3BC4
3SA3
V
1BC3
1SA1
S5
S1
S2
S3
S4
S5
1HL2
1HL1
1HL3
1HL4
3HL4
3HL3
3HL5
3HL2
a
b
3BA

Рис. 3.18

Таблица 3.1. Временная диаграмма работы реле, термоэлементов, световых табло и ревуна гироазимуткомпаса „Вега"



Окончание табл. 3.1



4) нажать кнопку *2SB1* «Пуск» прибора ВГ-2А (момент времени t_1 см. в табл. 3.1).

Рассмотрим последовательность функционирования различных цепей тока частотой 50 Гц от *судовой сети* после нажатия кнопки *2SB1* «Пуск».

Ток напряжением 127 В, частотой 50 Гц с трансформатора *2T5* через размыкающую кнопку *2SB2* «Стоп», принудительно замкнутую кнопку *2SB1* «Пуск» и замкнутый в положение «Подготовка» нож *S1* переключателя *1SA1* подается на магнитный пускатель *КМ*. Включается реле магнитного пускателя (на схеме не показано), через контакты которого на агрегат АМГ-202 подается трехфазный ток напряжением

380/220 В, частотой 50 Гц. Агрегат начинает работать, генерируя трехфазный ток напряжением 120 В, частотой 500 Гц.

Трехфазный ток напряжением 120 В, частотой 500 Гц с генератора АМГ-202 поступает на первичные обмотки соединенных по схеме треугольника трансформаторов *2Т2*, *2Т3*, *2Т4*, кроме того, две фазы упомянутого тока через предохранитель *FU10* подаются на обмотку возбуждения сельсина-датчика курса *3ВС1* в прибор ВГ-3А.

На вторичных обмотках *трансформаторов 2Т2*, *2Т3*, *2Т4* формируется *трехфазный ток напряжением 40 В, частотой 500 Гц*. Контроль напряжений между фазами осуществляется с помощью вольтметра *PV* и переключателя *2SA1* «Контроль», размещенных в приборе ВГ-3А.

При пуске гироазимуткомпаса переменный ток частотой 500 Гц сразу же подается:

со средних точек вторичных обмоток трансформаторов *2Т2* и *2Т3* через предохранитель *FU6* к обмотке возбуждения исполнительного двигателя *3М1* следящей системы трансляции курса и на первичную обмотку трансформатора *2Т1*;

с наружных отводов трансформаторов *2Т2* и *2Т4* через предохранитель *FU5* на первичную обмотку трансформатора *1Т3* прибора ВГ-1А, на обмотку возбуждения трансформатора *3Вф2* и на первичную цепь трансформатора *3BV5*, размещенных в приборе ВГ-3А;

со вторичной обмотки трансформатора *2Т4* через предохранитель *FU7* на обмотку возбуждения трансформатора *1ВС3* прибора ВГ-1А;

через предохранители *FU1* и *FU2* на две (*L1* и *L2*) из трех обмоток возбуждения гиромотора;

все три фазы напряжения 40В, частотой 500 Гц поступают на выпрямители *2UZ2* в приборе ВГ-2А.

Вторичные обмотки *трансформатора 2Т1* служат источником питания:

для сигнальной лампы *1HL1* «Пуск» прибора ВГ-1А (ток на эту лампу поступает от вторичной обмотки трансформатора *2Т1* через нож *S5* пакетника *1SA1*, находящийся в положении «Подготовка», и размыкающие контакты *S2* реле *1K3*; с этого момента лампочка *1HL1* «Пуск» горит, указывая, что гироазимуткомпас работает в пусковом режиме);

для лампы *2HL1* «Система» прибора ВГ-2А, которая сигнализирует о наличии в схеме напряжения частотой 500 Гц;

для сигнальных ламп *1HL2*, *3HL2* «Подготовка» соответственно приборов ВГ-1А и ВГ-3А (ток на эти лампы поступает через нож *S5* пакетника *1SA1*, находящийся в положении «Подготовка»);

для ламп *2EL* освещения.

Нагрузкой вторичных обмоток *трансформатора 1Т3* прибора ВГ-1А являются резисторы *1R19* «Поправка», *1R14* «Дрейф» и *1R11* «Скорость приведения».

Выпрямленный ток напряжением 24 В с диодов *2UZ2*, пройдя предохранитель *FU8*, следует:

через резистор *2R8* на сигнальную лампу *2HL2* «Агрегат» прибора ВГ-2А, которая сигнализирует о нормальной работе агрегата;

на счетчик *PW* «Время работы», который регистрирует общее число часов наработки гироазимуткомпаса;

через выпрямитель *2UZ3* на обмотку реле *2K4*, реле срабатывает;

на обмотку реле *2K3*, которое при этом срабатывает;

через замкнутые контакты *S1* термореле *1BK3* на обмотку реле *2K1*, которое срабатывает.

В результате срабатывания *реле автоблокировки 2K4* замыкающие контакты *S1* замыкаются и блокируют кнопку «Пуск». Теперь даже после отпускания кнопки «Пуск» цепь питания агрегата остается замкнутой, и ее можно отключить, только нажав кнопку «Стоп».

После срабатывания *пускового реле 2K3 однофазного тока* четыре пары его контактов *S1* — *S4* замыкаются, а пятая пара контактов *S5* размыкается, причем в цепи происходят следующие изменения:

ток напряжением 25 В, частотой 50 Гц через предохранитель *FU13*, контакты *S1* и контакты *S1* теплового реле *1BK2* поступает на термоэлемент *1EK1*, вследствие этого начинается обогрев корпуса прибора ВГ-1А; по достижении под колпаком прибора рабочей температуры + 50 °С (момент времени t_2 в табл. 3.1) контакты *S1* размыкаются, обесточивая нагреватель корпуса; когда в дальнейшем температура внутри корпуса прибора становится ниже температуры срабатывания реле *1BK2* (+ 42 °С), контакты *S1* вновь замыкаются (момент времени t_3 в табл. 3.1) и включают обогреватель;

ток частотой 50 Гц подается через контакты *S2* реле *2K3* на сигнальную лампу *2HL3* «50 Гц 110 В», которая загорается и продолжает гореть в течение всего времени работы гироазимуткомпаса;

ток напряжением 110 В, частотой 50 Гц после предохранителей *FU11* и *FU12* через замкнутые контакты *S3* и *S4* поступает в цепь обмоток возбуждения сельсинов репитерной системы гироазимуткомпаса;

разомкнувшаяся пятая пара контактов *S5* отключает ревун *ЗВА* от выпрямителя *2UZ1*; если обмотка реле *2K3* по каким-либо причинам обесточится, контакты *S5* замкнутся и ревун сработает.

В результате срабатывания *реле пуска 2K1* две пары размыкающих контактов *S1* и *S2* этого реле размыкаются. При этом контакты *S1* не допускают пуска гиромотора (размыкается цепь третьей фазы), а контакты *S2* обесточивают обмотку реле времени *2K2*. Третья пара замыкающих контактов *S3* замыкается, и переменный ток от агрегата АМГ-202 через предохранитель *FU9* поступает на термоэлементы *1EK2*. С этого момента времени начинается обогрев гироблока.

В подрежиме «Разгон гиромотора», после того как с помощью термоэлементов *1EK2* гироблок прогреется до рабочей температуры 73± ±4 °С, при которой гиросфера обладает плавучестью, близкой к нейтральной (момент времени t_4 в табл. 3.1), контакты *S1* термореле *1BK3* размыкаются, обесточивая обмотку пускового реле *2K1*. Две пары

контактов этого реле возвращаются в замкнутое, а одна пара — в разомкнутое состояние.

Разомкнувшаяся пара контактов *S3 пускового реле 2K1* обесточивает термоэлементы *1EK* и прекращает обогрев гироблока. Подрежим «Обогрев» завершен. Вторая пара замкнувшихся контактов *S1* включает цепь третьей фазы трехфазного тока напряжением 40 В, частотой 500 Гц. Ток этой фазы через предохранитель *FU3* поступает на гироблок. С этого момента начинается разгон гиромотора и обеспечиваются питанием первичные цепи обоих датчиков угла гиросферы и индикатора горизонта.

Третья пара контактов *S2* этого реле, замыкая цепь постоянного тока напряжением 24 В, через нож *S2* пакетника *1SA1*, находящийся в положении «Подготовка», и размыкающие контакты *S2* реле *1K2* и *2K1* подает питание на реле времени *2K2*.

Реле времени 2K2 настраивается на определенное время (3—5 мин), необходимое для разгона гиромотора. По истечении этого времени (момент времени t_6 в табл. 3.1) реле *2K2* срабатывает. Его контакты *S1* замыкаются, и подается постоянный ток на обмотку реле *1K2*, а через выпрямитель *1UZ1* — и на обмотку реле *1K3*, находящегося в приборе ВГ-1А.

При срабатывании *реле ускоренного нивелирования 1K2* одна пара его контактов *S2* размыкается и обесточивает обмотку реле времени. Реле времени отключается, его контакты *S1* размыкаются. Но питание обмоток реле *1K2* и *1K3* не прекращается вследствие замыкания контактной группы *S1* реле *1K2*, помещенной параллельно контактам *S1* реле *2K2*.

Третья контактная группа *S3* реле *1K2* замыкается, и через предохранитель *FU4* подается напряжение частотой 500 Гц на обмотки возбуждения стабилизирующих двигателей *1M1* и *1M2*.

Четвертая контактная группа *S4* также замыкается и соединяет резистор *1R11* «Скорость приведения» со входом усилителя *1A1* канала горизонтной стабилизации (если замкнут переключатель *1SA2*).

Пятая контактная группа *S5* реле *1K2* при замыкании подключает резистор *1R22* параллельно резистору *1R24*. В результате общее сопротивление в цепи сигнала, снимаемого с индикатора горизонта *1BG*, становится меньше. С этого момента начинается процесс ускоренного нивелирования (горизонтирования) чувствительного элемента.

При срабатывании *переключающего реле 1K3* его размыкающиеся контакты *S1* размыкаются и разрывают цепь между индикатором горизонта и усилителем *1A1*. Благодаря этому схема подготовлена для выполнения операции по принудительному ускоренному приведению чувствительного элемента гироазимуткомпаса в меридиан.

Другая пара контактов *S2* этого реле размыкается и гасит лампочку *1HL1* «Пуск» в приборе ВГ-1А. Это означает, что пусковой период в схеме гироазимуткомпаса закончился и прибор подготовлен к ускоренному приведению в меридиан.

Контактная группа *S3* размыкается, а группа *S4* замыкается, но, поскольку нож *S5* переключателя *1SA1* находится в положении «Подготовка», эти группы обесточены.

В подрежиме «Ускоренное приведение» с момента погасания лампочки *1HL1* «Пуск» схема гироазимуткомпаса автоматически приводится в состояние, при котором происходит нивелирование главной оси чувствительного элемента.

Отличительная особенность работы схемы в подрежиме «Ускоренное приведение» состоит в том, что индикатор горизонта *1BG* отключен от усилителя *1A1* и благодаря этому гироазимуткомпас переведен в режим гироазимута.

Если показания шкалы курса основного прибора ВГ-1А отличаются от значения истинного курса более чем на 3°, можно произвести ускоренное приведение гироскопа в меридиан. Для этого следует:

плавно повернуть в нужную сторону рукоятку потенциометра *1R11* «Скорость приведения» (дополнительный сигнал с него поступает на усилитель *1A1*, происходит дополнительная отработка двигателя *1M1*, возникает рассогласование гиросферы со следящей сферой, а следовательно, и закручивание горизонтальных торсионов, это вызывает прецессию гироскопа в азимутальной плоскости);

при подходе показаний шкалы курса к его истинному значению рукоятку «Скорость приведения» плавно возвратить в нулевое положение, при котором потенциометр *1R11* «Скорость приведения» переключателем *1SA2* отключается от усилителя *A1*.

Функционирование схемы двухканальной системы косвенного управления чувствительным элементом. Система косвенного управления в режиме «Подготовка» превращает свободный гироскоп в гироазимут, главная ось которого может быть принудительно (вручную) установлена в меридиане.

Азимутальный двигатель *1M2*, вращаясь, вызывает ликвидацию напряжения, которое поступает на его управляющую обмотку с усилителя *1A2*.

На вход усилителя *1A2* подается с резистора *1R23* суммарный сигнал U_2, который образуется на резисторе *1R23* как падение напряжения вследствие прохождения через этот резистор суммарного тока.

Первая часть тока, протекающего через резистор *1R23*, обусловлена суммой напряжений U_α (снимается с датчиков угла *1B1*, *1B2*) и $U_{к_2}$ (снимается с трансформатора *1T2*). Сила этой части тока ограничивается резистором *1R25*. Вторая часть тока, проходящего через резистор *1R23*, определяется напряжением U_c, которое снимается с индикатора горизонта *BG*. Сила этой части тока в режиме «Подготовка» ограничивается сопротивлением $1/R = 1/R_{22} + 1/R_{24}$, так как контакты *S5* реле *1K2* замкнуты.

Азимутальный двигатель *1M2*, «отрабатывая» суммарный сигнал U_2, вызывает закручивание вертикальных торсионов и осуществляет тем самым нивелирование гироскопа.

Горизонтный двигатель *1M1*, вращаясь, вызывает ликвидацию напряжения, которое подается на его управляющую обмотку с усилителя *1A1*. На вход *1A1* поступает суммарный сигнал U_1 с резистора *1R4*.

Этот суммарный сигнал представляет собой результирующее падение напряжения вследствие прохождения через *1R4* двух токов. Первый ток обусловлен суммой двух напряжений: $U_\beta = K_д (\beta - \beta_c)$, которое снимается с датчиков угла *1B1* и *1B2*, и $U_{ку}$, которое снимается с трансформатора *1T1*. Сила этого тока ограничивается резистором *1R6*.

Второй ток имеет место тогда, когда осуществляется ускоренное приведение гироскопа в меридиан, а именно: когда замкнут переключатель *1SA2* и напряжение с резистора *1R11* при замкнутых контактах *S4* реле *1K2* подается на резисторы *1R5* и *1R4*.

Напряжения U_c на резистор *1R4* в режиме «Подготовка» нет, так как контакт *S1* реле *1K3* разомкнут.

Горизонтный двигатель, отрабатывая сигнал U_1, вызывает закручивание горизонтальных торсионов и тем самым — прецессию гироскопа в азимуте. Через 8—10 мин после окончания операции по ускоренному приведению гироазимута в меридиан или через 8—10 мин после погасания лампы «Пуск», если приведение не осуществлялось, переключатель *1SA1* следует установить в положение «Работа», а выключатель следящей системы *3SA2* — в положение «Включено» (момент времени $t_н$ в табл. 2.6). Тогда прибор начнет работать в режиме гирокомпаса.

Функционирование схемы в режиме «Гирокомпас». В момент установки переключателя *1SA1* в положение «Работа» происходят следующие изменения в схеме:

первый нож *S1* обесточивает кнопку *2SB1* «Пуск». При включении выключателя следящей системы *3SA2* питание подается на обмотку возбуждения исполнительного двигателя *3M1*;

второй нож *S2* переключателя *1SA1* снимает питание с реле *1K2* и *1K3*;

третий нож *S3* того же переключателя шунтирует контактную группу *S1* реле *2K1*, ток третьей фазы поступает на гиромотор непосредственно с предохранителя *FU3*;

четвертый нож *S4* переключателя *1SA1* шунтирует контакты *S3* реле *1K2*;

пятый нож *S5* снимает питание с лампочек *1HL2* и *3HL2* «Подготовка» приборов ВГ-1А и ВГ-3А и подает питание через контакт *S3* реле *1K3* на сигнальные лампы *1HL3* и *3HL3* «Гирокомпас» тех же приборов.

В результате снятия питания с обмотки *реле 1K2* все его контакты возвращаются в нормальное состояние, а именно:

контакты *S2* замыкаются, линия этих контактов обесточена ранее;

контакты *S1* размыкаются, их линия обесточена;

контакты *S3* размыкаются, но они блокированы четвертым ножом переключателя *1SA1*, и изменений в цепях токов нет;

контакты *S4* размыкаются, отключая от схемы резистор *1R11* «Скорость приведения»;

контакты *S5* размыкаются, отключая резистор *1R22*.

В момент обесточивания *реле 1K3* происходит следующее:

контакт *S1* замыкается и благодаря этому напряжение, снимаемое с индикатора горизонта, подается в канал управления двигателем *1M1*; через резисторы *1R3* и *1R4* начинает протекать дополнительный ток, вследствие чего на резисторе *1R4* образуется суммарный сигнал, который включает в себя три основных сигнала, пропорциональных $\beta - \beta_c$, $U_{ку}$ и β_c;

контакт *S2* замыкается, но он обесточен;

контакт *S3* замыкается, переменный ток с трансформатора *2T1* через пятый нож *S5* пакетника *1SA1* поступает на лампочки *1HS3*, *3HL3* «Гирокомпас» приборов ВГ-1А и ВГ-3А; лампочки загораются, сигнализируя о работе прибора в режиме гирокомпаса;

контакт *S4* размыкается, вследствие чего лампочки *1HL4*, *3HL4* «Гироазимут» не горят.

Для аварийной сигнализации о перегреве гироблока служит *термореле 1BK1*. Если температура под колпаком прибора достигает 87 ± 3 °С, контакты *S1* этого реле замыкаются, включив *реле 1K1*. Это реле срабатывает (момент времени t_{11} в табл. 3.1), его замкнувшиеся контакты *S1* включают в приборе ВГ-3А ревун *3BA*, а контакты *S2* — сигнальную лампочку *3HL5* «Перегрев».

Двухканальная система коррекции чувствительного элемента. Система коррекции в случае работы гироазимуткомпаса в режиме гирокомпаса предназначена для компенсации широтной и скоростной девиации гирокомпаса, а также для приведения главной оси гирокомпаса в плоскость истинного горизонта. С этой целью в системе коррекции формируются два корректирующих сигнала: $U_{к1}$ и $U_{к2}$.

Сигнал $U_{к1}$ пропорционален меридиональной составляющей линейной скорости судна. Проследим его формирование. Азимутальный двигатель *M2* вращает ротор *1BC3* в зависимости от курса *KK*. На первичную цепь *1BC3* подано питание, поэтому в роторных цепях этой машины наводятся э. д. с., пропорциональные sin *KK* и cos *KK*. Эти напряжения подаются на статорные обмотки машины *3BE1*, находящейся в приборе ВГ-3А. Сигнал, который снимается с ротора этой машины, следует через усилитель *3A1* на исполнительный двигатель *3M1*. Последний полностью отрабатывает сигнал, поэтому его ротор разворачивается на угол, пропорциональный компасному курсу *KK*. Вращение двигателя *3M1* передается на трансформатор *3BC4*, ротор которого будет развернут на угол, равный *KK*.

На первичную обмотку этой машины подается напряжение, пропорциональное скорости *V* судна. В зависимости от положения переключателя *3SA3* это напряжение поступает или от лага, или (при ручном введении скорости) от трансформатора *3BV5*.

На роторных обмотках машины *3BC4* формируются напряжения, пропорциональные скоростям V_N и V_E. Напряжение, пропорциональное скорости V_N, принимается с резистора *3R8* и подается через резис-

торы *3R15*, *3R16* на первичную обмотку трансформатора *1T2* и далее в схему суммирования сигналов азимутального канала системы косвенного управления чувствительным элементом.

Сигнал $U_{к2}$, пропорциональный значению $\omega_з \sin\varphi + (V_E/R_з)\mathrm{tg}\varphi$, формируется на четырехполюснике *3R2 — 3R3 — 3P4 — 3R5* прибора ВГ-3А.

Ротор машины *3Bφ2* вручную поворачивают на угол, соответствующий широте φ места. Поэтому при наличии питания в первичной цепи с роторной обмотки через резистор *3R6* «sin φ» на точки *А* и *Б* четырехполюсника подается напряжение, пропорциональное sin φ.

Напряжение, пропорциональное скорости V_E, снимается с роторной обмотки *3BC4* и подается на первичную цепь машины *3Bφ1*. С роторной обмотки этой машины через резистор *3R1* «tg φ» на зажимы *В* и *Г* четырехполюсника подается сигнал, пропорциональный $(V_E/R_з) \times \times \mathrm{tg}\,\varphi$ (ротор этой машины также вращается по широте φ).

Суммарный сигнал $U_{к2}$ с точек *В* и *Б* четырехполюсника подается через резистор *1R9* на трансформатор *1T1* и далее в схему суммирования сигналов горизонтного канала системы косвенного управления чувствительным элементом. Для компенсации постоянной поправки гирокомпаса надлежит воспользоваться резистором *1R19* «Поправка». Изменяя сопротивление резистора *1R19*, можно так отрегулировать ток, идущий через резисторы *1R17* и *1R18*, что дополнительное напряжение $U_{\Delta к}$ на трансформаторе *1T2* обеспечит в конечном итоге компенсацию $\Delta ГК$.

Функционирование схемы в режиме «Гироазимут». Для перевода прибора в этот режим достаточно переключатель *3SA1* поставить в положение «Гироазимут» (момент времени t_{13} в табл. 3.1). Тогда постоянный ток напряжением 24 В подается на обмотку реле *1K3*, и оно срабатывает. При этом в сети происходят следующие изменения:

контакты *S1* отключают индикатор горизонта от горизонтного канала системы косвенного управления гироскопом, благодаря чему гироазимуткомпас переходит в режим гироазимута;

контакты *S2* размыкаются, но они и были обесточены;

контакты *S3* размыкаются и гасят лампы *1HL3* и *3HL3* «Гирокомпас»;

контакты *S4* замкнутся и зажгут лампы *1HL4* и *3HL4* «Гироазимут».

Для компенсации систематического дрейфа гироазимута меняют ток в цепи резисторов *1R14* и *1R7*, подбирая надлежащее значение напряжения $U_{др}$.

3.7. Техническая эксплуатация гироазимуткомпаса

Размещение приборов. Прибор ВГ-1А рекомендуется размещать в гиропосту, где нет больших перепадов температуры, воздушных потоков и источников магнитных полей. Желательно, чтобы гиропост был расположен ближе к центру масс судна. Необходимо предусмотреть аварийное освещение гиропоста и телефонную связь с ходовой рубкой.

Прибор ВГ-1А устанавливают на металлической подставке, жестко прикрепленной к палубе. Для удобства обслуживания прибора подставку делают высотой 0,7—0,8 м. Для свободы доступа к прибору вокруг подставки оставляют незанятое пространство (0,5 м).

До установки прибора на подставку наносят риски, параллельные ДП судна, с допустимыми отклонениями $\pm 0{,}25°$. Передняя панель прибора ВГ-1А должна быть обращена в корму. Прибор ВГ-1А имеет встроенную систему амортизаторов, поэтому дополнительные амортизаторы не требуются.

Прибор ВГ-2А размещают в гиропосту. Агрегат питания и прибор ДС располагают вблизи прибора ВГ-2А. Приборы ВГ-3А и 23Т устанавливают вблизи штурманского стола. Здесь же размещают один репитер типа 38Н. Правила размещения остальных приборов комплекта изложены при рассмотрении гирокомпаса «Курс-4».

Устанавливать гироазимуткомпас «Вега» без сопряжения с лагом не рекомендуется, так как без непрерывного ввода сигнала о скорости судна точность прибора уменьшается, а ручной ввод значения скорости затрудняет работу судоводителя.

Гироблок помещают в прибор ВГ-1А непосредственно перед первым включением.

До установки гироазимуткомпаса на судне приборы комплекта необходимо хранить в закрытых отапливаемых помещениях. При температуре ниже — 20°С поддерживающая жидкость в приборе ВГ-1А замерзает и гироблок выходит из строя.

Устанавливать гироблок необходимо осторожно, чтобы не нарушить его регулировку и не повредить монтаж. После установки гироблока следует проверить основные параметры гироазимуткомпаса в режимах «Подготовка», «Гироазимут», «Гирокомпас» и произвести компенсацию дрейфа гироазимута и поправки гирокомпаса. В отдельных случаях требуется выполнение и более сложных работ. Поэтому гироблок следует устанавливать под руководством и при участии специалистов базовой электрорадионавигационной камеры.

Подготовка гироазимуткомпаса к пуску. Перед включением питания необходимо провести внешний осмотр всех приборов, проверить надежность соединения штепсельных разъемов, наличие всех предохранителей и сигнальных ламп.

В приборе ВГ-1А:

открыть колпак и убедиться, что индекс N на гироблоке обращен в сторону уровня установочного кольца, а пузырек уровня отклонен не более чем на одно деление от среднего значения;

если карданов подвес зааретирован, необходимо извлечь штифт вертикального карданова кольца, ослабить винты втулок, вывинтить и снять стойки вместе со втулками, закрыть колпак и снятые детали убрать в ЗИП;

переключатель режимов работы схемы установить в положение «Подготовка»;

риску на рукоятке резистора «Скорость приведения» совместить с риской на корпусе прибора.

В приборе ВГ-2А:

убедиться, что шкала реле времени установлена на 420 с;

переключатель «Контроль» установить в крайнее левое положение.

В приборе ВГ-3А:

переключатель режимов работы установить в положение «Гирокомпас»;

шкалу скорости установить на нуль;

шкалу широты установить на отсчет, соответствующий наименованию и широте места;

переключатель следящей системы установить в положение «Следящая система».

В приборе 23Т:

установить курсограмму, поджать стопорную гайку;

установить шкалу курса и курсовое перо на отсчет шкал курса прибора ВГ-3А;

установить переключатель «Приемник курса» в положение «Включено»;

установить рукоятку часового привода в положение «Стоп».

Показания всех репитеров согласовать с показаниями шкал прибора ВГ-3А.

Пуск. Для включения гироазимуткомпаса при ошвартованном судне необходимо выполнить следующие действия.

На распределительном щите:

включить переключатели «3~50 Гц 220 В» и «50 Гц 110 В», при этом начнет работать ревун прибора ВГ-3А.

В приборе ВГ-2А:

нажать кнопку «Пуск», при этом загораются табло: «Пуск», «Подготовка» на приборе ВГ-1А; «50 Гц 110 В», «Агрегат», «Система» на приборе ВГ-2А; «Подготовка» на приборе ВГ-3А (если какое-либо табло не загорелось, гироазимуткомпас следует выключить);

проверить напряжение в трех фазах питания гироблока, используя для этого вольтметр и переключатель «Контроль» (напряжение должно быть 40±4 В).

В приборе ВГ-1А:

отметить момент времени, когда погаснет табло «Пуск» (примерно через 3—5 мин после срабатывания термореле *1ВК3*). В этот момент автоматически подается питание на стабилизирующие двигатели, что сопровождается характерным «рывком» шкалы прибора ВГ-1А. Если этот «рывок» не наблюдается или шкала начнет вращаться с большой частотой, гироазимуткомпас следует выключить. Если через 40 мин после включения корпус прибора ВГ-1А не начал нагреваться или не гаснет табло «Пуск», температурный режим гироблока нарушен и гироазимуткомпас тоже подлежит выключению. Через 5 мин после выключения табло «Пуск» осторожно снять колпак прибора ВГ-1А и убе-

диться в том, что отклонение пузырька уровня не превышает 1—1,5 деления. Затем убедиться в том, что пузырек уровня возвращается в это же положение после отклонения установочного кольца с гироблоком от вертикали на 15—20°. После этого колпак поставить на место и закрепить;

через 10 мин после погасания табло «Пуск» переключатель режимов работы поставить в положение «Работа».С этого момента прибор начинает работать в режиме гирокомпаса, а в приборах ВГ-1А и ВГ-3А загораются табло «Гирокомпас» и гаснут табло «Подготовка».

В приборе 23Т:

включить часовой привод курсографа, поставив его рукоятку в положение «Пуск»;

отрегулировать подогрев перьев. С этого момента времени курсограф регистрирует (при надежно ошвартованном судне) кривую затухающих колебаний гирокомпаса.

В приборе ВГ-3А:

установить переключатель «Следящая система» в положение «Отключено»;

снять отсчет курса со шкал прибора ВГ-3А и проверить, насколько показания курсографа и всех репитеров согласуются с этим отсчетом;

после согласования показаний репитеров переключатель поставить в положение «Следящая система».

Ускоренное приведение в меридиан. Если отклонение чувствительного элемента от меридиана превышает 3°, то можно выполнить ускоренное приведение его в меридиан. Эту операцию надлежит осуществить после погасания табло «Пуск». Движением гироблока управляют с помощью рукоятки «Скорость приведения», поворачивая ее в нужную сторону. Когда против курсовой черты прибора ВГ-1А установится значение истинного курса, рукоятку возвращают в среднее положение.

Примечание. При случайном выключении прибора в море, например из-за перерыва в подаче судового питания, гироазимуткомпас необходимо вновь включить. Для этого надо быстро установить переключатель режимов в приборе ВГ-1А в положение «Подготовка» и подать на схему питание с помощью кнопки «Пуск» прибора ВГ-2А. До погасания табло «Пуск» следует периодически открывать колпак и при необходимости вручную нивелировать гироблок. После погасания табло «Пуск» рукояткой «Скорость приведения» привести гироблок в меридиан (по сличению с магнитным компасом) и через 10 мин включить режим гироазимута. Через 20 мин перевести прибор в режим гирокомпаса.

Наблюдение за работой гироазимуткомпаса в рейсе. На ходу судна необходимо дважды в сутки совершать обход всех помещений, где размещены приборы гироазимуткомпаса и проверять:

температуру и общий уровень шума в гиропосту, отсутствие посторонних звуков и запахов, исправность вентиляции;

состояние сигнальных табло в приборах ВГ-1А, ВГ-2А и ВГ-3А;

напряжение между фазами трехфазного тока 40 В, 400 Гц (проверка выполняется вольтметром прибора ВГ-2А);

температуру колпака основного прибора (на ощупь или по помутнению прозрачной части колпака);

наличие бумажной ленты в курсографе, согласованность курсового и четвертного перьев, четкость записи курса;

согласованность показаний всех репитеров со шкалами курса прибора ВГ-3А и шкал этого прибора с показаниями прибора ВГ-1А;

правильность ввода широты и скорости в прибор ВГ-3А.

Остановка. Штатное выключение прибора при неподвижном судне состоит из следующих операций.

В приборе ВГ-1А переключатель режимов работы поставить в положение «Подготовка».

В приборе 23Т рукоятку часового привода поставить в положение «Стоп».

В приборе ВГ-2А: нажать кнопку «Стоп» и удерживать ее в нажатом состоянии не менее 5 с, пока не начнет работать ревун.

На распределительном щите снять питание с гирокомпаса, ревун перестанет работать.

Аварийное выключение в море. Это приходится выполнять, например, из-за перерыва в подаче на гироазимуткомпас судового питания. Аварийное выключение состоит из следующих операций.

На распределительном щите выключить переключатели судовой сети в линии гирокомпаса.

В приборе ВГ-1А:

переключатель режимов работы поставить в положение «Подготовка»;

открыть колпак и до полной остановки гироскопа следить за положением гироблока;

если гироблок отклоняется от горизонтальной плоскости, то путем приложения к вертикальному карданову кольцу небольших усилий возвратить его в первоначальное положение;

после остановки гироскопа заарретировать карданов подвес с помощью съемных стоек и штифта, закрыть колпак.

Проверки и регулировки. Судовым специалистам разрешается проводить только некоторые проверки технического состояния гироазимуткомпаса и лишь самые простые регулировки. Основные судовые проверки и регулировки выполняют специалисты электрорадионавигационных камер пароходств. Наиболее достоверную оценку исправности гироазимуткомпаса дает ежедневная проверка стабильности поправки прибора в режиме гирокомпаса.

Периодичность контрольно-профилактических работ по поддержанию гироазимуткомпаса в рабочем состоянии характеризуется следующими интервалами времени:

один раз в 4 сут заводят часы курсографа;

один раз в неделю проверяют напряжение схемы питания;

один-два раза в месяц заменяют ленту курсографа;

один раз в 3 мес проверяют систему трансляции курса (репитерную систему);

один раз в 3 мес проверяют значение дрейфа гироазимута в режиме гироазимута;

один раз в 6 мес проверяют погрешность формирования корректирующих сигналов;

один раз в 6 мес перед очередным включением гироазимуткомпаса проверяют сопротивление изоляции.

Для выполнения судовых проверок необходимо иметь: секундомер, ампервольтметр, мегаомметры на 100 и 500 В, милливольтметр типа В3-44. Для подключения милливольтметра к гнездам контрольного разъема 1-Ш3 прибора ВГ-1А нужны экранированные провода со щупами диаметром 1,5 мм. Для подключения ампервольтметра к гнездам прибора ВГ-2А необходимы провода со щупами диаметром 4 мм.

Проверки целесообразно выполнять в такой последовательности.

Сопротивление изоляции проверяют до включения гироазимуткомпаса в судовую сеть.

Переключатель режимов прибора ВГ-1А установить в положение «Подготовка», переключатель «Контроль» прибора ВГ-2А поставить в положение «Отключен».

Мегаомметром на 500 В измерить в приборе ВГ-2А сопротивление изоляции между гнездами «50 Гц 110 В» и контактами гнезда предохранителя СС2, а также между каждой из этих точек и корпусом.

Мегаомметром на 100 В измерить сопротивление изоляции между одним из гнезд «Реле» и одним из гнезд «Обогрев корпуса», а также между каждой из этих точек и корпусом. Этим же мегаомметром измерить сопротивление изоляции между одним из контактов вольтметра прибора ВГ-2А и корпусом. При температуре 25 ± 10°С и относительной влажности 65 ± 15 % сопротивление изоляции должно быть не менее 20 МОм. При повышенных температуре и влажности оно может понизиться до 1 МОм.

Осмотр и проверка гироблока и гиросекции заключаются в следующем. Открыв колпак прибора ВГ-1А, следует тщательно осмотреть гиросекцию. Необходимо убедиться в том, что на зубчатых колесах нет капель жидкости и грязи, а на шкале следов задевания за внутреннюю поверхность колпака. Надо проверить укладку и крепление монтажных жгутов. Следует убедиться в наличии зазора между вертикальным карданом кольцом, резисторами и проводами на основании гиросекции. Для этого надо вертикальное кольцо повернуть вокруг отвесной линии на 360°.

Удерживая горизонтальное кольцо в горизонтальном положении, необходимо установочное кольцо отклонить на 20° от горизонтального положения и отпустить его. После нескольких колебаний установочное кольцо должно вернуться в исходное положение с точностью до 1– 1,5 делений уровня. В противном случае гироблок подлежит замене. Затем следует поочередно отклонить до упора сначала в одну, а затем в другую сторону горизонтальное кольцо. Он должно возвращаться в исходное положение с погрешностью (±20) — (±30)°.

Проверка системы трансляции курса заключается в следующем. Сначала следует приступить к проверке шкалы и датчиков курса прибора ВГ-1А. Поворотом вертикального карданова кольца необходимо совместить отверстия на этом кольце и основании и поместить в них арретирующий штифт, отсоединить кабельные вилки от розеток Ш3 и Ш4 гиросекции, закрыть колпак и убедиться, что шкала прибора ВГ-1А с погрешностью ± 0,5° установилась на нуль. Если курсовая шкала прибора ВГ-1А не установилась на нуль, то ее нужно развернуть относительно вертикального кольца на требуемый угол, предварительно «приотдав» крепежные винты. По окончании установки винты надо закрепить.

Включить питание, нажав кнопку «Пуск» прибора ВГ-2А. Шкала «Курс» прибора ВГ-3А должна установиться на нуль с погрешностью ±0.1°. Если шкала курса прибора ВГ-3А не выставляется на нуль с такой погрешностью, то необходимо измерить миллиамперметром сигнал на зажимах P_1 — P_2 вращающегося трансформатора (*1ВС*) *ТрВ3* прибора ВГ-3А и при необходимости уменьшить сигнал до 50 мВ разворотом корпуса трансформатора. Если сигнал меньше 50 мВ, то надо произвести выставку шкал прибора ВГ-3А.

После проверки выключить гироазимуткомпас, открыть колпак, удалить арретирующий штифт и состыковать разъемы гиросекции. Вновь проверить надежность соединения всех штепсельных разъемов гироблока и гиросекции. Закрыть колпак.

Проверка схемы питания и запуска гироскопа состоит в следующем. Перед проверкой замкнуть перемычкой гнезда № 1—4 разъема 1-Ш3.

Примечание. В процессе настройки и регулировки прибора ВГ-1А довольно часто приходится работать с гнездами штепсельного разъема 1-Ш3. На ограниченной площади рабочей поверхности штепсельного гнезда этого разъема имеется 19 отверстий. На судне, когда прибор ВГ-1А смонтирован вблизи переборки и доступ к нему затруднен, отыскивать необходимое отверстие непросто. Если произойдет ошибка в выборе отверстий при установке шунта, то это неизбежно приведет к выходу гироазимуткомпаса из строя. Поэтому во избежание аварии прибора и для облегчения ряда проверок и регулировок необходимо изготовить переходный кабель. Один конец кабеля должен быть оснащен штепсельной вилкой с 19 штырями. Такую вилку можно снять с 7-го штепсельного разъема прибора ВГ-3А, потому что она все равно не используется. Другой конец переходного кабеля должен подходить к контрольной панели с 19 гнездами. Последние должны быть расположены на таких расстояниях, при которых допускается их одновременное использование. Диаметры гнезд должны быть одинаковыми (4 мм). Все гнезда должны иметь четную нумерацию в пределах от 1 до 19, соответствующую оцифровке гнезд штепсельного разъема.

Вследствие этого будет отключена схема нивелирования ЧЭ. Выполнить штатное включение гироазимуткомпаса и проверить вольтметром прибора ВГ-2А напряжение между фазами: оно должно быть 40± ±4 В. Напряжения, измеренные ампервольтметром на гнездах «Контроль токов ТПГ», не должны превышать 1 В (напряжения в вольтах численно равны токам в амперах). В первой и второй фазах ток появит-

ся сразу, а в третьей фазе — через 15 мин после прогрева гироблока. Затем через 2—3 мин должно погаснуть табло «Пуск» (не позднее чем через 20 мин после включения гироазимуткомпаса). При погасании табло «Пуск» автоматически включается следящая система гироблока и произойдет небольшой «рывок» шкалы прибора ВГ-1А.

После погасания табло «Пуск» напряжения по вольтметру прибора ВГ-2А должны быть 40±4 В, а на контрольных гнездах прибора ВГ-2А в следующих пределах:

Гнездо	Напряжение, В
«Контроль токов ТПГ»	0,2—0,4
«50 Гц 110 В»	110±11
«Реле»	27±3
«Обогрев корпуса»	20

Если при запуске схемы имеют место отклонения в режиме работы прибора по сравнению с изложенным, прибор надлежит выключить и перейти к поиску неисправностей в схеме.

При *проверке схемы терморегулирования* подключить к гнездам № 7—19 разъема 1-Ш3 прибора ВГ-1А ампервольтметр и убедиться, что напряжение на этих гнездах первый раз отключится не позднее чем через 30 мин после включения гироазимуткомпаса, а в дальнейшем периодически включается. Если этого не происходит, то прибор выключить и перейти к поиску неисправности.

Проверка следящей системы гироблока выполняется в режиме «Подготовка». Рукояткой «Скорость приведения» задать шкале прибора ВГ-1А вращение с угловой скоростью 1°/с и измерить на гнезде № 8 разъема 1-Ш3 и корпусе милливольтметром сигнал «Вход УсА» в течение полного оборота шкалы. Затем измерить сигнал «Вход УсГ» на гнезде № 13 и корпусе. Меняя сторону вращения шкалы, повторить проверку. Сигнал не должен превышать 2 мВ. Снять колпак и, прилагая поочередно небольшие усилия к вертикальному и горизонтальному кардановым кольцам, убедиться, что в следящей системе не возникает автоколебаний. Колпак закрыть. В противном случае необходим поиск неисправности.

Для *проверки схемы приведения* установить в приборе ВГ-3А широту 0°. Повернуть рукоятку «Скорость приведения» в обе стороны до упора и при этом измерить (с помощью секундомера) угловую скорость шкалы прибора ВГ-1А: она должна быть постоянной и не менее 150°/мин. Шкала должна вращаться без рывков.

Для *проверки схемы нивелирования гироскопа* привести чувствительный элемент в меридиан с погрешностью ± 10°, открыть колпак и левую боковую крышку. Замкнуть перемычками гнезда № 2—4 усилителя УСА, приложить небольшое усилие к вертикальному карданову кольцу и отклонить гироблок от горизонта на 10°. Закрыть крышку, снять перемычки с гнезд № 2—4 усилителя УСА. С гнезд № 1—4 разъема 1-Ш3 также снять перемычку, сразу же подключить к ним мил-

ливольтметр и убедиться, что сигнал первый раз уменьшится до 10 мВ не позже чем через 5 мин. При этом гироблок должен нивелироваться плавно, без завалов и рывков.

Проверка *репитерной системы* заключается в следующем. Репитерная система гироазимуткомпаса включает в себя следящую систему и синхронную передачу. Для проверки следящей системы следует выключить переключатель «Следящая система» в приборе ВГ-3А и, вращая рифленую головку сельсина-датчика, рассогласовать шкалы курса на 1°. Включив переключатель, убедиться, что показания шкал согласовались с погрешностью ±0,05°. Вновь выключить переключатель, рассогласовать шкалы курса на 100—110°. После включения переключателя «Следящая система» измерить время отработки угла 90°: оно не должно быть более 12 с. Колебательный процесс должен закончиться за время менее 5 с.

3.8. Навигационное обслуживание гироазимуткомпаса и штурманский контроль

Навигационное обслуживание и штурманский контроль осуществляются как на ходу судна, так и при стоянке его в порту.

Штурманский контроль за функционированием гироазимуткомпаса на ходу и при стоянке на якоре возложен на вахтенного помощника капитана.

При заступлении на ходовую вахту вахтенный помощник капитана контролирует:

режим работы гироазимуткомпаса;

курс судна по прибору ВГ-3А гироазимуткомпаса и магнитному компасу, поправки обоих приборов;

отметку времени на курсограмме, выполненную на момент приема вахты;

широту места и ее наименование, которая введена в прибор ВГ-3А;

скорость судна, если она вручную введена в прибор ВГ-3А;

согласованность показаний пеленгаторных репитеров, курсографа и репитера в пульте управления авторулевого с показаниями прибора ВГ-3А;

состояние сигнальных табло и ревуна (в приборе ВГ-3А должны быть включены все табло, ревун не должен работать).

В течение ходовой вахты штурман обязан:

непрерывно контролировать курс судна;

периодически контролировать состояние сигнальных табло прибора ВГ-3А;

проверять бесперебойность работы курсографа, исправность работы часов, четкость записи курса и четверти и делать необходимые отметки времени на курсограмме;

ежечасно сличать показания магнитного компаса и гироазимуткомпаса;

один раз за вахту определить поправку гироазимуткомпаса.

Навигационное обслуживание гироазимуткомпаса, осуществляемое вахтенным помощником капитана на ходу судна, состоит в своевременном вводе значений широты места и скорости судна в прибор ВГ-3А и выполнении комплекса мер по поддержанию основных систем гироазимуткомпаса в рабочем режиме.

Для обеспечения своевременной коррекции гироазимуткомпаса необходимо:

при изменении скорости судна не позднее чем через 1—2 мин выставить новое значение скорости на шкале прибора ВГ-3А. Если скорость вводится автоматически от лага, то шкала скорости прибора ВГ-3А должна быть установлена на нуль и ее положение изменять не следует;

один раз за вахту откорректировать ввод широты в прибор ВГ-3А;

при выходе из строя лага немедленно перейти на ручной ввод скорости.

В случае срабатывания сигнальных индикаторов вахтенный помощник капитана руководствуется следующими правилами.

1. Отключение всех табло при отсутствии сигнала ревуна указывает на отключение судовой сети. Кратковременное отключение судовой сети (менее 5 с) не должно нарушать нормальную работу гироазимуткомпаса. При этом надлежит проверить согласованность показаний репитеров и определить поправку гироазимуткомпаса.

2. Если длительность отключения судового питания более 5 с, то при возобновлении подачи напряжения судовой сети включается ревун в приборе ВГ-3А, но гироазимуткомпас остается выключенным Вахтенный помощник немедленно переходит на управление судном по магнитному компасу, докладывает о принятых мерах капитану и сообщает об отключении гироазимуткомпаса судовому специалисту.

После доклада специалиста о повторном включении гироазимуткомпаса и возможности его использования вахтенный помощник определяет поправку и, получив разрешение капитана, переходит на управление судном по гироазимуткомпасу.

3. Одновременное включение ревуна и табло «Перегрев» прибора ВГ-3А указывает на неисправность системы терморегулирования. В этом случае необходимо перейти на управление по магнитному компасу, поставить в известность о случившемся судового специалиста и доложить капитану.

Штурманский контроль функционирования гироазимуткомпаса при стоянке судна у причала включает в себя проверку точности прибора в режиме гироазимута, а затем в режиме гирокомпаса. Штурманское обслуживание состоит в проведении мер по компенсации дрейфа гироблока, регулировке блока коррекции и определению динамических характеристик.

Точность прибора в режиме гироазимута контролируют так. Сначала определяют дрейф гироскопа. До начала проверки прибор должен проработать не менее 2 ч в режиме гирокомпаса. Затем переводят

прибор в режим гироазимута и выставляют шкалу скорости (и широты) на нуль. В режиме гироазимута дважды пеленгуют отдаленный ориентир с интервалом времени Δt не менее 1 ч и рассчитывают скорость ухода гироазимута по формуле

$$\omega_{ух} = (КП_2 - КП_1)/\Delta t,$$

а затем вычисляют дрейф гироазимута в соответствии с выражением

$$\omega_{др} = \omega_{ух} - 15 \sin \varphi.$$

Если азимутальный дрейф более 1°/ч, то его надлежит компенсировать, поворачивая резистор «Дрейф» и повторяя проверку до тех пор, пока значение $\omega_{др}$ не станет менее 1°/ч. На выполнение этой работы может понадобиться несколько часов.

Следующая проверка — контроль правильности формирования корректирующего сигнала, пропорционального sin φ. Выставив в приборе ВГ-3А широту места, вновь измеряют дрейф гироазимута пеленгованием отдаленного ориентира. Если он больше 1°/ч, то его уменьшают резистором «sin φ».

Для ускорения компенсации дрейфа можно подключить милливольтметр к гнездам № 1—6 разъема 1-Ш3 и контролировать сигнал датчика угла. Уменьшение сигнала на 1 мВ приводит к изменению дрейфа на 1,3°/ч. При этом если гироскоп изменяет свою ориентацию за 1 ч на 2° к востоку (положительный дрейф), то сигнал, пропорциональный sin φ, надо уменьшить на 1,5 мВ.

Для проверки правильности формирования корректирующего сигнала, пропорционального tg φ, следует на шкалах прибора ВГ-1А выставить широту 70° и скорость 30 уз и выключить переключатель «Следящая система». Затем, воздействуя на рифленую головку сельсина, надо изменить показания шкалы курса от 90 до 0°. Показания милливольтметра, подключенного к гнездам № 1—6 разъема 1-Ш3, должны измениться на 1 мВ, при дальнейшем изменении курса от 0 до 270° — еще на 1 мВ.

После компенсации дрейфа гироскопа необходимо проконтролировать работу схемы в режиме гирокомпаса. Для этого переводят прибор в режим гирокомпаса и сначала проверяют правильность формирования корректирующего сигнала, пропорционального V_N. Установив шкалу «Широта» на широту места, а шкалу «Скорость» на нуль, дают возможность гирокомпасу прийти в меридиан. Через 3 ч берут пеленг отдаленного ориентира, устанавливают скорость 20 уз, выключают переключатель «Следящая система» и рифленой головкой сельсина устанавливают курс 0°. Еще через 3 ч включают переключатель и, когда шкала курса прибора ВГ-3А согласуется с показаниями основного прибора, берут вторично пеленг того же ориентира. Разность между новым и

старым пеленгами должна составлять (с погрешностью $\pm 0{,}3°$) значение $\Delta = -1{,}28° \sec \varphi$.

При необходимости регулировки поступают таким образом. Выключают следящую систему, задают курс 0° (рифленой головкой сельсина), вводят скорость 20 уз и широту места. Замыкают перемычкой гнезда № 1—4 разъема 1-Ш3, к гнездам № 1—3 подключают милливольтметр. Вращая резистор «V_N», регулируют корректирующий сигнал. Для увеличения значения Δ на 1° (в средних широтах) сигнал тоже надо увеличить на 1 мВ. По окончании этой регулировки определяют зону устойчивости и поправку $\Delta ГК$.

Если разброс пеленгов отдаленного ориентира, взятых равномерно в течение 4 ч, не будет превышать 0,7°, то гирокомпас устойчив, соответствует требованиям ИМО и может использоваться. Убедившись, что при неподвижном судне в приборе ВГ-3А установлена широта места, а шкала скорости на нуле, определяют поправку гирокомпаса. Она не должна превышать 1—2°. В дальнейшем ее следует учитывать при плавании судна.

3.9. Характерные неисправности, их причины и способы устранения

Судовым специалистам разрешается устранять простейшие неисправности схемы. К таким работам относятся замена предохранителей, ламп подсветки и т. п. Но судовой специалист должен уметь правильно определить характер неисправности и место ее возникновения, чтобы технически грамотно информировать электрорадионавигационные камеры пароходств о необходимом объеме работ по ее устранению.

Прежде всего необходимо выявлять все внешние проявления неисправности и проверять параметры электросхемы гироазимуткомпаса. Поэтому внешний осмотр заключается в контроле правильности положения переключателей и шкал, надежности соединения штепсельных разъемов, состояния монтажа, наличия и целости предохранителей и сигнальных ламп. Проверяют стыковку лага с гироазимуткомпасом, сопротивление изоляции, заземление приборов.

В ходе поиска неисправности следует пользоваться как принципиальной электрической схемой прибора, так и его монтажно-электрической схемой. Принципиальная схема дает возможность быстро проследить ту или иную линию или цепь, найти предохранители, которыми она защищена, выявить все электрические элементы, относящиеся к проверяемому участку схемы. Монтажно-электрическая схема, которой пользуются на втором этапе поиска неисправности, позволяет найти места контрольных гнезд в каждом приборе и штепсельных разъемов между ними, проверить внутриприборный монтаж, правильность распайки проводников на гнездах и штырях или отыскать места повреждений и обрывов (табл. 3.2).

Таблица 3.2. **Характерные неисправности гироазимуткомпаса, их причины и способы устранения**

Признаки неисправности	Вероятная причина	Способ устранения
Табло «Пуск» не гаснет через 20 мин после включения гироазимуткомпаса при нормальной температуре окружающего воздуха, не появляется напряжение на гнездах «Контроль токов ТПГ» (*3Ф*), при этом гироблок перегревается	Не размыкается термореле *1ВК3* при разогреве гироблока до рабочей температуры +75 °С	Немедленно выключить питание и убедиться, что термореле *1ВК3* замкнуто (гнезда № 9—15 разъема *Ш2* гироблока). Заменить термореле
Табло «Пуск» не гаснет через 20 мин после включения гироазимуткомпаса при нормальной температуре окружающего воздуха, не появляется напряжение на гнездах «Контроль токов ТПГ» (*3Ф*), при этом гироблок не нагревается	Обрыв в цепи питания обогревателей гироблока	Проверить напряжение на выводах обогревателей гироблока. Проверить кабели, коллектор и разъемы ВГ-1А, ВГ-2А, устранить обрыв цепи
Нет напряжения на гнездах «Контроль токов ТПГ» (*1Ф*, *2Ф* — в любом режиме, *3Ф* — после прогрева), гиромотор после погасания табло «Пуск» не разгоняется	Обрыв в цепи питания гироблока	Проверить кабели, коллектор, разъемы ВГ-1А, ВГ-2А
	Вышел из строя гироблок	Заменить гироблок
Напряжение на гнездах «Контроль токов ТПГ» превышает 1 В при пуске или превышает 0,4 В после погасания табло «Пуск»	Вышел из строя гироблок	Заменить гироблок
Напряжения, измеряемые вольтметром прибора ВГ-2А, выходят за пределы (40±4 В) или разница между напряжениями в фазах после погасания табло «Пуск» превышает 5 В	Обрыв в цепи прибора ДС	Отремонтировать прибор
	Неисправен агрегат питания	Отремонтировать агрегат
Загорается табло «Перегрев» и включается ревун или обнаруживается на ощупь перегрев корпуса прибора ВГ-1А	Не размыкается реле *1ВК2*	Заменить реле
Корпус прибора ВГ-1А не обогревается, больше 1 ч не включается напряжение на гнездах № 7—19 разъема 1-Ш3 при нормальной температуре окружающего воздуха	Обрыв в цепи питания обогревателя *1ЕК1* прибора ВГ-1А	Проверить кабели, разъемы ВГ-1А, ВГ-2А, выводные провода обогревателя, устранить обрыв

Продолжение табл. 3.2

Признаки неисправности	Вероятная причина	Способ устранения
Наблюдается быстрое вращение курсовой шкалы или резкое заваливание гироблока при погасании табло «Пуск». Замыкание перемычками гнезд № 1—4 разъема *1-Ш3* и установка рукоятки «Скорость приведения» в среднее положение не устраняют неисправность	Мала выдержка реле времени	Установить шкалу реле времени на отсчет 210—300 с
Гироблок резко заваливается при погасании табло «Пуск». Замыкание перемычками гнезд № 1—4 разъема *1-Ш3* устраняет неисправность	Нарушена регулировка схемы горизонтирования	Увеличить номинал резистора *1R22* прибора ВГ-1А
Гироблок после погасания табло «Пуск» горизонтируется вяло, сигнал ИГ за 5 мин не уменьшается до 30 мВ	То же	Уменьшить номинал резистора *1R22* прибора ВГ-1А
Максимальная угловая скорость приведения в меридиан более 800 °/мин, шкала вращается неравномерно, рывками	Нарушена регулировка схемы приведения в меридиан	Подобрать номинал резистора *1R5* прибора ВГ-1А
Наблюдаются автоколебания одной или обеих следящих систем прибора ВГ-1А (дрожание шкалы, характерный стук)	Нарушена настройка усилителей *1A1* и *1A2* Появился люфт в редукторе	Заменить усилитель *1A1* или *1A2* Заменить гиросекцию
Не работают обе следящие системы прибора ВГ-1А	Обрыв в цепи питания усилителей или двигателей прибора ВГ-1А	Проверить кабели и разъемы приборов ВГ-1А, ВГ-2А
Не работает следящая система трансляции курса прибора ВГ-3А при включенном переключателе «Следящая система», но световые табло работают нормально	Обрыв в цепи питания усилителя *3A1*, двигателя *3M1* Обрыв в цепи передачи курса от приборов ВГ-1А и ВГ-3А, нарушена работа *1BC3* прибора ВГ-1А Вышел из строя усилитель *3A1* Вышел из строя двигатель *3M1*	Проверить кабели и разъемы приборов ВГ-2А и ВГ-3А Проверить кабели и разъемы приборов ВГ-1А и ВГ-3А, проверить сигнал на *1BC3* при изменении курса Заменить усилитель Заменить двигатель

Продолжение табл. 3.2

Признаки неисправности	Вероятная причина	Способ устранения
Не работает азимутальная следящая система прибора ВГ-1А (нет характерного «рывка» шкалы при погасании табло «Пуск», не меняются показания шкалы при повороте основания), а горизонтная следящая система работает	Вышел из строя усилитель *1А2* Вышел из строя азимутальный двигатель *1М2*	Заменить усилитель » двигатель
	Обрыв или замыкание в коллекторе (кольца № 1, 3)	Проверить и исправить коллектор или заменить гиросекцию
Не работает горизонтальная следящая система прибора ВГ-1А (не работает приведение в режиме «Подготовка», нарушено функционирование в режимах гирокомпаса и гироазимута), а азимутальная следящая система работает	Обрыв или замыкание в коллекторе (кольца № 2, 4, 7, 14, 15, 16, 22, 24) Вышел из строя усилитель *1А1*, двигатель *1М1*	Проверить и исправить коллектор или заменить гиросекцию Заменить усилитель, двигатель 1М1
Наблюдаются автоколебания следящей системы трансляции курса прибора ВГ-3А или время успокоения колебаний при включении следящей системы превышает 5 с	Не подключены все репитеры и сельсины-приемники	Проверить подключение репитеров и сельсинов-приемников, проверить предохранители коробки *15М*
	Нарушена настройка усилителя *3А1*	Правильно подобрать номиналы резисторов прибора ВГ-3А или заменить усилитель
Наблюдаются «рывки» курсовых шкал прибора ВГ-3А и репитеров или установлено, что статическая погрешность следящей системы трансляции курса превышает ±0,05°. (Шкала прибора ВГ-1А движется плавно, без рывков)	Неисправен один из репитеров или сельсинов-приемников	Найти неисправный прибор поочередным отключением
	Нет надежного контакта в цепи передачи курса от прибора ВГ-1А к репитерам	Проверить сигнал на *1ВС3*, проверить кабели, разъемы, выводные колодки приборов ВГ-1А, ВГ-3А, 15М, репитеров
	Увеличен момент трения в редукторе или задевают шкалы прибора ВГ-3А	Проверить редуктор и шкалы прибора ВГ-3А при изменении курса на 360°
	Нарушена настройка усилителя 3А1	Правильно подобрать номиналы резисторов *3R9* и *3R10* или заменить усилитель

Признаки неисправности	Вероятная причина	Способ устранения
Уход в режиме гироазимута превышает $\pm 1°$/ч при установке широты места и не соответствует вертикальной составляющей угловой скорости Земли при установке нулевой широты	Нарушен тепловой режим	Проверить обогрев
	Нарушена работа усилителя *1А2*	Проверить сигналы «Вход Ус1» и U_β
	Нарушена компенсация вредного момента по горизонтальной оси подвеса гиросферы	Скомпенсировать момент рукояткой «Дрейф», проверить уход при широте
Уход в режиме гироазимута превышает $\pm 1°$/ч при установке широты места, но соответствует вертикальной составляющей угловой скорости Земли при установке нулевой широты	Обрыв в цепи широтной коррекции	Проверить сигнал U_β при повороте шкалы «Широта», проверить кабели и разъемы приборов ВГ-1А и ВГ-3А
	Нарушена регулировка широтной коррекции	Отрегулировать рукояткой $\sin\varphi$, проверить уход при разных широтах
Гироблок долго не устанавливается в меридиане в режиме гирокомпаса, в средних широтах фактор затухания меньше трех	Нарушена балансировка установочного кольца	Проверить балансировку и застой в подвесе установочного кольца
	Нарушена настройка схемы управления прибора ВГ-1А	Снять кривую затухающих колебаний, определить поправку гирокомпаса и $T_д$; отрегулировать схему управления
Поправка в режиме гирокомпаса на неподвижном судне превышает $\pm 1°$ при установке шкалы «Широта» на широту места (погрешности в одном пуске и от пуска к пуску — в пределах норм)	Пеленгаторные репитеры не согласованы с прибором ВГ-1А	Согласовать репитеры с прибором ВГ-1А
	Пеленгаторные репитеры на выставлены в ДП или пелорусы ненадежно закреплены	Выставить репитеры в ДП с точностью $\pm 0{,}25°$, надежно закрепить пелорусы
	Корпус прибора ВГ-1А не выставлен в ДП или ненадежно закреплен	Выставить прибор ВГ-1А в ДП с точностью $\pm 0{,}25°$, надежно закрепить
	Нарушена компенсация вредного момента по горизонтальной оси подвеса гиросферы или нарушена работа блока широтной коррекции	Проверить и устранить уход в режиме гироазимута
	Вышел из строя гироблок	Заменить гироблок

3.10. Гироазимуткомпас для судов арктического плавания

Основные особенности гироазимуткомпаса для судов арктического плавания состоят в следующем:

имеется возможность как ручного, так и автоматического ввода широты с погрешностью $\pm 1'$;

обеспечена точная выработка сигнала, пропорционального $(V_E/R_\delta)\,\mathrm{tg}\,\varphi$, вплоть до значения широты 88°;

предусмотрено отключение этого сигнала при переходе к квазикурсу при плавании в высоких широтах;

введена интегральная коррекция, которая обеспечивает автоматическую компенсацию вредных моментов, действующих относительно горизонтальной оси подвеса гиросферы.

Гироазимуткомпас для судов арктического плавания имеет в своем комплекте вместо прибора ВГ-3А корректор ВГ-3Б и транслятор ВГ-4Б. Применение этих приборов позволяет использовать гироазимуткомпас во всех широтах, вплоть до 90°.

Гироазимуткомпас для судов арктического плавания характеризуется повышенной точностью. На прямом курсе в широтах от 80 до 85° погрешность прибора в режиме гирокомпаса составляет: на прямом курсе при постоянной скорости $\pm 2°$; при маневрировании судна $\pm 3{,}5°$.

При работе прибора в режиме гироазимута в диапазоне широт от 80 до 90° его погрешность характеризуется дрейфом $\pm$ 2°/ч.

В широтах выше 85° прибор надлежит использовать в режиме гироазимута. В случае применения в высокоширотном рейсе навигационных карт, построенных в поперечной меркаторской проекции, судоводителю необходимо иметь информацию о квазикурсе K_q. Расчет квазикурса производится по формуле $K_q = ИК + \lambda_E^W$. Переход к квазикурсу K_q осуществляют поворотом шкал репитеров по отношению к шкалам приборов ВГ-1А и ВГ-4Б на значение величины λ_E^W.

Принцип действия схемы интегральной коррекции. При наличии вредного момента $L_в$ (рис. 3.19), действующего на гиросферу относительно горизонтальной оси OY, главная ось гиросферы располагается под некоторым углом β к плоскости горизонта, а следовательно, и под некоторым углом к плоскости меридиана. Для компенсации этих погрешностей сигнал U_β, пропорциональный β, с выхода индикатора горизонта *1* через усилитель *2* подается на интегрирующий двигатель *3*, который редуктором *4* связан с переменным резистором *6*.

Компенсационный сигнал $U_к$, снимаемый с движка резистора *6*, пропорционален углу поворота движка относительно его средней точки, а следовательно, углу поворота двигателя *3*. Этот сигнал подается на горизонтальный стабилизирующий двигатель *7*, вызывает дополнительное закручивание горизонтальных торсионов, формирует компенсационный момент $L_к$ и компенсирует существующий вредный момент $L_в$. В момент полной компенсации вредного момента главная ось гиросфе-

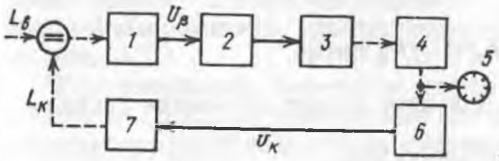


Рис. 3.19

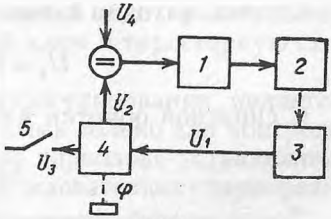


Рис. 3.20

ры располагается в плоскости меридиана и горизонтально, а сигнал $U_β$ индикатора горизонта *1* обращается в нуль, и интегрирующий двигатель *3* останавливается. Контроль положения интегратора осуществляется по шкале *5*.

Передаточное отношение редуктора *4* интегратора велико, оно равно 1/11 000 000, поэтому интегратор практически не влияет на динамические характеристики гирокомпаса.

При переводе прибора с режима гирокомпаса на режим гироазимута с интегрирующего двигателя снимается напряжение и блок интегральной коррекции переводится на режим «памяти». В этом случае в течение всего времени работы прибора в режиме гироазимута сигнал $U_н$ сохраняется таким, каким он был в режиме гирокомпаса.

Принцип формирования корректирующего сигнала, пропорционального скорости V_E судна вдоль параллели. Известно, что для компенсации девиации затухания и нивелирования главной оси гиросферы в вычислителе гироазимуткомпаса должен формироваться сигнал, пропорциональный $\omega_{з} \sin \varphi + (V_E/R_{з}) \operatorname{tg} \varphi$. Часть этого сигнала, пропорциональная $\sin \varphi$, формируется в приборе ВГ-3Б, так же как и в приборе ВГ-3А. Для повышения точности формирования второй части сигнала, зависящей от $\operatorname{tg} \varphi$, вычислитель прибора ВГ-3Б имеет расшифровывающую следящую систему, с помощью которой строго реализуется функция тангенса φ.

В состав следящей системы (рис. 3.20) входит синусно-косинусный вращающийся трансформатор *4*, линейный вращающийся трансформатор *3*, усилитель *1* и двигатель *2*. Угловое положение ротора трансформатора *4* задается судоводителем в соответствии с широтой φ места. На статорную обмотку этой машины подается ток напряжением U_1. С косинусной обмотки этой машины ток напряжением $U_2 = k_1 \cos \varphi$ поступает на сумматор. Здесь сигнал U_2 сравнивается с сигналом U_4, который пропорционален $V_E/R_{з}$. Разность сигналов $U_4 - U_2$ через усилитель *1* подается на двигатель *2*, который механически связан с ротором трансформатора *3*. Выходное напряжение U_1 этой машины является входным для трансформатора *4*. Отработка двигателя *3* прекращается, когда сигналы U_2 и U_4 равны. Это означает, что

$$m(V_E/R_{з}) = k_1 U_1 \cos \varphi,$$

где m — масштабный коэффициент.

Отсюда находим сигнал

$$U_1 = (V m_1/k_1)(V_E/R_д \cos\varphi).$$

С синусной обмотки машины *4* в этом случае снимается сигнал

$$U_3 = m(V_E/R_д)\operatorname{tg}\varphi.$$

Такой способ формирования сигнала обеспечивает необходимую точность до широт 88°. Однако, начиная с широт 85°, в связи с переходом на выработку квазикурса этот сигнал не нужен, и его отключают выключателем *5*.

Модернизация гироазимуткомпаса. Опыт эксплуатации гироазимуткомпаса на флоте позволил выявить некоторые недостатки в схеме прибора. В связи с этим в схему гироазимуткомпаса в последние годы был внесен ряд усовершенствований.

Применение *блока терморегулирования* обеспечивает поддержание в гироблоке постоянной температуры 75 °С погрешностью ±0,5 °С.

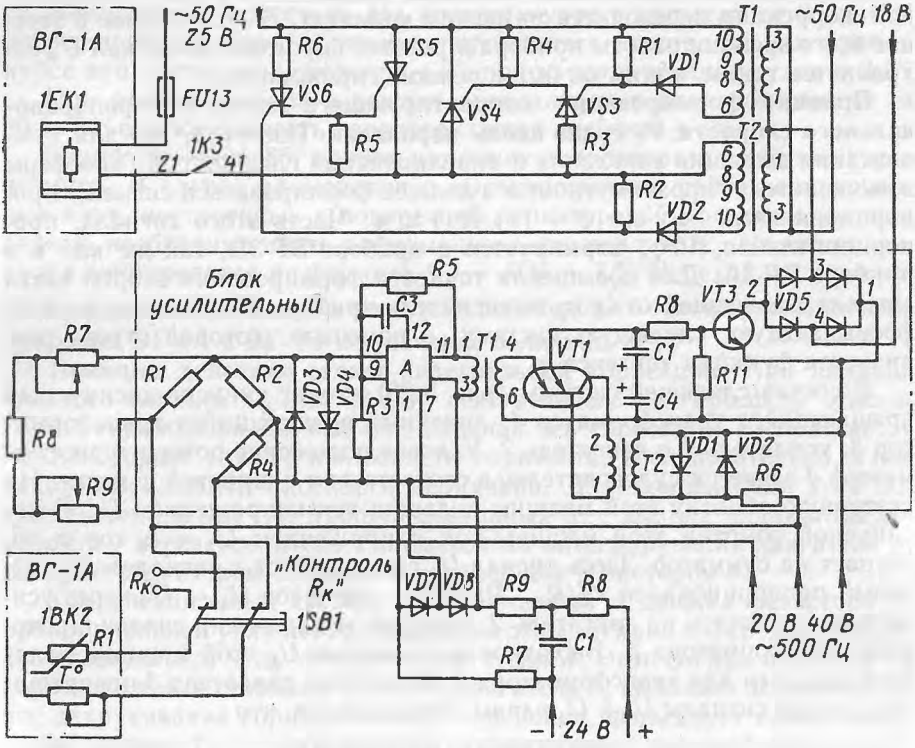


Рис. 3.21

Блок терморегулирования содержит резисторный мост, фазочувствительный выпрямитель, транзисторно-диодный ключ и тиристорную схему (рис. 3.21).

Чувствительным элементом схемы терморегулирования является термореле *1ВК2*, которое раньше использовалось только для контроля температуры гироблока. Рядом с термореле на гироблоке устанавливают переменный резистор *R1*, включенный последовательно с терморезистором $R_к$ реле *1ВК2*.

Терморезистор $R_к$ и резистор *R1* включены в одно из плеч резисторного моста. С помощью переменных резисторов *R7* и *R9* мост балансируют так, что при сопротивлении терморезистора 450 Ом напряжение в диагонали моста равно нулю.

При отклонении температуры гироблока от заданной меняется сопротивление терморезистора, нарушается равновесие моста и подается сигнал на вход усилителя. Фаза сигнала зависит от знака изменения температуры гироблока. С выхода усилителя *А* сигнал поступает на транзистор *VT1*, включенный по схеме однополупериодного фазочувствительного выпрямителя. Отсюда сигнал в виде напряжения поступает на ключ, состоящий из транзистора *VT3* и диодной матрицы *VD5*.

При понижении температуры гироблока сопротивление терморезистора становится меньше 450 Ом и потенциал базы транзистора *VT3* становится положительным по отношению к эмиттеру. Транзистор насыщается и соединяет накоротко выводы *1—2* диодной матрицы *VD5*. Это приводит к резкому уменьшению сопротивления между выводами *3* и *4* и увеличению тока в первичных обмотках трансформаторов *Т1* и *Т2*. Посредством напряжения вторичных обмоток этих трансформаторов, выпрямленного диодами *VD1* и *VD2*, осуществляется пуск тиристорного ключа *VS3* — *VS6*. В результате отпирания тиристоров включается кольцевой обогреватель *1ЕК1* прибора ВГ-1А.

Когда температура гироблока достигает заданного значения, восстанавливается равновесие резисторного моста, транзистор *VT3* переходит в состояние отсечки, сопротивление между выводами *3* и *4* диодной матрицы *VD5* увеличивается, тиристоры оказываются запертыми, а цепь питания обогревателя разорванной.

Периодическим включением обогревателя схема терморегулирования поддерживает в гироблоке постоянную температуру. Для контроля сопротивления терморезистора $R_к$ предусмотрены гнезда «$R_к$» и кнопка *1SB1* «Контроль $R_к$». Сигнальное термореле *1ВК1* срабатывает, когда температура под колпаком повысится до +65 °С, а не до + 80° С, как было раньше. Рабочая температура воздуха под колпаком + 50 °С.

Для устранения автоколебаний следящих систем гироблока разработан блок подавления автоколебаний, он размещается под основанием гиросекции. Для устранения автоколебаний следящей системы трансляции курса изменены параметры корректирующего контура.

ГИРОТАХОМЕТР «ГАЛС»

4.1. Технические данные и состав комплекта

Гиротахометр «Галс» является прибором, который обеспечивает измерение угловой скорости поворота судна. Информация, получаемая от гиротахометра, может использоваться в системах автоматического управления курсом судна и может также применяться при ручном управлении.

Угловая скорость отображается на цифровых трехдиапазонных аналоговых репитерах. Значение угловой скорости как информация для внешних потребителей может быть выражено в виде сигнала постоянного тока или цифрового кода.

Технические характеристики гиротахометра «Галс»

Диапазон измеряемой угловой скорости, градус/мин	0—360 или 0—100
Чувствительность, градус/мин	0,1
Погрешность измерения, градус/мин	0,2 (±2,5% значения измеренной величины)
Время готовности, мин	4
» непрерывной работы, ч	5 000
Полный ресурс работы, ч	50 000
Напряжение питания, В	220 (50 Гц)
Потребляемая мощность, В·А	70

Гиротахометр «Галс» выпускают в двух модификациях. Прибор первой модификации (рис. 4.1) предназначен для использования на судах с угловыми скоростями поворота до 360°/мин. В состав гиротахометра входят: основной прибор *3* (прибор Т4), аналоговый репитер *1* (прибор Р5), цифровой репитер *2* (прибор Р6), соединительные коробки *4* (прибор Х29) и ЗИП.

Гиротахометр второй модификации устанавливают на судах с угловыми скоростями поворота до 100° /мин. Он не имеет цифрового репитера.

4.2. Устройство и принцип действия гиротахометра

Основной прибор гиротахометра служит для измерения угловой скорости поворота судна и преобразования ее в электрический сигнал. В основной прибор (рис. 4.2) входят следующие функциональные узлы: гиросекция *2*, блок электронных плат *1*, блок питания *4*, схемы включения, защиты и контроля неисправности. К блоку электронных плат относятся: плата питания гиромотора, плата управления и сигнали-

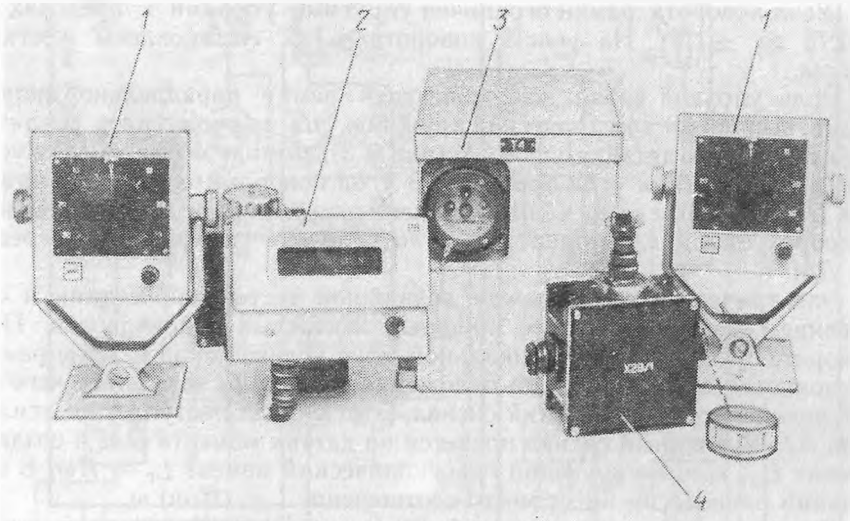


Рис. 4.1

зации, плата преобразователя напряжение — код, плата связи с прибором Р6.

Прибор Т4 имеет три отсека. Вертикальная перегородка делит прибор на две части. Заднюю часть занимают электронные платы. Передняя часть разделена горизонтальной перегородкой. В верхнем отсеке установлена гиросекция. На лицевой стороне этого отсека установлены тумблер питания *3*, лампы сигнализации *5* и *6*. В нижнем отсеке размещен блок питания *4*.

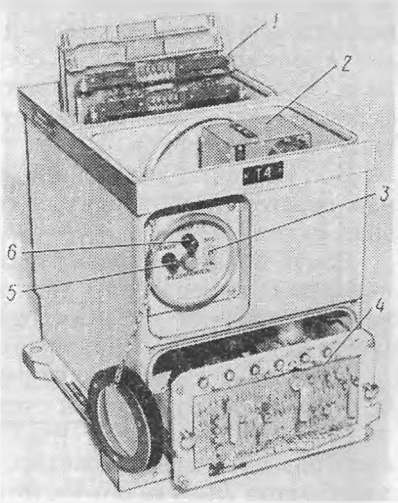


Рис. 4.2

Гиросекция. Она является основным узлом гиротахометра, с помощью которого осуществляется измерение угловой скорости поворота судна. Гиромотор помещен в рамку так, что вектор его кинетического момента расположен горизонтально и параллелен диаметральной плоскости судна. Ось подвеса рамки также расположена горизонтально и параллельно плоскости шпангоутов. Такой способ подвешивания обеспечивает рамке свободу вращения относительно корпу-

са. Угол поворота рамки ограничен упругими упорами в пределах от $\pm 0{,}75$ до $\pm 1{,}5°$. На углах поворота $\pm 1{,}5°$ установлены жесткие упоры.

Роль упругой связи, удерживающей рамку параллельно палубе судна, выполняет электрическая пружина. Эта упругая связь реализуется с помощью датчика угла *ДУ* (рис. 4.3), датчика момента *ДМ* и усилителя *А1*. Датчик угла преобразует угол поворота рамки в напряжение $U_д = k_д \beta$, где $k_д$ — коэффициент передачи *ДУ*. Датчик момента преобразует ток i в момент $L_д = mi$, где m — коэффициент передачи *ДМ*.

Электрическая связь между подвижной частью гиросекции и основанием осуществляется с помощью ленточных токоподводов. При повороте судна вокруг вертикальной оси с угловой скоростью ω рамка отклоняется от нейтрального положения на угол β, вследствие чего на *ДУ* возникает электрический сигнал. Этот сигнал поступает на усилитель *А1*. Усиленный сигнал подается на датчик момента *ДМ* и создает момент $L_д$, компенсирующий гироскопический момент $L_г = H\omega$. В состоянии равновесия имеет место соотношение $i = (H/m)\,\omega$.

Для высокой точности и стабильности показаний гиротахометра необходимо обеспечить постоянство кинетического момента H и линейность коэффициента m. С этой целью гиромотор выбран синхронным, его частота задается кварцевым генератором, датчик момента — соленоидного типа с постоянным магнитом.

Реализация надлежащих характеристик гиротахометра зависит от качества упругой связи. Она должна быть достаточно жесткой и обладать демпфирующими свойствами. Эти качества реализованы в электрической пружине. Ее жесткость $C_ц$, определяемая соотношением $C_ц = (mk_д k_у) r$, поддается регулировке в большом диапазоне значений вследствие изменения коэффициента усиления $k_у$. Наличие в усилителе дифференцирующего звена обеспечивает выработку составляющей сигнала, пропорциональной производной от угла β. Таким образом, дифференцирующее звено придает упругой связи демпфирующее свойство типа вязкого трения.

Все элементы гиросекции размещены в корпусе. Гиросекция устанавливается на площадку, и ее замена может быть выполнена в условиях судна.

Плата питания гиромотора (ППГ). Она состоит из следующих узлов: кварцевого генератора *Г*, делителей частоты f_3/f_2 и f_3/f_4, дешифратора-фазорасщепителя *ДС*, выходных транзисторных ключей *V1* — *V6*, схемы контроля неисправностей.

Кварцевый генератор формирует управляющие импульсы частотой $f_2 = 768$ кГц. Эта частота с помощью делителей преобразуется в частоты $f_3 = 76,8$ кГц и $f_4 = 1{,}2$ кГц. Сигнал частотой f_3 поступает на преобразователь напряжение — код. Сигнал частотой f_4 подается на дешифратор *ДС*, где его частота снижается до 200 Гц, и формирует шестифазную систему сигналов, управляющих транзисторами V_1 — V_6.

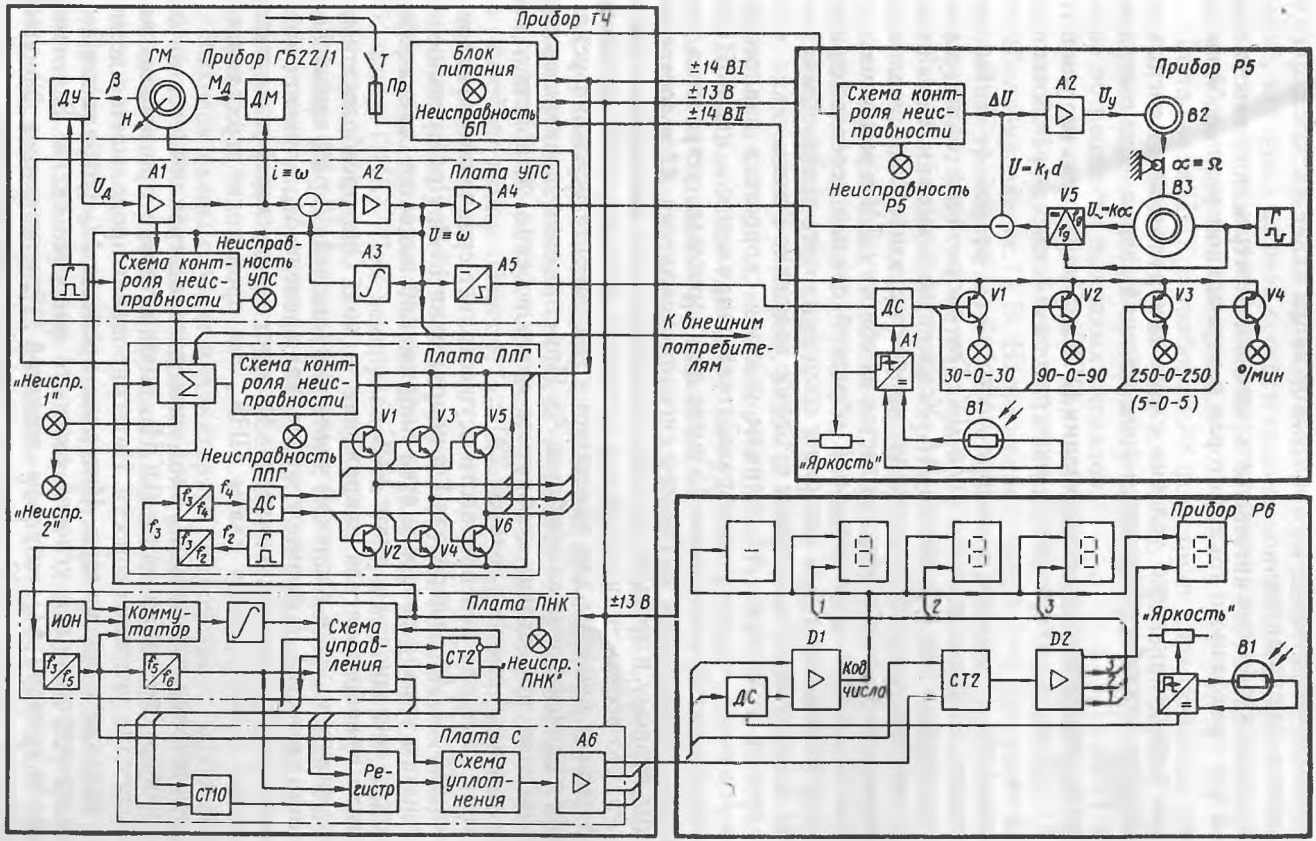

Прибор ТЧ
Прибор ГБ22/1
ГМ
ДУ
ДМ
Блок питания
Неисправность БП
±14 ВI
±13 В
±14 ВII
Прибор Р5
Схема контроля неисправности
Неисправность Р5
Плата УПС
Схема контроля неисправности
Неисправность УПС
К внешним потребителям
Плата ППГ
Схема контроля неисправности
Неисправность ППГ
„Неиспр. 1"
„Неиспр. 2"
30-0-30
90-0-90
250-0-250
(5-0-5)
°/мин
„Яркость"
Прибор Р6
Плата ПНК
Коммутатор
Схема управления
„Неиспр. ПНК"
Плата С
Схема уплотнения
Регистр
Код числа
„Яркость"

Рис. 4.3

Эти транзисторы формируют трехфазное напряжение частотой 200 Гц, подаваемое на гиромотор.

Схема контроля неисправности основана на измерении суммы напряжений фаз трехфазного тока, которая в нормальном режиме близка к нулю.

При нарушении этого условия схема контроля выдает сигнал неисправности в прибор *Т4* и расшифровывающий сигнал — на светодиод платы ППГ.

Плата управления и сигнализации (УПС). Она состоит из усилителей *А1*, *А2* и *А4*, генератора *Г*, интегратора *А3*, схем переключения и контроля.

Генератор *Г* формирует сигнал частотой f_1, равной 4—6 кГц, напряжением 10 В для датчика угла *ДУ*. Ток опорной частотой f_1 поступает на демодулятор усилителя *А1*. Усиленный и выпрямленный сигнал, пропорциональный β, проходит корректирующее звено усилителя *А1* и в виде постоянного тока *i* подается на обмотку *ДМ* и усилитель *А2*. Последний охвачен отрицательной обратной связью через генератор *А3*. Применение этой связи позволяет компенсировать дрейф «нуля» усилителя *А2* и гироскопа, а также суточное вращение Земли.

С выхода усилителя *А2* сигналы угловой скорости в аналоговой форме подаются на плату преобразователя напряжение — код (ПНК) и внешним потребителям. Схема *А5* имеет два пороговых устройства, настроенных на значение выходного сигнала усилителя *А2* и соответствующих второму и третьему диапазонам индикации аналогового репитера *Р5*. По достижении выходным сигналом этих значений схема *А5* вырабатывает команды для изменения коэффициента усиления усилителя *А4* и оцифровки шкал приборов *Р5*. При снижении значения выходного сигнала происходит возвратное переключение устройств *А4* и *Р5* с задержкой времени, равной 220 с.

Схема контроля неисправности осуществляет сравнение сигналов с усилителей *А1*, *А2*, генератора Г и напряжения 13 В. При превышении допустимого уровня разности этих напряжений выдается сигнал неисправности светодиодом в плате УПС.

Плата преобразователя напряжение — код. Она преобразует сигнал с усилителя *А2* в двоичной число-импульсный 12-разрядный код. Делитель частоты f_3/f_4 формирует интервал времени Δt_1, в течение которого выходной сигнал с усилителя *А2* через электронный коммутатор подключен к интегратору платы ПНК, где происходит заряд конденсатора.

По истечении времени Δt_1 вход интегратора переключается на источник опорного напряжения (ИОН), знак которого противоположен знаку сигнала угловой скорости. Интегрирование продолжается до момента разряда конденсатора. Интервал времени Δt_2 разряда конденсатора пропорционален угловой скорости поворота судна. В течение интервала времени Δt_2 импульсы частотой f_3 поступают на двоичный реверсивный счетчик *СТ2*, образуя число-импульсный код.

В режиме контроля на вход интегратора подается тестовое напряжение, которому должен соответствовать контрольный код в счетчике. При несоответствии этого кода вырабатывается сигнал неисправности, который поступает на светодиод.

Плата связи ПНК с прибором *Р6* формирует параллельный 14-разрядный двоично-десятичный код для этого прибора. Кроме того, в этой плате производится временное уплотнение выходного кода и усиление по мощности выходных сигналов.

Блок питания. Он служит для преобразования напряжения 220 В (частота 50 Гц) судовой сети в стабилизированное напряжение 13 В и нестабилизированное 14 В. Напряжение судовой сети поступает на понижающий трансформатор. С его вторичных обмоток ток подается на выпрямители, фильтры и стабилизатор. Линия тока напряжением 13 В имеет схему ограничения тока короткого замыкания, линия тока напряжением 14 В — защиту от перенапряжения свыше 14,5 В. Схема контроля неисправности обеспечивает регистрацию всех напряжений Сигнал неисправности поступает на светодиод блока питания.

Схемы включения, защиты и контроля неисправности. Гиротахометр включается тумблером, рядом с тумблером расположены предохранитель и светодиод, контролирующий его состояние. При перегорании предохранителя светодиод загорается красным светом. При неисправности отдельных функциональных устройств в последних загораются светодиоды, которые расшифровывают неисправные устройства и подают сигнал в схему обобщения. Эта схема делит все устройства, от которых поступают сигналы, на две группы.

К первой группе относятся устройства, при неисправности которых информация об угловой скорости судна теряется полностью (гиросекция, платы ППГ и УПС, блок питания). В этом случае обобщенная схема включает лампу «Неиспр. 1» и выдает сигнал неисправности внешним потребителям.

Ко второй группе относятся устройства, при неисправности которых информация теряется только для отдельных потребителей (прибор *Р5*, платы ПНК). При неисправностях устройств второй группы светится лампа «Неиспр. 2».

Прибор Р5 (аналоговый репитер). Он предназначен для считывания угловой скорости поворота судна. Его схема представляет собой следящую систему, на вход которой подается сигнал угловой скорости поворота.

Выходом схемы служит индикаторное устройство с круглой шкалой (рис. 4.4). Интервал измеряемой угловой скорости разбит на три диапазона, причем оцифровка диапазонов переключается автоматически.

Прибор *Р5* (см. рис. 4.3) имеет следующие функциональные узлы: усилитель *А2*, демодулятор *V5*, генератор *Г*, двигатель *В2*, трансформатор *В3*, дешифратор *ДС*, шкальное устройство. На передней крышке прибора расположены шкальное устройство, фоторезистор и светодиод,

ручка регулировки подсветки ламп и кнопка «ДИАП» ручного возврата на самый малый диапазон.

Схема репитера работает следующим образом. Генератор *Г* формирует частоту 8—12 кГц для вращающегося трансформатора *В3* и обеспечивает работу демодулятора *V5*. Выходной сигнал с трансформатора *В3* после фазочувствительного выпрямления демодулятором *V5* суммируется на входе усилителя *А2* с сигналом угловой скорости поворота, образуя при этом сигнал рассогласования следящей системы. Этот сигнал поступает на двигатель *В2*, который поворачивает индекс шкального устройства и ротор *В3*, доводя сигнал рассогласования до нуля.

Ниже приведены значения угловой скорости, которые регистрируются в разных диапазонах:

Диапазон	Угловая скорость, градус/мин
Первый	0—36
Второй	0—108
Третий	0—360

Ниже даны диапазоны репитера Р5-1:

Диапазон	Угловая скорость, градус/мин
Первый	0—7,2
Второй	0—36
Третий	0—108

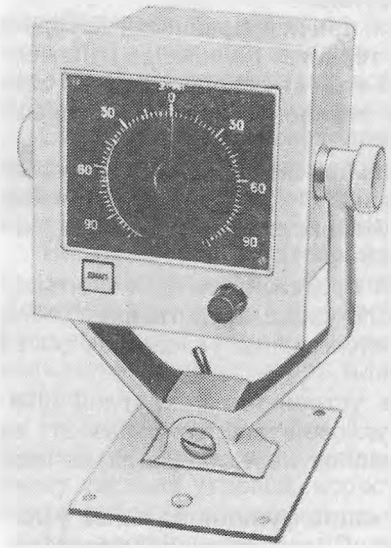


Рис. 4.4

В зависимости от значения выходного сигнала угловой скорости поворота пороговые устройства схемы *А5* формируют код диапазона, который поступает на дешифратор *ДС* прибора *Р5*. Дешифратор в зависимости от кода открывает соответствующий ключ схемы переключения ламп шкального устройства. Одновременно с переключением ламп оцифровки шкального устройства схема *А5* изменяет масштаб угла отклонения индекса шкального устройства путем переключения коэффициента передачи усилителя *А4*.

Для исключения частого переключения диапазонов в районе их граничных значений в схему введена задержка длительностью 220 с. При необходимости быстро-

го переключения на самый чувствительный диапазон предусмотрена кнопка «ДИАП».

Яркость ламп шкального устройства автоматически регулируется фоторезистором. Начальную яркость устанавливают ручкой. Контроль неисправности прибора Р5 осуществляется по общему принципу от порогового устройства по сигналу рассогласования следящей системы.

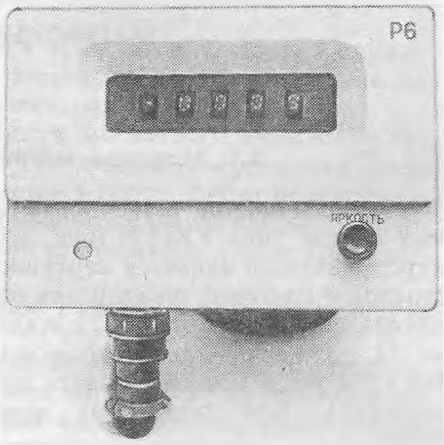


Рис. 4.5

Прибор Р6 (цифровой репитер). Он является пятиразрядным цифровым индикатором, в котором на пяти семисегментных светодиодных индикаторах отображается значение угловых скоростей от 0 до 360°/мин (рис. 4.5). Знак минус (см. рис. 4.3) указывает на левый поворот.

Выходной пятиразрядный код подается на дешифратор прибора Р6. Дешифратор преобразует двоично-десятичный код в семисегментный код индикации, который поступает на счетчик. Счетчик осуществляет последовательное по времени включение цифровых индикаторов. При частоте включения 25—30 Гц пятиразрядная индикация воспринимается как светящаяся непрерывно. В приборе Р6 такая же регулировка яркости индикаторов, как и в приборе Р5.

Приборы Х29. Это водозащищенные коробки, предназначенные для подключения аналогового репитера к гиротахометру.

Размещение и эксплуатация гиротахометра. Прибор Т4 устанавливают на металлической подставке высотой 0,5 м. Ограничений на расстояние от прибора Т4 до центра качаний судна не накладывается. Для уменьшения влияния качки судна на показания гиротахометра горизонтальная поверхность подставки должна быть параллельна основной плоскости судна с погрешностью $\pm 0{,}1^{\circ}$, а левая базовая грань прибора Т4 должна быть параллельна диаметральной плоскости судна с погрешностью $\pm 0{,}5^{\circ}$.

Контроль работы гиротахометра осуществляют по лампам сигнализации неисправности. Работоспособность гиротахометра на судне восстанавливают путем замены вышедших из строя приборов и кассет.

МАГНИТНЫЕ КОМПАСЫ

5.1. Морской магнитный компас УКП-М

На большинстве транспортных судов используется морской магнитный компас типа УКП-М (рис. 5.1). Чувствительным элементом этого курсоуказателя является картушка *11* — магнитная система из шести стрелок с круговой шкалой для отсчета курса или пеленга. Картушка находится внутри котелка *2* с жидкостью и опирается на острие шпильки *12*, служащей для центровки магнитной системы. Масса картушки 105 г, ее вес в жидкости почти полностью компенсируется силой поддержания, благодаря чему момент сил трения в опоре незначителен.

Котелок посредством карданова кольца с двумя цапфами устанавливается в верхней части нактоуза *3*. Основание *6* нактоуза жестко крепится к палубе болтами. Внутри нактоуза находится девиационный прибор в виде полой латунной трубы *5* с двумя каретками. В каретках закреплены продольные *7* и поперечные *8* магниты-уничтожители, предназначенные для компенсации полукруговой девиации. Внутри трубы *5* на тросике подвешен вертикальный магнит *4*, служащий для уничтожения креновой девиации. Вращением валика *9* можно изменять положение магнита *4* по высоте.

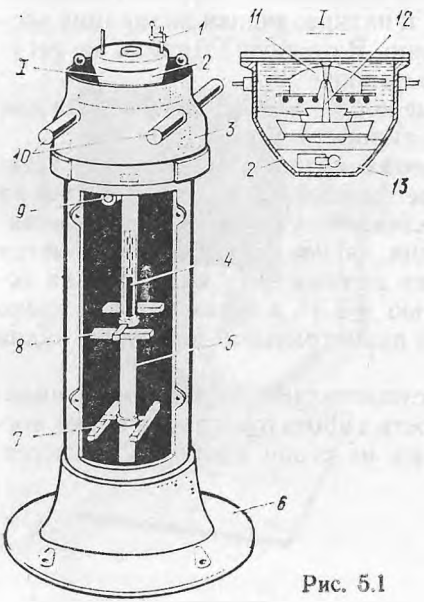


Рис. 5.1

В верхней части нактоуза расположены два горизонтальных бруска *10*, предназначенные для компенсации четвертной девиации. Бруски изготовлены из мягкого ферромагнитного материала. В некоторых случаях вместо брусков круглого сечения применяют прямоугольные стержни или шары, которые крепят на кронштейнах справа и слева в верхней части нактоуза. Для компенсации девиации от индукции могут применяться небольшие поперечные пластины, которые крепят под котелком компаса.

Компас имеет донное освещение картушки лампой *13*, вставленной в нижнюю часть котелка.

На лампу подается переменный ток пониженного напряжения (6, 12 или 24 В).

Сверху на котелок *2* устанавливается пеленгатор *1*, который служит не только для навигационного пеленгования, но и для выполнения девиационных работ с применением дефлектора.

Основная проверка работоспособности магнитного компаса — это определение значения «застоя», т. е. статической погрешности из-за трения в опоре. Эта проверка выполняется в порту. Берут пеленг отдаленного предмета, затем с помощью небольшого магнита отклоняют картушку на 2—3° и, убрав магнит, дают ей успокоиться. После этого снова пеленгуют тот же самый предмет.

Операцию повторяют несколько раз. Разница в отсчетах пеленгов характеризует «застой» компаса.

Значение «застоя» не должно быть более 0,2° (для средних широт). При большем «застое» необходимо извлечь шпильку *12* из котелка и заменить ее. Для этого снимают нижнюю часть котелка, вывертывают пробку диафрагмы и специальной отверткой вывинчивают старую шпильку и вместо нее вставляют новую. Если причиной большого застоя является трещина в топке, то котелок с картушкой подлежат ремонту в навигационной камере пароходства.

Время от времени надлежит удалять из котелка пузырьки воздуха и добавлять некоторое количество поддерживающей жидкости. Для удаления пузырьков воздуха котелок вынимают из нактоуза, переворачивают и медленно покачивают из стороны в сторону. Для доливки жидкости в боковой стенке есть отверстие, закрываемое винтовой пробкой.

5.2. Особенности конструкции компаса КМО-Т с оптической передачей

Магнитный компас КМО-Т* имеет оптическое устройство, с помощью которого шкала картушки проецируется на зеркальный отражатель, расположенный перед рулевым. Поэтому компас КМО-Т одновременно является и главным, и путевым курсоуказателем. Градусные деления шкалы выполнены в виде сквозных отверстий, через которые проходят световые лучи.

Оптическая система компаса представлена на рис. 5.2. Лампа *7* освещает картушку *3* снизу. Свет от лампы проходит через стеклянное дно *6* котелка *1* и промежуточный стеклянный диск *5*. Изображение картушки посредством двух линз *14* и *16* фиксируется в зеркале *12* и передается к наблюдателю в ходовую рубку. В нактоузе имеется защитное стекло *17*, а внутри трубы *11* — обогреваемое стекло *13*. Обогрев при низких температурах предотвращает запотевание оптических элементов.

---

* Марка расшифровывается так: компас магнитный оптический тропического исполнения.

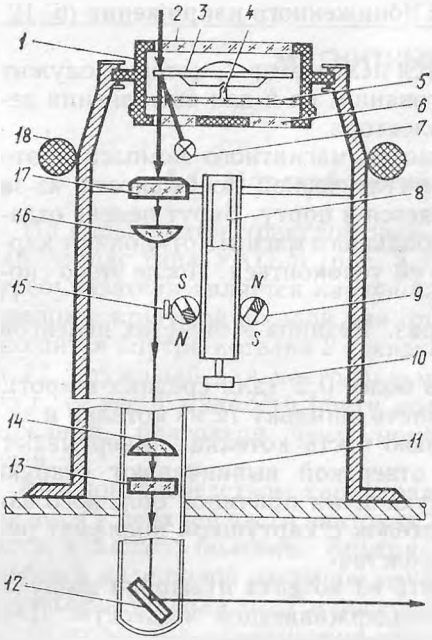


Рис. 5.2

Следует отметить, что днем (при выключенной лампе 7) изображение картушки передается на зеркало от лучей, проходящих через верхнее стекло *2* и прорези цифр в картушке *3*. При этом наблюдатель видит на темном фоне белые деления. (Ночью при освещении картушки лампой *7* видны черные деления на белом фоне.) Труба *11* оптической системы через отверстие в палубе проходит в рубку.

Картушка *3* опирается на шпильку *4*. Внутри нактоуза установлен девиационный прибор с креновым магнитом *8* и двумя парами магнитов-уничтожителей для компенсации полукруговой девиации. Для перемещения кренового магнита по вертикали вращают винт *10*. Два продольных магнита-уничтожителя установлены в двух шестернях *9*. Вращая винт *15*, можно изменять ориентацию магнитов от вертикального до горизонтального положения.

При вертикальном положении магнитов их полюса располагаются, как показано на рис. 5.3, *а*. В этом случае магниты не влияют на картушку компаса, так как оказываются сложенными вместе разноименными полюсами. Их суммарный магнитный момент M равен нулю. При горизонтальном положении магнитов-уничтожителей (рис. 5.3, *б*) в центре картушки O возникает максимальный продольный вектор индукции $X_к$ для компенсации продольной судовой магнитной силы $B\lambda H$. Значение величины $X_к$ определяется суммарным магнитным моментом $M = M_1 + M_2$.

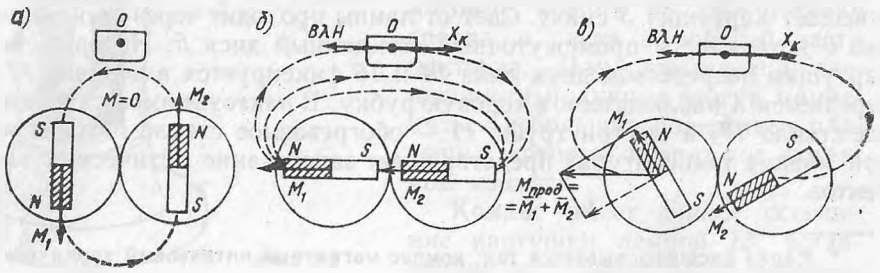


Рис. 5.3

В промежуточном положении (рис. 5.3, *в*) вектор суммарного магнитного момента магнитов всегда направлен горизонтально ($M_{прод} = \overline{M}_1 + \overline{M}_2$), и в точке *О* создается продольное компенсирующее поле с индукцией $X_к$, пропорциональной значению M. Два поперечных магнита (на рис. 5.2 не показаны) установлены в двух других шестернях и действуют так же, как продольные. Они создают магнитное поле для компенсации поперечной силы $C\lambda H$.

В верхней части нактоуза (см. рис. 5.2) установлены бруски *18* из мягкого железа для уничтожения четвертной девиации.

5.3. Магнитный компас КМ-145

Комплект приборов и основные технические данные. Магнитный компас КМ-145 предназначен для установки на судах морского флота. Он определяет курс судна с передачей отсчета на репитеры. Компас имеет восемь модификаций: КМ-145-1 — магнитный компас без дистанционной передачи; КМ-145-3 — магнитный компас с электрической дистанционной передачей курса на репитеры гирокомпасного типа; КМ-145-5 — магнитный компас с оптической дистанционной передачей курса; КМ-145-7 — магнитный компас, имеющий обе дистанционные передачи курса. Модификации КМ-145-2, КМ-145-4, КМ-145-6 и КМ-145-8 аналогичны указанным выше четырем, но дополнительно снабжены компенсатором электромагнитной девиации.

Рассмотрим устройство и работу компаса наиболее полной модификации КМ-145-8. В этом компасе предусматриваются следующие варианты определения курса судна: отсчет курса непосредственно по картушке основного прибора; отсчет курса с экрана оптического репитера, связанного с основным прибором стекловолокнистым гибким жгутом; считывание курса судна со шкалы репитера, связанного с основным прибором дистанционной электрической передачей на сельсинах.

Ниже приведены приборы, входящие в состав комплекта компаса КМ-145-8, и места их установки.

Основной прибор (прибор 52) служит для определения курса судна и выработки сигнала дистанционной передачи. Он состоит из датчика курса и компенсаторов девиации (рис. 5.4). Его устанавливают на верхнем мостике судна.

Центральный прибор (прибор 50) усиливает и преобразует сигнал дистанционной передачи, поступающей от датчика курса. Его устанавливают в ходовой рубке.

Регулировочное устройство (прибор 3) предназначено для регули-

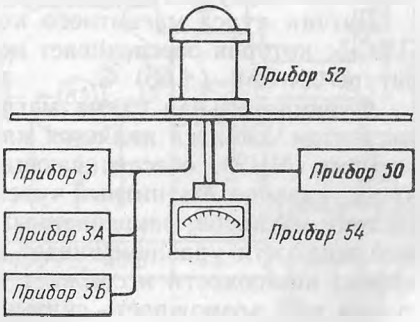


Рис. 5.4

ровки силы тока в обмотках компенсатора электромагнитной девиации. Его устанавливают в ходовой рубке.

Приборы питания (прибор 3А, прибор 3Б) вырабатывают напряжения, необходимые для питания электрической схемы компаса. Их устанавливают в ходовой рубке.

Оптический репитер (прибор 54) служит для дублирования показаний датчика курса на оптическом экране, установленном в ходовой рубке. Считывать курс судна на экране оптического репитера можно одновременно нескольким лицам.

Технические характеристики магнитного компаса КМ-145-8

Диаметр картушки, мм	145
Магнитный момент датчика курса, А·м²	2
Максимальная погрешность измерения компасного курса, градусы:	
на неподвижном судне	±0,5
» движущемся судне (при качке до 10°)	±2
Пределы компенсации в средних широтах девиации, градусы:	
полукруговой	±70
четвертной	±8
креновой, на 1° крена	до ±6
Скорость отработки следящей системы, градус/с	6
Длина стекловолокнистого жгута, соединяющего приборы 52 и 54, м	2

Дистанционная электрическая передача магнитного компаса КМ-145-8 обеспечивает подключение репитеров гирокомпасного типа. На оптическом репитере изображается сектор картушки, равный 30°.

Электрическая схема компаса рассчитана на подключение ее к судовой сети напряжением 220 В, частотой 50 Гц. Компенсаторы электромагнитной девиации подсоединяют к специальной линии постоянного тока напряжением 220 В. Имеется аварийный режим питания постоянным током (напряжением 27 В), при этом обеспечиваются только подсветка картушки датчика курса и работа оптического репитера.

Датчик курса магнитного компаса КМ-145-8 заполнен жидкостью ПМС-5, которая обеспечивает нормальную работу прибора при температуре (—55)—(+65) °С.

Функциональная схема магнитного компаса КМ-145-8. Основным элементом компаса является картушка — магнитный чувствительный элемент (МЧЭ), обеспечивающий непосредственное и дистанционное курсоуказание. Магнитный чувствительный элемент представляет собой систему магнитов, закрепленных на поплавке. Реакция поддерживающей жидкости уравновешивает действие веса картушки, что создает эффект невесомости и снижает трение в опоре. Круговая шкала картушки дает возможность считывать курс судна непосредственно.

Осветительное устройство *8* (рис. 5.5, *а*) с конденсорными линзами *7* позволяет осуществлять дистанционную оптическую передачу изоб-

ражения картушки на матовое стекло *1* прибора 54, установленного в ходовой рубке. Световые лучи, пройдя по трубе *6*, фокусируются объективом *5* на торцовой части гибкого волоконного светопровода *4*, проникают через второй объектив *3*, отражаются в зеркале *2* и дают изображение на матовом стекле *1*.

Датчиком дистанционной электрической передачи курса является индукционный чувствительный элемент *B1* (рис. 5.5, *б*), состоящий из двух ортогонально расположенных феррозондов. Датчик *B1* закреплен в нижней части котелка (вмонтирован в груз, под действием которого котелок занимает отвесное положение).

Феррозонд имеет два пермаллоевых сердечника и две обмотки. Одна обмотка подключена к источнику переменного тока напряжением 4 В, частотой 400 Гц и служит для подмагничивания сердечников. Она намотана на каждый сердечник в отдельности и образует встречно-последовательную цепь. Другая обмотка, охватывающая оба сердечника, является сигнальной. В ней возникает сигнальное напряжение удвоенной частоты (800 Гц), амплитуда которого определяется углом ориентации стержней феррозонда относительно вектора индукции магнитного поля, создаваемого картушкой в пространстве, где находится феррозонд, т. е. сигнал зависит от курса судна *K* (рис. 5.5, *в*).

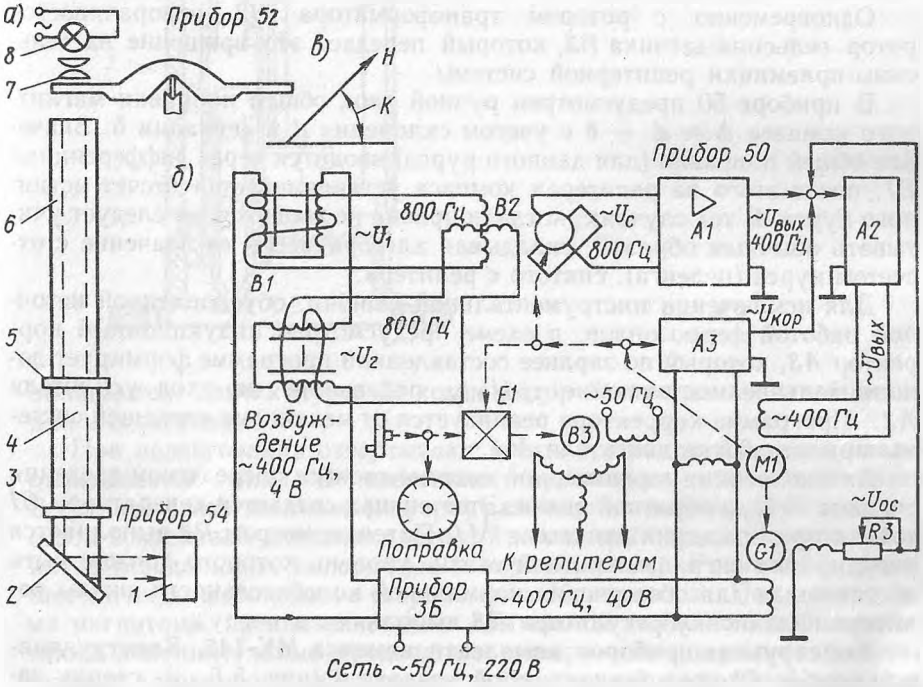


Рис. 5.5

Датчик *B1*, имеющий два феррозонда, выдает два сигнала: U_1 и U_2, причем один пропорционален синусу курса судна, а другой — косинусу. Сигналы U_1 и U_2 подаются на статорные обмотки вращающегося трансформатора *B2*, где они суммируются. Результирующий сигнал U_c с выходной обмотки вращающегося трансформатора *B2* поступает на предварительный усилитель *A1*. Помимо усиления, сигнал U_c здесь преобразуется в напряжение частотой 400 Гц, а затем в блоке *A2* происходит окончательное усиление сигнала (по мощности).

С выхода усилителя *A2* напряжение $U_{вых}$ подается на управляющую обмотку исполнительного двигателя *M1* (к основной обмотке этого двигателя подводится питающий ток частотой 400 Гц, напряжением 40 В от прибора 3Б). Вращение двигателя *M1* через редуктор передается на ротор трансформатора *B2*. Отработка следящей системы продолжается до тех пор, пока сигнал U_c не станет равен нулю.

В этом заключается компенсационный метод измерения угла ориентации феррозондового датчика *B1* относительно вектора индукции магнитного поля, в котором находится картушка компаса, т.е. определение и дистанционная передача курса судна. Любое изменение курса вызывает появление сигнала U_c, который после усиления вызывает вращение двигателя *M1* и отработку ротора *B2* на угол, пропорциональный изменению курса судна.

Одновременно с ротором трансформатора *B2* поворачивается ротор сельсина-датчика *B3*, который передает это вращение на сельсины-приемники репитерной системы.

В приборе 50 предусмотрен ручной ввод общей поправки магнитного компаса $\Delta = d + \delta$ с учетом склонения d и девиации δ. Значение общей поправки (для данного курса) вводится через дифференциал *E1*, после этого на репитерах компаса устанавливается отсчет истинного курса. В тех случаях, когда поправка не вводится, ее следует учитывать обычным образом, складывая алгебраически ее значение с отсчетом курса (пеленга), снятого с репитера.

Для исключения инструментальной ошибки, обусловленной неточной работой феррозондов, в схеме предусмотрен индукционный корректор *A3*, который по заранее составленной программе формирует дополнительное напряжение $\sim U_{кор}$, подаваемое на вход усилителя *A2*. Программа корректора реализуется от механизма следящей системы при отработке двигателя *M1*.

Автоколебания в репитерной системе гасятся посредством введения сигнала $\sim U_{о.с}$ обратной связи. Этот сигнал создается генератором *G1* только при вращении двигателя *M1*. Потенциометром *R3* выполняется регулировка сигнала обратной связи, уровень которого должен быть достаточным для обеспечения нормальной колебательности шкалы репитера. Установку регулятора *R3* выполняют в порту.

Конструкция приборов комплекта компаса МК-145. Конструктивно *прибор 52* представляет собой нактоуз *4* (рис. 5.6, *а*), сверху закрываемый колпаком *19* (рис. 5.6, *б*). В верхней части *9* нактоуза рас-

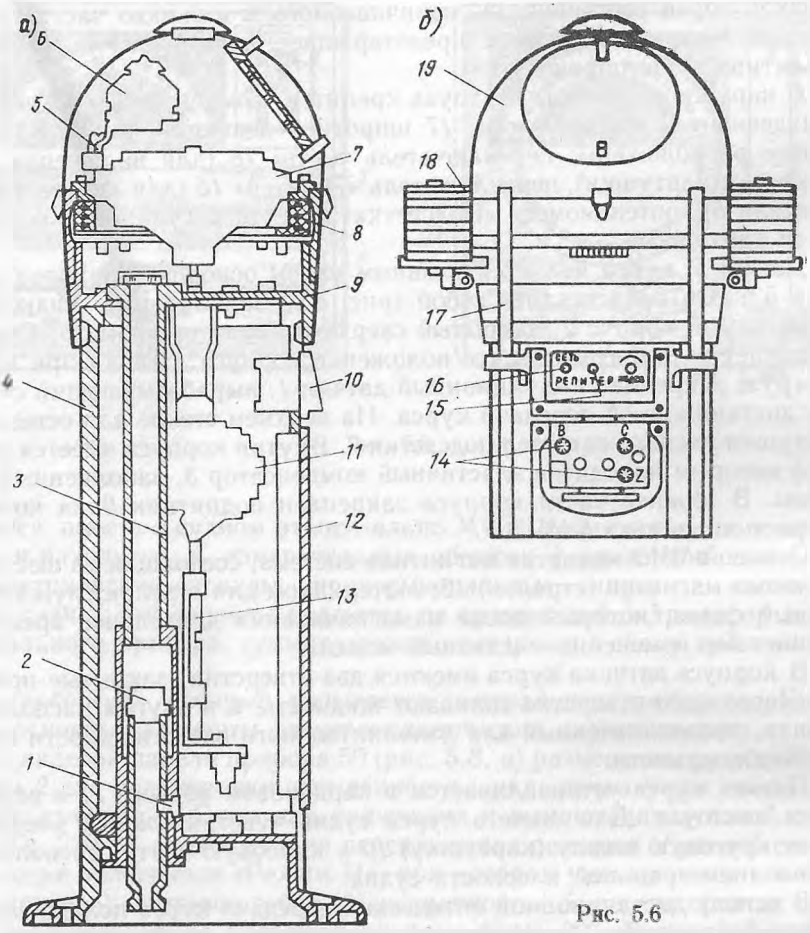


Рис. 5.6

полагаются: датчик курса *7*, компенсатор *8* электромагнитной девиации и осветитель *6*.

При пеленговании отвертывают винты *5*, кронштейн с осветителем откидывается вниз. В осветителе применена галогенная лампа. В средней части нактоуза (внутри) размещен компенсатор *11* полукруговой и креновой девиации, который имеет три пары поворотных магнитов (продольные, поперечные и вертикальные). Ручки *14* управления магнитами выведены в сторону окна *12* в нактоузе. Под поворотными магнитами, предназначенными для точной компенсации, находятся также дополнительные продольные, поперечные и вертикальные магниты *13* для грубого уничтожения полукруговой и креновой девиации. В трубе *3* есть объектив *2*, фокусирующий изображение картушки на

входной торец светопровода, ввинчиваемого в нижнюю часть трубы. Патрон *1* влагопоглотителя предотвращает запотевание поверхности объектива и светопровода.

С наружной стороны нактоуза крепятся: компенсаторы *18* четвертной девиации, компенсаторы *17* широтной девиации и пульт *10*. На пульте расположены: переключатель «Сеть» *16* (для включения узла подсветки картушки), переключатель «Репитер» *15* (для включения осветителя *6*), потенциометр «Подсветка» *20* (для регулировки освещенности картушки).

Датчик *7* курса является главным узлом основного прибора (прибора 52). Он представляет собой (рис. 5.7) заполненный жидкостью, герметичный корпус *2*, закрытый сверху и снизу стеклами *5*. Груз *13* позволяет сохранять отвесное положение корпуса датчика при качке. На грузе закреплен индукционный датчик *1*, вырабатывающий сигнал для дистанционной передачи курса. На верхнем стекле для освещения картушки расположен узел подсветки *7*. Внутри корпуса имеется экран *4*, за которым находится эластичный компенсатор *3*, заполненный воздухом. В нижней части корпуса закреплен подпятник *9*, на который опирается шпилька *8* МЧЭ *6*.

Основой МЧЭ является магнитная система, состоящая из шести постоянных магнитов (стрелок) *12*. Материалом для стрелок служит магнитный сплав, который после намагничивания длительное время сохраняет без изменения магнитный момент.

В корпусе датчика курса имеются два отверстия, закрытые пробками. Через одно отверстие заливают жидкость, а в другом расположен клапан, предназначенный для дополнительного ввода жидкости в случае необходимости.

Датчик курса устанавливается в карданном подвесе *11* в верхней части нактоуза. Для отсчета курса судна чувствительный элемент *6* имеет круговую шкалу (картушку) *10* и курсовую черту, расположенную в диаметральной плоскости судна.

В основу дистанционной оптической передачи курса положена проекционная система, состоящая из передающей и приемной частей. Изображение картушки от датчика курса через световод передается на экран оптического репитера. Дистанционная электрическая передача показаний курса основана на применении индукционного датчика, который состоит из двух ортогонально расположенных феррозондов, закрепленных на грузе *13* датчика курса.

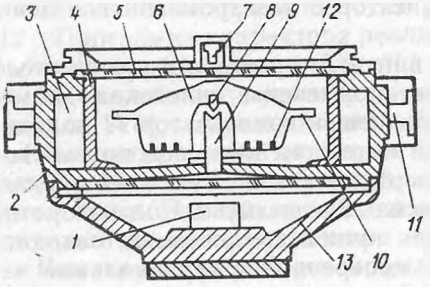


Рис. 5.7

При изменении курса судна индукционный датчик развора-

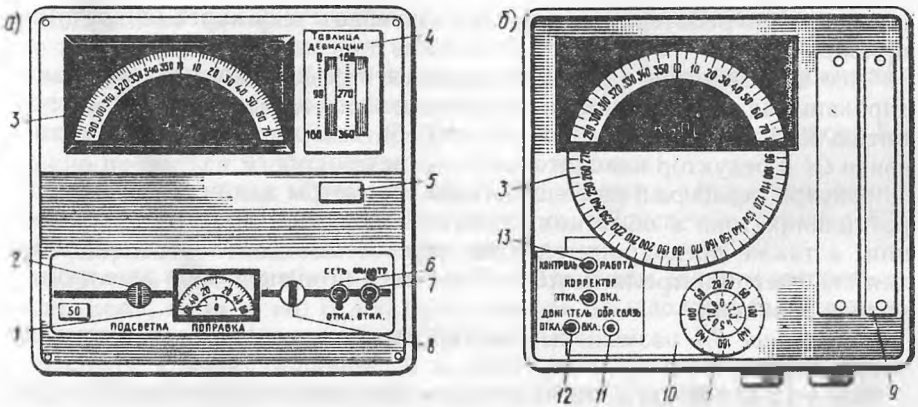


Рис. 5.8

чивается вместе с судном относительно МЧЭ, в магнитном поле которого он находится. С измерительных обмоток феррозондов снимаются электрические сигналы, пропорциональные синусу и косинусу курса судна. Эти сигналы подаются на вращающийся трансформатор центрального прибора, суммируются и поступают в схему трансляции курса.

В *приборе 50*, который называется центральным прибором, размещены основные элементы электромеханической схемы компаса.

На лицевой панели прибора 50 (рис. 5.8, *а*) размещены: ручка «Подсветка» *2* для регулировки освещенности шкал; ручка *8* для ввода поправки; тумблер *6* «Сеть» для включения и выключения судовой сети (~50 Гц, 220 В); тумблер *7* для переключения режимов обратной связи (при качке включается «Режим II», при котором уменьшаются колебания репитера); световое табло «Неисправность» *5*, оно загорается при угле рассогласования следящей системы более 30°. В верхней части прибора находится шкала курса *3*, а в нижней шкала *1* вводимой поправки. В правом верхнем углу размещена таблица девиации *4*.

Внутри прибора 50 (рис. 5.8, *б*) имеются органы управления и контроля:

тумблер *12* для отключения исполнительного двигателя *М1* (см. рис. 5.5, *б*), следящей системы при настройке компаса;

потенциометр *11* (см. рис. 5.8) для регулировки обратной связи;

тумблер *2* для включения корректора, компенсирующего инструментальную погрешность индукционного датчика;

тумблер «Контроль» — «Работа» *13*. В положении «Контроль» возникает искусственный сигнал рассогласования и следящая система начинает отрабатывать. При переводе тумблера в положение «Работа» репитерная система должна вернуться в согласованное состояние (от-

счет курса по репитерам должен быть равен отсчету курса по картушке прибора 52).

Все электронные элементы усилителей и преобразователей смонтированы на печатных платах, размещенных в контейнере *9*. Исполнительный двигатель *М1* (см. рис. 5.5, *б*), генератор сигнала обратной связи *G1* и редуктор находятся в блоке механизма *10*.

Внутри *прибора 3* размещены потенциометры для регулировки сопротивления тока в обмотках компенсаторов электромагнитной девиации, а также предохранители, на лицевой панели — световые табло для внешнего контроля исправности цепей компенсаторов электромагнитной девиации.

В *приборе 3А* размещены трансформаторы, которые вырабатывают напряжения:

24 и 15 В (50 Гц) для подсветки шкалы компаса (прибор 52) и для питания осветителя, обеспечивающего работу оптического репитера;

20,15 и 10 В (50 Гц) для питания полупроводниковых элементов прибора 50.

На лицевой части прибора (рис. 5.9) имеются: световые табло *1* и *2*, сигнализирующие о включении бортовой сети (ток частотой 50 Гц, напряжением 127/220 В) или аварийной сети (постоянный ток напряжением 24 В); тумблер *3*, предназначенный для включения бортовой сети; тумблер *4*, служащий для включения аварийной сети; переключатель *5*, с помощью которого осветитель (прибор 52) подключается или к бортовой, или к аварийной сети.

В *приборе 3Б* находятся элементы преобразователей (трансформаторы, дроссели, диоды, транзисторы, конденсаторы, резисторы), вырабатывающие следующие напряжения:

110 В (~50 Гц) для питания сельсинов репитерной системы;

4 В (~400 Гц) (синусоидальной формы) для возбуждения индукционного датчика (прибор 52);

40 В (~400 Гц) (прямоугольной формы) для питания двигателя *М1* и генератора *G1* следящей системы (прибор 50).

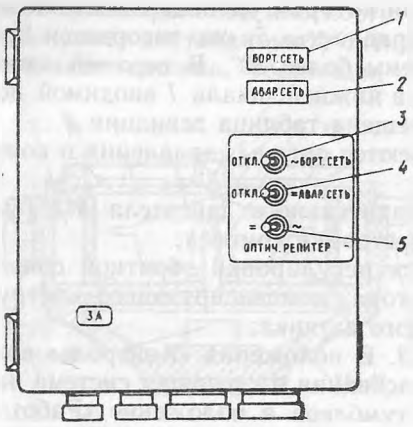


Рис. 5.9

На лицевой части прибора 3Б имеются десять световых табло. Два из них («Борт. сеть» и «40 В, 400 Гц») загораются при включении тумблера «Сеть» *6* в приборе 50 (см. рис. 5.8), а остальные восемь контролируют исправность предохранителей в цепях возбуждения сельсинов репитерной передачи. В случае выхода из строя какого-либо предохранителя загорается соответствующее табло.

Подготовка компаса к работе. Операции подготовки компаса к работе и его включения следует выполнять в такой последовательности:

включить тумблер «Борт. сеть» (прибор 3А). При этом должно загореться соответствующее табло на панели прибора 3А;

включить тумблер «Репитер» (прибор 52). На экране прибора 54 должно появиться изображение картушки компаса;

включить тумблер «Сеть» (прибор 52). Должна загореться лампа подсветки картушки прибора 52. Тумблером «Подсветка» (прибор 52) отрегулировать освещенность картушки;

включить тумблер «Сеть» (прибор 50). При этом должны загореться табло «Борт. сеть» и «40 В 400 Гц» в приборе 3Б и должно быть подано питание на элементы репитерной передачи;

открыть крышку прибора 50 и установить тумблеры «Двигатель» и «Корректор» в положение «Вкл.», а тумблер «Контроль» — «Работа» — в положение «Работа»;

согласовать шкалы репитеров со шкалой курса прибора 50;

установить тумблер «Контроль» — «Работа» (прибор 50) в положение «Контроль». Шкалы прибора 50 и репитеров должны начать согласованно вращаться. Через 10 с тумблер поставить в положение «Работа». Шкалы прибора 52 и репитеров, оставаясь согласованными, должны возвратиться в исходное положение. Этим проверяется работоспособность следящей и репитерной передачи компаса;

ручкой «Поправка» (прибор 50) ввести склонение для заданного района плавания (девиация при этом должна учитываться отдельно в соответствии с таблицей). Можно вводить полную поправку с учетом склонения и девиации или же по сличению с гирокомпасом (для каждого курса новое значение поправки);

проверить колебательность репитеров, переключая тумблер «Фильтр» 7 (см. рис. 5.8). В положении «Режим II» колебательность должна уменьшаться. В это положение тумблер устанавливают при волнении моря более 4 баллов;

проверить аварийную сеть. Для этого тумблер «Борт. сеть» (прибор 3А) поставить в положение «Откл.», а тумблер «Авар. сеть» (прибор 3А) — в правое (включенное) положение. В этом случае будет обесточена следящая система компаса, а освещение картушки прибора 52 и передача изображения на оптический репитер будут осуществляться за счет питания постоянным током от аварийной сети. Тумблер «Оптический репитер» (прибор 3А) необходимо поставить в левое положение.

5.4. Определение и уничтожение девиации

Определение девиации магнитного компаса. Самый распространенный способ определения девиации магнитного компаса — сличение его показаний с показаниями гирокомпаса. В этом случае девиация магнитного компаса

$$\delta = (K_{г.к} - K_{м.к}) + \Delta_{г.к} - d, \qquad (5.1)$$

где ($К_{г.к} - К_{м.к}$) — разность одновременно взятых отсчетов курса соответственно по гироскопическому и магнитному компасам (сличение);
$\Delta_{г.к}$ — известная поправка гирокомпаса;
d — известное (взятое с карты) склонение.

Но бывают обстоятельства, при которых гирокомпас имеет неопределенную поправку $\Delta_{г.к}$ или же неизвестно склонение d. Тогда девиацию магнитного компаса δ находят автономным способом — пеленгованием какого-либо естественного или искусственного створа или просто отдаленного предмета. Обычно девиацию определяют на восьми компасных курсах.

Девиация на каждом курсе рассчитывается по формуле

$$\delta = МП - КП,$$

где $МП$ — известный магнитный пеленг створа (отдаленного предмета), не зависящий от курса судна;
$КП$ — компасный пеленг створа (предмета) (значение $КП$ различно на разных курсах судна).

Для определения девиации δ также можно использовать «обратные» значения ($ОМП$ и $ОКП$), отличающиеся от $МП$ и $КП$ на 180°. Тогда девиация

$$\delta = ОМП - ОКП.$$

Магнитное направление створа ($МП$ или $ОМП$) с достаточной точностью можно определить путем пеленгования линии створа (или отдаленного предмета) на восьми компасных курсах.

Курс судна устанавливается непосредственно по магнитному компасу. Последовательность чередования курсов может быть любая.

Сначала, например, судно идет компасным курсом N. В момент пересечения линии створа берут компасный пеленг $КП_N$ этой линии (с погрешностью до 0,1°). Затем ложатся на компасный курс S. Снова пеленгуют линию створа, находят $КП_S$. Аналогичное пеленгование линии створа выполняют на всех последующих галсах.

Магнитный пеленг створа (или отдельного предмета) рассчитывают как среднее арифметическое из восьми компасных пеленгов:

$$МП = \frac{КП_N + КП_{NE} + \ldots + КП_{NW}}{8}. \qquad (5.2)$$

Уничтожение полукруговой девиации магнитного компаса на четырех главных магнитных курсах (способ Эри). Этот способ предусматривает компенсацию двух сил: $B\lambda H$ и $C\lambda H$. Задача состоит в том, чтобы в результате наблюдений найти такое положение магнитов-уничтожителей, при котором продольные магниты будут компенсировать силу $B\lambda H$, а поперечные — силу $C\lambda H$.

Рассмотрим самый распространенный вариант применения способа Эри, когда приведение судна на заданный магнитный курс осуществ-

ляется с помощью гирокомпаса. В этом случае рекомендуется такая последовательность действий:

1) привести судно на магнитный курс N (0°). Для этого надо лечь по гирокомпасу на курс

$$K_{г.к} = MK + d - \Delta_{г.к}. \quad (5.3)$$

В данном случае (при $MK = 0°$) $K_{г.к} = d - \Delta_{г.к}$;

2) выдержав судно на магнитном курсе N (0°) в течение нескольких минут, заметить отсчет курса $K_{м.к}$ судна по магнитному компасу и вычислить девиацию δ_N по формуле

$$\delta_N = MK - K_{м.к}. \quad (5.4)$$

Для магнитного курса $MK = 0°$ формула (5.4) принимает вид:

$\delta_N = 0° - K_{м.к}$ (при $K_{м.к} < 180°$); $\delta_N = 360° - K_{м.к}$ (при $K_{м.к} > 180°$);

3) продолжая лежать на магнитном курсе N (0°) и действуя поперечными магнитами-уничтожителями, добиться, чтобы отсчет курса $K_{м.к}$ судна по картушке магнитного компаса стал равен 0°, т. е. надо довести значение девиации δ_N до нуля;

4) привести судно на магнитный курс S (180°). Для этого надо лечь по гирокомпасу на курс

$$K_{г.к} = MK + d - \Delta_{г.к} = 180° + d - \Delta;$$

5) выдержав судно на магнитном курсе в течение нескольких минут, заметить отсчет $K_{м.к}$ курса по магнитному компасу и определить девиацию δ_S по формуле (5.4):

$$\delta_S = 180° - K_{м.к}.$$

Действуя поперечными магнитами-уничтожителями, добиться, чтобы девиация δ_S уменьшилась в два раза. При этом сила $C\lambda H$ будет скомпенсирована;

6) привести судно на магнитный курс E (90°), т. е. лечь по гирокомпасу на курс

$$K_{г.к} = 90° + d - \Delta_{г.к}.$$

Спустя несколько минут определить девиацию δ_E ($\delta_E = 90° - K_{м.к}$) и, действуя продольными магнитами-уничтожителями, довести наблюдаемую девиацию δ_E до нуля (отсчет курса по картушке магнитного компаса при этом должен стать равным 90°);

7) привести судно на магнитный курс W (270°), т. е. лечь по гирокомпасу на курс $K_{г.к} = 270° + d - \Delta_{г.к}$. Спустя несколько минут определить девиацию δ_W ($\delta_W = 270° - K_{м.к}$) и, действуя продольными магнитами-уничтожителями, довести наблюдаемую девиацию δ_W до половинного значения. При этом сила $B\lambda H$ будет скомпенсирована.

Полукруговая девиация уничтожена.

При применении способа Эри без использования гирокомпаса сущность действий остается такой же, отличие состоит в том, что приведение судна на магнитные курсы N, S, E, W осуществляется иным путем, например по курсовому углу отдаленного предмета или створа, магнитный пеленг ($МП$) которого известен. Предварительно вычисляют значения курсового угла

$$КУ = МП - МК. \tag{5.5}$$

Для магнитных курсов N (0°), E (90°), S (180°), W (270°) эта формула принимает вид:

$$КУ_{\mathrm{N}} = МП - 0°;\quad КУ_{\mathrm{E}} = МП - 90°;\quad КУ_{\mathrm{S}} = МП - 180°;$$

$$КУ_{\mathrm{W}} = МП - 270°. \tag{5.6}$$

Следует иметь в виду, что азимутальный круг магнитного компаса, как и картушка, имеет разбивку на 360°, поэтому отсчет $КУ$ должен быть всегда положительным в пределах от 0 до 360°.

Чтобы лечь на заданный магнитный курс, надо заранее установить пеленгатор компаса по азимутальному кругу на отсчет курсового угла, рассчитанного по формулам (5.6). Магнитное направление на отдаленный предмет должно быть известно. Оно, в частности, может быть предварительно определено путем пеленгования отдаленного объекта (или створа) на восьми компасных курсах судна и расчета $МП$ по формуле (5.2).

Дефлектор. Уничтожение полукруговой девиации способом Колонга основано на измерении горизонтальных магнитных сил при помощи дефлектора. В настоящее время применяются два типа этого прибора: дефлектор Колонга и дефлектор с равномерной шкалой.

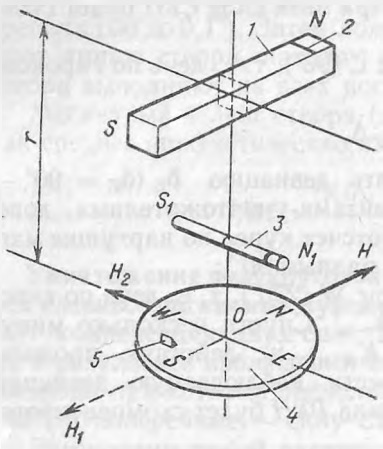


Рис. 5.10

Рассмотрим принцип действия дефлектора Колонга (рис. 5.10). Картушка компаса *4* располагается осью NS по направлению вектора H индукции (или напряженности) магнитного поля Земли (судна). Если визирную плоскость пеленгатора совместить с линией действия измеряемой силы H, то под призмой *5* пеленгатора будет наблюдаться отсчет 180°, т. е. S картушки.

В дефлекторе имеются два магнита: измерительный *1* и вспомогательный *3*. При выполнении измерений дефлектор устанавливают на пеленгатор так, чтобы измерительный маг-

нит *1* располагался вдоль вектора измеряемой силы H (северный полюс N магнита, отмеченный риской *2*, должен быть направлен в сторону измеряемой силы H).

Измерительный магнит *1* создает в точке *O* (центр картушки) компенсирующее магнитное поле с вектором индукции H_1. Расстояние r, т. е. возвышение измерительного магнита над картушкой, можно регулировать при помощи специального механизма. Напряженность (в А/м) компенсирующего поля

$$H_1 = \frac{M}{r^3}\left(1 - \frac{3}{8}\frac{l^3}{r^2}\right), \qquad (5.7)$$

где M — магнитный момент измерительного магнита ($M = 1{,}7$ А · м^2);
r — расстояние (по вертикали) между картушкой и магнитом, м;
l — длина магнита ($l = 0{,}095$ м).

При некотором расстоянии r значение H_1 компенсирующего поля становится равным значению H измеряемого поля и картушка *4* устанавливается линией NS по направлению вектора H_2, создаваемого вспомогательным магнитом *3*. Последний закреплен на фиксированном расстоянии от картушки, и его ось N_1S_1 всегда перпендикулярна оси NS измерительного магнита.

Таким образом, признаком выполнения условия $H_1 = H$ является поворот картушки компаса на 90° по отношению к первоначальному положению. Если до начала измерения (до установления дефлектора) под призмой пеленгатора наблюдался отсчет 180° (S картушки), то в конце измерения в призму пеленгатора должен быть виден отсчет 270° (направление W картушки).

Мерой измеряемой величины H является расстояние r. На вертикальной планке дефлектора имеется шкала, составленная в соответствии с формулой (5.7). Индукция магнитного поля по этой шкале оценивается в условных (дефлекторных) единицах. Поскольку измеряемое значение обратно пропорционально кубу расстояния, шкала дефлектора неравномерна.

Дефлектор Колонга имеет две шкалы: левую (для горизонтальных сил) и правую (для вертикальных сил). При измерении вертикальных сил измерительный магнит располагают вертикально, вспомогательный магнит убирают, а вместо обычного котелка компаса в нактоузе устанавливают котелок с наклонными стрелками. В настоящее время дефлектор Колонга используют только для измерения горизонтальных сил. Для измерения вертикальных сил применяют другие приборы.

При использовании способа Колонга теперь применяют более портативный и удобный в обращении прибор — дефлектор с равномерной шкалой. Его отличие от дефлектора Колонга состоит в том, что вместо одного измерительного магнита, перемещаемого по вертикали, используется система из двух магнитов, раздвигающихся наподобие ножниц. Для оценки измеряемой магнитной силы служит угол между осями измерительных магнитов. Благодаря дополнительному (синусному) ме-

ханизму круговая шкала дефлектора является равномерной. В этом дефлекторе так же, как и в дефлекторе Колонга, имеется вспомогательный магнит.

Измерение горизонтальных сил. Перед измерением сил дефлектором Колонга следует правильно установить в нем измерительный и вспомогательный магниты, а также выполнить подгонку дефлектора к пеленгатору компаса. Для этого необходимо:

поставить дефлектор на стол так, чтобы шкала и маховичок были обращены вправо;

измерительный магнит вставить горизонтально в квадратное гнездо каретки (с ее обратной стороны) так, чтобы северный конец магнита, отмеченный риской, был направлен от наблюдателя; застопорить магнит винтом каретки;

вспомогательный магнит установить горизонтально в гнезде основания дефлектора северным концом (с риской) к маховичку и закрепить его двумя стопорными винтами;

собранный дефлектор поставить на пеленгатор, обратив внимание на то, чтобы штифт чашки пеленгатора вошел до упора в вырез основания дефлектора;

проверить ориентацию измерительного магнита, продольная ось которого должна совпадать с визирной плоскостью пеленгатора. Для регулировки необходимо ослабить винты в основании дефлектора и поворотом добиться правильной ориентации измерительного магнита. После этого винты закрепить. Измерять горизонтальные магнитные силы можно на любом курсе судна. При выполнении этого способа Колонга измеряют силы на главных компасных курсах.

Измерение осуществляют в такой последовательности (например, для курсов N и S):

направляют судно на компасный курс N (непосредственно по компасу). Подготовленный к измерениям дефлектор должен находиться вдали от компаса (не ближе 3 м);

разворачивают пеленгатор на компасе так, чтобы в призму можно было видеть отсчет 180° (S картушки). На пеленгатор устанавливают дефлектор. Измерительный магнит дефлектора всегда должен быть обращен риской в сторону измеряемой силы, т.е. к N картушки. Маховичок дефлектора при этом находится под правой рукой наблюдателя, который стоит лицом к N. При установке дефлектора пеленгатор нельзя сдвигать с первоначального места;

перемещают измерительный магнит дефлектора по вертикали (сначала от руки, затем более точно при помощи маховичка и зубчатой рейки), добиваясь того, чтобы картушка компаса развернулась на 90° и под призму пеленгатора подошел отсчет 270°, т. е. W картушки;

снимают и записывают отсчет измеренной силы H_N (по левой шкале дефлектора, используя верхнюю риску);

убирают дефлектор с компаса и направляют судно на компасный курс S;

разворачивают дефлектор на компасе так, чтобы через призму был виден отсчет 180°, т. е. S картушки. Наблюдатель обращен лицом на север. Он как бы пеленгует компасный N;

на пеленгатор устанавливают дефлектор. Измерительный магнит дефлектора так же, как и в первом случае, должен быть обращен риской в сторону измеряемой силы, т. е. к N картушки. Маховичок дефлектора при этом находится под правой рукой наблюдателя;

перемещением измерительного магнита подводят W картушки (отсчет 270°) под призму пеленгатора, снимают и записывают значение измеренной силы H_S.

На компасных курсах E и W измерение выполняется аналогичным путем: до установки дефлектора под призмой пеленгатора наблюдается S картушки, а в конце операции — W картушки.

Измерение магнитных сил дефлектором с равномерной шкалой выполняется по той же схеме, только вместо вертикального перемещения измерительных магнитов их раздвигают с помощью бокового маховичка.

Уничтожение полукруговой девиации магнитного компаса на четырех главных компасных курсах (способ Колонга). Эту работу следует выполнять в такой последовательности:

лечь на компасный курс N (непосредственно по картушке компаса), измерить дефлектором результирующую силу H'_N, снять дефлектор;

лечь на компасный курс S, измерить дефлектором силу H'_S, рассчитать среднее значение $H^\circ_N = (H'_N + H'_S)/2$. Не снимая дефлектора (судно продолжает лежать на компасном курсе S), передвинуть каретку дефлектора на отсчет H°_N. При этом деление 270° (W картушки) уйдет из-под призмы пеленгатора. Действуя продольными магнитами-уничтожителями в нактоузе, добиться, чтобы под призму пеленгатора снова подошел отсчет 270°. Действие силы $B\lambda H$ скомпенсировано;

лечь на компасный курс E, измерить силу H'_E и снять дефлектор;

лечь на компасный курс W, измерить силу H'_W. Не снимая дефлектора (судно продолжает лежать на компасном курсе W), рассчитать среднее значение $H^\circ_E = (H'_E + H'_W)/2$ и передвинуть каретку дефлектора на отсчет H°_E. Деление 270° (W картушки) уйдет из-под призмы пеленгатора. Действуя поперечными магнитами-уничтожителями в нактоузе, добиться, чтобы деление 270° (W картушки) снова подошло под призму пеленгатора. Действие силы $C\lambda H$ скомпенсировано.

Определение остаточной девиации. Расчет коэффициентов. Составление рабочей таблицы девиации. Остаточную девиацию определяют, как обычно, на восьми компасных курсах. Результаты наблюдений записывают в таблицу, форма 5.1 которой приведена ниже.

Значения остаточной девиации, занесенные в эту форму, переносят в форму 5.2 (столбцы *I* и *II*). Выполняя действия, предписанные формой 5.2, рассчитывают коэффициенты остаточной девиации A, B, C, D, E с погрешностью до десятых долей градуса. (Коэффициент A должен быть близок к нулю.)

Форма 5.1. **Определение девиации**

КК	ОКП	δ=ОМП−ОКП	КК	ОКП	δ=ОМП−ОКП
N			S		
NE			SW		
E			W		
SE			NW		

$$ОМП=1/8\Sigma ОКП=\ldots$$

Затем заполняют форму 5.3, куда переносят значения коэффициентов девиации из формы 5.2. Четыре правые колонки формы 5.3 представляют собой рабочую таблицу девиации магнитного компаса.

Уничтожение креновой девиации. Чтобы уничтожить креновую девиацию, надо установить в нактоузе вертикальный (креновой) магнит. При уничтожении креновой девиации применяется измерительный прибор — судовой инклинатор.

Судовой инклинатор имеет магнитную систему *1* (рис. 5.11, *а*), свободно ориентирующуюся в вертикальной плоскости относительно маятниковой шкалы *2*. Если инклинатор расположить в плоскости магнитного меридиана, стрелка инклинатора под влиянием сил *H* (рис. 5.11, *б*) и *Z* установится по направлению суммарного вектора *T* и покажет отсчет магнитного наклонения.

Инклинатор, установленный на судовом компасе (вместо котелка), дает возможность определить судовое магнитное наклонение $I' = \operatorname{arctg}(Z'/H')$. Значение величины I', измеренное на судне, в общем случае отличается от значения *I*, снятого с магнитной карты для данного района (или измеренного инклинатором вне судна).

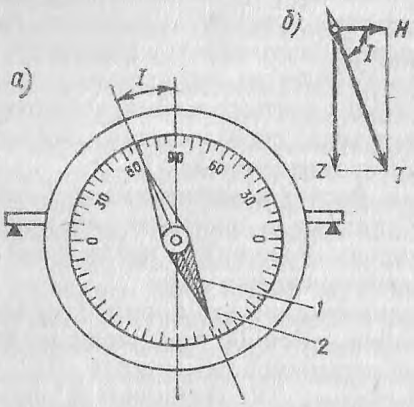


Рис. 5.11

Теория показывает, что уничтожение креновой девиации может быть реализовано с помощью судового инклинатора. Для этого необходимо, предварительно уничтожив полукруговую девиацию, лечь на магнитный курс E (или W), установить вместо котелка компаса судовой инклинатор и, действуя креновым магнитом в нактоузе, добиться, чтобы отсчет инклинатора I' стал равен магнитному наклонению *I*, взятому с карты изоклин для данного района плавания. Следует иметь в виду, что

Форма 5.2. **Расчет коэффициентов девиации**

KK	$\frac{\delta}{I}$	KK	$\frac{\delta}{II}$	$\frac{I+II}{2}$ / III	$\frac{I-II}{2}$ / IV	n_1	$\frac{n_1\,IV}{V}$	n_2	$\frac{n_2\,IV}{VI}$	VII	VIII	$\frac{VII+VIII}{2}$ / IX	$\frac{VII-VIII}{2}$ / X
N	...	S	...	q_1=...	...	0	...	1	...	q_1=...	q_5=...	...	...=E
NE	...	SW	...	q_2=...	...	0,71	...	0,71	...	q_2=...	q_4=...	...	...=D
E	...	W	...	q_3=...	...	1	...	0	...		Σ=	...	
SE	...	NW	...	q_4=...	...	0,71	...	−0,71	...		$\frac{1}{2}\Sigma$=...=A		
						Σ=	...	Σ=	...				
					$B=\frac{1}{2}\Sigma$=	...		$\frac{1}{2}\Sigma$=...=C					

Форма 5.3. **Расчет рабочей таблицы девиации**

$D=$		$E=$		$I+II$	$A=$	$B=$		$C=$		$V+VI$		$IV+VII$		$IV-VII$
m_1	m_1D	m_2	m_2E		$III+A$	m_3	m_3B	m_4	m_4C		KK	δ	KK	δ
	I		II	III	IV		V		VI	VII				
0		1				0		1			N(0)°		S(180°)	
0,5		0,87				0,26		0,96			15		195	
0,87		0,5				0,5		0,87			30		210	
1		0				0,71		0,71			45		225	
0,87		—0,5				0,87		0,5			60		240	
0,5		—0,87				0,96		0,26			75		255	
0		—1				1		0			E(90°)		W(270°)	
—0,5		—0,27				0,96		—0,26			105		285	
—0,87		—0.5				0,87		—0,5			120		300	
—1		0				0,71		—0,71			135		315	
—0,87		0,5				0,5		—0,87			150		330	
—0,5		0,87				0,26		—0,96			165		345	

креновая девиация Z_1, скомпенсированная вертикальным магнитом в одном районе, снова появится (Z_2) при переходе судна в другое место.

Удобство применения судового инклинатора заключается в том, что с его помощью имеется возможность контролировать положение кренового магнита и по мере изменения магнитной широты при плавании судна можно передвигать креновой магнит в нактоузе, добиваясь соблюдения равенства $I' = I$.

Уничтожение креновой девиации выполняют в такой последовательности:

предварительно уничтожив полукруговую девиацию, направляют судно на магнитный курс Е (90°);

вынимают котелок компаса из нактоуза и на его месте устанавливают судовой инклинатор. (В комплекте инклинатора имеется набор цапф; необходимо подобрать цапфы, соответствующие данной конструкции магнитного компаса.);

перемещая креновой магнит в нактоузе, добиваются, чтобы отсчет по инклинатору значения I' стал равен значению I, которое берется с карты изоклин для данной точки земной поверхности. (Для Ленинграда $I = 72°$.)

Уничтожение креновой девиации с помощью судового инклинатора можно выполнять совместно с компенсацией полукруговой девиации способом Эри.

ИНДУКЦИОННЫЕ ЛАГИ ИЭЛ-2М, ИЭЛ-2

6.1. Комплект приборов и основные технические данные лага ИЭЛ-2М

Индукционный электронный лаг ИЭЛ-2М так же, как и любой другой лаг, предназначен для измерения скорости судна и пройденного им расстояния. Он является относительным измерителем скорости, т. е. определяет скорость судна относительно воды. Для индикации скорости судна и пройденного им расстояния в лаге имеются два устройства: указатель скорости и счетчик расстояния. Оба индикатора снабжены дистанционной репитерной передачей.

В комплект лага ИЭЛ-2М входят следующие приборы (рис. 6.1): индукционный преобразователь (прибор 9), центральный прибор (прибор 6), прибор питания (прибор 3), согласующий прибор (прибор 29), указатель скорости судна (прибор 1) , указатель скорости V судна и пройденного им расстояния s (прибор 5), размножитель информации (прибор 59) и прибор связи (прибор 119).

Прибор 9 является датчиком электрического сигнала, который пропорционален скорости судна относительно воды. Этот прибор устанавливается в специальном клинкете. Имеются две модификации индукционного преобразователя: с установкой заподлицо с корпусом судна или с выдвижением за днище судна до 890 мм. На судах морского флота в настоящее время используются индукционные преобразователи, устанавливаемые заподлицо с корпусом судна (прибор 9Д с герметично заделанным кабелем). Размещение прибора 9 в клинкете позволяет легко заменить его в случае выхода из строя. На судах на подводных крыльях вместо прибора 9 применяется прибор 64, который монтируется стационарно.

Прибор 6 предназначен для преобразования сигнала, поступающего от прибора 9 (или прибора 64), в отсчет скорости V судна и пройденного им расстояния s. В приборе 6 имеются блоки преобразования, индикации, контроля и управления. Узлы центрального прибора выполнены на современных электронных схемах.

Прибор 3 подключен к судовой сети (220 В). Он служит для подачи в схему лага напряжений требуемых значений: постоянного 5, 10, 16, 35, 90 В, переменного 7,12, 20 В. Кроме того, в приборе создается опорное напряжение $\sim U_{оп}$, необходимое для работы лага.

Прибор 29 согласует выходное сопротивление индукционного преобразователя с входным сопротивлением измерительной схемы прибора 6. В согласующем приборе размещен предварительный усилитель сигнала.

Прибор 1 представляет собой цифровой индикатор скорости (от 0 до 30 уз).

Прибор 5 содержит цифровой указатель скорости судна и механический счетчик пройденного им расстояния.

Прибор 59 позволяет размножать получаемую информацию и подключать к схеме лага дополнительно до семи репитеров скорости судна и пройденного им расстояния.

Прибор 119 преобразует цифровой код скорости судна в аналоговую форму сигнала V, необходимую для подключения лага к гирокомпасу и радиолокатору.

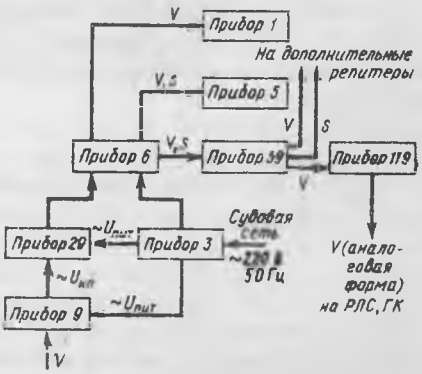


Рис. 6.1

При установке комплекта приборов лага на судне необходимо добиваться, чтобы длина (в м) соединительного кабеля между отдельными приборами не превышала допустимых приведенных ниже значений:

Между	прибором	3	и прибором	29	150
»	»	3	» »	6	50
»	»	9	» »	29	10

Индукционный лаг ИЭЛ-2М измеряет скорость судна в пределах от 0 до 30 уз. Основным достоинством этого лага по сравнению с гидродинамическим является то, что индукционный лаг имеет одинаково высокую точность измерения на всем диапазоне скоростей. Схема лага обеспечивает высокую стабильность и точность прибора; при изменении солености морской воды от 2 до 36‰ и температуры от 2 до 36 °С инструментальная погрешность лага остается практически постоянной. С уменьшением солености с 2 до 0,1‰ погрешность лага может увеличиться не более чем на 0,1 уз. В помещении, где установлены приборы комплекта лага, допускается большой перепад температуры: от —10 до + 50 °С; инструментальная погрешность при этом может изменяться в пределах ±0,35 уз.

В схеме лага имеется блок, позволяющий контролировать работу отдельных узлов и вести поиск неисправностей.

Питание лага осуществляется от судовой сети однофазного переменного тока частотой 50 Гц, напряжением 220 В. Потребляемая мощность составляет примерно 170 Вт (при $\cos\varphi = 0{,}7$), ресурс лага равен 50 000 ч.

6.2. Принцип действия лага ИЭЛ-2М

Чувствительным элементом лага является индукционный преобразователь (ИП), который вырабатывает сигнал $\sim U_{ип}$, пропорциональный скорости V судна. Принцип действия индукционного преобразователя основан на явлении электромагнитной индукции. При движении

судна поток морской воды обтекает торцовую поверхность корпуса ИП (рис. 6.2). На этой поверхности расположены два электрода *2*. Линия, соединяющая электроды, перпендикулярна диаметральной плоскости (ДП) судна.

Внутри корпуса ИП имеется вертикальный электромагнит *1*, обмотка которого питается однофазным переменным током частотой 50 Гц ($\sim U_{пит}$). Электромагнит создает магнитное поле, перемещающееся вместе с судном относительно воды. Морская вода является проводником тока, поэтому в ней наводится э.д.с., представляющая собой сигнал $\sim U_{ип}$ индукционного преобразователя. Это напряжение состоит из двух частей: полезного сигнала, зависящего от скорости V судна, и помехи, которая называется квадратурной, так как она сдвинута по фазе на $\pi/2$ по отношению к полезному сигналу.

Сигнал $\sim U_{ип}$ снимается с электродов *2* и передается в электрическую схему лага для преобразования его в отсчет скорости V судна. При преобразовании сигнала $\sim U_{ип}$ квадратурная помеха отделяется от полезного сигнала и компенсируется.

На рис. 6.3 представлена блок-схема индукционного лага ИЭЛ-2М, поясняющая принцип преобразования сигнала ИП в показания скорости судна и пройденного им расстояния.

При движении судна в индукционном преобразователе ИП возникает сигнал переменного тока $\sim U_{ип}$, пропорциональный скорости V судна. Этот сигнал поступает в прибор 29, в котором находится предварительный усилитель *УП*, предназначенный для согласования выходного сопротивления ИП с входным сопротивлением усилителя измерительного накала *УИК*. В блоке *УИК* производятся усиление сигнала $\sim U_{ип}$ и преобразование его в напряжение постоянного тока $- U_c$.

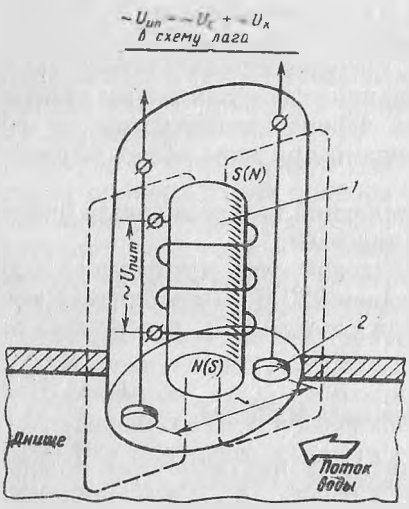


Рис. 6.2

Одновременно с преобразованием сигнала из него исключается квадратурная помеха, которая всегда возникает в ИП при работе лага. Сигнал постоянного тока $-U_c$, свободный от помехи, с выхода *УИК* подается в преобразователь напряжение — время *ПНВ*. Сюда же поступает опорное напряжение в виде сигнала постоянного тока $- U_{оп}$. Опорное напряжение вырабатывается в приборе питания (прибор 3), поступает в усилитель опорного канала *УОК*, где усиливается и преобразуется в сигнал постоянного тока $- U_{оп}$.

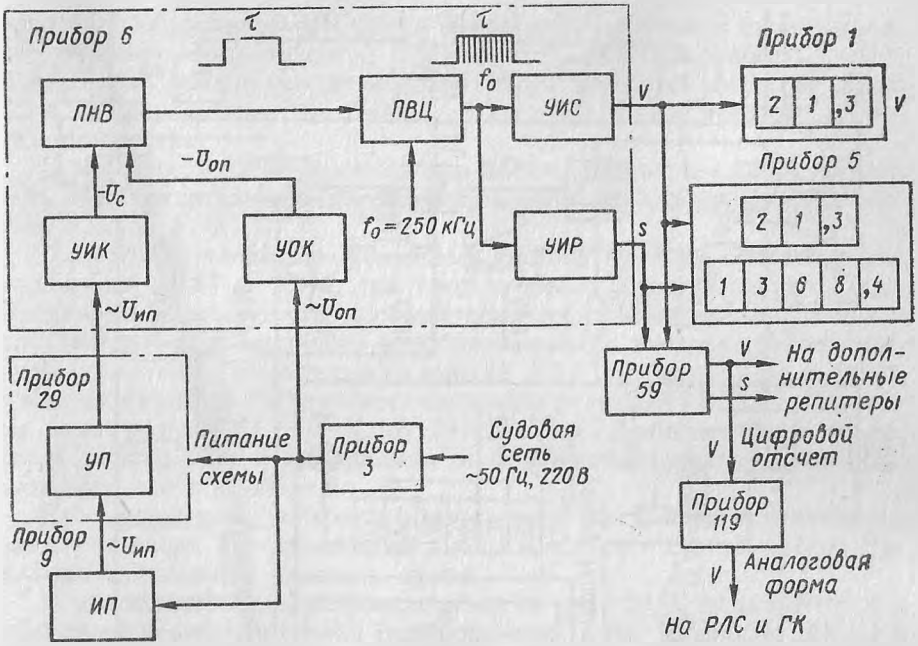


Рис. 6.3

В блоке *ПНВ* при помощи сигналов $-U_c$ и $-U_{оп}$ вырабатывается прямоугольный импульс, длительность τ которого пропорциональна скорости V судна. Для измерения значения τ, т. е. для расчета скорости V, служит преобразователь время — цифра *ПВЦ*. Определение осуществляется путем подсчета числа импульсов (за время τ), поступающих от генератора опорной частоты (f_0 = 250 кГц). Чем выше скорость судна, тем длиннее промежуток времени τ и тем большее число импульсов будет подсчитано за время τ.

Эта информация поступает в устройство индикации скорости *УИС* и устройство индикации расстояния *УИР*. В итоге в блоке *УИС* вырабатывается цифровая индикация скорости V, а в блоке *УИР* — пройденного расстояния s. Эти данные подаются в репитеры: в прибор 1 — скорость, в прибор 5 — скорость и пройденное расстояние.

6.3. Функциональная схема лага ИЭЛ-2М

Функциональную схему лага можно разделить на следующие основные части: аналоговая часть (АЧ); преобразователь напряжение — время (ПНВ); преобразователь время — цифра (ПВЦ).

Аналоговая часть. В этой части лага (рис. 6.4) осуществляются усиление и преобразование сигнала $\sim U_{ип}$, поступающего от индукци-

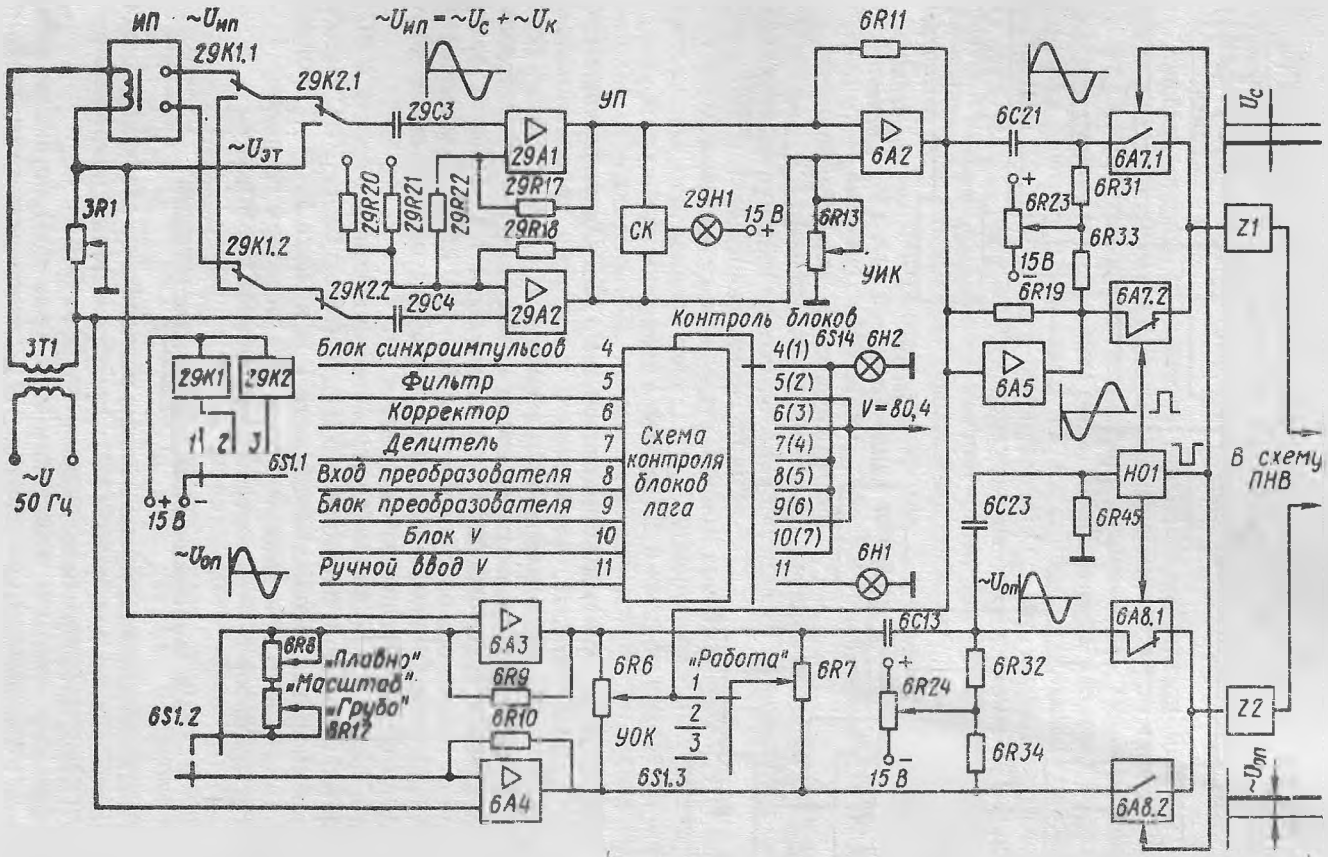

ИП
~Uип
29К1.1
29К2.1
~Uэт
~Uип = ~Uс + ~Uк
29С3
29А1
УП
29R17
29R18
29R20
29R21
29R22
29К1.2
29К2.2
29С4
29А2
СК
29Н1
15 В
6R11
6А2
6R13
УИК
6С21
6А7.1
6R31
6R23
6R33
15В
6R19
6А7.2
6А5
Z1
Uс
3R1
3Т1
~U
50 Гц
29К1
29К2
1 2 3
6S1.1
15 В
~Uоп
Контроль блоков
Блок синхроимпульсов 4
Фильтр 5
Корректор 6
Делитель 7
Вход преобразователя 8
Блок преобразователя 9
Блок V 10
Ручной ввод V 11
Схема контроля блоков лага
4(1) 5(2) 6(3) 7(4) 8(5) 9(6) 10(7) 11
6S14
6Н2
V=80,4
6Н1
Н01
6С23
6R45
В схему ПНВ
~Uоп
6А8.1
6А8.2
Z2
~Uоп
6А3
6R8
„Плавно"
„Масштаб"
„Грубо"
6R12
6S1.2
6R9
6R10
6А4
6R6
УОК
„Работа"
1
2
3
6S1.3
6R7
6С13
6R24
15 В
6R32
6R34

Рис. 6.4

онного преобразователя, а также выработка, усиление и преобразование опорного напряжения $\sim U_{оп}$, необходимого для работы схемы. Выходными элементами аналоговой части являются фильтры *Z1* и *Z2*, с которых снимаются сигналы $- U_{с}$ и $- U_{оп}$ в виде напряжений постоянного тока.

В аналоговой части имеются три блока: предварительный усилитель *УП*, усилитель измерительного канала *УИК* и усилитель опорного канала *УОК*.

Блок предварительного усилителя состоит из двух операционных усилителей *29А1* и *29А2*, на вход которых подается сигнал $\sim U_{ип}$. Предварительный усилитель обеспечивает согласование выходного сопротивления индукционного преобразователя с входным сопротивлением усилителя измерительного канала *УИК*. К блоку *УП*, расположенному в приборе 29, относятся также два реле: *29К1* и *29К2*. Контакты этих реле *29К1.1*, *29К1.2*, *29К2.1*, *29К2.2* обеспечивают три режима работы лага в зависимости от положения переключателя *6S1*, находящегося в приборе 6.

При положении *1* «Работа» обмотки реле обесточены, все контакты замкнуты вверх (по схеме) и на вход *УП* подается сигнал $\sim U_{ип}$. Лаг должен показывать скорость судна.

В положении *2* «Калибровка» обмотка реле *29К1* подключается к источнику постоянного тока (напряжением 15 В). Контакты *29К1.1* и *29К1.2* переводятся вниз (по схеме), и вход предварительного усилителя замыкается накоротко. Лаг должен показывать нулевой отсчет скорости.

В положении *3* «Масштабирование» переключателя *6S1* под током оказывается обмотка реле *29К2*. Контакты *29К2.1* и *29К2.2* замыкаются вниз (по схеме) и на вход *УП* подается эталонное напряжение, снимаемое с резистора *3R1*. При этом лаг (для проверки его действия) должен показывать некоторый (эталонный) отсчет скорости.

Резисторы *29R20*, *29R21*, *29R22* служат для дискретного изменения коэффициента усиления *УП* при тарировке лага. В блоке *УП* имеется схема контроля *СК* с лампой *29Н1*, указывающей на наличие сигнала на входе предварительного усилителя.

Блок усилителя измерительного канала собран на двух операционных усилителях: *6А2* и *6А5*. На вход усилителя *6А2* подается сигнал $\sim U_{ии} = \sim U_{с} + \sim U_{к}$, поступающий с выхода предварительного усилителя *УП*. Усилитель *6А2* является инвертирующим: он изменяет фазу сигнала $\sim U_{ип}$ на 180°.

Блок *УИК* обеспечивает не только усиление сигнала $\sim U_{ип}$, но и его преобразование в напряжение постоянного тока (детектирование) с одновременным подавлением квадратурной помехи $\sim U_{к}$. Такое преобразование осуществляется при помощи управляемых электронных ключей *6А7.1* и *6А7.2*, которые открываются поочередно прямоугольными синхронными с сигналом импульсами, поступающими с нуль-органа *НО1*.

Принцип подавления квадратурной помехи $U_к$ методом синхронного детектирования можно пояснить с помощью временных диаграмм (рис. 6.5). На входы ключей *6A7.1* (см. рис. 6.4) и *6A7.2* с индукционного преобразователя поступает один и тот же сигнал $\sim U_{ип} = \sim U_с + \sim U_к$, но со сдвигом по фазе на 180°. Сдвиг по фазе создается инвертирующим усилителем *6A5*. В первый полупериод на вход фильтра *Z1* подается сигнал, проходящий через ключ *6A7.2*, который на это время открыт прямоугольным импульсом нуль-органа *HO1*. Во второй полупериод ключ *6A7.2* закрыт, а ключ *6A7.1* открыт и на вход фильтра *Z1* подается сигнал, пропускаемый ключом *6A7.1*. В итоге на входе фильтра *Z1* наблюдается пульсирующее (одного знака) напряжение полезного сигнала $U_с$ и знакопеременное напряжение квадратурной помехи $U_к$.

Постоянная составляющая полезного сигнала $\_ U_с$ выделяется фильтром *Z1* и подается в схему *ПНВ*. Знакопеременная квадратурная помеха, не имеющая постоянной составляющей, подавляется фильтром и исключается из показаний лага.

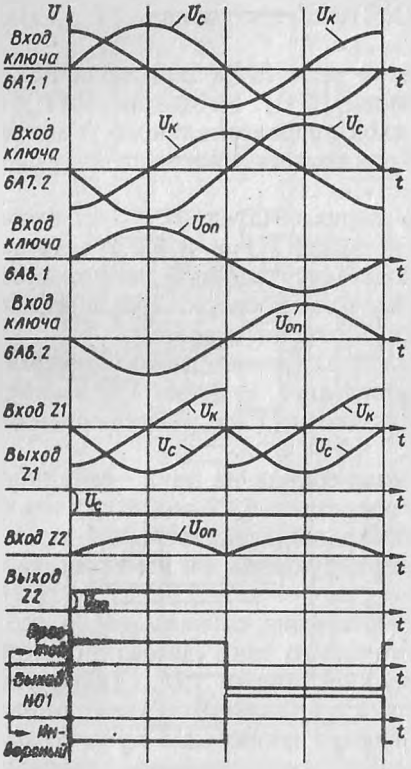


Рис. 6.5

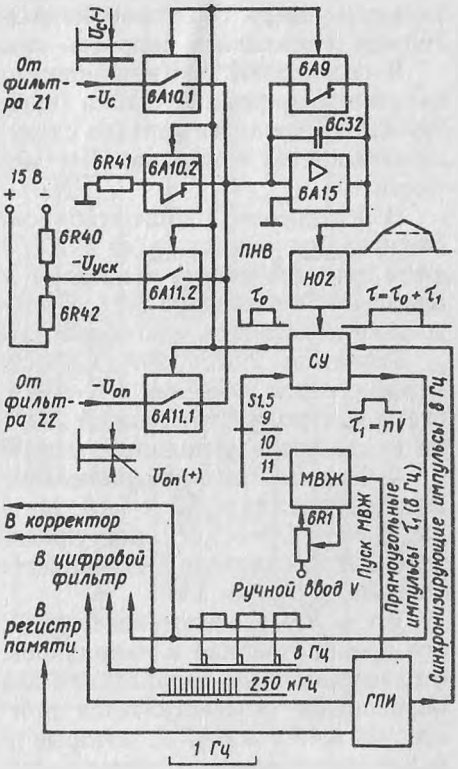


Рис. 6.6

Блок усилителя опорного канала предназначен для выработки опорного напряжения постоянного тока $\_U_{оп}$ и создания прямоугольных импульсов, управляющих электронными ключами. К блоку *УОК* относятся два операционных усилителя *6А3* и *6А4*, электронные ключи *6А8.1*, *6А8.2*, фильтр *Z2* и нуль-орган *НО1*.

Опорное напряжение переменного тока $\sim U_{оп}$ снимается с резистора *3R1*, который соединен последовательно с обмоткой электромагнита индукционного преобразователя. Эта цепь получает питание от трансформатора *3Т1*.

Значение величины $\sim U_{оп}$ подается на вход усилителей, где наблюдаются два сигнальных напряжения со сдвигом по фазе на 180°. После детектирования, производимого ключами *6А8.1* и *6А8.2*, на выходе фильтра *Z2* появляется сигнал постоянного тока $\_ U_{оп}$. Ключи *6А8.1* и *6А8.2* открываются поочередно под действием прямоугольных импульсов, поступающих с нуль-органа *НО1*.

Нуль-орган *НО1* представляет собой электронную схему, имеющую один вход и два выхода: простой и инверсный. На вход подается сигнал в виде синусоидального напряжения $\sim U_{оп}$, а на выходах образуются прямоугольные импульсы со сдвигом по фазе на 180°.

В блоке *УОК* имеются четыре потенциометра: *6R6*, *6R7*, *6R8* и *6R12*. Они предназначены для выполнения регулировок в процессе эксплуатации лага. Потенциометром *6R6* устанавливается нулевой отсчет скорости в режиме «Калибровка», а потенциометром *6R7* — в режиме «Работа». Регуляторы *6R8* и *6R12* служат для установки эталонного отсчета скорости, наблюдаемого в режиме «Масштабирование».

Сигналы $\_ U_с$ и $\_ U_{оп}$ с фильтров *Z1* и *Z2* подаются в преобразователь напряжение — время.

Преобразователь напряжение — время. Узел *ПНВ* (рис. 6.6) предназначен для преобразования сигнала $\_U_с$ в прямоугольный импульс с временным интервалом, пропорциональным скорости судна. Это преобразование сигнала $\_U_с$ осуществляется по принципу двойного интегрирования с использованием опорного напряжения $\_U_{оп}$. Сначала интегрируется отрицательное напряжение сигнала $U_с$, а затем — положительное опорное напряжение $U_{оп}$. Это позволяет исключить влияние колебаний напряжения судовой сети на показания лага.

В состав преобразователя напряжение — время входят: генератор прямоугольных импульсов *ГПИ*; электронные ключи *6А9*, *6А10.1*, *6А10.2*, *6А11.1*, *6А11.2*; схема управления ключами *СУ*; интегрирующий усилитель *6А15*; нуль-орган *НО2*.

Работа *ПНВ* происходит следующим образом. С выхода *ГПИ* в блок *СУ* подаются синхронизирующие импульсы длительностью 0,5 мкс, периодичностью 8 Гц, которые определяют ритм работы схемы лага.

Перед приходом синхронизирующего импульса ключи блока *ПНВ* находятся в исходном состоянии: ключи *6А10.1*, *6А11.1* и *6А11.2* разомкнуты, а ключи *6А9* и *6А10.2* замкнуты.

В момент времени t_1 (рис. 6.7) синхронизирующий импульс через блок *СУ* (см. рис. 6.6) размыкает ключи *6А9*, *6А10.2* и замыкает ключ *6А11.2*. На вход усилителя *6А15* подается сигнал в виде ускоряющего отрицательного напряжения, которое снимается с делителя напряжений *6R40*, *6R42*.

Усилитель *6А15* является интегрирующим, поэтому на его выходе наблюдается увеличение напряжения, подаваемого на вход нуль-органа *НО2*.

К моменту времени t_2 (см. рис. 6.7) напряжение на выходе *6А15* достигает уровня U_0, необходимого для срабатывания нуль-органа *НО2*. Нуль-орган, представляющий собой триггерную схему, срабатывает, и с его выхода на схему управления ключами *СУ* подается постоянное напряжение в виде прямоугольного импульса, передний фронт которого в момент времени t_2 размыкает ключ *6А11.2* (см. рис. 6.6) и замыкает ключ *6А10.1*.

В этот же момент времени блок *СУ* начинает формировать другой прямоугольный импульс с фиксированной длительностью $\tau_0 = 18$ мс (см. рис. 6.7). Через ключ *6А10.1* (см. рис. 6.6) на вход усилителя *6А15* подается полезный сигнал в виде отрицательного напряжения $-U_c$. Конденсатор *6С32* заряжается в течение промежутка времени τ_0, и к моменту времени t_3 (см. рис. 6.7) сигнал на выходе усилителя *6А15* достигает некоторого максимального напряжения U_m. Значение U_m определяется скоростью V судна. В момент времени t_3 задний фронт импульса τ_0 через схему управления размыкает ключ *6А10.1* и замыкает ключ *6А11.1*.

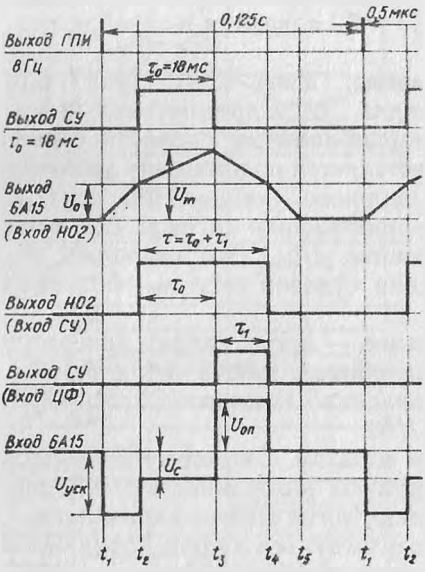


Рис. 6.7

На вход усилителя *6А15* подается положительное опорное напряжение $-U_{оп}$. Конденсатор *6С32* (см. рис. 6.6) начинает разряжаться. Сигнал на выходе *6А15*, т. е. на входе *НО2*, уменьшается. Когда он достигает значения U_0 (момент времени t_4 на рис. 6.7), триггерная схема нуль-органа *НО2* срабатывает. При этом на выходе *НО2* образуется задний фронт импульса τ, который через блок *СУ* размыкает ключ *6А11.1* и снова замыкает ключи *6А9* и *6А10.2*. Вход усилителя *6А15* заземляется, конденсатор *6С32* (см. рис. 6.6) разряжается до нуля, и к моменту времени t_5 (см. рис. 6.7) схема *ПНВ* приходит в исходное состояние.

Время τ_1, в течение которого заряд конденсатора *6C32* (см. рис. 6.6) уменьшается с напряжения U_m до значения U_0, зависит от значения U_m и скорости разряда. Значение U_m определяется сигналом $-U_c$, а следовательно, и скоростью V судна. Скорость разряда зависит от значения опорного напряжения $-U_{оп}$, которое всегда постоянно. Таким образом, временной интервал τ_1 оказывается пропорциональным скорости судна. Следует отметить, что он не зависит от колебаний тока возбуждения i_0 индукционного преобразователя, т. е. от изменения напряжения судовой сети.

Действительно, напряжение

$$U_m = U_0 + \frac{1}{RC} U_c \tau_0,$$

где RC — постоянная времени заряда конденсатора *6C32*.

При разряде конденсатора *6C32* до значения U_0 имеет место следующая зависимость:

$$U_0 = U_m - \frac{1}{RC} U_{оп} \tau_1 = U_0 + \frac{1}{RC} U_c \tau_0 - \frac{1}{RC} U_{оп} \tau_1.$$

Отсюда получаем

$$\tau_1 = (U_c / U_{оп}) \tau_0.$$

Значение U_c зависит от скорости V судна и тока возбуждения i_0 индукционного преобразователя:

$$U_c = kR_c \, i_0 V,$$

где k — коэффициент передачи индукционного преобразователя и схемы лага;
R_c — сопротивление обмотки возбуждения ИП;
$R_c i_0$ — падение напряжения на обмотке возбуждения ИП;
i_0 — ток в цепи возбуждения ИП, зависящий от напряжения судовой сети.

Опорное напряжение $U_{оп}$ снимается с резистора (*3R1* на рис. 6.4), включенного в цепь возбуждения ИП. Через этот резистор проходит ток i_0, поэтому значение $U_{оп}$ может быть представлено как падение напряжения:

$$U_{оп} = R_{оп} i_0,$$

где $R_{оп}$ — сопротивление резистора *3R1*.

Подставляя значения U_c и $U_{оп}$ в выражение для τ_1, получим

$$\tau_1 = \frac{kR_c \, i_0 V}{R_{оп} \, i_0} \tau_0 = k_0 \frac{R_c}{R_{оп}} \tau_0 V = nV.$$

Это выражение показывает, что временной интервал τ_1 не зависит от тока i_0 и, следовательно, от колебаний напряжения судовой сети

Прямоугольный импульс $\tau = \tau_0 + \tau_1$, вырабатываемый нуль-органом *НО2*, подается в схему управления ключами *СУ*, где из него исключается постоянный временной интервал $\tau_0 = 18$ мс.

Следовательно, выходным сигналом блока *ПНВ* является прямоугольный импульс $\tau_1 = nV$. Коэффициент пропорциональности n есть постоянная величина, зависящая от конструктивных параметров k, $R_с$, $R_{оц}$ и τ_0. С выхода *ПНВ* сигнал τ_1 подается на вход преобразователя время — цифра (ПВЦ).

Преобразователь время — цифра. Схема ПВЦ служит для преобразования прямоугольных импульсов длительностью $\tau_1 = nV$, снимаемых с выхода блока *ПНВ*, в отсчеты скорости V и пройденного расстояния s. К узлу *ПВЦ* (рис. 6.8) относятся: цифровой фильтр *ЦФ*, корректор *К*, устройство индикации скорости *УИС*, устройство индикации расстояния *УИР*.

Узел *ПВЦ* работает следующим образом. Прямоугольные импульсы τ_1 с частотой следования 8 Гц из схемы управления ключами *СУ* (см. рис. 6.6) подаются на вход цифрового фильтра *ЦФ* (см. рис. 6.8). В *ЦФ* вырабатывается некоторый средний прямоугольный импульс (усредненный строб) $\tau_{ср}$. Осреднение осуществляется за промежуток, равный постоянной времени фильтра. Выключателем *6S3* можно установить одно из двух фиксированных значений постоянной времени *ЦФ*. За время $\tau_{ср}$ производится подсчет импульсов, поступающих в *ЦФ* из генератора прямоугольных импульсов *ГПИ* и имеющих частоту $f_0 = 250$ кГц.

Число сосчитанных импульсов соответствует скорости судна с некоторой погрешностью. Для ее устранения в схеме лага имеется корректор *К*, который вырабатывает импульсы дополнительной частоты $f_{доп}$. Значение и знак $f_{доп}$ задаются заранее составленной программой кор-

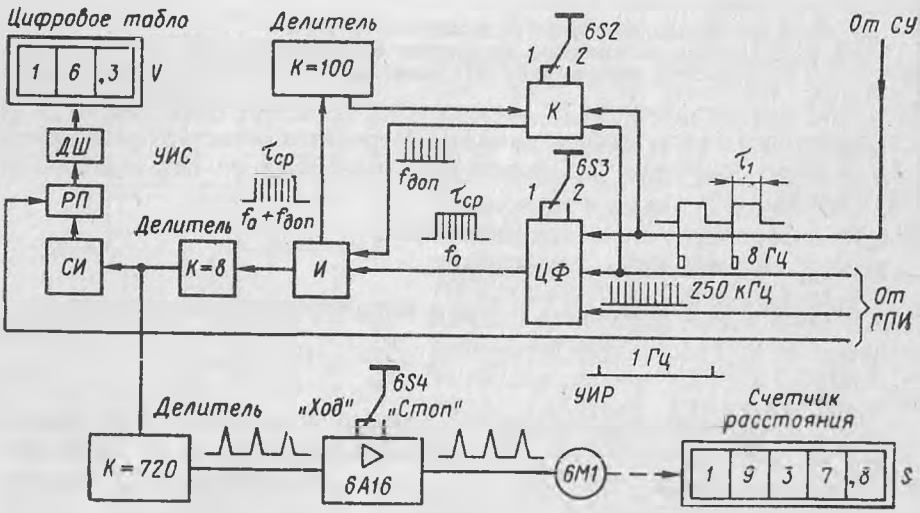


Рис. 6.8

ректора по результатам испытания лага на мерной линии. Программа вводится в действие сигналом скорости дискретно, через 1 уз. В результате на выходе *И* схемы наблюдается исправленная частота ($f_0 + f_{доп}$). Благодаря действию корректора счетчик импульсов *СИ* за время $\tau_{ср}$ подсчитывает число импульсов, соответствующее исправленному значению скорости V судна. Таким образом, изменением частоты заполнения $\tau_{ср}$ компенсируется погрешность в длительности временного интервала τ_1, возникающая из-за неточной работы индукционного преобразователя. Выключателем *6S2* корректор может быть включен (положение *1*) или отключен (положение *2*).

Устройство индикации скорости *УИС* предназначено для отображения на цифровом табло значения скорости судна в узлах. С выхода счетчика импульсов *СИ* на вход регистра памяти *РП* подается информация (с частотой 8 Гц) о скорости судна в виде двоично-десятичного кода. Одновременно с генератора прямоугольных импульсов *ГПИ* на регистр памяти *РП* поступают управляющие импульсы, которые определяют периодичность индикации скорости (1 Гц). С выхода регистра памяти *РП* код скорости подается на дешифратор *ДШ*, который обеспечивает включение ламп цифрового табло.

Устройство индикации расстояния *УИР* служит для подсчета общего числа импульсов, идущих пачками на счетчик *СИ*. Для этой цели пачки импульсов подаются на вход делителя с коэффициентом деления $K = 720$, где вырабатывается счетный импульс через определенное число импульсов, проходящих через делитель. Пятьсот счетных импульсов соответствуют пройденному расстоянию в 1 милю. Эти импульсы через усилитель мощности *6А16* подаются на шаговый двигатель *6М1*, который через редуктор связан с механическим счетчиком пройденного расстояния *s*. Один счетный импульс изменяет показание механического счетчика на 0,002 мили. Выключателем *6S4* можно включать или отключать счетчик расстояния.

6.4. Конструкция приборов лага ИЭЛ-2М

Индукционный преобразователь (прибор 9). Он представляет собой забортное устройство, устанавливаемое в прорези днища заподлицо с обшивкой корпуса судна. Он является датчиком сигнала, получаемого в результате преобразования скорости потока воды, обтекающей корпус судна, в электрическое напряжение.

На рис. 6.9 представлена конструкция индукционного преобразователя (прибор 9). Его основными деталями являются трехстержневой электромагнит *7* и два электрода *6* для съема сигнала $\sim U_{ип}$. Электромагнит, создающий поток магнитной индукции, имеет три обмотки *4*, в которые подается ток питания напряжением $\sim U_{пит}$ (частотой 50 Гц). Обмотки электромагнита соединены последовательно. Нижняя часть *5* индукционного преобразователя выполнена из изоляционного материала.

Съемные электроды *6*, находящиеся на поверхности нижней части *5* ИП, соприкасаются с забортной водой. Внутренняя полость корпуса *3* индукционного преобразователя залита эпоксидной смолой и представляет собой монолитную конструкцию, которая шпильками и гайками крепится к стойке *1* прибора 9. Для контроля изоляции между проводами ИП и его корпусом *3* имеется электрод *2*, впаянный в корпус. К этому электроду подводится отдельный провод. Внутри стойки *1* проходит жгут из пяти проводов, которые через штепсельный разъем *8* соединяют схему лага с элементами ИП.

Индукционный преобразователь устанавливают в клинкете (прибор 11). Клинкет изолируют от корпуса судна полиэтиленовыми втулками. С целью уменьшения помех все провода ИП экранируют.

Согласующий прибор (прибор 29). Он имеет корпус *6* (рис. 6.10) с откидной крышкой *2*. В корпусе расположены три контакта платы *5*. На внутренней стороне крышки *2* закреплена плата *1*, на которой смонтирован предварительный (согласующий) усилитель *УП*. В нижней части платы *1* имеется штырьковое соединение *10*, благодаря которому усилитель *УП* через жгут проводов *4* подключается к схеме лага. Элементы усилителя защищены кожухом (экраном) *12*, в котором имеется отверстие *11* для наблюдения за контрольной лампой *3*. Эта лампа подключена к выходу согласующего усилителя *УП* и сигнализирует о наличии выходного сигнала.

В процессе работы лага возникает необходимость изменять коэффициент усиления *УП*. Для этой цели в схеме лага (см. рис. 6.4) предусмотрены резисторы *29R20*, *29R21* и *29R22*. Подключение этих резисторов может быть выполнено с помощью перемычки *7* (см. рис. 6.10), которая устанавливается между соответствующими контактами средней платы *5*. При этом осуществляется дискретное изменение коэффициента усиления *УП* в пределах ± 25 %. Необходимость такой операции может возникнуть при тарировке лага.

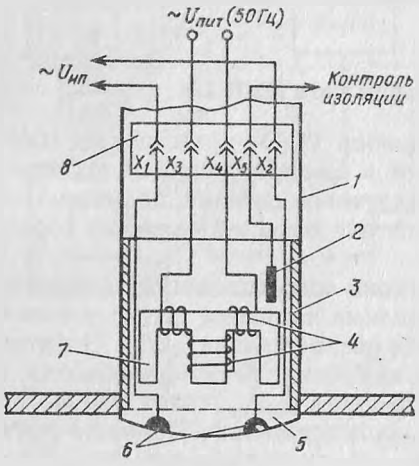


Рис. 6.9

Подключение прибора 29 к схеме лага осуществляется с помощью кабелей, проходящих через сальник *9*. Для уменьшения влажности внутри прибора 29 имеется патрон *8* с дегидратором.

Центральный прибор (прибор 6). В нем расположены основные блоки и узлы индукционного лага, а также органы управления и контроля.

На рис. 6.11 показана лицевая часть прибора 6, здесь имеются таб-

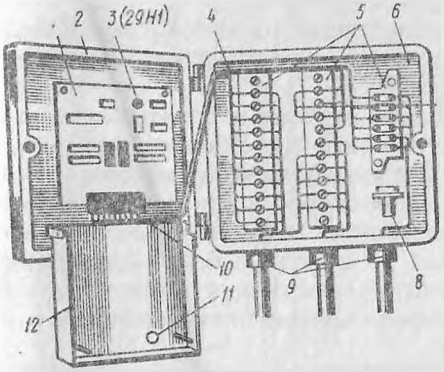


Рис. 6.10

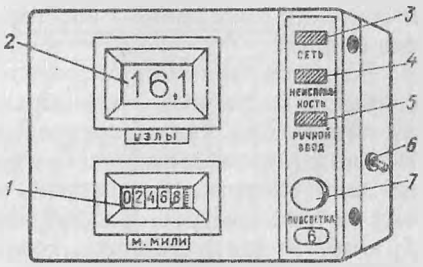


Рис. 6.11

ло *2* указателя скорости, окно *1* счетчика пройденного расстояния, сигнальные табло *3* «Сеть» (зеленого цвета), *4* «Неисправность» (красного цвета) и *5* «Ручной ввод» (желтого цвета). В нижнем правом углу расположена рукоятка *7* «Подсветка» для регулировки яркости освещения шкалы счетчика расстояния. В боковую стенку корпуса прибора вмонтирован тумблер *6*, предназначенный для включения лага.

На рис. 6.12 изображен центральный прибор с открытой крышкой. На ее внутренней стороне видны сигнальные лампы *22* «Сеть», *21* «Неисправность», *20* «Ручной ввод» (*6Н1* на рис. 6.4), а также регулятор *18* подсветки. В верхней части крышки установлен блок *2* цифровой индикации скорости.

В корпусе центрального прибора размещены блоки и узлы схемы лага, смонтированные на отдельных съемных платах:

блок *4* выработки синхроимпульсов, к которому относятся схема управления ключами *СУ* (см. рис.6.6) и генератор прямоугольных импульсов *ГПИ*;

блок *5* преобразователя, в который входят усилитель измерительного канала *УИК* (см. рис. 6.4), усилитель опорного канала *УОК* и преобразователь напряжение — время *ПНВ* (см. рис. 6.6);

блок *6* управления с панелью *7*, на которой находятся органы управления и контроля;

блок *8* цифрового фильтра, включающий в себя цифровой фильтр, делитель (*К-100* на рис. 6.8), счетчик импульсов *СИ* и схему суммирования частот *И*;

блок *9* делителя интегратора, к которому относятся делители (*К*-8 и *К*-270 на рис. 6.8), усилитель мощности *6А16* и ждущий мультивибратор *МВЖ* (см. рис. 6.6), работающий при ручном вводе скорости;

блок *10* выдачи информации, который позволяет подключать к центральному прибору дополнительные индикаторы скорости и пройденного расстояния (приборы 1, 5, 59 и 119);

блок *11* корректора с коммутатором *12*;

узел *15* пройденного расстояния, состоящий из шагового двигателя и счетчика пройденного расстояния. Отсчет расстояния снимается через окно *17*.

В правой части корпуса центрального прибора находятся панель *13* с предохранителями и контейнер *14* с коммутационными перемычками корректора. На внутренней стороне крышки видны: матовое стекло *19*, на котором записывается эталонная скорость для контроля работы лага; отвертка *1*, которой производится установка регулировочных потенциометров, расположенных на панели *7* блока управления *6*; ключ *3* для установки контактных перемычек в коммутаторе *12* блока *11* корректора; ручка *16*, которой съемные платы извлекают из центрального прибора.

Прибор питания (прибор 3). В нем расположены силовой трансформатор, выпрямители, стабилизаторы, элементы контроля и сигнализации. Прибор питания является устройством, которое вырабатывает следующие напряжения, необходимые для работы лага:

а) переменного тока 50 Гц: 6,3 В для питания ламп накаливания; 20 В для питания обмотки электромагнита индукционного преобразователя; опорное напряжение $\sim U_{оп}$, снимаемое с прецизионного резистора *3R1* (см. рис. 6.4);

б) постоянного тока (нестабилизированные) — 16, 35, 90 В;

в) постоянного тока (стабилизированные) 5 В — для питания цифровых микросхем; 10 и 15 В — для питания аналоговых микросхем.

На рис. 6.13 показан общий вид прибора питания (с открытой крышкой). Внутри корпуса размещены:

переключатель *4* на 11 фиксированных положений, предназначенный для проверки основных напряжений в схеме;

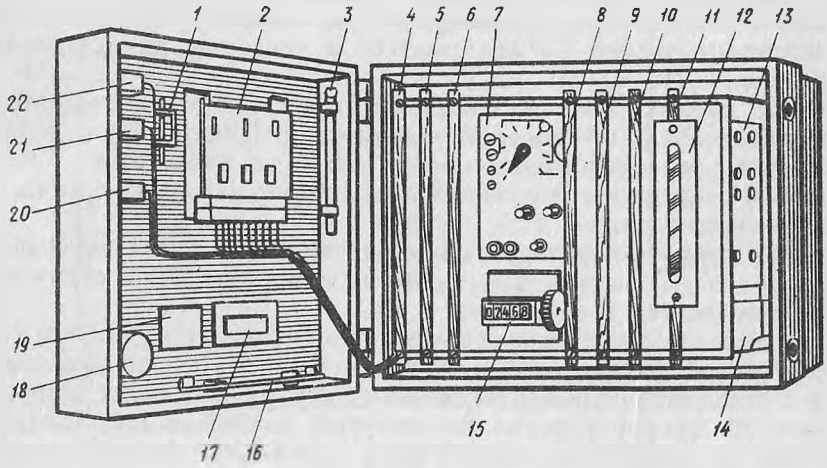


Рис. 6.12

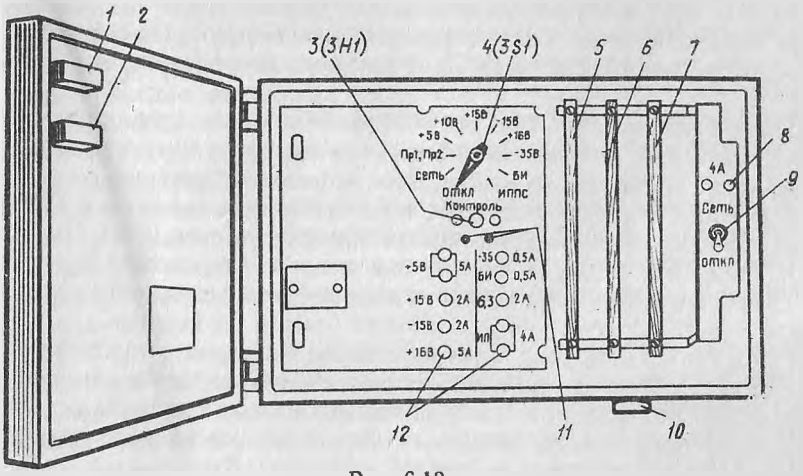


Рис. 6.13

сигнальная лампа *3* «Контроль», которая зажигается при наличии напряжения в цепи, подсоединяемой к схеме контроля переключателем *4*;

съемные платы *5*, *6* и *7*. На платах *5* и *6* смонтированы стабилизаторы напряжения (на 5 и 15 В), а на плате *7* — блок автоматического контроля и сигнализации. При исчезновении какого-либо напряжения блок *7* включает сигнальную лампу *2* красного цвета в приборе 3, а также лампу *4* (см. рис. 6.11) в приборе 6;

выключатель *9* «Сеть»;

предохранители *8* (см. рис. 6.13) цепи питания лага;

предохранители *12* отдельных цепей питания;

выходные гнезда *11* для контроля напряжений;

сигнальная лампа *1* (зеленого цвета), которая горит при наличии напряжения на вторичной обмотке силового трансформатора, расположенного внутри прибора питания;

регулирующий транзистор *10* стабилизатора 5 В.

В схемах стабилизаторов предусмотрена защита их от короткого замыкания в цепи нагрузки. После срабатывания защиты необходимо отключить сеть (выключателем *9*) и через 15 с вновь подать ток питания в схему.

6.5. Органы управления и эксплуатация лага ИЭЛ-2М

Блок управления (см. позиции *6* и *7* на рис. 6.12), расположенный в центральном приборе, имеет элементы, с помощью которых задается режим работы лага, осуществляются включение и отключение отдельных узлов, необходимые регулировки и периодический контроль работы всех блоков схемы.

На рис. 6.14 показана панель блока управления с элементами, которые предназначены для управления и контроля. Отмечены обозначения элементов, имеющиеся на функциональной схеме (см. рис. 6.4, 6.6 и 6.8).

Переключатель *1* (*6S1* на рис. 6.4) имеет 11 фиксированных положений. Первые три положения (не отмеченные цифрами) определяют режимы лага: «Работа», «Калибровка», «Масштабирование».

В режиме «Работа» (исходное положение переключателя *1*) на вход схемы подключается индукционный преобразователь ИП. При отсутствии движения судна (в порту) лаг должен показывать нулевой отсчет скорости. При необходимости выполняется регулировка потенциометром *8* (*6R7*, «Уст. 0 — Р»).

В режиме «Калибровка» (второе после исходного положение переключателя *1*) вход схемы замыкается на корпус. Независимо от того, имеет судно ход или нет, лаг должен показывать нулевой отсчет скорости. Для регулировки «нуля», который можно назвать «электрическим», служит потенциометр *9* (*6R6*, «Уст.0 — К»).

В режиме «Масштабирование» (третья начиная от исходной позиция переключателя *1*) на вход схемы поступает эталонное напряжение. При этом лаг должен показывать некоторый отсчет скорости $V_э$, записанный на матовом стекле *19* (см. рис. 6.12). Значение $V_э$ определяется на мерной линии и устанавливается: грубо регулятором *11* (*6R12*) и плавно (дополнительно, более точно) регулятором *10* (*6R8*). С помощью указанных регуляторов задается определенная крутизна характеристики схемы лага, которая сохраняется и в рабочем режиме.



Рис. 6.14

В схеме лага предусмотрен ручной ввод сигнала скорости на случай, когда, например, выходит из строя индукционный преобразователь или прибор 29. Для того чтобы ввести сигнал скорости вручную, необходимо переключатель *1* (*6S1*) установить в положение «Ручной ввод». При этом загорается сигнальное табло *5* (см. рис. 6.11). Действуя рукояткой *3* (*6R1* на рис. 6,6), надо добиться, чтобы на цифровом указателе появилось нужное значение скорости, которое определяется по частоте вращения винта или каким-либо другим независимым от лага способом.

При ручном вводе скорости ждущий мультивибратор *МВЖ* (см. рис. 6.6) формирует прямоугольные импульсы, длительность которых определяется положением регулятора *6R1* (рукоятка *3* на рис. 6.14). Эти искусственные импульсы через схему управления ключами *СУ* (см. рис. 6.6) поступают на цифровой фильтр для выработки отсчета введенной вручную скорости и соответствующего этой скорости проходимого судном расстояния.

На панели блока управления расположены тумблеры *4* (*6S2*) для включения и выключения корректора, фильтра *5* (*6S3*) и шагового двигателя *6* (*6S4*). Гнезда *7* предназначены для подключения имитатора, с помощью которого можно проверять правильность ввода в корректор данных, полученных на мерной линии.

Лаг ИЭЛ-2М является прибором, который не требует постоянного обслуживания во время плавания. Однако перед каждым выходом судна в рейс необходимо выполнять некоторые операции, связанные с контролем изоляции сигнального кабеля, проверкой работы лага в тестовых («Калибровка» и «Масштабирование») и рабочем режимах. Кроме того, периодически, примерно один раз в год, осуществляется регулировка лага на мерной линии. В этом случае мегаомметром измеряют сопротивление изоляции кабеля и индукционного преобразователя. Сопротивление изоляции должно быть не менее 100 мОм.

Включают и выключают лаг тумблером *6* (см. рис. 6.11), находящимся в центральном приборе. Перед включением лага органы управления должны находиться в следующих положениях:

а) в приборе 3 (см. рис. 6.13) — тумблер *9* в положении «Сеть»;

б) в приборе 6 (см. рис. 6.14) — переключатель *1* в положении «Работа»; тумблер *6* («Мили») в положении «Ход»; тумблер *4* «Корректор» в положении «Откл.»; тумблер *5* «Фильтр» в положении *1*.

После включения лага тумблером *6* (см. рис. 6.11) в центральном приборе и приборе питания загораются табло зеленого цвета. При коротких стоянках в порту лаг ИЭЛ-2М выключать не рекомендуется.

6.6. Проверка и регулировка лага ИЭЛ-2М

Проверка и регулировка лага перед выходом судна в рейс. В порту перед выходом судна в рейс индукционный лаг должен быть проверен и отрегулирован. Проверки и регулировки заключаются в выполнении трех последовательных операций: «Калибровка», «Установка рабочего нуля» и «Контроль масштабирования». Калибровку и контроль масштабирования можно также периодически выполнять в процессе плавания.

Калибровка — это проверка и установка «нуля» измерительной схемы лага при замкнутом накоротко входе. Для выполнения калибровки переключатель *1* (см. рис. 6.14) в приборе 6 устанавливают в положение «Уст. 0 — К». При этом срабатывает реле *29К1* (см. рис. 6.4) и вход схемы замыкается накоротко контактами *29К1.1* и *29К1.2*, вслед

ствие чего лаг должен показывать скорость, равную нулю. Если же отсчет скорости на табло отличается от нулевого значения более чем на 0,1 уз, необходимо потенциометром *9* (*6R6* на рис. 6.4) выполнить соответствующую регулировку. Эту регулировку можно назвать установкой электрического «нуля» схемы.

Установка рабочего нуля — это проверка и регулировка «нуля» схемы при подключенном индукционном преобразователе. Переключатель *1* (см. рис. 6.14) в приборе 6 устанавливают в положение «Работа». К схеме лага подключают индукционный преобразователь. Судно не имеет хода, поэтому лаг должен показывать скорость $V = 0$ с допустимым отклонением 0,1 уз. При большем отклонении необходимо выполнить регулировку «нуля» («Установка рабочего нуля» — «Уст. 0 — Р») вращением потенциометра *8* (*6R7* на рис. 6.4).

Следует иметь в виду, что при наличии постоянной отрицательной поправки лаг на неподвижном судне будет показывать скорость $V = 0$, так как схема лага ИЭЛ-2М рассчитана только на фиксацию скорости со знаком «плюс». Для более точной установки рабочего «нуля» с целью исключения постоянной погрешности любого знака может быть рекомендована следующая методика:

переключатель *1* (см. рис. 6.14) поставить в положение «Уст. 0 — К» и снять отсчет скорости V_1 (предварительно выполнялась калибровка, поэтому значение V_1 должно равняться примерно 0,1 уз);

потенциометром *9* («Уст. 0 — К») установить отсчет скорости V_2, равный 2 уз;

переключатель *1* повернуть в положение «Работа» и снять отсчет скорости V_0;

ослабив крепление, вынуть индукционный преобразователь из клинкета, развернуть его на 180° и снова поставить в клинкет. Снять отсчет скорости V_{180}, после этого еще раз повернуть индукционный преобразователь на 180° и закрепить его в первоначальном положении;

вычислить погрешность индукционного преобразователя

$$\delta_v = \frac{V_0 + V_{180}}{2} - (V_2 - V_1);$$

потенциометром *8* («Уст. 0 — Р») установить отсчет скорости V лага с учетом найденной поправки $\Delta_v = -\delta_v$:

$$V = V_0 - \delta_v;$$

переключатель *1* установить в положение «Уст. 0 — К» и, вращая потенциометр *9* («Уст. 0 — К»), восстановить на табло скорости первоначальное значение V_1, равное 0,1 уз.

Установка рабочего «нуля» с поворотом индукционного преобразователя на 180° позволяет не только компенсировать постоянную погрешность лага, но и исключить влияние внешних возмущений, например течения или дрейфового перемещения судна.

Контроль масштабирования — это проверка схемы лага при отключенном индукционном преобразователе и поданном на вход схемы эталонном напряжении (в гидродинамических лагах аналогичная проверка выполняется с помощью проверочных грузов).

При выполнении этой проверки переключатель *1* (см. рис. 6.14) устанавливают в положение «Масштаб». В этом случае срабатывает реле *29К2* (см. рис. 6.4), контакты которого *29К2.1* и *29К2. 2* подключают к выходу предварительного усилителя резистор *3R1*. Падение напряжения на этом резисторе является эталонным напряжением. Лаг должен показывать скорость, значение которой было определено при регулировке прибора на мерной линии и записано на матовом стекле внутри прибора 6.

Если отсчет скорости, снимаемый при контроле масштабирования, отличается от записанного на матовом стекле, необходимо выполнить регулировку потенциометрами *11* («Грубо») и *10* («Плавно»). Контроль масштабирования может выполняться не только на стоянке, но и на ходу судна.

Регулировка лага на мерной линии. Индукционный лаг имеет погрешность, которая должна быть компенсирована поправкой

$$\Delta_v = V_и - V_л.$$

В общем случае поправка лага является функцией скорости судна

$$\Delta_v = f(V).$$

Эту функцию можно представить в виде суммы трех составляющих (рис. 6.15):

$$\Delta_v = a + bV + c(V),$$

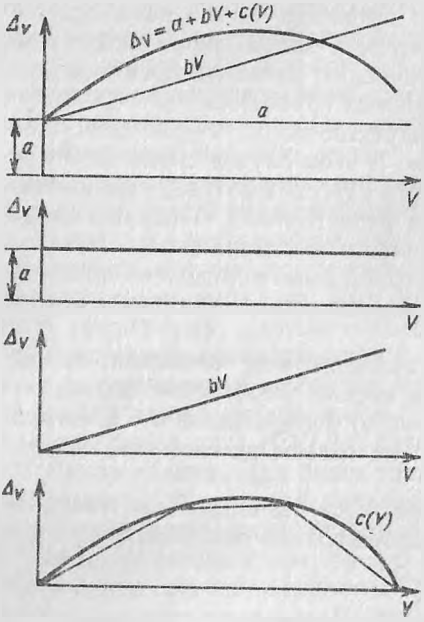
где a — постоянная составляющая;
bV — линейная составляющая;
$c(V)$ — нелинейная составляющая поправки, которая приближенно может быть изображена ломаной линией.

Постоянная составляющая поправки определяется и вводится при выполнении регулировки «Установка рабочего нуля». Определение и ввод линейной составляющей поправки в показания лага называется масштабированием и выполняется по результатам испытания лага на мерной линии. Нелинейная составляющая поправки лага $c(V)$ вводится с помощью корректора, также по данным, полученным на мерной линии.

Масштабирование выполняется после того, как произведена компенсация постоянной погрешности лага, т. е. после установки рабочего «нуля». Сущность масштабирования можно понять из следующих рассуждений.

В индукционном лаге отсчет скорости $V_л$ судна пропорционален электрическому сигналу индукционного преобразователя:

$$V_л = mU_с.$$



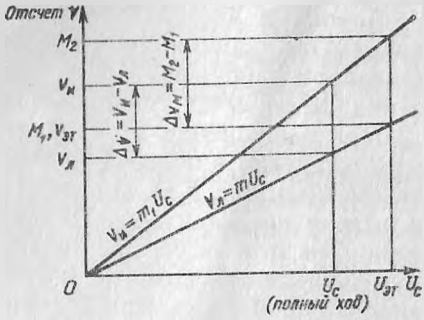


Рис. 6.16

← Рис. 6.15

Испытания на мерной линии предусматривают определение поправки лага $\Delta_л$ на полном ходу. Отсчет лага, соответствующий истинному значению скорости $V_и$ при прежнем значении сигнала $U_с$,

$$V_и = V_л + \Delta_л = m_1 U_с$$

где m_1 — новое значение коэффициента пропорциональности.

На рис. 6.16 показана зависимость отсчета скорости V от сигнала $U_с$. Некоторому значению сигнала $U_с$ (на полном ходу судна) при коэффициенте m соответствует отсчет скорости $V_л$. Путем изменения коэффициента пропорциональности (с m на m_1) при том же сигнале $U_с$ можно получить отсчет, равный истинной скорости $V_и$. Из рис. 6.16 следует, что изменение коэффициента пропорциональности соответствует введению в отсчет лага поправки $\Delta_л = V_и - V_л$.

Таким образом, масштабирование (ввод линейной составляющей поправки) выполняется путем изменения крутизны характеристики лага, т. е. за счет коэффициента пропорциональности m.

Из функциональной схемы лага можно установить, что

$$m = (k_0/U_{оп})\, f_0\, k_1,$$

где k_0 — коэффициент усиления предварительного усилителя (прибора 29);
$U_{оп}$ — опорное напряжение;
f_0 — частота опорного генератора;
k_1 — коэффициент передачи преобразовательной схемы.

Регулировка коэффициента m, т. е. масштабирование, выполняется изменением опорного напряжения $U_{оп}$. Масштабирование выполняется в такой последовательности:

на мерной линии на полном ходу судна определяют значения истинной скорости $V_и$ и скорости $V_л$, измеренной лагом (при выключенном корректоре). Разность значений этих величин представляет собой поправку лага

$$\Delta_v = V_и - V_л;$$

переключатель режимов *1* (см. рис. 6.14) переводят в положение «Масштаб». При этом в схему лага вместо сигнала $U_{ип}$ подается сигнал в виде некоторого эталонного напряжения $U_{эт}$;

снимается отсчет скорости M_1, который соответствует данному эталонному напряжению $U_{эт}$ (см. рис. 6.16);

рассчитывается отсчет скорости M_2, который должен показывать лаг при эталонном напряжении $U_{эт}$, с учетом введенной линейной поправки. Значение величины M_2 определяется по формуле

$$M_2 = M_1 (V_и/V_л).$$

Эту формулу получают из соотношения $V_и/V_л = M_2/M_1$, которое можно найти с помощью данных рис. 6.16.

Значение скорости M_2 записывается на матовом стекле внутри прибора 6; используя регуляторы *10* (см. рис. 6.14) и *11* добиваются, чтобы лаг в режиме «Масштаб» показывал скорость M_2.

В некоторых случаях возникает необходимость изменения коэффициента усиления k_0 предварительного усилителя (прибор 29) путем перестановки перемычки *7* (см. рис. 6.10).

Ввод нелинейной поправки при помощи корректора состоит в следующем. После того как постоянная и линейная составляющие погрешности лага скомпенсированы, в отсчете скорости будет только нелинейная погрешность $c(V)$, она компенсируется поправкой, вырабатываемой корректором. Кривую $c\ (V)$ можно представить в виде ломаной линии (см. рис. 6.15). На каждом участке ломаной линии своя поправка, которую можно считать на этом участке линейной величиной.

Следовательно, формирование общей нелинейной поправки (в некотором приближении) может быть эквивалентно введению линейных поправок по участкам «Малый ход», «Средний ход», «Полный ход».

Как было указано ранее, введение линейной поправки равнозначно изменению коэффициента пропорциональности. При введении общей линейной поправки (для всего диапазона скоростей) изменялись значения k_0 и $U_{оп}$. Эти величины вторично изменять нельзя, иначе нарушится предыдущая регулировка (масштабирование). Поэтому на отдельных участках изменение коэффициента m осуществляется посредством введения новой частоты $f_0 + \Delta f$. Формирование новой частоты по участкам в соответствии с заранее заданной программой выполняется

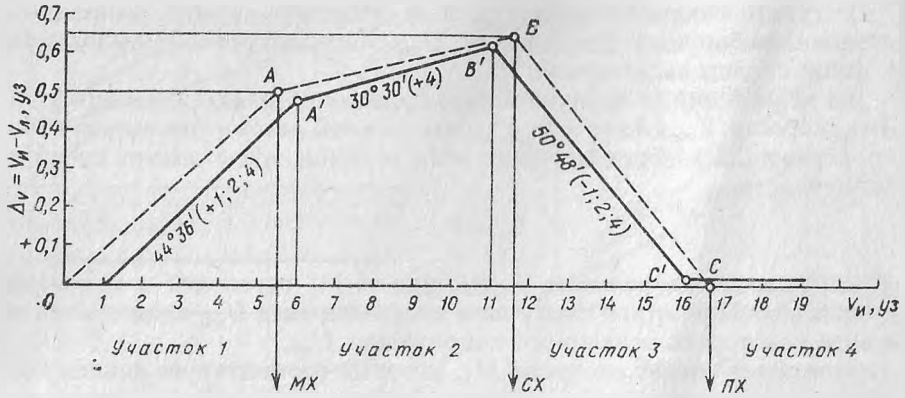


Рис. 6.17

автоматически в корректоре. Программу работы корректора составляют по результатам испытаний лага на мерной линии.

Рассмотрим последовательность действий по составлению программы работы корректора.

Пусть в результате испытаний лага на мерной линии получены поправки лага на трех скоростях (рис. 6.17):

Скорость, уз	Поправка, уз
При малом ходе (МХ) $V_и = 5{,}5$	$\Delta_{v1} = 0{,}5$
» среднем ходе (СХ) $V_и = 11{,}6$	$\Delta_{v2} = 0{,}65$
» полном ходе (ПХ) $V_и = 16{,}7$	$\Delta_{v3} = 0$

Значения поправок Δ_{v1}, Δ_{v2} и Δ_{v3} характеризуют нелинейную составляющую погрешности $c(V)$ лага в точках A, B и C (см. рис. 6.17).

Пользуясь трафаретом (рис. 6.18), который имеется в ЗИПе, на миллиметровку наносят ломаную линию (см. рис. 6.17). Эта линия должна состоять из трех-четырех участков; каждый участок имеет фиксированный наклон, задаваемый трафаретом. Кроме того, все точки перегиба (A', B', C') ломаной линии должны находиться в непосредственной близости от точек A, B и C и соответствовать целому числу узлов (начиная с 1 уз) по шкале скорости $V_и$.

Наложив трафарет (см. рис. 6.18) на миллиметровку (см. рис. 6.17), определяют, что в рассматриваемом случае первому участку соответствует линия трафарета с наклоном 44°36′ и средневзвешенными коэффициентами + (1; 2; 4). Другие линии не годятся, так как проходят на большем расстоянии от точки A.

После того как линия первого участка нанесена на миллиметровку, с помощью технологической панели вставляют коммутационные перемычки в гнезда корректора, соответствующие данному участку. Па-

нель (рис. 6.19) представляет собой линейку, на которой отмечены зоны, узлы, участки и коэффициенты. Зона *1* используется, когда полный ход судна составляет менее 17 уз, а зона *2* — когда полный ход судна составляет более 17 уз. В рассматриваемом примере перемычку «Зоны» ставят в положение *1*, перемычку «Узлы» — в положение *1*, четыре перемычки «Коэффициенты» — в гнезда «+», *1*, *2*, *4* участка *1*.

Затем проверяют работу корректора на участке *1*, подключив тарировочный прибор к гнездам «Имитатор» (блок управления, прибор 6). Переключатель *1* (см. рис. 6.14) при этом должен быть установлен в положение *5*. Потенциометром тарировочного прибора (при выключенном корректоре) устанавливают отсчет скорости, соответствующей значению $V_л$ малого хода: $V_л = V_и - \Delta_v = 5{,}5—0{,}5 = 5{,}0$ уз. После включения корректора отсчет на табло должен принять значение $V_и$

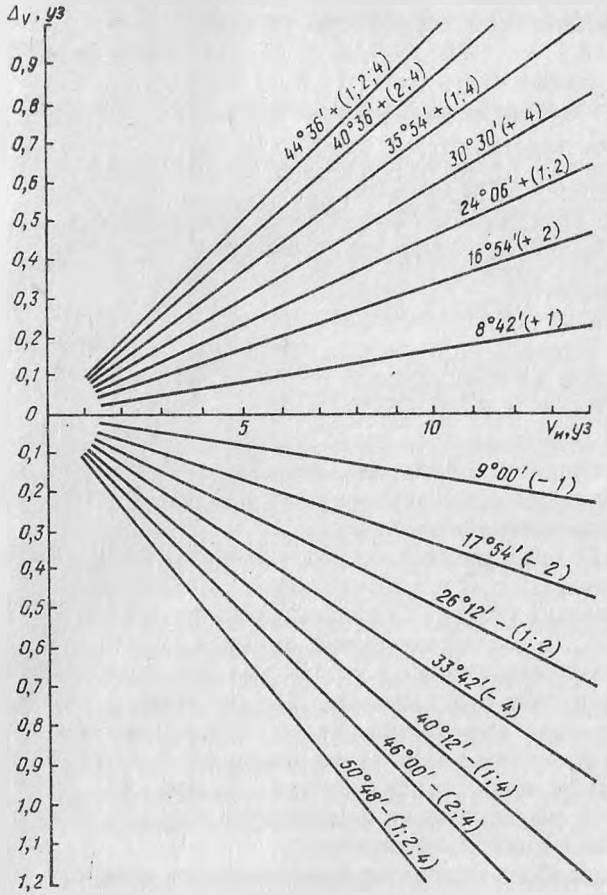


Рис. 6.18

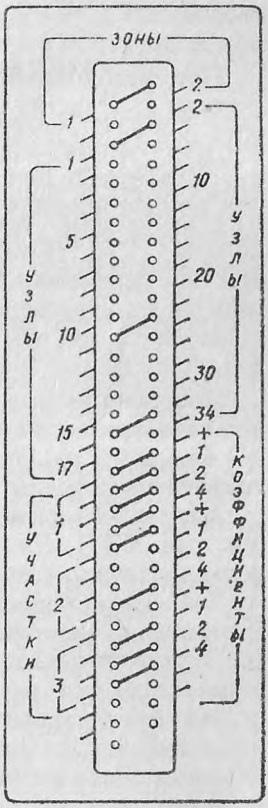


Рис 6.19

(5,5 уз). Если этот отсчет отличается от значения $V_и$ более чем на 0,1 уз, выбирают по трафарету другой наклон участка *1*, устанавливают другие перемычки коэффициентов и повторяют операцию контроля.

При отсутствии тарировочного прибора проверку правильности ввода данных в корректор можно выполнять, используя режим работы лага «Ручной ввод».

Аналогично определяют установочные данные перемычек для остальных участков. В приведенном примере участку *2* (см. рис. 6.17) соответствует луч трафарета с наклоном 30°31′ и весовым коэффициентом +4. Начало участка *2* (*A′*) определяется целым значением отсчета истинной скорости $V_и$ — 6 уз. В корректоре необходимо установить следующие перемычки: «Узлы» в положение *6*; «Коэффициенты» — в гнезда «+», *4* участка *2*. Сразу после этого требуется проверить правильность установки перемычек участка *2* (с помощью тарировочного прибора). При выключенном корректоре устанавливается отсчет скорости $V_л = V_и - \Delta_п = 11{,}6 - 0{,}5 = 11$ уз. После включения корректора отсчет должен стать $V_и = 11{,}6 \pm 0{,}1$ уз.

При необходимости уточняют данные для установки перемычек участка *2*. Участку *3* соответствуют луч трафарета, имеющий наклон вниз под углом 50°48′ (см. рис. 6.18) и отрицательные весовые коэффициенты —(1, 2, 4). Начало участка *3* (*B′*) определяется целым значением отсчета истинной скорости $V_и$ — 11 уз (см. рис. 6.17). В корректоре необходимо установить следующие перемычки: «Узлы» — в положение *11*, «Коэффициенты» — в гнезда *1*, *2*, *4* участка *3* (отсутствие перемычки в гнезде «+» означает ввод отрицательных коэффициентов на участке *3*). Правильность работы корректора на участке *3* проверяется так же, как и на предыдущем, — путем сравнения отсчетов, создаваемых имитатором (с корректором и без корректора).

Поправка на полном ходу равняется нулю, поэтому показания лага при включенном и выключенном корректоре должны отличаться не более чем на 0,1 уз. При большем отклонении нужно выбрать другой луч трафарета и уточнить положения перемычек.

Участок *4* (последний) представляет собой горизонтальную линию (см. рис. 6.17), совпадающую с осью абсцисс или идущую ей параллельно. Начало этого участка (точка *C′*) должно соответствовать целому значению скорости $V_и$ (в рассматриваемом примере 16 или 17 уз). В нашем случае лучше выбрать отсчет 16 уз, так как при полном ходе 16,7 уз остаточная погрешность будет меньше. Для последнего участка устанавливается только одна перемычка «Узлы» — в положение *16*.

На этом составление программы работы корректора *3*, т. е. установка перемычек на наборном поле, заканчивается. Теперь на любой скорости судна корректор автоматически вводит поправку для компенсации нелинейной составляющей погрешности.

Следует отметить, что работа корректора определяется ломаной линией *0 — 1 — A′ — B′ — C′*, которая не совпадает с ломаной ли-

линей $0 - A - B - C$, характеризующей действительное значение нелинейной погрешности. В связи с этим в отсчете скорости наблюдается некоторая незначительная остаточная погрешность:

$V_и$, уз	$\delta_н$, уз
4	—0,06
9	—0,02
12	—0,1
16,7	—0,02

После регулировки лага на мерной линии необходимо определить его поправку. В соответствии с НШС—82 поправка лага должна определяться с точностью до 0,5 % на основных скоростях судна на мерной линии, на специальном полигоне или по расстояниям между высокоточными обсервациями. Стабильность поправки лага во время плавания судна необходимо проверять по расстояниям между точными обсервациями.

6.7. Поиск неисправностей в лаге ИЭЛ-2М

Во время плавания с помощью лага ИЭЛ-2М осуществляются измерение скорости судна относительно воды и расчет пройденного расстояния. По Правилам технической эксплуатации судовой электрорадионавигационной аппаратуры основным признаком исправной работы лага является соответствие точности измерения скорости и пройденного расстояния требованиям Правил Регистра СССР и технической документации.

Причиной возникновения неисправности в схеме лага может быть исчезновение любого из напряжений, питающих отдельные узлы, или выход из строя какого-либо блока лага. Для поиска неисправности в лаге имеются: схема контроля напряжений (в приборе 3) и схема контроля работы блоков (в приборе 6).

На рис. 6.20 дана схема контроля работы отдельных узлов лага, расположенных в приборах 3, 6 и 29. При нормальной работе лага в приборах 3 и 6 горят табло «Сеть» (зеленого цвета). Это свидетельствует о том, что лаг получает питание от судовой сети.

Если в приборе 3 отсутствует одно из вырабатываемых напряжений, то блок автоматического контроля и сигнализации включает табло «Неисправность» (красного цвета) в приборах 3 и 6. Для определения отсутствующего напряжения в приборе 3 имеется схема контроля, к которой относятся переключатель *3S1* и сигнальная лампа *3H1* (соответственно позиции *4* и *3* на рис. 6.13). Переключатель имеет 11 фиксированных положений. В десяти из этих положений проверяется наличие контролируемого напряжения по загоранию сигнальной лампы *3H1*.

Первое положение «Откл.» переключателя *3S1* соответствует отключенному состоянию схемы контроля. Сигнальная лампа *3H1* в

этом случае не горит. В положении «Сеть» проверяют наличие напряжения судовой сети на входе прибора 3. Загорание лампы *3H1* свидетельствует о поступлении напряжения в прибор питания. Установкой переключателя *3S1* в положение «*F1*; *F2*» проверяют предохранители в цепи питания лага (позиция *8* на рис. 6.13).

Следующие четыре положения переключателя: «+5 В», «+10 В», «+15 В» и «—15 В», позволяют проконтролировать наличие стабилизированных напряжений 5, 10 и 15 В. В положениях «+16 В» и «—35 В» контролируют нестабилизированные напряжения 16 и 35 В. При установке переключателя *3S1* в положение «БИ» проверяют выработку напряжения, питающего цифровые блоки индикации скорости. Положение «ИП» позволяет проверить переменное напряжение 20 В, необходимое для питания индукционного преобразователя.

Если требуется, то можно измерить значение любого из контролируемых напряжений. Для этого необходимо подключить вольтметр к гнездам *11* (см. рис. 6.13). Обнаружив отсутствие какого-либо напряжения (при контроле лампа *3H1* не горит), необходимо проверить соответствующий предохранитель (позиция *12* на рис. 6.13). Контроль работы индукционного преобразователя и предварительного усилителя осуществляется блоком *СК* (схема контроля), расположенным в приборе 29 (см. рис. 6.20). При нормальной работе этих узлов в приборе 29 горит сигнальная лампа *29H1*.

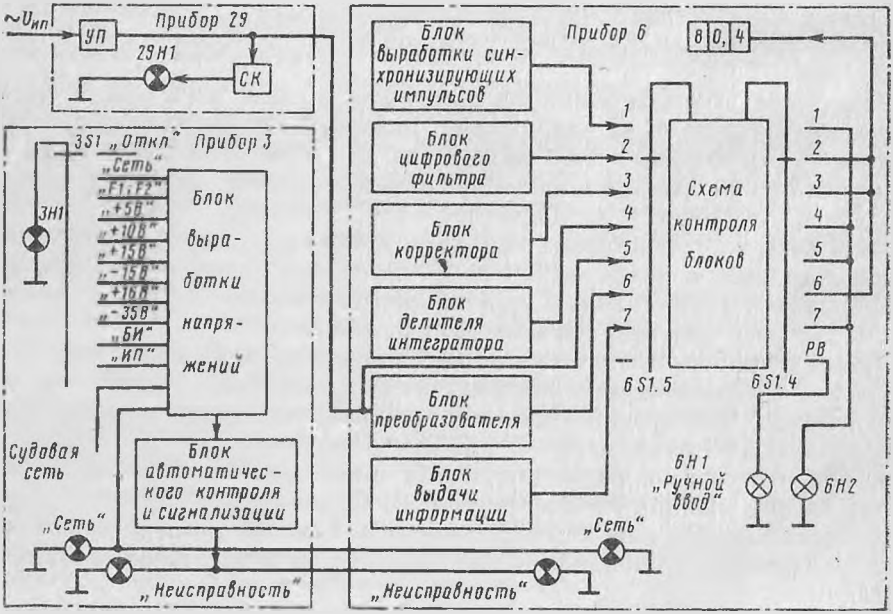


Рис. 6.20

Для определения неисправности в приборе 6 служит схема контроля блоков. Переключателем *6S1.5* каждый блок поочередно подключают к схеме контроля. Сигнализация о работе блока осуществляется лампой *6Н2* (позиция *2* на рис. 6.14) или цифровым узлом индикации скорости. Один или другой индикатор подключают к выходу схемы контроля блоков переключателем *6S1.4*.

Семь фиксированных положений переключателя *6S1* (позиция *1* на рис. 6.14; *6S1.4* и *6S1.5* на рис. 6.20), отмеченных цифрами *1—7*, позволяют контролировать все блоки центрального прибора лага.

В положении *1* контролируется работа блока выработки синхронизирующих импульсов (позиция *4* на рис. 6.12). При исправном блоке должна с частотой 1 Гц мигать сигнальная лампа *6Н2* (позиция *2* на рис. 6.12).

В положении *2* осуществляется проверка исправности блока цифрового фильтра (позиция *8* на рис. 6.12). При его нормальной работе лаг должен показывать отсчет скорости 80,4 уз.

В положении *3* (позиция *1* на рис. 6.14) и включенном корректоре проверяется работа блока корректора. Признаком исправности этого блока является отсчет скорости 80,4 уз.

При установке переключателя *6S1* в положение *4* контролируется работа блока делителя интегратора (позиция *9* на рис. 6.12). Мигание сигнальной лампы *2* (см. рис. 6.14) *6Н2* с частотой 2 Гц указывает на исправность схемы.

Положение *5* переключателя *6S1* предназначено для проверки наличия сигнала на входе преобразователя (позиция *5* на рис. 6.12). Этот сигнал (см. рис. 6.3) поступает с выхода предварительного усилителя *УП* (прибор 29) на вход усилителя измерительного канала *УИК* (прибор 6). Если на входе *УИК* сигнал имеется, то лампа *6Н2* горит немигающим светом.

В положении *6* проверяется работа блока преобразователя (позиция *5* на рис. 6.12). При исправном блоке на цифровом табло скорости должен появиться отсчет 0,1—0,2 уз.

В положении *7* осуществляется контроль работы блока выдачи информации (позиция *10* на рис. 6.12). При исправном блоке сигнальная лампа *6Н2* горит немигающим светом.

Рассмотрим последовательность операций при отыскании неисправности в лаге (см. рис. 6.20 и 6.14).

Пусть на ходу судна лаг показывает нулевую скорость. Красное табло «Неисправность» ни в приборе 3, ни в приборе 6 не горит. Это означает, что прибор питания работает исправно. Для отыскания неисправности необходимо использовать схему контроля, расположенную в центральном приборе.

Поиск неисправности ведут в такой последовательности:

1. Устанавливают переключатель *6S1* поочередно в положения «Уст. 0 — К» и «Масштаб». Если в этих положениях показания лага равны ранее установленным значениям, то неисправность ищут в ин-

дукционном преобразователе. Отклонение показаний лага от ранее установленных свидетельствует о том, что неисправность может быть в приборе 6 или 29.

2. Устанавливают переключатель *6S1* (позиция *1* на рис. 6.14) в положение *1*. Если сигнальная лампа *6H2* (см. рис. 6.20) мигает с частотой 1 Гц, это означает, что блок выработки синхронизирующих импульсов работает нормально.

3. Переключатель *6S1* (см. рис. 6.14) переводят в положение *2*. Если на цифровом индикаторе устанавливается скорость 80,4 уз, блок цифрового фильтра работает исправно.

4. Переводят переключатель *6S1* в положение *3*. Индикация скорости 80,4 уз служит подтверждением исправности блока корректора.

5. Если после установки переключателя *6S1* в положение *4* сигнальная лампа *6H2* мигает с частотой 2 Гц, это значит, что блок делителя интегратора исправен.

6. Установкой переключателя *6S1* в положение *5* проверяют поступление сигнала на вход блока преобразователей. Если сигнальная лампа *6H2* не горит, проверяют сигнальную лампу *29H1* в приборе 29. Если она горит, это означает, что имеется неисправность (обрыв) в кабеле, который соединяет выход прибора 29 с входом блока преобразователей (в приборе 6). После устранения неисправности лаг показывает скорость судна.

Если в процессе проверки обнаруживают неисправный блок, его заменяют.

Необходимо помнить, что при замене прибора 9 или блока управления (позиция *7* на рис. 6.12) требуется выполнить регулировку лага на мерной линии. При замене других блоков можно ограничиться проверкой и регулировкой прибора в режимах «Уст. 0 — К» и «Масштаб».

Рассмотрим еще один пример, иллюстрирующий поиск неисправности в приборе питания (прибор 3).

Предположим, что на ходу судна показания скорости явно не соответствуют действительности. В приборах 3 и 6 горят табло «Неисправность» (красного цвета). Это означает, что из прибора питания не поступает в схему лага одно из напряжений. Неисправность обнаруживают следующим образом.

1. Проверяют табло зеленого цвета в приборах 3 и 6. Если они горят, это означает, что в прибор питания поступает напряжение судовой сети и предохранители *F1* и *F2* исправны.

2. Устанавливают переключатель *3S1* (см. рис. 6.13) в положение «+5 В». Загорание сигнальной лампы *3H1* означает, что стабилизированное напряжение 5 В вырабатывается и поступает в схему лага.

3. Переводят переключатель *3S1* в положение «+10 В». Лампа *3H1* горит.

4. Переключатель *3S1* устанавливают поочередно в положения «+15 В» и «—15 В» и проверяют наличие контролируемых напряжений по загоранию лампы *3H1*.

5. Устанавливают переключатель *3S1* в положение «+16 В». Лампа *3H1* горит. Источник напряжения «+16 В» исправен.

6. Переводят переключатель *3S1* в положение «+10 В». Лампа *3H1* горит.

7. Устанавливают переключатель *3S1* в положение «—35 В». Лампа *3H1* не загорается. Теперь необходимо найти и устранить причину неисправности. Прежде всего проверяют предохранитель «—35 В». Если после замены предохранителя загорается лампа *3H1* и гаснет табло «Неисправность» красного цвета, то все в порядке, неисправность обнаружена и устранена.

Но возможен и другой вариант. Предохранитель «—35 В» после замены сразу сгорает. Это означает, что неисправность может быть либо в блоке автоматического контроля и сигнализации прибора 3 (позиция *7* на рис. 6.13), либо в блоке преобразователя прибора 6 (позиция *5* на рис. 6.12), который является потребителем напряжения —35 В.

Нужно извлечь указанные блоки из приборов и заменить блок автоматического контроля и сигнализации. Сразу должны загореться лампа *3H1* и погаснуть табло «Неисправность» красного цвета. После этого устанавливают на место в приборе 6 блок преобразователя. Если лампа *3H1* продолжает гореть, то все в порядке. Если же лампа гаснет и вновь загорается табло «Неисправность» красного цвета, это означает, что блок преобразователя необходимо заменить. (Неисправность обнаружена и устранена.)

При ремонте лага ИЭЛ-2М большую помощь могут оказать схемы поиска неисправностей, которые разработаны заводом-изготовителем и имеются в техническом описании лага.

6.8. Особенности конструкции и эксплуатации лага ИЭЛ-2

Лаг ИЭЛ-2 был первым индукционным лагом, который пришел на суда морского флота на смену лагу гидродинамическому, затем появился модернизированный лаг ИЭЛ-2М. Рассмотрим основные отличия лага ИЭЛ-2 от лага ИЭЛ-2М.

По комплекту приборов и основным техническим данным оба лага ничем друг от друга не отличаются, кроме одного: лаг ИЭЛ-2 предназначен для измерения скорости судна не только на переднем, но и на заднем ходу, т. е. от —10 до +30 уз. Принцип действия лага ИЭЛ-2 такой же, как и лага ИЭЛ-2М. Чувствительным элементом прибора является индукционный преобразователь (прибор 9), который вырабатывает электрический сигнал, пропорциональный скорости судна относительно воды.

Функциональную схему лага ИЭЛ-2 также можно разделить на три части: аналоговую, преобразователь напряжение — время *ПНВ*, преобразователь время — цифра *ПВЦ*.

В аналоговой части лага производится усиление и преобразование сигналов $\sim U_{ип}$ и $\sim U_{оп}$. В итоге преобразования на выходе аналоговой части формируются два сигнала постоянного тока, которые передаются на вход преобразователя *ПНВ*.

Отличительной особенностью аналоговой части лага является то, что в схеме вырабатывается напряжение смещения $\sim U_{см}$, эквивалентное скорости 10 уз. Это напряжение $\sim U_{см}$ предназначено для того, чтобы при любых скоростях, в том числе и на заднем ходу, на выходе аналоговой части наблюдался сигнал одной и той же полярности. Кроме того, на выходе аналоговой части в цепях полезного сигнала и опорного напряжения имеются фильтры, у которых с помощью переключателя «Фильтр» (на два положения) изменяется постоянная времени фильтрации вследствие подключения конденсаторов различной емкости. Это позволяет демпфировать колебания сигнала на качке. В лаге ИЭЛ-2М для этой цели служит цифровой фильтр. Таким образом, в лаге ИЭЛ-2 на выходе аналоговой части имеются отрицательный сигнал $-(U_с + U_{см})$ и положительное опорное напряжение $- U_{оп}$.

Узел *ПНВ* лага ИЭЛ-2 ничем не отличается от аналогичного узла лага ИЭЛ-2М. Он обеспечивает преобразование сигнала $(U_с + U_{см})$ в прямоугольный импульс с временным интервалом, зависящим от скорости судна. Выходным сигналом блока *ПНВ* является прямоугольный импульс длительностью

$$\tau = \tau_0 + \tau_1 = f(V),$$

где $\tau_0 = 18$ мс;

τ_1 — временной интервал, пропорциональный скорости судна:

$$\tau_1 = \frac{U_с + U_{см}}{U_{оп}} \tau_0.$$

Преобразователь время — цифра лага ИЭЛ-2 отличается от аналогичного узла лага ИЭЛ-2М, поэтому рассмотрим его работу подробнее.

Схема *ПВЦ* предназначена для преобразования прямоугольных импульсов длительностью τ, снимаемых с выхода блока *ПНВ*, в отсчеты скорости V и пройденного расстояния s. Блок *ПВЦ* включает в себя следующие узлы (рис. 6.21):

формирователь *Ф* прямоугольных импульсов длительностью $\tau_3 = \tau - \tau_0 - \tau_2$ (импульсы τ_2 длительностью 3,1 мс формируются узлом *Ф1*);

опорный генератор *ОГ*, создающий импульсы частотой 500 кГц;

корректор *К*, предназначенный для компенсации погрешностей лага;

счетчик импульсов *С*;

устройство индикации скорости *УИС*;

устройство индикации расстояния *УИР*.

Работа *ПВЦ* заключается в подсчете числа импульсов, вырабатываемых схемой *ОГ*, за время $\tau_3 = \tau - \tau_0 - \tau_2$. Число сосчитан-

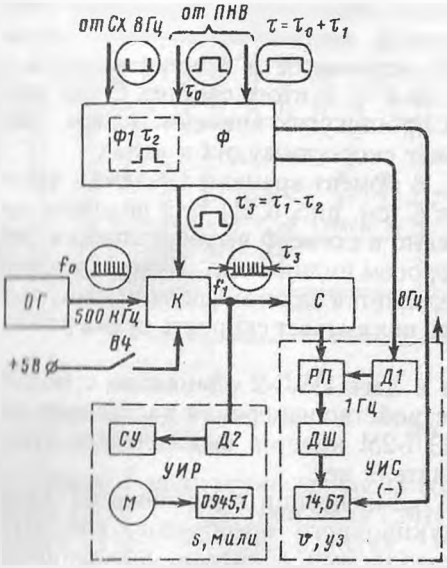


Рис. 6.21

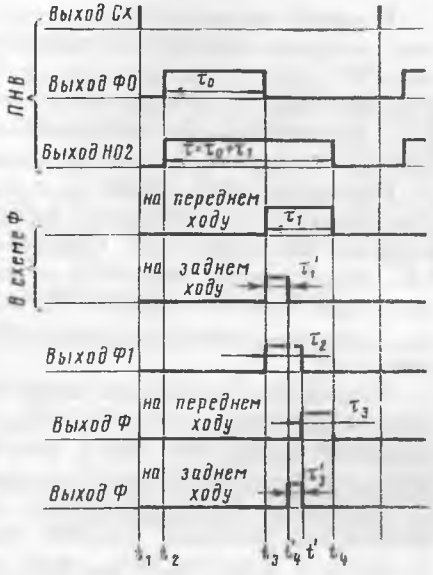


Рис. 6.22

ных импульсов, пропорциональное скорости судна, при помощи дешифратора *ДШ* преобразуется в отсчет скорости V (в уз) и фиксируется цифровым индикатором в центральном приборе и в репитерах. При этом на заднем ходу на цифровом индикаторе высвечивается знак «минус».

В схеме *ПВЦ* имеется формирователь *Ф1*, который вырабатывает прямоугольные импульсы длительностью $\tau_2 = 3{,}1$ мс. Они служат для образования временных интервалов

$$\tau_3 = \tau - \tau_0 - \tau_2 = \tau_1 - \tau_2,$$

где τ_0 — временной интервал длительностью 18 мс;
τ_2 — временной интервал, пропорциональный сигналу $U_{см}$;
τ_1 — временной интервал, пропорциональный сигналу $U_c + U_{см}$.

Следовательно, число импульсов, поступающих на счетчик C от $ОГ$ за время τ_3, будет пропорционально скорости судна.

Рассмотрим работу схемы. На вход формирователя $Ф$ с выхода *ППВ* подаются два прямоугольных импульса τ_0 и τ, а также синхронизирующие импульсы частотой 8 Гц от синхронизатора *Сх*.

В момент времени t_3 (рис. 6.22) по заднему фронту импульса τ_0 начинают формироваться импульсы τ_1 и τ_2. Длительность импульса τ_2 постоянна. Она равна 3,1 мс и определяется схемой формирователя *Ф1*. Длительность импульса τ_1 определяется задним фронтом сигнала τ. На переднем ходу $\tau_1 > \tau_2$.

В момент времени t' задним фронтом импульса τ_2 включается счетчик, который начинает считать импульсы, идущие от опорного генератора *ОГ*. Счетчик *С* (см. рис. 6.21) включается в момент времени t_4 (см. рис. 6.22) задним фронтом импульса τ_1. В итоге счетчик *С* (см. рис. 6.21) сосчитает число импульсов за промежуток времени τ_3 (см. рис. 6.22), а цифровой индикатор покажет скорость судна в узлах.

На заднем ходу судна $\tau_1 < \tau_2$. В момент времени t'_4 задним фронтом импульса τ'_1 включается счетчик *С* (см. рис. 6.21) для подсчета импульсов, идущих от *ОГ*. Одновременно в схеме *Ф* вырабатывается сигнал, включающий знак «—» на цифровом индикаторе. Конец подсчета импульсов (момент времени t') определяется задним фронтом импульса τ_2. Цифровой индикатор в этом случае показывает скорость судна на заднем ходу.

Устройство индикации скорости в лаге ИЭЛ-2 одинаково с подобным устройством в лаге ИЭЛ-2М. Устройство измерения расстояния отличается только тем, что в лаге ИЭЛ-2М имеется выключатель этого узла, а в лаге ИЭЛ-2 такого выключателя нет.

Корректор *К* предназначен для компенсации погрешностей лага, вызванных неточной работой индукционного преобразователя *ИП*. Корректор представляет собой управляемый делитель, коэффициент деления которого зависит от скорости судна. В блоке корректора имеется схема памяти, работающая по заранее составленной программе: каждому наперед заданному значению скорости (V_1, V_2, V_3 и т.д.) соответствует свой коэффициент деления управляемого делителя. Программу составляют (тарируют корректор) по результатам испытания лага на мерной линии.

С опорного генератора *ОГ* на вход корректора *К* подается частота $f_0 = 500$ кГц, с выхода корректора снимается частота f_1, соответствующая истинному значению скорости судна. Этой частотой заполняется временной промежуток τ_3. Таким образом, изменением частоты заполнения τ_3 компенсируется погрешность в длительности временного интервала τ_3. С помощью дискретного корректора могут быть заданы 63 значения частоты заполнения τ_3: от 500 до 992,1875 кГц. Имеется выключатель схемы корректора.

Рассмотрим конструкцию приборов 6 и 3 лага ИЭЛ-2. В остальных приборах никаких изменений в конструкции нет, за исключением прибора 29, в котором нет схемы контроля сигнала на выходе предварительного усилителя.

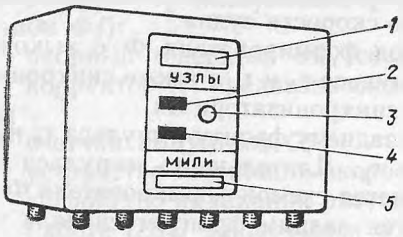


Рис. 6.23

Прибор 6 (рис. 6.23) состоит из пяти основных узлов: блока *1* индикации скорости, блока *5* индикации расстояния, блока контроля, блока управления, блока аналоговой и дискретной частей счетно-решающего устройства.

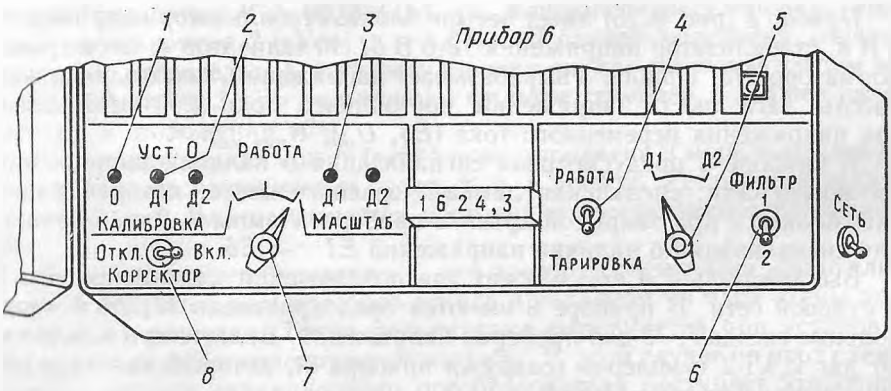


Рис. 6.24

Блок *1* индикации скорости состоит из трех семисегментных ламп типа ИЛ79 и двух ламп типа СМН-6, предназначенных для показа отсчета скорости судна в узлах.

Блок индикации расстояния предназначен для подсчета числа импульсов, поступающих с делителя *Д2* (см. рис. 6.21), и для преобразования импульсов в отсчет пройденного судном расстояния в милях. Блок состоит из шагового двигателя, редуктора и механического счетчика пройденного расстояния.

Блок контроля (рис. 6.24) имеет: переключатель *7* «Калибровка» — «Работа» — «Масштаб», тумблер *8* «Корректор», потенциометры *1* и *2* соответственно для калибровки и установки «нуля», резистор *3* для масштабирования.

Блок управления содержит: усилитель мощности для сигналов управления шаговым двигателем блока индикации расстояния, переключатель *5 Д1 — Д2*, тумблеры *6* «Фильтр», *4* «Работа» — «Тарировка».

При работе с блоками контроля необходимо иметь в виду следующее. В лаге ИЭЛ-2 используется только одно положение переключателя *Д1*. Это означает, что регуляторы «Уст. 0» *Д2* и «Масштаб» *Д2* не применяются. В положение «Тарировка» тумблер «Работа» — «Тарировка» устанавливают при проверках и регулировках лага. В этом случае на цифровом табло в приборе 6 скорость высвечивается с погрешностью до 0,01 уз. При переключении тумблера «Работа» — «Тарировка» в положение «Работа» индикация скорости осуществляется с точностью до 0,1 уз.

Блоки счетно-решающего устройства выполнены в виде кассет, которые располагаются в верхней части прибора 6.

На рис. 6.23, кроме того, показаны: регулятор *3* освещения шкалы счетчика пройденного расстояния; табло *2* зеленого цвета, которое горит постоянно и указывает на наличие питания в приборе 3; табло *4* красного цвета, сигнализирующее о какой-либо неисправности.

Прибор 3 (рис. 6.25) имеет четыре блока: стабилизатор напряжения 5 В *8*, стабилизатор напряжения 12,6 В *5*, сигнализатор *4*, блок трансформаторов *13*. Прибор 3 вырабатывает напряжения, необходимые для работы лага: шесть напряжений постоянного тока (*E1* — *E5*, *E7*) и три напряжения переменного тока (*E6*, $U_{он}$, $U_{нит.ип}$).

В приборе 3 предусмотрена сигнализация о наличии напряжения питающей сети: сигнальная лампа *2* зеленого цвета, которая видна сквозь окно *1* при закрытой крышке прибора. Лампы *6*, *9* и *10* служат для сигнализации о наличии напряжений *E1* — *E5*.

Выключатель *3* «Сеть» служит для подключения схемы прибора 3 к судовой сети. В приборе 3 имеются предохранители *11*, *14* и контрольные гнезда *7*, *12* для проверки напряжений. Включают и выключают лаг ИЭЛ-2 тумблером (снаружи прибора 6), который является общим выключателем схемы.

В порту перед выходом судна в рейс индукционный лаг ИЭЛ-2 должен быть проверен и отрегулирован. Такая проверка и регулировка заключается в выполнении трех последовательных операций, которые называются калибровка, установка нуля и контроль масштабирования. Калибровку и контроль масштабирования периодически выполняют также в рейсе во время длительного плавания.

Перед выполнением регулировок необходимо установить: тумблер *8* (см. рис. 6.24) корректора — в положение «Откл.», тумблер *6* фильтра — в положение «1», переключатель *4* — в положение «Тарировка».

Калибровка — это проверка и установка «нуля» измерительной схемы лага при замкнутом входе. Для выполнения этой регулировки необходимо переключатель *7* установить в положение «Калибровка». Вход схемы при этом замкнут и полезный сигнал равен нулю, поэтому лаг должен показывать скорость $V = 00{,}00$ уз. Если отсчет скорости отличается от нулевого значения, его устанавливают при помощи потенциометра *1*. Калибровка лага может выполняться как на стоянке, так и на ходу судна.

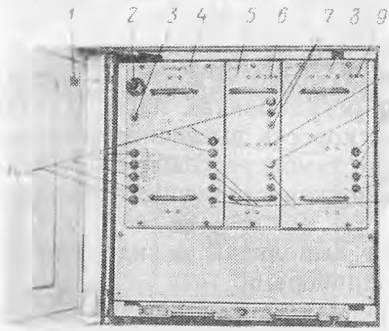


Рис. 6.25

Установка нуля — это проверка и регулировка «нуля» схемы при подключенном индукционном преобразователе. Чтобы выполнить регулировку «нуля», переключатель *7* устанавливают в положение «Работа». К схеме лага в этом случае подключен индукционный преобразователь. Судно не имеет хода, поэтому лаг должен показывать скорость $V = 00{,}00$ уз (допустимые отклонения $\pm$ 0,1 уз). Если отсчет скорости не соответ-

ствует значению $V = 00{,}00 \pm 0{,}1$ уз, выполняют регулировку, вращая потенциометр *2* («Уст. 0 — *Д1*»). В случае колебаний отсчета скорости в пределах $\pm$ 1 уз регулировка «нуля» выполняется тем же потенциометром *2* при включенном фильтре (тумблер *6* должен находиться в положении «2»).

Установка «нуля» может быть также выполнена в море в штилевую погоду при отсутствии хода судна, т. е. в дрейфе. Установкой «нуля» из показаний лага исключается постоянная составляющая погрешности.

Контроль масштабирования — это проверка схемы лага при отключенном индукционном преобразователе и поданном на вход схемы эталонном напряжении. Такая регулировка выполняется при установке переключателя *7* в положение «Масштаб». В этом случае на вход схемы вместо сигнала индукционного преобразователя поступает эталонное напряжение. Лаг должен показывать скорость, значение которой было определено при регулировке на мерной линии и записано на матовом стекле внутри прибора 6. Если отсчет скорости отличается от эталонного значения, выполняют регулировку потенциометром *3* («Масштаб— *Д1*»). Такая регулировка может выполняться не только на стоянке, но и на ходу судна.

Регулировка лага ИЭЛ-2 на мерной линии заключается в выполнении масштабирования и ввода программы в корректор.

Масштабирование выполняется точно так же, как и в лаге ИЭЛ-2М. Значение эталонной скорости M_2 устанавливается регуляторами *5* (грубо) *3* (точно). В некоторых случаях, помимо регулировки опорного напряжения, осуществляется изменение коэффициента усиления предварительного усилителя путем перепайки проводов в приборе 29.

После того как постоянная и линейная погрешности лага скомпенсированы, в отсчете лага содержится только нелинейная составляющая погрешности. Зависимость этой погрешности от скорости судна может быть определена на мерной линии путем выполнения пробегов на нескольких скоростях судна.

На рис. 6.26 представлен график зависимости поправки Δ_v лага от истинной скорости $V_и$ судна. На нулевой скорости и скорости полного хода $V_п$ кривая пересекается с осью абсцисс. Кривую можно аппроксимировать прямыми отрезками *0A*, *AB*, *BC* и *CD*. Отрезок *0A* определяет крутизну характеристики m схемы лага на скорости от 0 до V_1, отрезок *AB* — на скорости от V_1 до V_2 и т. д.

Из выражения $V_л = mU_e$ следует, что с изменением значения m меняется отсчет скорости $V_л$. Следовательно, установка нового значения m равносильна введению линейной поправки на ограниченном участке скорости. Изменение значения m на отдельных участках выполняется при помощи корректора, представляющего собой электронную схему, которая изменяет частоту, поступающую с опорного генератора. Измененная частота подается на заполнение прямоугольного импульса,

длительность которого пропорциональна измеряемой скорости. Крутизна характеристики при этом:

на участке *1*

$$m_1 = (k_0/U_{оп})\, f_1\, k_1;$$

на участке *2*

$$m_2 = (k_0/U_{оп})\, f_2\, k_1 \text{ и т. д.},$$

где $f_1, f_2, \ldots, f_n$ — частоты, которые с выхода корректора подаются на счетчик.

Функциональная схема корректора дана на рис. 6.27. На делитель частоты поступает величина $f_0 = 500$ кГц. С выхода делителя снимаются семь различных частот, каждая из которых получается от деления предыдущей на два. Замыканием электронных ключей создается сочетание частот, которые после суммирования на определенном участке скорости образуют соответствующую частоту f_i ($f_1, f_2, \ldots, f_n$). С помощью корректора могут быть созданы 63 частоты — от 500 до 992, 1875 кГц.

Значение частоты f_i можно определить через масштабный коэффициент N, пользуясь следующим выражением:

$$f_i = N\, (f_0/64).$$

Частота f_i заполняет прямоугольный импульс $\tau_з$ и определяет скорость судна $V_л$. Управление электронными ключами осуществляется при помощи специальной схемы по заранее составленной программе, выполненной на основании результатов испытания лага на мерной линии.

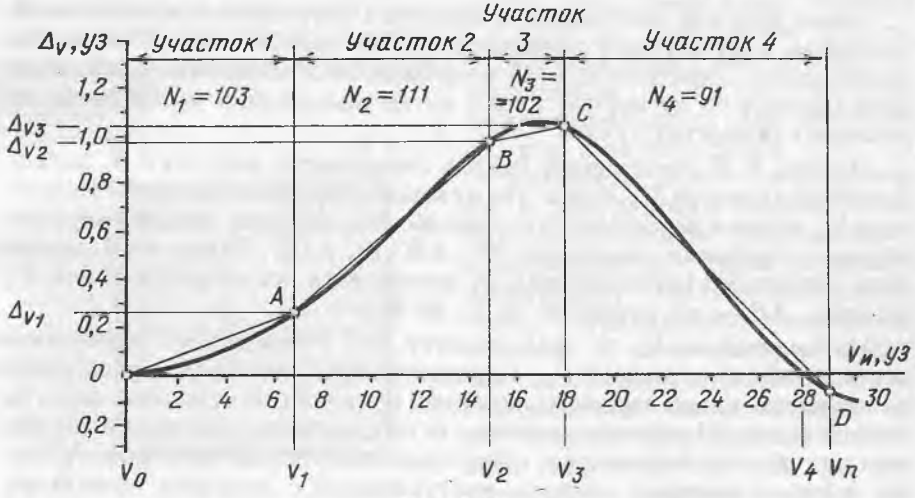


Рис. 6.26

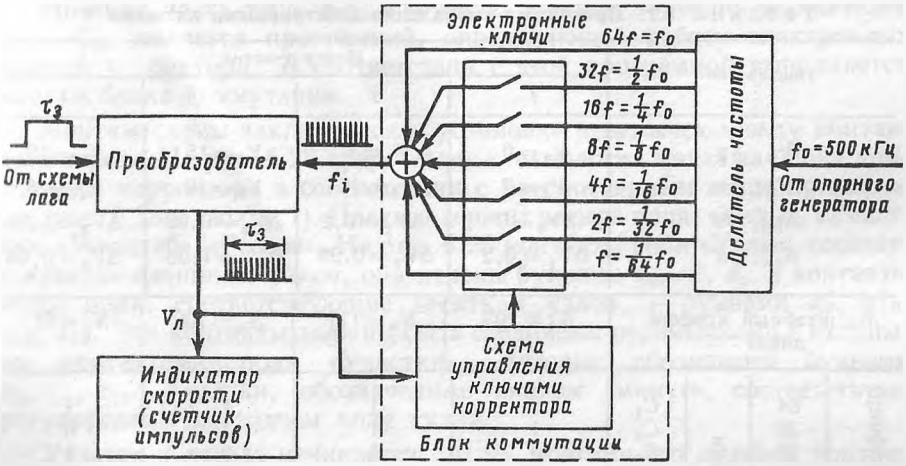


Рис. 6.27

Составление программы управления электронными ключами является основной работой по регулировке лага на мерной линии. Эта работа выполняется в такой последовательности.

1. Определяют поправки лага Δ_v на различных скоростях и по нескольким точкам строят кривую зависимости Δ_v от $V_и$ (см. рис. 6.26).

2. Выполняют аппроксимацию кривой, т. е. заменяют кривую отрезками прямых $0A$, AB, BC и CD. При аппроксимации следует соблюдать условия:

наклон отрезков не должен превышать 1 уз Δ_v на 5 уз $V_и$;

число отрезков (участков) не должно быть более одиннадцати;

точки A, B, C и D должны соответствовать целым значениям истинной скорости в узлах;

максимальные погрешности аппроксимации, т. е. расстояния между кривой и прямой, не должны превышать 0,05 уз.

Дальнейшая работа по составлению программы сводится к заполнению таблицы (табл. 6.1), что выполняется в следующем порядке.

В первой строке записывают значения скоростей $V_и$ в узлах, соответствующие началу $V_н$ и концу $V_к$ каждого участка. Во вторую строку вносят значения поправок Δ_v в узлах, соответствующие началу $\Delta_{vн}$ и концу $\Delta_{vк}$ каждого участка. В третью строку вписывают масштабные коэффициенты N_1, N_2 и т. д. Коэффициенты рассчитывают по формулам:

$$N_1 = \frac{100\,(V_1 - V_0)}{(V_1 - V_0) - (\Delta_{v1} - \Delta_{v0})} = 103 \text{ (для участка } 1);$$

$$N_2 = \frac{100\,(V_2 - V_1)}{(V_2 - V_1) - (\Delta_{v2} - \Delta_{v1})} = 111 \text{ (для участка } 2) \text{ и т. д.}$$

Таблица 6.1. **Программа управления электронными ключами**

Показатели				Номер участка			
				1	2	3	4
$V_н$, уз				$V_0=0$	$V_1=7$	$V_2=15$	$V_3=18$
$V_к$, уз				$V_1=7$	$V_2=15$	$V_3=18$	$V_4=28$
$\Delta_{сн}$, уз				$\Delta V_0=0$	$\Delta V_1=0,2$	$\Delta V_2=0,99$	$\Delta V_3=1,05$
$\Delta_{вк}$, уз				$\Delta V_1=0,2$	$\Delta V_2=0,99$	$\Delta V_3=1,05$	$\Delta V_4=0,04$
Масштабный коэффициент				$N_1=103$	$N_2=111$	$N_3=102$	$N_4=91$
Весовые коэффициенты	64	Множители	C_1	1	1	1	1
	32		C_2	1	1	1	0
	16		C_3	0	0	0	1
	8		C_4	0	1	0	1
	4		C_5	1	1	1	0
	2		C_6	1	1	1	1
	1		C_7	1	1	0	1

Рассчитываемые по формулам коэффициенты округляют до целого числа.

В строках нижней части таблицы записывают значения множителей $C_1, C_2, \ldots, C_7$, которые могут принимать только два значения: 1 или 0. Значения множителей $C_1 - C_7$ определяют после того, как каждый масштабный коэффициент записан в виде суммы из семи слагаемых в соответствии с формулой

$$N = 64C_1 + 32C_2 + 16C_3 + 8C_4 + 4C_5 + 2C_6 + 1C_7.$$

Каждый весовой коэффициент (64, 32, 16, 8, 4, 2, 1) при записи суммы слагаемых используется только один раз.

Масштабные коэффициенты рассматриваемого примера можно представить следующим образом:

$$N_1 = 64\cdot 1 + 32\cdot 1 + 16\cdot 0 + 8\cdot 0 + 4\cdot 1 + 2\cdot 1 + 1\cdot 1 = 103;$$
$$N_2 = 64\cdot 1 + 32\cdot 1 + 16\cdot 0 + 8\cdot 1 + 4\cdot 1 + 2\cdot 1 + 1\cdot 1 = 111;$$
$$N_3 = 64\cdot 1 + 32\cdot 1 + 16\cdot 0 + 8\cdot 0 + 4\cdot 1 + 2\cdot 1 + 1\cdot 0 = 102;$$
$$N_4 = 64\cdot 1 + 32\cdot 0 + 16\cdot 1 + 8\cdot 1 + 4\cdot 0 + 2\cdot 1 + 1\cdot 1 = 91.$$

Число 64 обязательно должно входить в каждый коэффициент как минимальное значение. Максимальное же значение масштабного коэффициента не может превышать 127.

Нижняя часть табл. 6.1, в которую внесены значения множителей $C_1 - C_7$, является программой, определяющей работу электронных ключей корректора. В соответствии с этой программой выполняется монтаж блока коммутации.

Монтаж схемы заключается в установке перемычек между контактами платы. На рис. 6.28 представлена технология монтажа блока коммутации корректора в соответствии с рассмотренным выше примером (см. рис. 6.26 и табл. 6.1). Плата содержит четыре поля: «Узлы», «Участки», «Масштаб», «Резерв». На рис. 6.28 контакты поля «Узлы», соответствующие единицам узлов, обозначены буквами a_0, ..., a_9, а контакты этого поля, соответствующие десяткам узлов, — буквами a'_0, a'_{10}, a'_{20}, a'_{30}. Эти контакты должны быть соединены перемычками с входными контактами поля «Участки», которые обозначены буквами b_2, ..., b_{11}. Участки, обозначенные знаком «минус», соответствуют регулировкам на заднем ходу судна.

Участок *1* всегда начинается с 0 уз, поэтому его нулевой контакт (на рис. 6.28 не показан) подсоединен к полю «Узлы» способом внут-

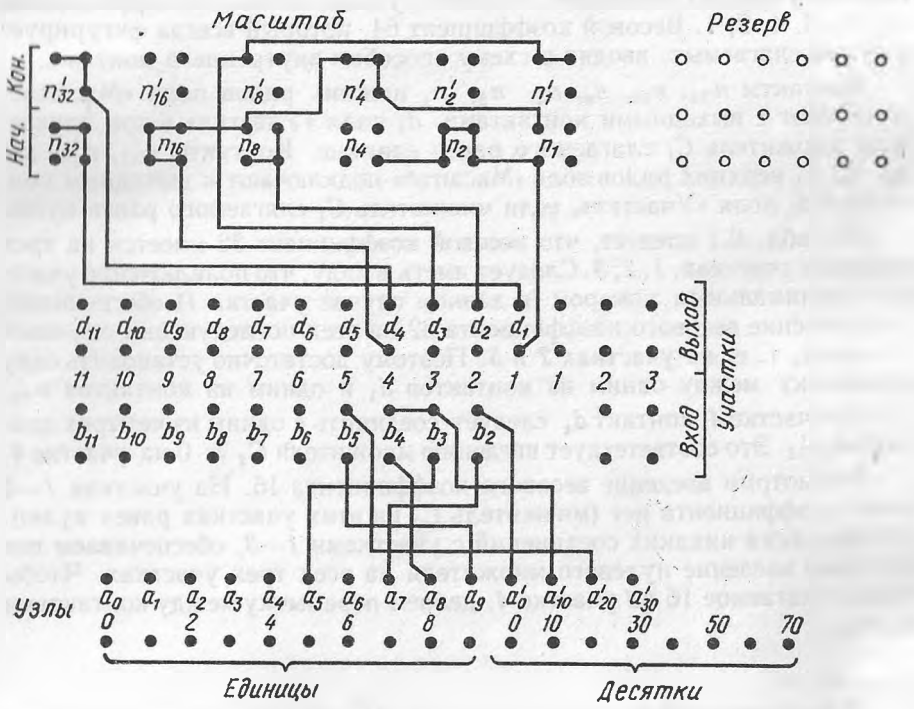


Рис. 6.28

реннего (заводского) монтажа, вследствие чего установку перемычек надо начинать со второго участка.

В рассматриваемом примере (см. рис. 6.26) начало участка *2* (7 уз) можно представить как 0 десятков и 7 единиц ($V_{\text{п}} = 7$ уз). Это значит, что необходимо поставить перемычки: между контактами a'_0 (см. рис. 6.28) и $b^{\text{в}}_2$* (первая перемычка) и между контактами a_7 и $b^{\text{н}}_2$ (вторая перемычка). Начало участка *3* (см. рис. 6.26), совпадающее с концом участка *2*, можно представить как один десяток и 5 единиц ($V_{\text{п}} = 15$ уз). Это определяет положения следующих двух перемычек: $a_{10} - b^{\text{в}}_3$; $a_5 - b^{\text{н}}_3$.

Аналогично определяют положение перемычек между контактами поля «Узлы» и входными контактами поля «Участки» для всех остальных участков в соответствии с табл. 6.1:

$$a_{10} - b^{\text{в}}_4;\ a_8 - b^{\text{н}}_4;\ a_{20} - b^{\text{в}}_5;\ a_9 - b^{\text{н}}_5.$$

Входные контакты поля «Участки» должны быть определенным образом соединены с контактами поля «Масштаб». На поле «Масштаб» показаны группы контактов, соответствующие весовым коэффициентам 32, 16, 8, 4, 2, 1. Весовой коэффициент 64, который всегда фигурирует в сумме слагаемых, вводят в схему способом внутреннего монтажа.

Контакты n_{32}, n_{16}, n_8, n_4, n_2, n_1 нижних рядов поля «Масштаб» соединяют с выходными контактами d_i поля «Участки» в том случае, если множитель C_i слагаемого равен единице. Контакты n'_{32}, n'_{16}, n'_8, n'_4, n'_2, n'_1 верхних рядов поля «Масштаб» подключают к выходным контактам d_i поля «Участки», если множитель C_i слагаемого равен нулю.

Из табл. 6.1 следует, что весовой коэффициент 32 имеется на трех смежных участках: *1*, *2*, *3*. Следует иметь в виду, что подключение участка с минимальным номером (в данном случае участка *1*) обеспечивает подключение весового коэффициента 32 на всех последующих смежных участках, т. е. на участках *2* и *3*. Поэтому достаточно установить одну перемычку между одним из контактов d_1 и одним из контактов n_{32}.

На участке *4* контакт d_4 следует соединить с одним из четырех контактов n'_{32}. Это соответствует введению множителя $C_2 = 0$ на участке *4*.

Рассмотрим введение весового коэффициента 16. На участках *1—3* этого коэффициента нет (множитель C_3 на этих участках равен нулю). Не выполняя никаких соединений с участками *1—3*, обеспечиваем тем не менее введение нулевого множителя на всех трех участках. Чтобы ввести слагаемое 16 на участке *4*, делаем перемычку между контактами d_4 и n_{16}.

---

* Обозначение $b^{\text{в}}_2$ расшифровывается так: верхний контакт второго участка; соответственно $b^{\text{н}}_2$ означает нижний контакт второго участка.

Аналогично определяем необходимость следующих соединений для слагаемых 8, 4, 2, 1:

$$d_2 — n_8;\ d_3 — n_8';\ d_4 — n_8;\ d_1 — n_4;$$

$$d_4 — n_4';\ d_1 — n_2;\ d_1 — n_1;$$

$$d_3 — n_1';\ d_4 — n_1.$$

Контакты поля «Резерв» используются в том случае, если основных контактов поля «Масштаб» оказывается недостаточно.

После выполнения монтажа схемы в соответствии с рис. 6.28 блок коммутации (плату № 10) устанавливают в прибор 6 и с включенным корректором определяют остаточную поправку лага на различных скоростях судна.

При выключенном корректоре в схеме автоматически устанавливается масштабный коэффициент $N = 100$.

ЭХОЛОТ НЭЛ-5

7.1. Комплект приборов и основные технические данные

Навигационный эхолот НЭЛ-5 предназначен для измерения глубин до 2000 м. В комплект эхолота входят следующие приборы (рис. 7.1): самописец *1*, указатель *2*, усилитель *3*, блок посылок (БП) *7*, фильтр *8*, излучающая антенна (ИА) *6*, принимающая антенна (ПА) *5*, кабельные коробки *4*.

Самописец служит для автоматической записи глубин и управления посылками ультразвуковых импульсов. Он имеет два диапазона: 0 — 200 и 0 — 2000 м, причем второй диапазон разделен на два поддиапазона: 0 — 1000 и 1000 — 2000 м.

Указатель предназначен для световой индикации глубин в двух диапазонах: 0—100 и 0 — 2000 м. В указателе имеется самостоятельное (независимое от самописца) устройство для управления посылками импульсов.

Усилитель обеспечивает усиление эхо-сигнала, поступаемого от принимающей антенны.

Блок посылок является электрическим устройством, которое создает ультразвуковые колебания в излучающей антенне.

Фильтр — это отдельный прибор, где располагаются катушки индуктивности и конденсаторы, фильтрующие радиопомехи, создаваемые элементами эхолота. В этом приборе также имеются два предохранителя и общий выключатель эхолота.

Излучающая антенна является преобразователем электрической энергии посылочных конденсаторов в энергию механических колебаний сердечника на звуковой импульс.

Принимающая антенна — это обратный преобразователь: под влиянием отраженного от грунта звукового импульса в его обмотке возникает электрический сигнал.

Кабельные коробки предназначены для соединения проводов, идущих от излучающей и принимающей антенн, с кабелями, которые проложены к блоку посылок и усилителю.

Акустические антенны эхолота имеют разные размеры, поэтому не взаимозаменяемы.

Рабочая площадь излучающей антенны в два раза больше, чем принимающей.

Эхолот рассчитан на скорость звука в воде 1500 м·с$^{-1}$. Если действительная скорость звука отличается от расчетной, то при помощи специального регулятора эхолот можно подстроить и обеспечить исключение погрешности.

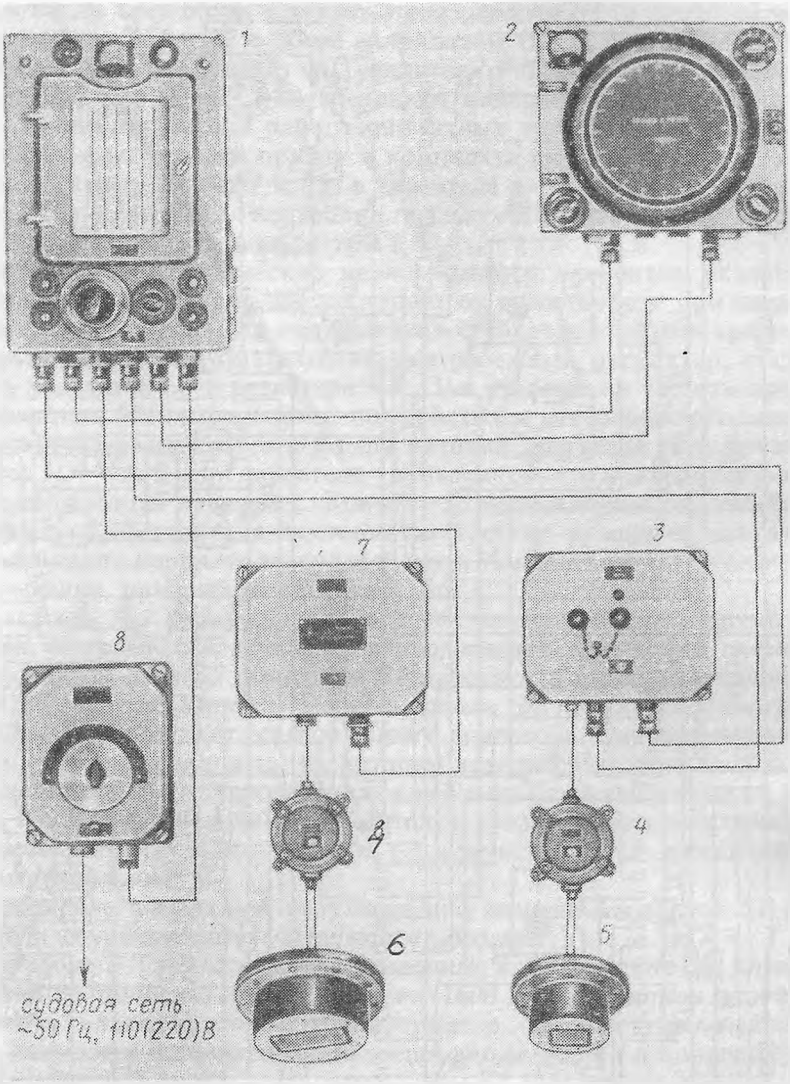


Рис. 7.1

7.2. Принципиальная электрическая схема эхолота

На рис. 7.2 представлены все основные элементы электрической схемы эхолота, расположенные в приборах комплекта. Нумерация элементов в каждом приборе самостоятельная.

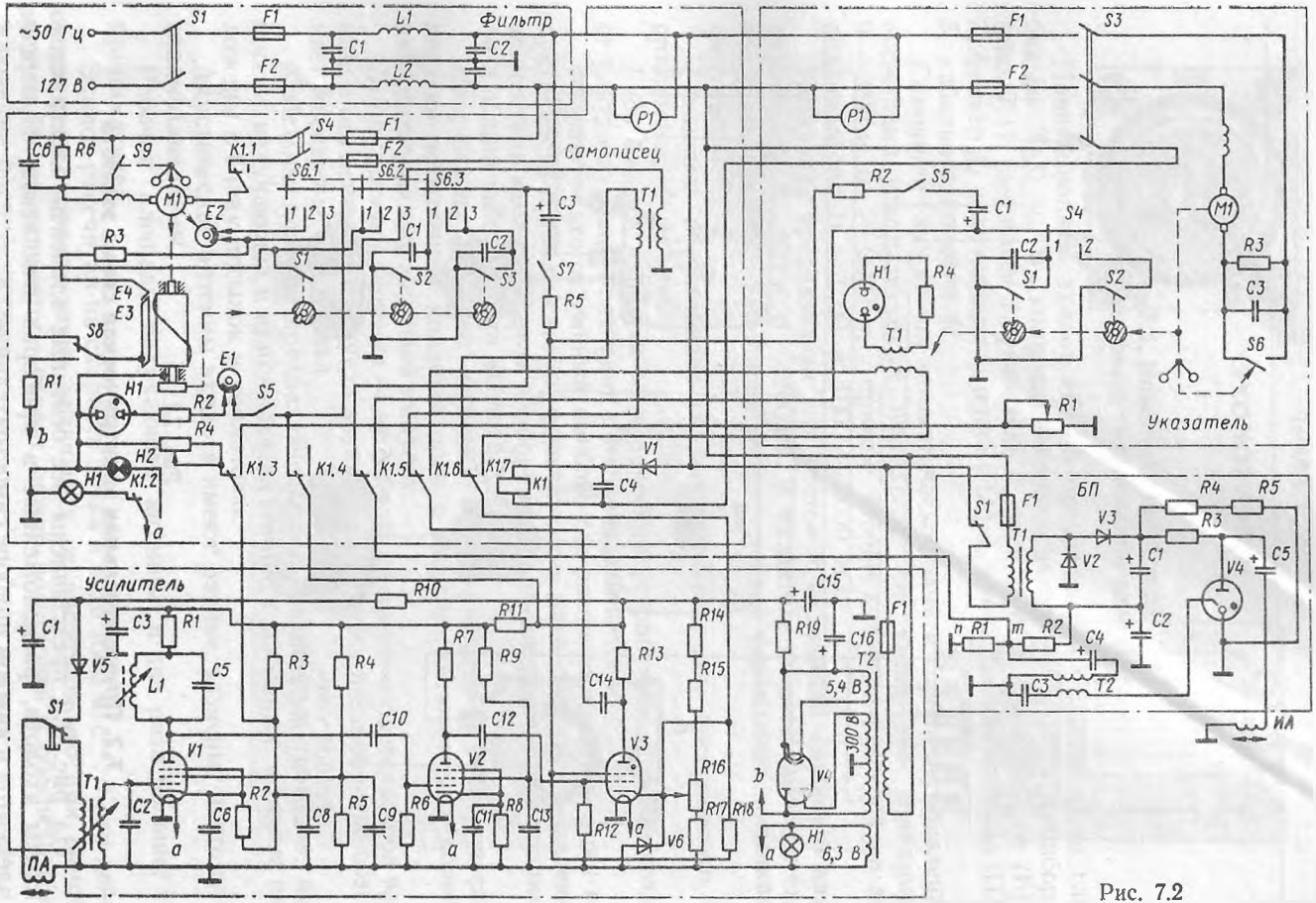

~50 Гц
127 В
S1
F1
F2
L1
L2
C1
C2
Фильтр
Самописец
P1
S3
S4
S5
S6
S7
S8
S9
K1.1
K1.2
K1.3
K1.4
K1.5
K1.6
K1.7
K1
M1
E1
E2
E3
E4
H1
H2
R1
R2
R3
R4
R5
R6
C3
C4
T1
V1
Указатель
Усилитель
БП
V2
V3
V4
V5
V6
R7
R8
R9
R10
R11
R12
R13
R14
R15
R16
R17
R18
R19
C5
C6
C7
C8
C9
C10
C11
C12
C13
C14
C15
C16
T2
5,4 В
300 В
6,3 В
ПА
ИА

Рис. 7.2

При замыкании общего выключателя эхолота *S1* (в фильтре) через предохранители *F1* и *F2* судовое напряжение 127 В, частотой 50 Гц подается на самописец, указатель, усилитель и блок посылок. Элементы фильтра *C1*, *L1*, *C2* и *L2* обеспечивают подавление высокочастотных помех, возникающих при работе контактных устройств эхолота.

В каждом из четырех приборов комплекта имеются свои предохранители: в самописце — *F1* и *F2*, в указателе — *F1* и *F2*, в усилителе — *F1*, в *БП* — *F1*. Для контроля подаваемого напряжения в самописце и указателе есть вольтметры *P1*.

Рассмотрим электрические цепи и работу элементов указателя.

Питание на двигатель *M1* поступает от судовой сети при замыкании выключателя *S3*. Для поддержания стабильной частоты вращения двигателя имеется автоматический центробежный регулятор, состоящий из контактов *S6* и резистора *R3*. При увеличении частоты вращения двигателя *M1* (выше нормы) под действием центробежного элемента контакт *S6* размыкается и в цепь питания двигателя подключается резистор *R3*. Ток в цепи двигателя уменьшается, что приводит к уменьшению его частоты вращения. Контакт *S6* периодически замыкается и размыкается, обеспечивая постоянную частоту вращения двигателя при колебаниях напряжения судовой сети. Конденсатор *C3* служит для искрогашения при работе контактов *S6*.

Двигатель *M1* через коробку передач вращает валик с двумя кулачками, которые обеспечивают периодическое замыкание посылочных контактов *S1* и *S2* (контакты *S1* работают в первом диапазоне, а контакты *S2* — во втором). Переключатель *S4* подключает контакты *S1* и *S2* в зависимости от установленного диапазона. Одновременно осуществляется вращение вала, на котором находится вторичная обмотка трансформатора *T1* и подключенная к ней индикаторная неоновая лампа *H1*. Кроме перечисленных элементов, в указателе есть выключатель *S5* гашения «нуля» с конденсатором *C1* и резистором *R2*, а также регулятор *R1* усиления.

Управление посылками импульсов при помощи контактов *S1* (*S2*) указателя осуществляется следующим образом.

В приборе *БП* расположены посылочные конденсаторы *C5*, которые заряжаются примерно до напряжения 1500 В. Источником этого напряжения являются силовой трансформатор *T1* и схема выпрямителя с удвоением напряжения, имеющая диоды *V2*, *V3* и конденсаторы *C1*, *C2*. В первый полупериод через диоды *V3* заряжается конденсатор *C1*, а во второй полупериод через диод *V2* — конденсатор *C2*. Каждый из конденсаторов *C1* и *C2* заряжается до напряжения 750 В. Эти конденсаторы соединены последовательно, поэтому суммарное напряжение равно примерно 1400 В.

Через резистор *R3* и обмотку излучающей антенны *ИА* этот заряд 1400 В приобретает посылочный конденсатор *C5*. Одновременно с зарядом конденсатора *C2* (второй полупериод) ток проходит через делитель напряжения *R1*, *R2*. При этом происходит заряд конденсатора *C4*,

который подключен параллельно резистору *R1* через первичную обмотку импульсного трансформатора *T2* (до напряжения примерно 400 В). Описанные подготовительные процессы по заряду конденсаторов *C5* и *C4* происходят за то время, когда контакты *S1* (*S2*) разомкнуты.

В тот момент, когда неоновая лампа *H1* проходит через ноль шкалы, контакты *S1* (*S2* на втором диапазоне) на мгновение замыкаются и блок посылок срабатывает. При замыкании контактов *S1* (*S2*) шунтируется резистор *R1*, расположенный в *БП*. Происходит разряд конденсатора *C4* через первичную обмотку импульсного трансформатора *T2*. Во вторичной обмотке этого трансформатора возникает импульс напряжения примерно 15 кВ, который поступает на управляющий электрод газоразрядной трубки *V4* и открывает («поджигает») ее. Посылочный конденсатор *C5* разряжается через обмотку излучающей антенны *ИА* и газоразрядную трубку *V4*. Осуществляется посылка звукового импульса. С окончанием посылки газоразрядная трубка гаснет, и весь цикл работы повторяется.

В блоке посылок имеется контакт *S1*, который размыкает цепь первичной обмотки силового трансформатора *T1* при снятой крышке прибора *БП*. Резисторы *R4* и *R5* служат для снятия остаточного напряжения с посылочных конденсаторов *C5* после отключения прибора. Такая блокировка выполнена в соответствии с требованиями безопасности.

Отраженный от грунта звуковой импульс принимающей антенной *ПА* преобразуется в электрический сигнал (в виде напряжения в несколько микровольт), который подается на первичную обмотку входного трансформатора *T1*, расположенного в усилителе. Усилитель трехкаскадный резонансного типа собран на электронных лампах *V1*, *V2* и *V3*. Имеются два резонансных контура: первый — на входе усилителя (вторичная обмотка трансформатора *T1* и конденсатор *C2*), второй — в анодной цепи лампы *V1* (дроссель *L1*, конденсатор *C5*).

Контуры настроены на частоту 20 кГц, полоса пропускания примерно 3 кГц, поэтому первый каскад усиливает в основном полезный сигнал, отфильтровывая помехи. Второй каскад собран на лампе *V2* и резисторах *R7*, *R8*, *R9*, а третий каскад — на тиратроне *V3*. Межкаскадная связь осуществляется конденсаторами *C10* и *C12*.

Для питания усилителя имеется силовой трансформатор *T2*, первичная обмотка которого через предохранитель *F1* включена в судовую сеть. Со вторичной обмотки трансформатора *T2* ток напряжением примерно 300 В поступает на двухполупериодный выпрямитель, собранный на лампе *V4*. После фильтра (*C15*, *C16*, *R19*) напряжение постоянного тока подается на питание анодных цепей ламп *V1*, *V2* и *V3*.

В силовом трансформаторе *T2* есть дополнительные обмотки, с которых снимается ток напряжением 6,3 и 5,4 В. Ток напряжением 6,3 В служит для: накала ламп *V1*, *V2*, *V3*, питания сигнальной лампы усилителя *H1*, питания осветительных *H1* и сигнальной *H2* ламп само-

писца. Ток напряжением 5,4 В предназначен для накала выпрямительной лампы.

Работа усилителя сводится к следующему. При отсутствии сигнала на входе усилителя тиратрон *V3* заперт смещением, которое подается на катод с делителя напряжений *R14*, *R15*, *R16*, *R17* (резистор *R16* является регулятором смещения тиратрона). При закрытом тиратроне осуществляется заряд конденсатора *C14* постоянным током напряжением 300 В по следующей цепи: +300 В (левая обкладка конденсатора *C15* усилителя), резистор *R13*, конденсатор *C14*, контакт *K1.6* переключающего реле *K1* в самописце, первичная обмотка трансформатора *T1* указателя, контакт *K1.7* самописца, резисторы *R16*, *R17* усилителя, корпус, —300 В (средняя точка вторичной обмотки силового трансформатора *T2* в усилителе). Контакты переключающего реле *K1* при работе указателя замкнуты вправо (по схеме).

С приходом отраженного сигнала напряжение входного колебательного контура поступает на управляющую сетку лампы *V1* усилителя. Усиленный сигнал через конденсатор *C10* подается на управляющую сетку лампы *V2* и далее через конденсатор *C12* на управляющую сетку тиратрона *V3*.

Тиратрон открывается, конденсатор *C14* начинает разряжаться через первичную обмотку трансформатора *T1* указателя по следующей цепи: правая обкладка конденсатора *C14*, лампа *V3*, контакты *K1.7*, первичная обмотка трансформатора *T1* указателя, контакты *K1.6*, левая обкладка конденсатора *C14*. Ток разряда вызывает импульс напряжения во вторичной обмотке трансформатора *T1*, в цепь которой включена индикаторная неоновая лампа *H1* указателя. Вспышка этой лампы происходит против деления шкалы, соответствующего измеряемой глубине. Такой же сигнал и вспышка неоновой лампы против нуля шкалы наблюдаются в момент посылки звукового импульса (нулевой сигнал).

На малых глубинах (менее 15 м) нулевой сигнал является помехой и его следует гасить. При малых глубинах конденсатор *C14*, разрядившись в момент посылки звукового импульса, к приходу эхо-сигнала не успевает зарядиться до полного напряжения. Поэтому тиратрон *V3* не открывается эхо-сигналом, поступающим на его сетку. Эхолот отмечает только «ноль», но не показывает глубины. Для того чтобы глубина фиксировалась, тиратрон *V3* на время посылки импульса запирается повышенным смещением. Это делается автоматически, когда тумблер *S5* указателя включен.

Источником дополнительного смещения тиратрона является конденсатор *C1* указателя. Этот конденсатор между посылками импульсов (когда посылочные контакты разомкнуты) заряжается до некоторого напряжения. Источником для заряда этого конденсатора является падение напряжения между точками *m* и *n* на резисторе *R1* блока посылок. Заряд происходит по следующей цепи: точка *m* резистора *R1* блока посылок (+), контакты *K1.5* самописца, конденсатор *C1* указателя, тумблер *S5* «Гашение нуля», резистор *R2*, резисторы *R18*, *R16*,

R17 усилителя, корпус, точка *п* резистора *R1* блока посылок (—). В момент замыкания посылочных контактов *S1* (*S2*) происходит разряд конденсатора *C1* указателя по следующей цепи: нижняя обкладка конденсатора *C1*, посылочные контакты *S1* (*S2*), корпус, диод *V6* усилителя, резистор *R18* усилителя, резистор *R2* указателя, тумблер *S5*, верхняя обкладка конденсатора *C1*. Ток разряда создает падение напряжения на резисторе *R18* и вызывает повышенное (запирающее) смещение тиратрона *V3*. Поэтому в момент посылки звукового импульса тиратрон *V3* не открывается, нулевая отметка отсутствует, энергия конденсатора не расходуется и сохраняется до прихода эхо-сигнала. Запирающее смещение тиратрона держится только в течение короткого промежутка времени, пока контакты *S1* (*S2*) замкнуты. Благодаря гашению нулевой помехи эхолот измеряет малые глубины.

Регулировка усиления в зависимости от уровня эхо-сигнала в процессе измерения глубины выполняется резистором *R1* (регулятором усиления) указателя. Аналогичный регулятор *R4* есть в самописце. С помощью регулятора усиления можно плавно изменять смещение лампы первого каскада и тем самым менять коэффициент усиления.

Для периодического подмагничивания сердечника принимающей антенны *ПА* в усилителе есть кнопка *S1*. При нажатии этой кнопки происходит разряд конденсатора *C1* усилителя через диод *V5* и обмотку принимающей антенны *ПА*. На это время вход усилителя отключается от антенны *ПА*. Конденсатор *C1* заряжается непрерывно от источника постоянного напряжения (300 В) через резистор *R10*.

Эхолот НЭЛ-5 рассчитан на работу только с одним индикатором глубины: или с указателем, или с самописцем. Для переключения цепей с указателя на самописец и обратно служит переключающее электромеханическое реле *K1*, которое находится в самописце. Обмотка этого реле подключается к судовой сети через диод *V1* самописца при замкнутом положении выключателя *S3* указателя глубин, т. е. при включенном указателе. В этом случае контакты *K1.1* —*K1.7* замыкаются в правое (по схеме) положение и обеспечивают работу эхолота с индикацией глубин по вспышке неоновой лампы *H1* указателя. Самописец при этом работать не может. При включенном указателе в самописце горит красная сигнальная лампа *H2* «Работа указателя».

Двигатель самописца *M1*, защищенный предохранителями *F1* и *F2*, через выключатель *S4* подключается к судовой сети. Аналогично двигателю указателя в его схеме есть автоматический центробежный регулятор, к которому относятся контакты *S9*, резистор *R6* и конденсатор *C6*. В цепи питания двигателя *M1* имеются контакты *K1.1* переключающего реле, с помощью которого двигатель самописца автоматически отключается при включении указателя.

Вращение двигателя *M1* через редуктор передается на барабан записывающего устройства и кулачковый валик. Частота вращения барабана в два раза выше, чем кулачкового валика, поэтому на два оборота барабана приходится одна посылка звукового импульса (на начало пер-

вого оборота). Переключатель *S6.1 — S6.3* диапазонов имеет три положения, соответствующие трем диапазонам:

Положение переключателя	Диапазон измеряемых глубин, м
№ 1	0—200
№ 2	0—1000
№ 3	1000—2000

Управление посылками импульсов осуществляется контактами *S2* (в диапазоне 0—200 м) или *S3* (в диапазоне 0 — 2000 м). При замыкании контактов *S2* (*S3*) шунтируется резистор *R1* блока посылок *БП* и происходит излучение звукового импульса. На малых глубинах включением тумблера *S7* самописца обеспечивается гашение нулевой помехи — таким же образом, как при включенном указателе (конденсатор *C3* самописца разряжается через резистор *R18* усилителя и создает запирающее смещение на тиратроне *V3* в момент посылки импульса).

Усиленный эхо-сигнал, поступающий на управляющую сетку тиратрона *V3*, открывает его и обеспечивает разряд конденсатора *C14* усилителя через первичную обмотку трансформатора *T1* самописца. Во вторичной обмотке этого трансформатора возникает импульс тока, который проходит по следующей цепи: вторичная обмотка трансформатора *T1*, контакты переключателя *S6.2* диапазонов, контакты кнопки *S8* оперативной отметки, пишущая линейка *E3*, бумага, спираль барабана, корпус, обмотка трансформатора *T1*.

На бумаге самописца записываются нулевая отметка и измеряемая глубина. При измерении глубин в диапазоне 1000—2000 м цепь записи после контактов *S6.2* проходит через контакты *S1*, которые разомкнуты во время первого оборота барабана и замкнуты во время второго. Таким образом, контакты *S1* «Фильтрация эхо-сигнала» не позволяют записывать глубину менее 1000 м, если переключатель *S6.2* находится в положении «3» (диапазон глубин 1000—2000 м). Этим самым исключается двузначность записи. Таким образом, если самописец работает при включенном третьем диапазоне и наблюдается запись глубины на бумаге, она однозначно соответствует диапазону 1000—2000 м.

В самописце предусмотрена запись условной отметки диапазона, которую можно использовать при последующей обработке эхограммы. Условная отметка в виде сплошной (в диапазоне 1000—2000 м) или штриховой (в диапазоне 0—1000 м) линии наносится на верхнем поле бумаги пером *E4*, на которое подается напряжение постоянного тока 300 В от усилителя через контакты *K1.4*, переключатель диапазонов *S6.3* и резистор *R3*. Штриховая линия в диапазоне 0—1000 м получается вследствие действия прерывателя *E2*.

Кнопка *S8* оперативной отметки служит для подачи напряжения переменного тока 300 В на пишущую линейку *E3*. При нажатии этой кнопки линейка *E3* через резистор *R1* подключается к силовому трансформатору *T2* усилителя и на бумагу наносится вертикальная линия.

По четкости этой линии можно судить о качестве работы записывающего устройства самописца.

Для контроля частоты вращения двигателя *M1* самописца служит неоновая лампа *H1* «Контроль оборотов». Через резистор *R2*, прерыватель *E1*, тумблер *S5* и контакты *K1.4* она подключена к цепи постоянного тока (напряжением 300 В). Подсветка шкалы и бумаги самописца осуществляется двумя лампами *H1*, включенными через контакт *K1.2* в обмотку 6,3 В силового трансформатора *T2* усилителя.

7.3. Приборы комплекта

Блок посылок. Он предназначен для возбуждения ультразвуковых колебаний в пакете излучающей антенны. Все детали блока посылок (рис. 7.3) смонтированы на откидном шасси *2*. На внешней стороне шасси расположены: контактная плата *1*; резисторы *3* (*R5*) и *4* (*R4*), предназначенные для снятия остаточного напряжения с конденсаторов *C1* (см. рис. 7.2), *C2*, *C5* после отключения блока посылок *БП* от сети; высоковольтный выпрямитель (см. рис. 7.3), собранный на полупроводниковых диодах *8* (*V2*) и *9* (*V3*) и служащий для заряда посылочных конденсаторов *C5* (см. рис. 7.2) до напряжения 1400 В; делитель напряжения (см. рис. 7.3) на резисторах *5* (*R1*) и *6* (*R2*), от которого заряжается конденсатор *C4* (см. рис. 7.2); кнопка (см. рис. 7.3) *7* (*S1*) блокировки, отключающая блок посылки от сети при снятии крышки.

На внутренней стороне шасси (рис. 7.4) находятся: силовой трансформатор *1* (*T1*); конденсаторы *5* (*C1*) и *3* (*C2*) высоковольтного

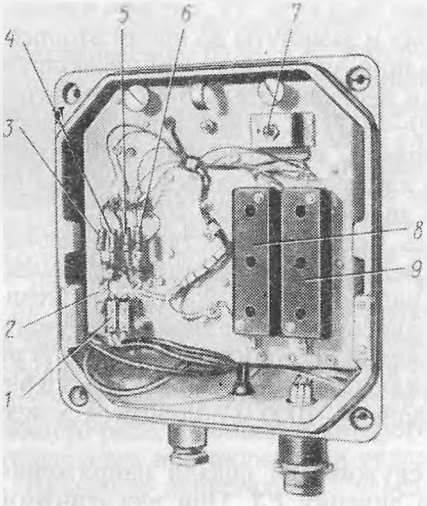


Рис. 7.3

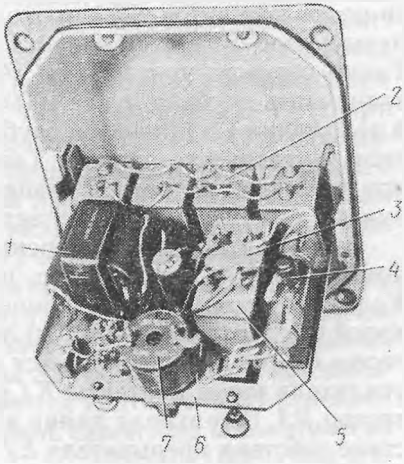


Рис. 7.4

выпрямителя, работающего по схеме удвоения напряжения (по 750 В); импульсный трансформатор *7* (*T2*), повышающий амплитуду импульса до значения, достаточного для работы газоразрядной трубки *4* (*V4*); посылочные конденсаторы *2* (*C5*); резистор *6* (*R3*) зарядной цепи посылочных конденсаторов.

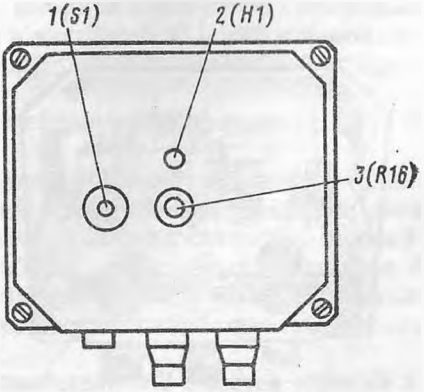


Рис. 7.5

Усилитель. Он предназначен для усиления напряжения, возникающего в обмотке принимающей антенны под влиянием отраженного ультразвукового импульса. Усилитель настроен на резонансную частоту 21,3 кГц; коэффициент усиления лежит в пределах $1{,}4 \times \times 10^6 - 3{,}0 \cdot 10^6$; ширина полосы пропускания 1,5 кГц. Уровень помех на сетке тиратрона не должен превышать 2,5 В при максимальном усилении.

На лицевой панели (рис. 7.5) усилителя видны: кнопка *1* (*S1*) подмагничивания, закрываемая винтовой пробкой; сигнальная лампа *2* (*H1*) красного цвета; регулятор смещения тиратрона *3* (*R16*) под отвертку.

На рис. 7.6 представлен усилитель со снятой крышкой. Здесь показаны его элементы: а) в первом ряду — лампа *11* (*V1*) первого каскада и лампа *9* (*V2*) второго каскада; тиратрон *4* (*V3*); двойной диод (кенотрон) *6* (*V4*),создающий постоянное напряжение для питания усилительных ламп *V1*, *V2* и тиратрона *V3*; предохранитель *7* (*F1*); во втором ряду за лампами — входной трансформатор *1* (*T1*); катушка анодного контура *2* (*L1*); силовой трансформатор *5* (*T2*).

На рис. 7.6 также видны кнопка подмагничивания *10* (*S1*), сигнальная лампа *3* (*H1*) и регулятор *8* (*R16*) смещения тиратрона — элементы, показанные на рис. 7.5. Входной трансформатор *2* (*T1*) и катушка *3* (*L1*) заключены в экранирующие кожуха и имеют подстроечные винты. Остальные элементы усилителя расположены снизу поворотного шасси.

Указатель. Он предназначен для визуальной индикации измеряемых глубин и для управления посылками импульсов. Указатель имеет два диапазона: 0—100 и 0—2000 м. На лицевой панели (рис. 7.7) размещены: выключатель *9* (*S3*) указателя; вольтметр *1* (*P1*); регулятор *4* (*R1*) усиления; тумблер *5* (*S5*) гашения нуля; переключатель *6* (*S4*) диапазонов.

В центральной части прибора имеется стекло с двумя круговыми шкалами *3* для отсчета глубин в двух диапазонах. Между шкал видна неоновая лампа *2* (*H1*), по вспышкам которой определяется отсчет из-

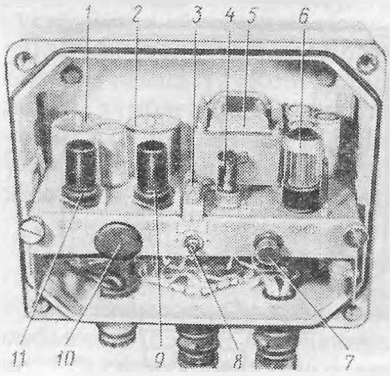


Рис. 7.6

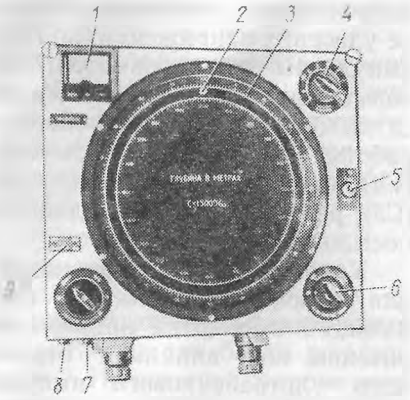


Рис. 7.7

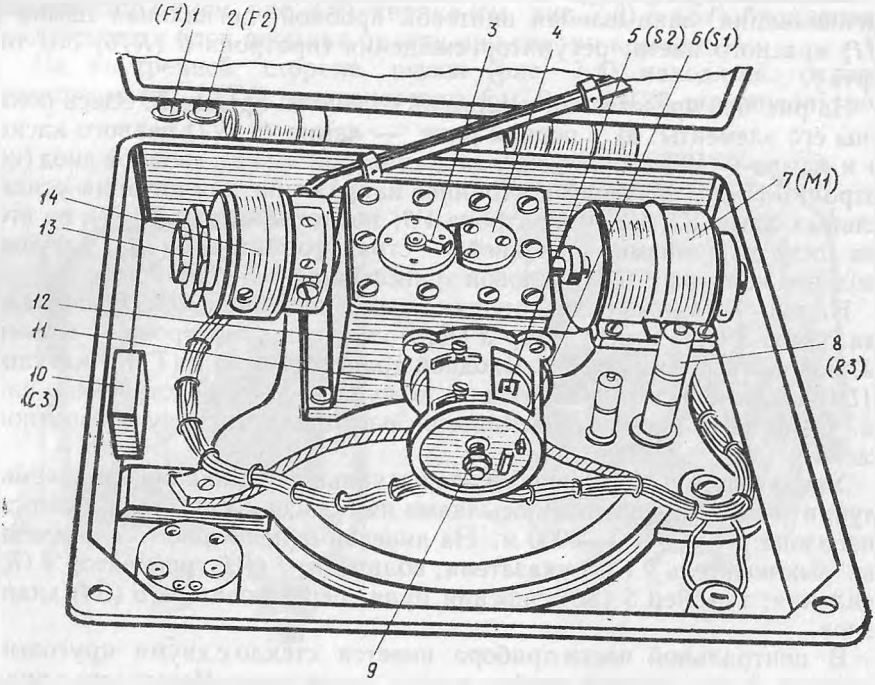


Рис. 7.8

меряемой глубины. Лампа закрыта шторкой с фигурной прорезью. Острие светового индекса при работе в диапазоне 0—100 м направлено к наружной шкале, а при работе в диапазоне 0—2000 м — к внутренней.

В нижней части корпуса имеются два предохранителя: *7* (*F2*) и *8* (*F1*).

На рис. 7.8 показано размещение элементов внутри указателя. Двигатель *7* (*M1*) через коробку скоростей *4* приводит во вращение диск (планку) с индикаторной неоновой лампой, а также кулачковый валик *9*. Кулачки этого валика управляют работой посылочных контактов *6* (*S1*) и *5* (*S2*). Винты *11* и *12* служат для регулировки момента замыкания контактов *S1* и *S2* так, чтобы нулевая отметка наблюдалась против нуля шкалы.

Для контроля частоты вращения двигателя *M1* имеется стрелка *3*. Автоматический центробежный регулятор *14* поддерживает постоянство частоты вращения двигателя и всех деталей, которым он передает движение. Настройка автоматического центробежного регулятора на заданную частоту вращения достигается поворотом маховичка *13*. На рис. 7.8 видны резистор *8* (*R3*) и конденсатор *10* (*C3*), относящиеся к схеме автоматического центробежного регулятора, и предохранители *1* (*F1*) и *2* (*F2*).

Самописец. Он предназначен для автоматической записи глубин и управления посылками звуковых импульсов. Запись осуществляется электротермическим способом на бумаге типа ЭТБ-2. Самописец имеет два диапазона: 0—200 и 0 — 2000 м. Второй диапазон разделен на два поддиапазона: 0 — 1000 и 1000 - - 20 000 м. Внешний вид самописца показан на рис. 7.9.

На лицевой панели самописца расположены элементы управления и контроля: выключатель *14*, переключатель *12* диапазонов, регулятор *11* усиления, кнопка *10* оперативных отметок, выключатель *13* гашения

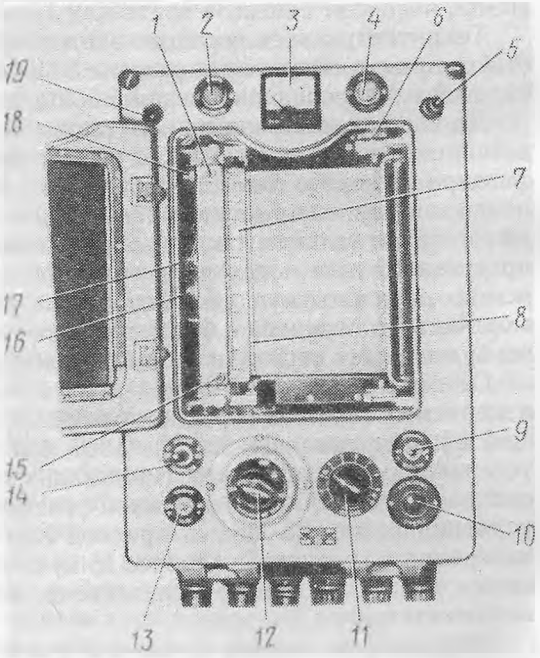


Рис. 7.9

нулевой помехи, тумблер *9* для включения сигнальной лампы *4* «Проверка оборотов», сигнальная лампа *2* «Работа указателя» красного цвета, вольтметр *3*. На рис. 7.9 видны также два предохранителя *19*, *5* и элементы записывающего устройства: пишущая линейка *7* с металлическим ножом *8*, ручка *6* для протягивания бумажной ленты.

Записывающее устройство имеет пять регулировочных винтов: *15* — для регулировки параллельности кромки ножа *8* плоскости бумаги; *17* — для изменения натяжения пружины, прижимающей пишущую линейку к бумаге; *16* — для ограничения нажатия пишущей линейки; *1* — для регулировки силы нажатия пера условной отметки диапазона; *18* — для установки пера посередине верхнего поля бумаги.

Фильтр. Он представляет собой прибор, в котором располагаются элементы, обеспечивающие все устройства эхолота питанием переменным током от судовой сети, а также защищающие эту сеть от помех радиоприему со стороны эхолота.

На лицевой панели фильтра имеется рукоятка общего выключателя эхолота. Внутри прибора размещены: автотрансформатор, с которого снимается напряжение 127 В, 50 Гц; выключатель судовой сети; предохранители; два конденсатора; два дросселя.

7.4. Эксплуатация эхолота

Техническую эксплуатацию эхолота НЭЛ-5 нужно выполнять в соответствии с требованиями раздела 5 Правил технической эксплуатации судовой электрорадионавигационной аппаратуры.

Для включения эхолота необходимо подать ток от судовой сети. Это выполняется с помощью общего выключателя *S1*, расположенного в фильтре. О подаче тока от судовой сети в схему эхолота можно судить по показаниям вольтметров в самописце и указателе. В усилителе должна гореть сигнальная лампа (напряжением 6,3 В) красного цвета. Для прогрева усилительных ламп требуется примерно 1 мин. После этого можно включать или самописец, или указатель. Если эти приборы включить одновременно, будет работать только указатель, в самописце же будет гореть сигнальная лампа «Работа указателя» красного цвета.

Самописец включают тумблером *14* (см. рис. 7.9). В зависимости от измеряемой глубины переключателем *12* устанавливают соответствующий ей диапазон: 0—200, 0—1000 или 1000—2000 м. Рукояткой *11* устанавливают необходимое (минимальное) усиление, при котором обеспечивается четкая запись нулевой отметки и глубины. При чрезмерном усилении возможна запись кратной глубины, что нежелательно. При измерении малых глубин (менее 15 м) тумблером *13* включают цепь гашения «нуля»: на бумаге записывается только линия глубины, а нулевой отметки нет.

Указатель включают рукояткой *9* (см. рис. 7.7). Нужный диапазон (0 — 100 или 0 — 2000 м) устанавливают переключателем *6*. При переходе с диапазона на диапазон рекомендуется делать небольшую

выдержку переключателя *6* в нейтральном положении («Н»). Это уменьшает нагрузку на механизм коробки скоростей. Для регулировки усиления имеется потенциометр *4*. Так же как и в самописце, при измерении малых глубин пользуются тумблером *5* «Гашение нуля».

Проверка и регулировка зазора в контактных группах самописца и указателя состоят в следующем. Всего имеется пять контактных групп: три в самописце и две в указателе. Зазор должен быть примерно 0,5 мм. Установка необходимого зазора выполняется при выключенном приборе. Для этого вращением вала двигателя (от руки) устанавливают кулачок на размыкание контакта. Затем при помощи отвертки и ключа вращают винт, головка которого является неподвижным контактом, и добиваются нужного зазора. После этого винт стопорят гайкой. Регулировку повторяют отдельно для каждой контактной группы самописца и указателя.

Проверка и регулировка момента срабатывания контактных групп заключаются в следующем. Посылочные контакты (они же обеспечивают гашение «нуля») должны замыкаться в момент прохождения рабочего элемента через нуль шкалы. В самописце таким элементом является точка соприкосновения спирали барабана с пишущей линейкой через бумагу, а в указателе — неоновая лампа. Момент срабатывания контактов проверяют при включенном самописце или указателе. В самописце линия нулевой отметки, а в указателе вспышка неоновой лампы должны совпадать с нулем шкалы с точностью половины деления.

Момент замыкания посылочных контактов указателя (см. рис. 7.8) регулируют путем поворота винта *11* (первый диапазон) и винта *12* (второй диапазон) по ходу вращения кулачкового валика или в противоположную сторону. Предварительно ослабляют эти винты и винты, крепящие плату с контактами. Контроль установки осуществляется по положению нулевой отметки. После выполнения регулировки все винты закрепляют. Аналогично выполняют эту регулировку в самописце.

Проверка и регулировка частоты вращения двигателя самописца и указателя состоят из следующих операций. Проверка осуществляется: в самописце — по вспышкам неоновой лампы *4* (см. рис. 7.9), которая включается тумблером *9*, а в указателе — по частоте вращения контрольной стрелки *3* (см. рис. 7.8). Норматив 90 вспышек лампы (90 оборотов стрелки) за 1 мин. Это соответствует расчетной скорости звука в воде 1500 м/с. Регулировку выполняют путем поворота регулировочного винта автоматического центробежного регулятора.

Действительная скорость звука в воде может отличаться от расчетной. Поэтому в соответствии с требованиями НШС—82 необходимо перед выходом в рейс определять поправку эхолота. Для этого нужно измерить глубину под килем судна в районе установки вибраторов (берется среднее значение глубины на основе двух измерений с каждого борта с учетом осадки судна). Следует иметь в виду, что при переходе судна в другой бассейн, где температура и соленость воды иные, эта поправка изменится. При определении поправки на глубинах менее 10 м необ-

ходимо учитывать погрешность из-за базы антенн (для эхолотов с разнесенными антеннами).

Проверка и регулировка записывающего устройства самописца. Качество работы записывающего устройства проверяют по четкости вертикальной линии (оперативной отметки), которая наносится на бумагу при нажатой кнопке *10* (см. рис. 7.9). Если кромка пишущей линейки не параллельна плоскости бумаги, то нижняя часть линии оперативной отметки наносится слабо или ее совсем нет. В этом случае регулируют параллельность линейки поворотом винта *15*.

С левой стороны пишущей линейки в ее средней части имеются регулировочные винты *16* и *17*, которыми можно отрегулировать степень нажатия линейки на бумагу. От этой регулировки зависит качество записи. Нажим должен быть достаточным для того, чтобы обеспечивалась четкая запись «нуля» и глубины, но бумага при этом не должна повреждаться. В нижней части линейки расположены винты *18* и *1*, предназначенные для регулировки положения и силы нажатия пера условных обозначений диапазона.

Регулировка усилителя. В усилителе требуется выполнение двух регулировок: степени усиления сигнала и смещения тиратрона. Усиление сигнала выполняется в процессе измерения глубины при помощи дистанционных регуляторов: в самописце — *11* (см. рис. 7.9), а в указателе — *4* (см. рис. 7.7).

Смещение тиратрона устанавливается потенциометром *8* (см. рис. 7.6) при максимальном усилении сигнала: оно должно подавлять помехи и обеспечивать четкую индикацию нулевой отметки и глубины. В процессе эксплуатации эхолота требуется периодически подмагничивать сердечник принимающей антенны. Для этой цели имеется в усилителе кнопка *10* (см. рис. 7.6).

В эхолоте НЭЛ-5 имеются электрические цепи с высоким напряжением: 300 В в усилителе, 1500 В в блоке посылок. При обслуживании и ремонте этих приборов необходима особая осторожность. Перед началом работ эхолот нужно отключить от судовой сети, а в приборе БП, кроме того, проверить, нет ли остаточного напряжения на конденсаторах. В блоке посылок имеется выключатель *S1*, который разрывает цепь судового тока при снятии крышки прибора. Следует периодически проверять надежность срабатывания этого выключателя.

Работая с другими приборами комплекта эхолота, следует учитывать, что отдельные элементы находятся под напряжением 127 В, а в самописце, кроме того, на записывающее устройство подается напряжение до 300 В.

ЭХОЛОТ НЭЛ М-3Б

8.1. Основные технические данные и комплект приборов

В серию судовых эхолотов типа НЭЛМ входят следующие их виды:

эхолот М-1, предназначенный для научно-исследовательских судов; диапазон измеряемых глубин 1—6000 м;

эхолот М-2, предназначенный для крупнотоннажных судов; диапазон измеряемых глубин 1—3000 м;

эхолот М-3А, предназначенный для судов смешанного плавания (река — море); диапазон измеряемых глубин 0,3—200 м;

эхолот М-3Б, предназначенный для морских судов; диапазон измеряемых глубин 0,5—500 м;

эхолот М-4Б, предназначенный для речных судов; диапазон измеряемых глубин 0,2—36 м.

Эхолоты М-1 и М-2 имеют в комплекте две гидроакустические антенны, позволяющие измерять глубину до 400 м в четырех точках: нос, корма, правый борт, левый борт. Для измерения глубин свыше 400 м (в эхолоте НЭЛ М-1 до 6000 м, а в эхолоте НЭЛ М-2 до 3000 м) имеется дополнительная (низкочастотная) гидроакустическая антенна, устанавливаемая в средней части судна.

Навигационный эхолот М-3Б имеет следующие отличительные особенности по сравнению с ранее выпускавшимся эхолотом НЭЛ-5:

источник звуковых колебаний (антенна) является и приемником эхосигнала, тогда как в эхолоте НЭЛ-5 для посылки импульса и приема отраженного сигнала имеются отдельные антенны — излучающая и принимающая;

действие антенны эхолота М-3Б основано на принципе пьезоэлектрического эффекта, а в вибраторах НЭЛ-5 используется магнитострикционный эффект;

в комплекте эхолота М-3Б так же, как и эхолота НЭЛ-5, имеются два прибора для выдачи информации о глубине — указатель и самописец. В эхолоте М-3Б указатель является цифровым устройством, не имеющим механических элементов, а самописец —электромеханическим, в эхолоте НЭЛ-5 оба прибора являются электромеханическими;

в эхолоте М-3Б самописец и цифровой указатель могут работать одновременно, а в эхолоте НЭЛ-5 эти приборы на одновременную работу не рассчитаны;

эхолот М-3Б рассчитан на измерение глубин до 500 м, а эхолот НЭЛ-5 — на измерение глубин до 2000 м;

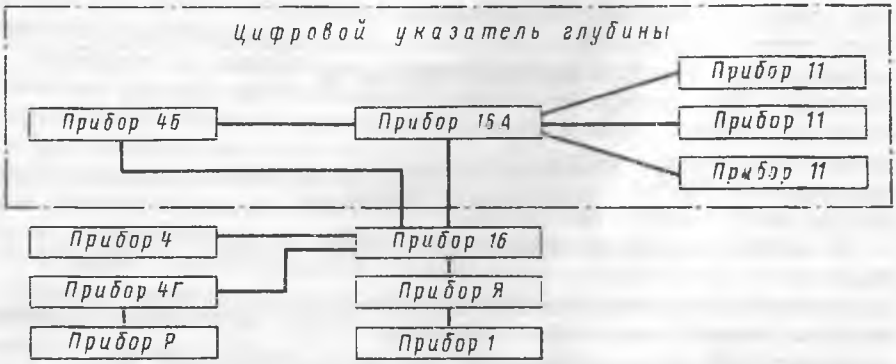


Рис. 8.1

в эхолоте М-3Б имеется устройство для подачи световой и звуковой сигнализации о выходе судна на заданную глубину, в эхолоте НЭЛ-5 такого устройства нет;

схема эхолота М-3Б более совершенна, выполнена на современных элементах электроники с применением аналоговых и цифровых микросхем; для проверки исправности основных узлов эхолота имеется система контроля с переключателем и сигнальной лампой.

В комплект эхолота (рис. 8.1) входят следующие приборы: антенна (прибор 1), самописец (прибор 4), пульт управления цифрового указателя глубин (прибор 4Б), прибор сигнализации глубины (прибор 4Г), цифровое табло (прибор 11), приемно-передающее устройство (прибор 16), электронная часть цифрового указателя (прибор 16А), кабельная коробка (прибор Я), ревун (прибор Р).

Прибор 1 является гидроакустической антенной и служит для преобразования электрической энергии в звуковую и наоборот.

Прибор 4 предназначен для регистрации измеряемой глубины на электротермической бумаге. В нем также имеется устройство для формирования синхронизирующего импульса запуска и управления работой эхолота.

Прибор 4Б служит для управления работой эхолота при отключенном самописце, т. е. при индикации глубины с помощью цифрового указателя.

Прибор 4Г обеспечивает световую и звуковую сигнализацию о выходе судна на заданную глубину.

Прибор 11 представляет собой цифровое табло и служит для индикации измеренной глубины. Он может поворачиваться на шарнире на угол 120° в горизонтальной плоскости и на 15° — в вертикальной плоскости.

Прибор 16 содержит электронные блоки, которые образуют передающую и приемную схемы эхолота. Здесь же размещена схема конт-

роля исправности основных узлов эхолота. Прибор 16 также служит для кабельной связи приборов комплекта эхолота между собой.

Прибор 16А содержит электронные блоки, обеспечивающие работу цифрового указателя глубин. К функциональному узлу *ЦУГ* относятся приборы 4Б, 11 и 16А.

Прибор Я — это кабельная коробка, предназначенная для соединения гидроакустической антенны с прибором 16.

Прибор Р — ревун, предназначенный для подачи звукового сигнала о выходе судна на заданную глубину.

Эхолот М-3Б характеризуется следующими техническими данными. Самописец имеет три диапазона: 0—50, 40—90 и 0—500 м. Кроме того, имеется поддиапазон «Малые глубины» (МГ) — менее 10 м. В самописце можно устанавливать медленную или быструю (в два раза большую) протяжку бумаги при измерении глубин в одном и том же диапазоне: 20 и 40 мм/мин в диапазонах 0—50 и 40—90 м; 2 или 4 мм/мин в диапазоне 0—500 м. Длина бумажной ленты в рулоне равна 20 м.

Для определения диапазона, в котором производилась запись глубины самописцем, служат следующие признаки:

диапазон 0—50 м — наличие нулевой (сплошной) линии и линии условной отметки (штриховой), расположенной над нулевой;

диапазон 40—90 м — отсутствие и нулевой линии, и линии условной отметки;

диапазон 0—500 м — наличие только нулевой линии.

В эхолоте М-3Б возможна одновременная работа самописца (прибор 4), цифрового указателя глубин (приборы 4Б, 11, 16А) и прибора сигнализации глубины (прибор 4Г). При этом управление работой осуществляется с прибора 4. Если самописец будет выключен, управление автоматически переводится на прибор 4Б (в приборе 4 высвечивается надпись «Включен указатель»). При отключенных самописце и цифровом указателе работой эхолота управляет прибор 4Г.

Индикация глубин на табло ЦУГ выполняется с дискретностью 0,1 м. Световая и звуковая сигнализация о выходе судна на заданную глубину (значения глубины устанавливают вручную в приборе 49) подается при следующих ее значениях: 1; 2; 5; 20; 50 и 100 м. Инструментальная погрешность измерения глубин не превышает $\pm$ (0,2—0,3) м на глубинах менее 20 м и $\pm$ (1—1,5) % на глубинах более 20 м. Эхолот рассчитан на работу при скорости судна до 40 уз, бортовой качке до 10° и килевой качке до 3°. В эхолоте имеется схема контроля работы основных блоков.

Эхолот сохраняет работоспособность после пребывания в окружающей среде с температурой от —50 до + 65 °С, однако нормальная работа эхолота обеспечивается при следующих температурах (в °С):

Приборы 4, 4Б, 16, Я	0—(+40)
Прибор 11	(—40) — (+50)
Прибор 1	(—2) — (+32)

8.2. Принцип действия эхолота

Для измерения глубин необходимо сформировать ультразвуковые импульсы в воде, направить их к грунту и принять отраженный звуковой сигнал. Для этой цели имеется гидроакустическая антенна (прибор 1), обеспечивающая и излучение, и прием. Управление посылками импульсов может осуществляться с любого из трех приборов: 4, 4Б и 4Г.

На рис. 8.2 представлена схема эхолота М-3Б. В самописце двигатель *М1* через редуктор обеспечивает непрерывное перемещение бесконечной ленты, на которой закреплено пишущее перо *П*. Один раз за цикл перо *П* замыкается с контактором запуска *Е* и обеспечивает формирование запускающего импульса *ЗИ*. Этот импульс поступает на формирователь нулевой отметки *ФНО*, где осуществляется задержка импульса на время, необходимое для прохождения пером расстояния от контакта запуска до нуля шкалы. Пройдя схему *ИЛИ*, импульс нуля подается на мультивибратор посылки *МВП*, вырабатывающий прямоугольные импульсы, длительность τ которых зависит от диапазона глубин. В мо-

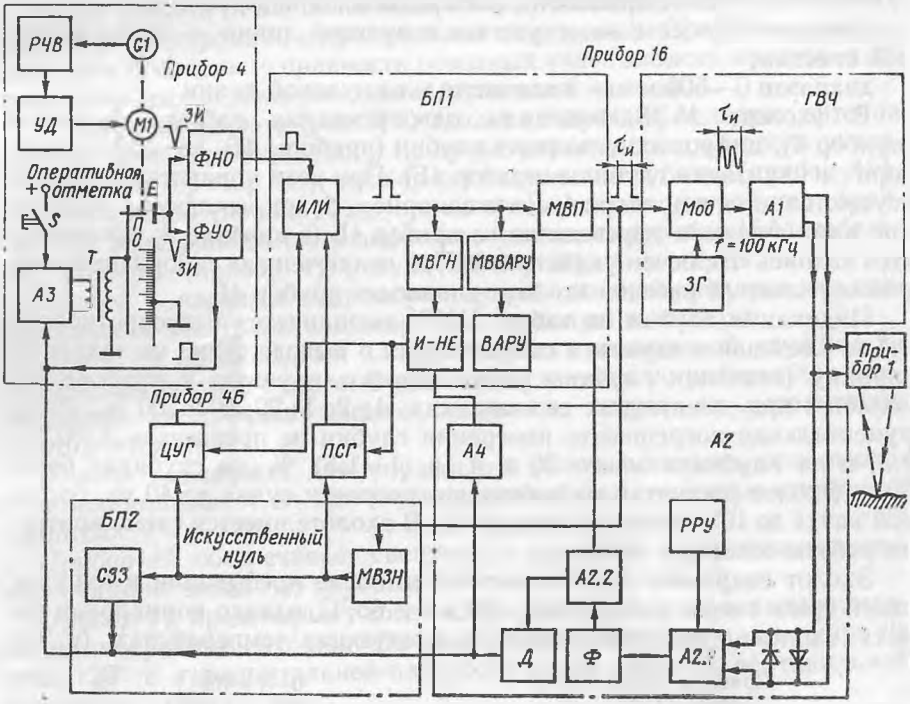


Рис. 8.2

дуляторе *Мод* этот импульс заполняется высокой частотой f = 100 кГц, поступающей от задающего генератора *ЗГ*, усиливается по напряжению и мощности (в усилителе *А1*) и подается на гидроакустическую антенну (прибор 1). Одновременно высокочастотный импульс посылки поступает на вход приемного устройства (усилитель *А2*) для формирования естественной нулевой отметки.

Гидроакустическая антенна, действие которой основано на пьезоэлектрическом эффекте, излучает ультразвуковые колебания частотой f в направлении морского дна. Отраженный от грунта звуковой сигнал возвращается к той же антенне, где преобразуется в электрический сигнал, сохраняющий частоту f. От антенны эхо-сигнал в виде электрических колебаний поступает на усилитель *А2*, который имеет два каскада усиления: *А2.1* и *А2.2*, фильтр *Ф*, схему ручной регулировки усиления *РРУ* и детектор *Д*.

Для защиты предварительного усилителя *А2* от мощного сигнала посылки на входе первого каскада *А2.1* имеются два включенных встречно диода, которые шунтируют вход усилителя и обеспечивают уровень входного сигнала не более 0,6 В. С выхода *А2* через схему запрета записи *СЗЗ* сигналы (прямой и отраженный) подаются на усилитель *А3* и далее на трансформатор *Т* записывающего устройства. Прямой сигнал обеспечивает запись нулевой линии, а отраженный от грунта сигнал — запись глубины.

В эхолоте М-3Б предусматривается одновременное формирование естественного и искусственного нулевых сигналов. Необходимо отметить, что естественный нулевой сигнал, который используется только в самописце, приходит на записывающее устройство с опозданием. Это происходит потому, что в схеме предварительного усилителя *А2* имеется фильтр *Ф*, вследствие чего возникает некоторая задержка во времени.

Для того чтобы оба нулевых сигнала (и естественный, и искусственный) приходили на записывающее устройство в одно и то же время, в схеме предусмотрен дополнительный блок посылок *БП2*. В нем находятся мультивибратор задержки нуля *МВЗН* и схема запрета записи *СЗЗ*, обеспечивающие запаздывание искусственного нулевого сигнала и приход его на записывающее устройство одновременно с естественным нулевым сигналом. Когда естественного нулевого сигнала нет (при неработающем генераторе высокой частоты ГВЧ), на бумаге самописца регистрируется линия искусственного нулевого сигнала. Этот сигнал создается задним фронтом импульса задержки нуля.

В цифровой указатель глубины *ЦУГ* и прибор сигнализации глубины *ПСГ* всегда поступает только искусственный нулевой сигнал с той же самой задержкой. В *ЦУГ* и *ПСГ* подача эхо-сигнала осуществляется от детектора *Д* через видеоусилитель *А4* и схему *И — НЕ*. Эта схема на время посылки запирается сигналом мультивибратора гашения нуля *МВГН*, что исключает проникновение естественного нулевого сигнала на *ЦУГ* и *ПСГ*.

Для подавления реверберационных помех применяется схема временной автоматической регулировки усиления *ВАРУ*, которая включается мультивибратором *МВВАРУ* в момент излучения. Схема *ВАРУ* обеспечивает выделение полезного сигнала и уменьшает влияние реверберации. В самописце предусмотрена запись оперативной отметки, которая представляет собой вертикальную линию, записываемую пером на бумаге вдоль всей шкалы. Оперативная отметка наносится при нажатии кнопки *S* и используется для контроля работы записывающего устройства.

Для нормальной работы самописца необходимо обеспечить стабильную частоту вращения двигателя *М1*. Это выполняется при помощи тахогенератора *G1* и схемы регулировки частоты вращения *РЧВ*. Переход от одной частоты вращения к другой осуществляется с помощью переключателя диапазонов и схемы управления двигателем *УД*.

В самописце предусмотрена запись условной отметки диапазонов в виде штриховой линии, которая наносится над нулевой линией. Сигнал условной отметки вырабатывается запускающим импульсом *ЗИ* в формирователе условной отметки *ФУО* и обеспечивает задержку сигнала условной отметки, равную времени прохождения пера от контакта *Е* пуска до места нанесения штриховой линии на бумаге.

В эхолоте М-3Б имеется встроенная система контроля с переключателем на несколько положений и сигнальной лампой «Контроль работы». Эта система позволяет определить исправность отдельных функциональных узлов и конструктивных блоков прибора и облегчает диагностирование эхолота в процессе эксплуатации.

8.3. Функциональная схема эхолота

В эхолоте М-3Б предусмотрена автономная работа самописца, цифрового указателя глубин и прибора сигнализации глубин. Каждый из этих приборов может работать независимо от других, обеспечивая управление посылками импульсов и прием эхо-сигнала.

Предусмотрена также совместная работа этих приборов в различных сочетаниях:

а) включены все три прибора индикации глубины — самописец (прибор 4), цифровой указатель глубин (прибор 4Б) и прибор сигнализации глубины (прибор 4Г). В этом варианте управление посылками импульсов осуществляется от самописца;

б) самописец выключен, работают цифровой указатель глубин (прибор 4Б) и прибор сигнализации глубины (прибор 4Г). В этом случае управление осуществляется схемой цифрового указателя глубин. Эхосигнал поступает и в цифровой указатель глубин, и в прибор сигнализации глубины;

в) из трех приборов индикации включен только один — прибор сигнализации глубины (прибор 4Г). Управление посылками выполняется автономно схемой этого прибора.

При включении самописца цепи управления автоматически переключаются от прибора сигнализации глубины или цифрового указателя глубин на самописец.

Функциональная схема эхолота при работе самописца. Анализ этой схемы (рис. 8.3) дает возможность понять формирование сигнала посылки и эхо-сигнала, обеспечивающего запись глубины. В самописце имеются два контакта запуска: *Е1* — для диапазонов МГ, 50 и 500 м; *Е2* — для диапазона 40—90 м. Пишущее перо *3*, закрепленное на ленте *2*, один раз за цикл замыкает траверсу *1* с контактами запуска. Движение бесконечной ленты осуществляется при помощи двигателя *М1*.

В тот момент, когда перо проходит через контакт запуска (*Е1* или *Е2* — в зависимости от диапазона), включается цепь постоянного тока через резисторы *R15* и *R16*, диод *V5*, переключатель диапазонов *S 1.1* и первичную обмотку трансформатора *Т*. Падение напряжения на резисторе *R15* является импульсом запуска. Этот импульс включает схему формирователя нулевой отметки *ФНО*, к которой относятся инверторы *Инв1* и *Инв2*, ждущий мультивибратор *МВЖ1*, дифференцирующая цепь *ДЦ* и согласующий каскад *СК*.

На выходе схемы *ФНО* образуется прямоугольный импульс нуля. Задний фронт этого импульса, определяющий момент посылки, наблюдается с некоторым запаздыванием $\tau_з$ по отношению к импульсу запуска. Задержка $\tau_з$ равна времени прохождения пера от контакта запуска (*Е1* или *Е2*) до нуля шкалы. Для регулировки значения $\tau_з$ имеются потенциометры *1R1* (для диапазонов МГ и 50 м), *1R2* (для диапазона 40—90 м) и *1R3* (для диапазона 500 м). Потенциометры подключаются при помощи реле *К3*, *К4* и *К5* в зависимости от положения переключателя *S1.5* диапазонов. Для окончательной регулировки имеется дополнительный потенциометр *R9* (совмещение нуля). При неработающем самописце импульс нуля формируется схемой цифрового указателя глубин или прибора сигнализации глубин.

Импульс нуля после схемы *ИЛИ* поступает в блок посылки на запуск мультивибраторов посылки: *МВП*, временной автоматической регулировки усиления *МВВАРУ* и гашения нуля *МВГН*.

С выхода *МВП* прямоугольный импульс, имеющий длительность несколько миллисекунд (в зависимости от диапазона), поступает на модулятор *Мод*, где он заполняется высокой частотой f= 100 кГц от задающего генератора *ЗГ*. Усилитель *А1* осуществляет усиление посылочного импульса, и после этого сигнал подается на пьезоэлектрическую антенну (прибор 1) и параллельно на входной трансформатор *Т1* предварительного усилителя *А2.1*. Диоды *V1* и *V2*, шунтирующие первичную обмотку трансформатора *Т1*, ограничивают значение входного сигнала (не более 0,6 В). Сигнал, поступающий на вход усилителя *А2.1* в момент посылки импульса, является естественным нулем.

Отраженный от грунта звуковой импульс (эхо-сигнал) возбуждает в антенне э.д.с., и через первичную обмотку трансформатора *Т1* протекает ток эхо-сигнала. При слабом эхо-сигнале шунтирующее дейст-

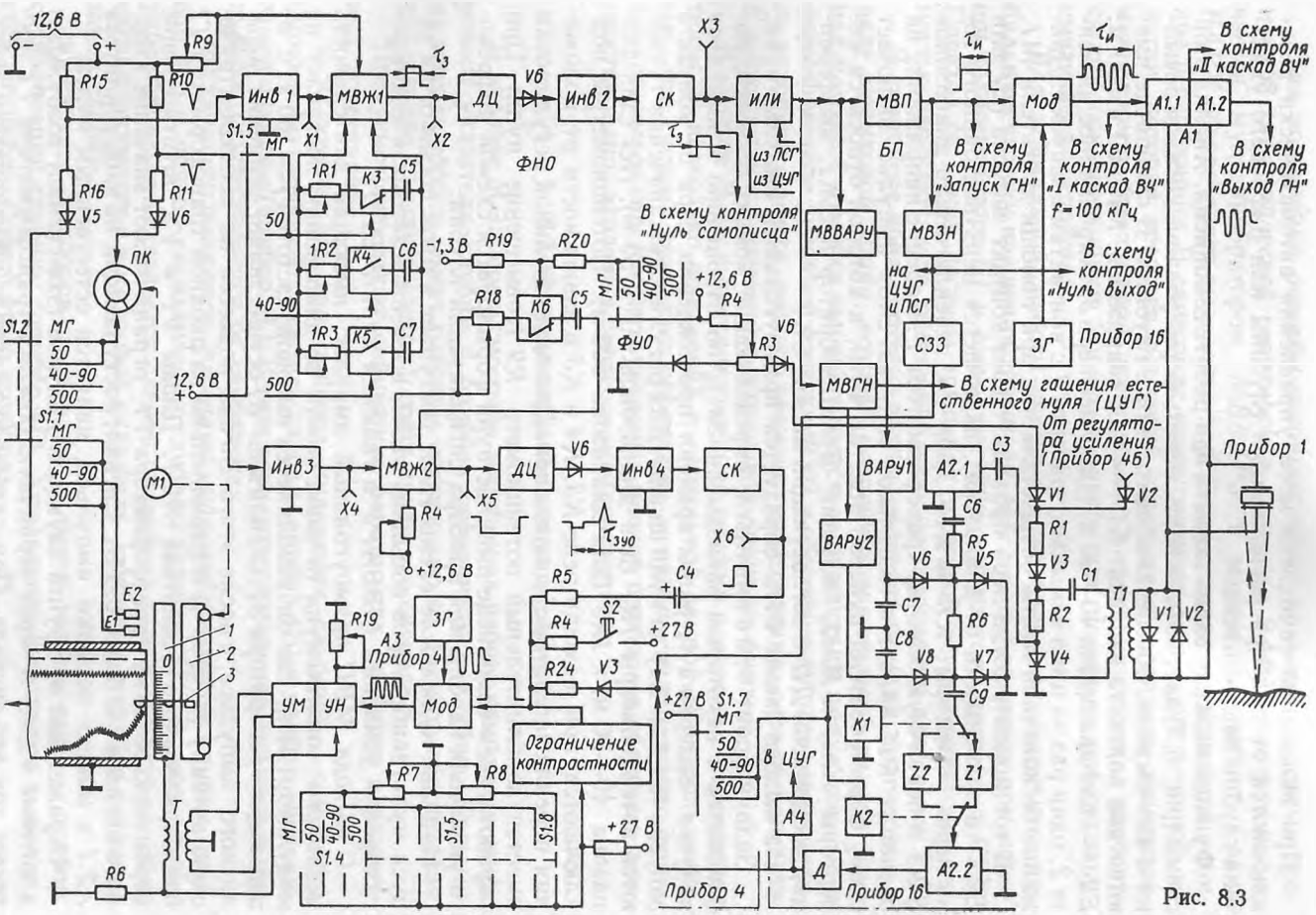

12,6 В
R9
R15
R10
Инв 1
МВЖ1
ДЦ
V6
Инв 2
СК
X3
ИЛИ
МВП
Мод
А1.1
А1.2
А1
В схему контроля „II каскад ВЧ"
S1.5
МГ
X1
X2
ФНО
из ПСГ
из ЦУГ
БП
В схему контроля „Запуск ГН"
В схему контроля „I каскад ВЧ"
f=100 кГц
В схему контроля „Выход ГН"
R16
V5
R11
V6
1R1
K3
C5
50
1R2
K4
C6
40-90
1R3
K5
C7
500
В схему контроля „Нуль самописца"
МВВАРУ
МВЗН
на ЦУГ и ПСГ
В схему контроля „Нуль выход"
ПК
-1,3 В
R19
R20
R18
K6
C5
МГ
50
40-90
500
+12,6 В
R4
V6
R3
ФУО
СЗЗ
ЗГ
Прибор 16
S1.2
МГ
50
40-90
500
S1.1
МГ
50
40-90
500
12,6 В
МВГН
В схему гашения естественного нуля (ЦУГ)
От регулятора усиления (Прибор 4Б)
Прибор 1
Инв3
МВЖ2
ДЦ
V6
Инв4
СК
ВАРУ1
А2.1
C3
C6
V1
V2
X4
X5
R4
+12,6 В
X6
ВАРУ2
R5
V6
V5
R1
V3
C1
T1
V1
V2
E2
E1
R5
C4
C7
R6
R2
V4
R19
ЗГ
S2
+27 В
C8
V8
V7
C9
A3
Прибор 4
R24
V3
УМ
УН
Мод
+27 В
S1.7
МГ
50
40-90
500
К1
Ограничение контрастности
R7
R8
В ЦУГ
Z2
Z1
А4
К2
МГ
50
40-90
500
S1.5
S1.8
S1.4
+27 В
Д
А2.2
Прибор 4
Прибор 16
T
R6

Рис. 8.3

вие диодов *V1* и *V2* практически отсутствует. Нулевой сигнал и эхо-сигнал после усилителя *А2.1* проходят через фильтры *Z1* или *Z2*. Широкополосный фильтр *Z1* подключается на диапазонах МГ и 50 м, а узкополосный *Z2* — на диапазонах 40—90 и 500 м. Переключение фильтров осуществляется контактами реле *К1* и *К2*.

Усилитель *А2.1* имеет ручную и автоматическую схемы регулировки коэффициента усиления. Ручная регулировка осуществляется потенциометром *R3*, расположенным в самописце, или аналогичным потенциометром, находящимся в приборе 4Б (*ЦУГ*). Ручная регулировка состоит в изменении силы тока в делителе напряжений *R4 — R3 — V6 — V1 — R1 — R3 — R2 — V4*. Сила тока в этой цепи определяет сопротивление диода *V4* и, следовательно, значения нулевого сигнала и эхо-сигнала на входе усилителя *А2.1*.

Для подавления реверберационных помех в схеме эхолота имеется временная автоматическая регулировка усиления (*ВАРУ*), действующая по всему диапазону глубин. Она обеспечивает изменение коэффициента усиления *А2.1* по заранее подобранному закону. Коэффициент усиления изменяют подачей управляющего напряжения на диоды *V5 — V8* от блоков *ВАРУ1* и *ВАРУ2*. Запуск блоков *ВАРУ1* и *ВАРУ2* осуществляется синхронно с излучением импульса мультивибраторами *МВВАРУ* и *МВГН*. Схема *ВАРУ1* устанавливает оптимальный коэффициент усиления *А2.1* по всему диапазону глубины, а *ВАРУ2* обеспечивает измерение минимальной глубины.

Предварительно усиленный и отфильтрованный от помех сигнал поступает на усилитель *А2.2* и далее на детектор *Д*. Сигнал (естественный нулевой и эхо-сигнал) с выхода детектора *Д* через диод *V3* и резистор *R24* подается на усилитель записи *А3*. Сюда же поступает искусственный нулевой сигнал от мультивибратора задержки нуля *МВЗН* и схемы запрета записи *СЗЗ*. Схема *СЗЗ* настроена так, что оба нулевых сигнала — искусственный и естественный — совпадают. Четкость записи нулевой линии и отметки глубины регулируется потенциометрами *R7* и *R8* «Контрастность» через схему «Ограничение контрастности».

Усилитель записи *А3* имеет задающий генератор *ЗГ*, модулятор *Мод* и два усилительных блока: усилитель напряжения *УН* и усилитель мощности *УМ*. С выхода *ЗГ* сигнал в виде напряжения синусоидальной формы непрерывно воздействует на вход модулятора. В исходном состоянии модулятор закрыт, а с приходом сигнала (нулевого эхо-сигнала, сигнала оперативной, условной отметки) он открывается и на его выходе формируется высокочастотный сигнал, который после усиления по напряжению и мощности через трансформатор *Т* подается на записывающее устройство. Чувствительность усилителя записи устанавливается резистором *R19*. Оперативная отметка записывается на бумаге в виде вертикальной линии при нажатии кнопки *S2*.

Признаком работы эхолота в диапазоне 0—50 м (а также в диапазоне МГ) является автоматически наносимая на бумаге самописца ус-

ловная отметка *УО* в виде штриховой линии, которая располагается над нулевой линией. Условная отметка образуется при помощи формирователя условной отметки *ФУО*, к которому относятся: инвертор *Инв 3*, ждущий мультивибратор *МВЖ2*, дифференцирующая цепь, инвертор *Инв 4* и согласующий каскад.

Запускающий импульс для схемы *ФУО* снимается с резистора *R10*. Прерывистость линии условной отметки создается прерывателем *ПК*, вращение которого осуществляется через редуктор от двигателя самописца *М1*. Импульс условной отметки, сформированный элементами *ФУО*, через конденсатор *С4* и резистор *R5* подается на вход усилителя записи *А3* и далее после усиления через трансформатор *Т* на записывающее устройство. Место условной отметки устанавливается регуляторами *R4* и *R18*.

Для проверки сигнальных напряжений в отдельных точках схемы имеются гнезда *Х1 — Х6*.

Функциональная схема при автономной работе цифрового указателя глубин. К цифровому указателю глубин *ЦУГ* (рис. 8.4) относятся: прибор 4Б (пульт управления), прибор 11 (цифровое табло) и прибор 16А (электронная часть).

Импульсы управления (импульсы нулевого сигнала) формируются генератором автоматического запуска цифрового указателя глубин *ЦУГ*. Генератор собран на транзисторах *V1* и *V2*. Частота посылок определяется конденсатором *С4* или *С5* в зависимости от диапазона, устанавливаемого переключателем. В исходном состоянии оба транзистора заперты. При включении прибора 4Б через него проходит ток напряжением +12,6 В. От прибора 4Б через резистор *R2* заряжается конденсатор *С4* (*С5*) до тех пор, пока напряжение на эмиттере *V1* не сравняется с напряжением на базе этого транзистора (смещение на базе определяется делителем *R4*, *R5*).

В этот момент транзисторы открываются и заряд конденсатора *С4* (*С5*) уменьшается до нуля. Схема приходит в исходное состояние: оба транзистора закрываются в результате положительного смещения, подаваемого на базу транзистора *V1* с делителя *R4*, *R5*. Далее цикл повторяется.

Отрицательные импульсы через конденсатор *С3* и диод *V6* поступают в согласующий каскад *СК*, где формируется прямоугольный импульс нулевого сигнала. Этот импульс через схему *ИЛИ* подается в блок посылок *БП* приемно-передающего устройства (прибор 16) на запуск мультивибратора *МВП*. С выхода *МВП* прямоугольный импульс, имеющий длительность $\tau_и$, поступает на модулятор *Мод*, где он заполняется высокой частотой (f = 100 кГц) от задающего генератора *ЗГ*.

После усиления в блоке *А1* посылочный импульс подается на пьезоэлектрическую антенну (прибор 1) и параллельно на входной трансформатор *Т1* предварительного усилителя *А2. 1*. Диоды *V1* и *V2* ограничивают значение входного сигнала. Сигнал, поступающий на

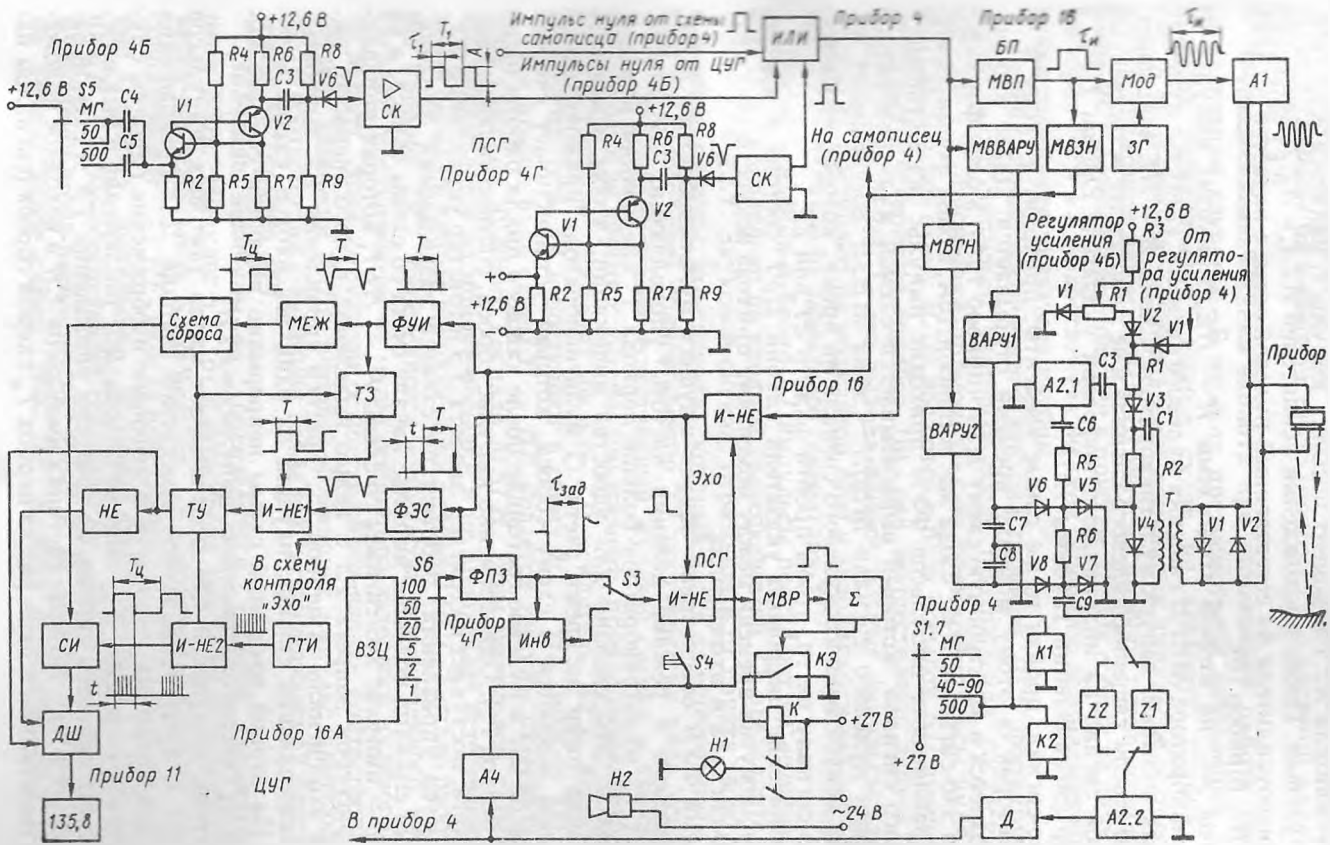

Прибор 4Б
+12,6 В
S5
МГ
50
500
C4
C5
V1
V2
R2
R4
R5
R6
R7
R8
R9
C3
V6
СК
Импульс нуля от схемы самописца (прибор 4)
Импульсы нуля от ЦУГ (прибор 4Б)
ИЛИ
Прибор 4
Прибор 16
БП
МВП
Мод
А1
МВВАРУ
МВЗН
ЗГ
ПСГ
Прибор 4Г
На самописец (прибор 4)
МВГН
Регулятор усиления (прибор 4Б)
R3
От регулятора усиления (прибор 4)
R1
ВАРУ1
ВАРУ2
А2.1
C1
C6
C7
C8
C9
R5
R6
V3
V4
V5
V6
V7
V8
Прибор 1
Схема сброса
МЕЖ
ФУИ
ТЗ
Прибор 16
И-НЕ
НЕ
ТУ
И-НЕ1
ФЭС
Эхо
В схему контроля „Эхо"
S6
100
50
20
5
2
1
ВЗЦ
ФПЗ
Прибор 4Г
Инв
S3
ПСГ
И-НЕ
МВР
Σ
S4
КЭ
К
+27 В
Прибор 4
S1.7
МГ
50
40-90
500
К1
К2
Z2
Z1
СИ
И-НЕ2
ГТИ
ДШ
Прибор 16А
Прибор 11
ЦУГ
135,8
А4
Н1
Н2
~24 В
В прибор 4
Д
А2.2

Рис. 8.4

вход усилителя *А2.1* в момент посылки импульса, является естественным нулевым. После прохождения усилителей *А2.1* и *А2.2*, детектора *Д* и видеоусилителя *А4* естественный нулевой сигнал подается в схему *И — НЕ* (прибор 16).

Сюда же, на второй вход схемы *И — НЕ*, приходит импульс от мультивибратора *МВГН* гашения нулевого сигнала. Импульс нулевого сигнала вызывает запуск мультивибратора. Схема *И — НЕ* закрывается импульсом гашения нулевого сигнала и не пропускает естественный нулевой сигнал на индикацию в цифровой указатель глубин *ЦУГ* и прибор сигнализации глубины *ПСГ*.

Эхо-сигнал, пройдя те же самые элементы, приходит в схему *И — НЕ*, которая к этому моменту времени открывается. Далее эхо-сигнал подается в электронную схему *ЦУГ* (прибор 16А), в блок формирователя эхо-сигнала ФЭС. Сюда же, в прибор 16А, в блок формирователя управляющих импульсов *ФУИ* приходит импульс искусственного нулевого сигнала, который вырабатывается схемой мультивибратора задержки нулевого сигнала *МВЗН*. Схема *МВЗН* обеспечивает задержку искусственного нулевого сигнала на время, которое необходимо эхо-сигналу на то, чтобы пройти фильтр *Z1* или *Z2*.

Назначение цифрового указателя глубин *ЦУГ* состоит в измерении промежутка времени между моментами прихода искусственного нулевого сигнала и эхо-сигнала.

Схема *ФУИ* обеспечивает запуск ждущего мультивибратора *МВТ*, работающего в режиме деления частоты управляющих импульсов. Период $T_ц$ мультивибратора больше периода T следования нулевых импульсов. Это сделано для удобства индикации, чтобы исключить мелькание цифр во время счета. С мультивибратора прямоугольные импульсы подаются в схему сброса, которая устанавливает счетчик импульсов *СИ* в нулевое состояние после каждого цикла работы (один раз за период $T_ц$). Одновременно импульс сброса, соответствующий началу счета, поступает на триггер запрета *ТЗ* и триггер управления *ТУ*.

Триггер управления работает по схеме с раздельными входами. На один его вход подается импульс начала счета со схемы сброса, а на другой — импульс эхо-сигнала со схемы *И — НЕ1*, которая управляется триггером запрета *ТЗ* с целью выделения одного (первого) импульса эхо-сигнала за период $T_ц$. Триггер управления *ТУ* вырабатывает разделяющий сигнал, идущий на один из входов схемы *И — НЕ2*. На второй вход этой схемы непрерывно подаются счетные импульсы от генератора тактовых импульсов *ГТИ*.

Счетчик импульсов *СИ* подсчитывает число тактовых импульсов за время t, пропорциональное измеряемой глубине. Для превращения числа подсчитанных импульсов в цифровое изображение глубины служит дешифратор *ДШ*. Управление блоком *ДШ* (включение и выключение) осуществляется сигналами триггера управления *ТУ* и схемой запрета опроса *НЕ*. Возврат счетчика импульсов *СИ* в исходное положение осуществляется один раз за период $T_ц$ схемой сброса (сигналом на-

чала счета). Дешифратор *ДШ* обеспечивает включение изображения отсчета глубины на цифровом табло (прибор 11) с частотой индикации примерно 1 Гц.

Функциональная схема эхолота при автономной работе прибора сигнализации глубины. В эхолоте предусмотрена автономная работа прибора сигнализации о выходе судна на заданную глубину (см. рис. 8.4). В этом случае управление посылками импульсов осуществляется генератором автоматического запуска прибора сигнализации глубины *ПСГ*, который расположен в приборе 4Г. Он собран на двух транзисторах *V1* и *V2* и работает так же, как генератор автоматического запуска цифрового указателя глубин.

Генератор автоматического запуска прибора *ПСГ* формирует отрицательные импульсы, которые после прохождения согласующего каскада *СК* принимают прямоугольную форму (импульсы нуля). Эти импульсы через схему *ИЛИ* подаются в блок посылок *БП* приемно-передающего устройства (прибор 16), они осуществляют запуск мультивибратора *МВП*. С его выхода прямоугольные импульсы длительностью $\tau_и$ поступают на модулятор *Мод* и заполняются высокой частотой (f — 100 кГц) от задающего генератора *ЗГ*.

После усиления в блоке *А1* импульсы поступают на антенну (прибор 1) и параллельно на входной трансформатор *Т1* предварительного усилителя *А2.1*. Звуковой сигнал, отраженный от грунта, возбуждает в антенне импульс эхо-сигнала, который вслед за естественным нулевым сигналом через трансформатор *Т1* поступает на вход усилителя *А2.1*. Эти два импульса (естественный нулевой сигнал и эхо-сигнал), следуя один за другим с интервалом времени, пропорциональным измеряемой глубине, проходят фильтр *Z1*, усилитель *А2.2*, детектор *Д*, видеоусилитель *А4* и поступают в схему *И — НЕ* (прибор 16).

На второй вход схемы *И — НЕ* подается импульс от мультивибратора гашения нулевого сигнала *МВГН*. Этим импульсом схема *И — НЕ* закрывается на момент посылки и не пропускает естественный нулевой сигнал в прибор сигнализации глубины *ПСГ*. Начало работы схемы прибора *ПСГ* определяется импульсом искусственного нулевого сигнала, поступающим от мультивибратора задержки нулевого сигнала *МВЗН*. Этим импульсом осуществляется запуск фантастрона переменной задержки *ФПЗ*, который формирует импульс длительностью $\tau_{зад}$ в соответствии с заданной глубиной, устанавливаемой переключателем *S6* (прибор 4Г).

Значение величины $\tau_{зад}$ определяется работой времязадающей цепи *ВЗЦ*. Импульс $\tau_{зад}$ от фантастрона переменной задержки *ФПЗ* через переключатель *S3* («Мельче» — «Глубже») поступает на схему совпадения *И — НЕ*. (Когда переключатель *S3* установлен в положение «Глубже», импульс $\tau_{зад}$ проходит через инвертор.) Схема совпадения *И — НЕ* обеспечивает селекцию импульсов эхо-сигнала на вход мультивибратора-расширителя *МВР* в те интервалы времени, когда на первом входе схемы *И — НЕ* имеется отрицательный импульс

$\tau_{зад}$. Следовательно, если переключатель *S3* стоит в положении «Мельче», то через схему *И — НЕ* может пройти эхо-сигнал, пришедший с глубины, которая меньше заданной. Если же переключатель *S3* установлен в положение «Глубже», то благодаря инвертору схем *И — НЕ* на время $\tau_{зад}$ будет закрыта.

Таким образом, через схему *И — НЕ* проходят импульсы эхо-сигнала, соответствующие глубинам, которые больше заданной. Импульсы эхо-сигнала, прошедшие схему *И — НЕ*, подаются на мультивибратор-расширитель *МВР*, который квантует импульсы и подает их на интегратор Σ. Благодаря интегратору схема сигнализации не срабатывает от случайных помех, сходных с эхо-сигналом. В схеме интегратора имеются накопительные конденсаторы, для полного заряда которых необходимо около 10 квантованных импульсов, поступающих от мультивибратора-расширителя *МВР*.

Когда постоянное напряжение на конденсаторах интегратора достигает определенного уровня, срабатывает схема электронного ключа *КЭ* и подается питание на обмотку реле *КЭ*. Контакты этого реле включают элементы звуковой *Н2* и световой *Н1* сигнализации, которая предупреждает судоводителя о том, что судно вышло на заданную глубину.

В приборе 4Г предусмотрена проверка работоспособности приемно-передающего тракта эхолота и схемы прибора *ПСГ*. Для проверки необходимо установить переключатель *S3* в положение «Мельче» и нажать кнопку *S4* «Контроль». При этом импульсы естественного нулевого сигнала поступают в схему совпадения *И — НЕ* блока *ПСГ* и далее на сумматор Σ. Через некоторое время после нажатия кнопки *S4* «Контроль» напряжение в интеграторе становится достаточным для срабатывания сигнализации. Наличие звукового (светового) сигнала свидетельствует об исправности приемно-передающего тракта эхолота и схемы блока *ПСГ*.

Функциональная схема управления работой двигателя самописца. Двигатель *М1* самописца должен иметь постоянную частоту вращения $n = 3000$ об/мин. Для стабилизации его частоты вращения применяется регулятор скорости. Его чувствительным элементом является частотно-фазовый дискриминатор *ЧФД*, в котором имеется резонансный колебательный контур, настроенный на частоту $f_0 = 1000$ Гц.

На одном валу с двигателем *М1* находится тахогенератор *G1*, являющийся измерительным органом частоты вращения f двигателя. Если частота вращения отклоняется от нормы, т. е. появляется разность $\Delta f = f_0 - f$, блок *ЧФД* вырабатывает сигнал U_1 в виде напряжения постоянного тока. Сигнал U_1 является управляющим для магнитного усилителя *МУ*. На выходе магнитного усилителя *МУ* возникает добавочное напряжение $U_{доп}$ постоянного тока, которое с помощью схемы суммирования *Е1* добавляется к напряжению $U_0 = 27$ В (двигатель питается от источника постоянного тока). В итоге частота вращения двигателя стабилизируется с высокой степенью точ-

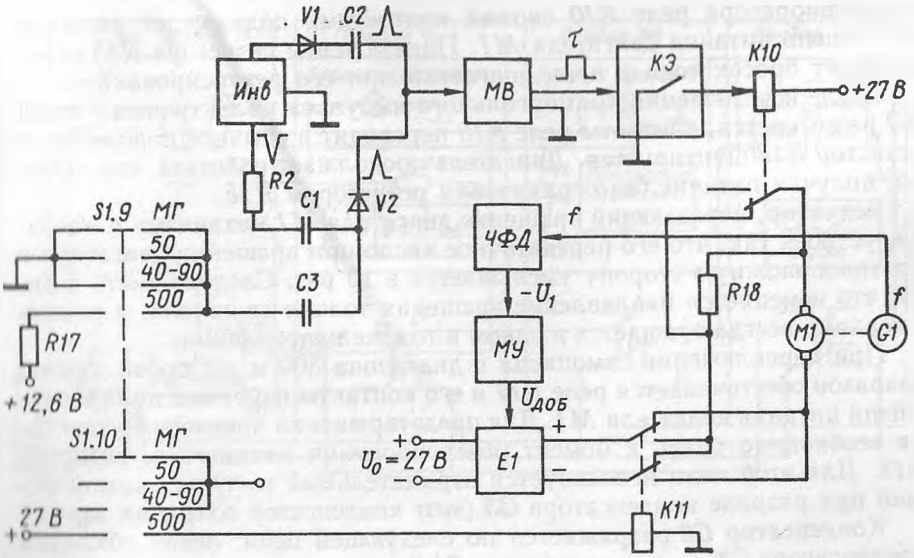


Рис. 8.5

ности и исключается инструментальная погрешность эхолота от перепадов напряжения тока судовой сети.

В самописце эхолота М-3Б предусмотрено две частоты вращения ленты с перьями: одна на диапазонах МГ, 50 и 40—90 м, другая — на диапазоне 500 м. Переход с одной частоты вращения на другую осуществляется путем реверсирования двигателя *M1* при помощи переключателя диапазонов *S1.10*.

На рис. 8.5 дана принципиальная схема реверсирования двигателя. При работе самописца в диапазоне 500 м с помощью переключателя *S1.10* подается напряжение питания +27 В на обмотку реле *K11*. Контакты этого реле меняют полярность в цепи питания двигателя *M1*, в результате чего направление его вращения меняется на противоположное.

Реверсирование двигателя вызывает вредный толчок тока в его цепи. Для устранения этого явления предусмотрена схема автоматического подключения резистора *R18* в цепь двигателя в момент изменения полярности в цепи питания.

Эта схема работает следующим образом. При установке переключателя *S1.9* на диапазон 500 м ток напряжением +12,6 В через резистор *R17* поступает в конденсатор *C3*, заряжая его. При этом возникает импульс положительной полярности. Через диод *V2* он вызывает запуск мильтивибратора *MB*. Прямоугольный импульс с выхода мультивибратора *MB* подается на электронный ключ *КЭ*, при замыкании которого включается цепь питания реле *K10*. На время действия импульса τ

мультивибратора реле *К10* своими контактами подключает резистор *R18* в цепь питания двигателя *М1*. Подключение резистора *R18* ограничивает бросок тока в цепи двигателя при его реверсировании.

После исчезновения прямоугольного импульса τ электронный ключ *КЭ* размыкается, контакты реле *К10* переходят в обычное положение и резистор *R18* шунтируется. Двигатель продолжает работать, как обычно, получая питание без ограничения резистором *R18*.

Редуктор, передающий вращение двигателя *М1* механизму развертки, устроен так, что его передаточное число при вращении двигателя в противоположную сторону уменьшается в 10 раз. Следует иметь в виду, что изменяется направление вращения только двигателя, а ремень с перьями всегда вращается в одном и том же направлении.

При переключении самописца с диапазона 500 м на любой другой диапазон обесточивается реле *К11* и его контакты изменяют полярность в цепи питания двигателя *М1*. Для предотвращения вредного броска тока необходимо опять в момент реверсирования подключить резистор *R18*. Для этой цели используется отрицательный импульс, возникающий при разряде конденсатора *С3* (этот конденсатор сохранял заряд).

Конденсатор *С3* разряжается по следующей цепи: левая обкладка конденсатора *С3* — переключатель *S1.9* — корпус — инвертор *Инв* — резистор *R2* — конденсатор *С1* — правая обкладка конденсатора *С3*. Возникающий при этом отрицательный импульс инвертором *Инв* преобразуется в положительный и через диод *V1* и конденсатор *С2* подается на вход мультивибратора *МВ*. На время действия прямоугольного импульса τ срабатывает электронный ключ *КЭ*, замыкаются контакты реле *К10*, снова подключается балластный резистор *R18*, уменьшая бросок тока в цепи двигателя *М1*. На все время работы двигателя в диапазонах МГ, 50 и 40—90 м конденсатор *С3* остается разряженным.

Функциональная схема управления работой эхолота. В приборе 16 (рис. 8.6) есть общий выключатель *S7* «Сеть», который всегда должен быть в замкнутом положении (только на время ремонта его выключают). Дополнительно к нему в приборах 4, 4Б и 4Г имеются свои выключатели «Сеть»: *S8*, *S9* и *S10*. Для подачи в блок питания (прибор 16) тока судовой сети необходимо замкнуть один из этих выключателей.

Когда значения глубины требуется снимать только с самописца, выключатель *S8* «Сеть (прибор 4) устанавливают в положение «Включено». При этом ток судовой сети через контакт *1* выключателя *S8* подается на блок питания прибора 16. Постоянный ток напряжением +27 В через контакт *2* выключателя *S8* поступает на обмотку реле *К8* (прибор 16). Контакт *К8.1* этого реле переводится в нижнее (по схеме) положение.

Реле *К7* (прибор 16) обесточено, так как его цепь питания (+27 В) разомкнута в двух местах: в выключателе *S10* «Сеть» (прибор 4Г) и на контактах реле *К9.1* (прибор 4Г).

При включенном самописце (прибор 4) через схему *ИЛИ* на обмотку реле *К9* подается напряжение +27 В и контакт *К9.1* переходит в

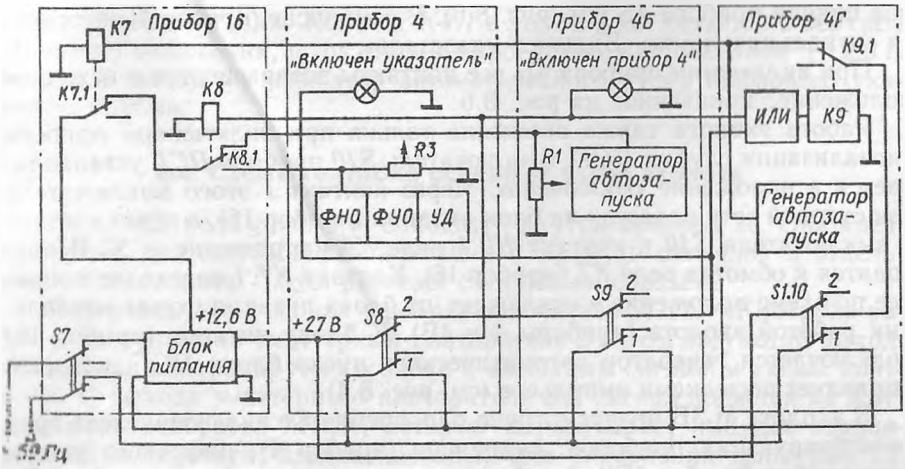


Рис. 8.6

нижнее (по схеме) положение, разрывая цепь питания обмотки реле *К7*. Контакт *К7.1* в этом случае остается в верхнем (по схеме) положении. От блока питания стабилизированное напряжение +12,6 В через контакты *К7.1* и *К8.1* подается в схему управления работой эхолота, т. е. получают питание следующие блоки: формирователь нулевой отметки *ФНО* (см. рис. 8.3), формирователь условной отметки *ФУО*, схема управления работой двигателя *УД* самописца (см. рис.8.5), регулятор *R3* ручного усиления (см. рис. 8.3).

При включенном самописце зажигается сигнальная лампа «Включен прибор 4», расположенная на лицевой панели пульта управления цифрового указателя глубин (прибор 4Г). Эта лампа получает питание +27 В через контакт *2* выключателя *S8*. При отключении самописца контакты всех реле и выключателей возвращаются в исходное положение, показанное на рис. 8.6.

Управление работой эхолота может осуществляться от цифрового указателя глубин. Для этого выключатель *S9* необходимо установить в положение «Включено». Через контакт *1* этого выключателя судовая сеть подключается в блоку питания (прибор 16), а через контакт *2* и схему *ИЛИ* напряжение +27 В подается на обмотку реле *К9*.

Контакт *К9.1* переходит в нижнее (по схеме) положение. Обмотки реле *К7* и *К8* питания не получают, поэтому их контакты *К7.1* и *К8.1* остаются в верхнем (по схеме) положении. Через эти контакты стабилизированное напряжение +12,6 В от блока питания (прибор 16) поступает на генератор автоматического запуска цифрового указателя глубин (прибор 4Б), который осуществляет управление посылками импульсов (см. рис. 8.4). Регулировка ручного усиления осуществляется при помощи потенциометра *R1* «Усиление», расположенного на лице-

вой панели прибора 4Б (см. рис. 8.6). В самописце (прибор 4) загорается сигнальная лампа «Включен указатель».

При включении прибора 4Б все контакты возвращаются в исходное положение, показанное на рис. 8.6.

Работа эхолота также возможна только при включенном приборе сигнализации глубин *ПСГ*. Выключатель *S10* прибора *ПСГ* устанавливается в положение «Включено». Через контакт *1* этого выключателя ток судовой сети подается на блок питания (прибор 16), а через контакт *2* выключателя *S10* и контакт *K9.1* реле *K9* напряжение + 27 В подводится к обмотке реле *K7* (прибор 16). Контакт *K7.1* переходит в нижнее по схеме положение и отключает от блока питания схемы управления работой эхолота (приборы 4 и 4Б). К блоку питания (прибор 16) подключается генератор автоматического пуска блока *ПСГ*, который управляет посылками импульсов (см. рис. 8.4).

В эхолоте М-3Б предусмотрено одновременное включение всех трех регистрирующих приборов: самописца (прибор 4), цифрового указателя глубин (прибор 4Б) и прибора сигнализации глубины (прибор 4Г). В этом случае все три выключателя *S8*, *S9* и *S10* установлены в положение «Включено».

Через контакты *1* выключателей подается судовой ток на блок питания (прибор *16*). Через контакт *2* выключателя *S8* подается ток напряжением +27 В на обмотку реле *K8* и через схему *ИЛИ* на обмотку реле *K9*. Контакт *K9.1* переходит в нижнее (по схеме) положение и обесточивает обмотку реле *K7* (контакт *K7.1* остается в верхнем, т. е. замкнутом, положении). Контакт *K8.1* переходит в нижнее (по схеме) положение, и через него подается ток стабилизированным напряжением +12,6 В в схему управления работой эхолота, находящуюся в самописце (прибор 4). Аналогичные схемы управления посылками импульсов (генераторы автоматического запуска), расположенные в приборах 4Б и 4Г, отключаются.

Таким образом, при одновременной работе трех указанных приборов посылками импульсов управляет самописец, а регистрация глубины осуществляется и самописцем, и цифровым указателем глубин, и прибором сигнализации глубины. На лицевой панели прибора 4Б горит сигнальная лампа «Включен прибор 4».

Возможны другие варианты включения: самописец и цифровой указатель глубин, самописец и прибор сигнализации глубины, цифровой указатель глубин и прибор сигнализации глубины. В первых двух случаях управляет посылками импульсов самописец, а в третьем случае — цифровой указатель глубин (прибор 4Б).

В последнем варианте ток судовой сети подается на блок питания через контакты *1* выключателей *S9* и *S10*. Через контакт *2* выключателя *S9* ток напряжением + 27 В, пройдя схему *ИЛИ*, поступает на обмотку реле *K9*. Контакты *K9.1* отключают обмотку реле *K7* от источника питания, и контакт *K7.1* остается в замкнутом положении. Обмотка реле *K8* обесточена, так как контакт *2* выключателя *S8* отключает эту

цепь от блока питания. Контакт *К8.1* в этом случае остается в верхнем (по схеме) положении, и ток стабилизированным напряжением +12,6 В подается только на генератор автоматического пуска цифрового указателя глубин.

8.4. Схема контроля основных узлов эхолота

Схема контроля (рис. 8.7) находится внутри прибора 16. Она предназначена для световой сигнализации о наличии сигналов в отдельных узлах эхолота. Схема работает следующим образом.

Контролируемый сигнал через переключатель *S1.11*. «Контроль работы» поступает на эмиттерный повторитель *ЭП*, согласующий выходной сигнал контролируемого блока с выходным сигналом схемы контроля. С выхода эмиттерного повторителя *ЭП* сигнал подается на ждущий мультивибратор *МВЖ*, который вырабатывает импульс отрицательной полярности, предназначенный для управления триггером *ТГ* (по счетному входу). Выход триггера *ТГ* соединен с базой транзистора *VT3* через диоды *VD4* и *VD5*.

Сигнальная лампа *H1* («Контроль работы»), подключенная к источнику постоянного тока напряжением 27 В, является нагрузкой в коллекторной цепи транзистора *VT3*. Начальное смещение транзистора определяется напряжением, которое снимается с делителя *R15* — *VD5* — *R6*. Импульсы с выхода триггера периодически (с частотой контролируемого сигнала) открывают и закрывают транзистор *VT3*

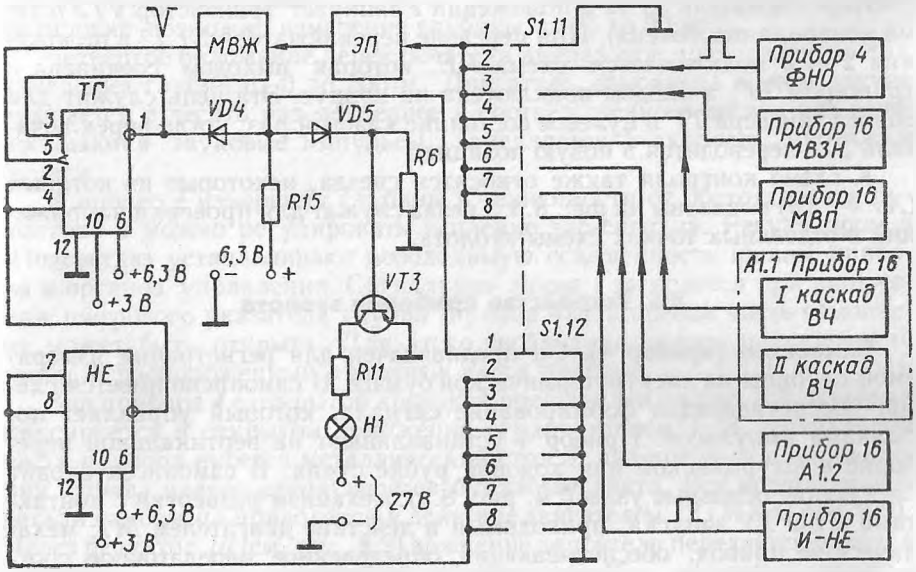


Рис. 8.7

и обеспечивают «мигание» контрольной лампочки *Н1* при исправной работе проверяемого узла. Если этот узел неисправен, импульсы на базу транзистора не подаются, лампа *Н1* не вспыхивает.

Переключатель *S1.11* имеет восемь фиксированных положений (*1 — 8*). В положении *1* «Отключено» вход схемы контроля подключен к корпусу. Остальные семь положений переключателя предназначены для поочередного контроля следующих узлов эхолота (см. рис. 8.7 и 8.3):

2 «Нуль самописца» — работы формирователя нулевой отметки самописца *ФНО* (прибор 4);

3 «Нуль-выход» — исправности мультивибратора задержки нулевого сигнала *МВЗН* (прибор 16);

4 «Запуск ГН» — исправности мультивибратора посылки *МВП* (прибор 16);

5 «I каскад ВЧ» — наличия сигнала посылки в первом каскаде усилителя напряжения *А1.1* (прибор 16);

6 «II каскад ВЧ» — сигнала на выходе второго каскада усилителя напряжения *А1.1* (прибор 16);

7 «Выход ГН» — посылочных импульсов, поступающих на антенну с усилителя мощности;

8 «Эхо» — усиленного эхо-сигнала (без естественного нулевого сигнала), поступающего на вход блоков *ЦУГ* или *ПСГ* (см. рис. 8.4).

В каждом из этих семи положений сигнальная лампа *Н1* «Контроль работы» должна вспыхивать с частотой, соответствующей частоте посылки импульсов, что указывает на исправность проверяемого узла.

Переключатель *S1.12* в положении *1* запирает транзистор *VT3* (схема контроля отключена). При переводе переключателя *S1.12* в положения *2 — 8* подключается схема *НЕ*, которая выходом соединена с триггером *ТГ*, а входом подключена на корпус. Эта цепь служит для сброса триггера *ТГ* в нулевое состояние каждый раз, когда переключатель *S11* переводится в новую позицию.

К схеме контроля также относятся гнезда, некоторые из которых (*Х1 — Х6*) показаны на рис. 8.3. Гнезда служат для проверки напряжений в отдельных точках схемы эхолота.

8.5. Устройство приборов эхолота

Самописец (прибор 4). Он предназначен для регистрации измеряемой глубины на электротермической бумаге. В самописце имеется схема, обеспечивающая формирование сигнала, который управляет посылками импульсов. Прибор 4 устанавливают на вертикальной переборке в штурманской или ходовой рубке судна. В самописец входят следующие основные узлы (см. рис. 8.3): механизм развертки с контактами *Е1* и *Е2* запуска, приводимый в действие двигателем *М1*; механический привод, обеспечивающий определенное передаточное соотношение между двигателем *М1* и вращающейся лентой с перьями;

усилитель записи; формирователь нулевой отметки *ФНО*; формирователь условной отметки *ФУО*; схема управления двигателем *М1*; органы управления.

На рис. 8.8 показана лицевая часть прибора 4, на которой расположены основные органы управления: кнопка оперативной отметки *3*, регулятор *4* «Усиление»; регулятор *5* «Подсветка»; выключатель *6* «Сеть»; переключатель *7* диапазонов; сигнальная лампа *1* «Включен указатель».

В средней части лицевой панели имеется окно, сквозь которое видна бумажная лента для записи глубины и вертикальные шкалы, соответствующие диапазонам эхолота (0—50 м, 40—90 м, 0 — 500 м). На верхнем поле бумаги наносится штриховая линия условной отметки (в диапазоне 0 — 50 м). Выключателем *6* «Сеть» двигатель самописца и элементы электрической схемы подключаются к судовой сети.

Если необходимо выделить какую-либо глубину, нажимают кнопку *3*, и на бумаге наносится сплошная вертикальная линия — оперативная отметка. Переключатель *7* диапазонов имеет четыре фиксированных положения: «МГ», «50», «40—90», «500». Его переводят в положение «МГ» при изменении малых глубин — менее 10 м. В этом случае осуществляется эффективное гашение реверберационной помехи вследствие работы схемы *ВАРУ2* (см. рис. 8.3). Кроме того, уменьшается мощность излучаемого сигнала.

Частота вращения двигателя и частота посылок импульсов одинаковы в трех положениях: «МГ», «50» и «40—90». В принципе это один и тот же диапазон, охватывающий 50 м. В положениях «МГ» и «50» возможно измерение глубины до 50 м, а в положении «40—90» благодаря фазировке возможно измерение глубины от 40 до 90 м.

Четвертое положение переключателя диапазонов предназначено для измерения глубин от 0 до 500 м. Двигатель самописца в этом случае вращается в десять раз медленнее и соответственно в десять раз реже посылаются звуковые импульсы, замедляется и скорость протяжки бумаги.

В процессе измерения глубины в зависимости от обстоятельств рукояткой *4* можно регулировать усиление эхо-сигнала. Регулятором *5* «Подсветка» устанавливают необходимую освещенность шкалы прибора и органов управления. Сигнальная лампа *1* загорается при включении цифрового указателя глубин (прибор 4Б). Лицевая часть самописца может быть открыта. Для этого необходимо нажать механический запор *2*, расположенный в нижней части прибора.

Вид прибора *4* с открытой крышкой представлен на рис. 8.9. Крышка фиксируется в открытом положении ограничителем *1*. В центральной части прибора имеется металлический стол *3*, над которым в направлении справа налево протягивается бумажная лента. Все вращающиеся детали самописца приводятся в действие двигателем *12* (*М1* на рис. 8.3). Через редуктор *10* (см. рис. 8.9) вращение двигателя передается ремню *6* с перьями *7* и через дополнительный редуктор *16* — ведущему валику *2*

лентопротяжного механизма. При помощи переключателя *14* диапазонов устанавливают одну из двух частот вращения ремня с перьями и соответствующую ей скорость протяжки бумаги. На диапазонах «МГ»,«50», «40—90» частота вращения ремня с тремя перьями равна 300 об/мин, а скорость протяжки бумаги 20 мм/мин. На диапазоне 500 м эти показатели уменьшаются в десять раз (соответственно 30 об/мин и 2 мм/мин).

На крышке редуктора *10* имеется рукоятка *11* на два фиксированных положения: «V» и «2V». С помощью этой рукоятки скорость протяжки бумаги можно увеличить в два раза: она будет равна 40 мм/мин в диапазонах «МГ», «50» и «40—90» и 4 мм/мин — в диапазоне «500». При повышенной скорости протяжки бумаги увеличивается масштаб временной развертки, что позволяет более детально анализировать записанный рельеф дна. При переводе рукоятки *11* из положения «V» в положение «2V» частота вращения ремня с перьями не меняется.

В правой части прибора установлена вертикальная прозрачная планка *8* с нанесенными на ней делениями шкал (масштабная линейка). Над ней располагаются контакты запуска *5* (*Е1*, *Е2* на рис. 8.3). Для изменения натяжения ремня *6* служит приспособление *4* с регулировочным и стопорным винтами.

Рядом с ремнем располагается траверса *9* с внутренним токоведущим кольцевым контактом, благодаря чему обеспечивается непрерывная электрическая связь пера со схемой эхолота. Рукоятка *17* служит для ручной протяжки бумаги. Втулка *18* при закрытой крышке самописца соединяет ручку переключателя диапазонов с его механизмом *14*.

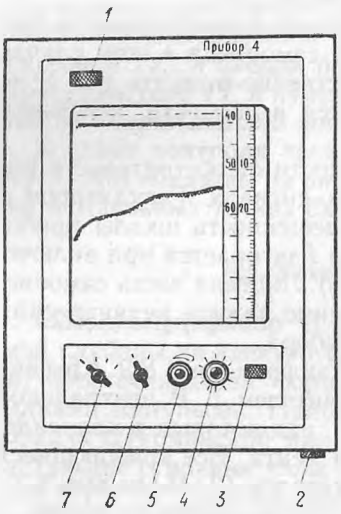


Рис. 8.8

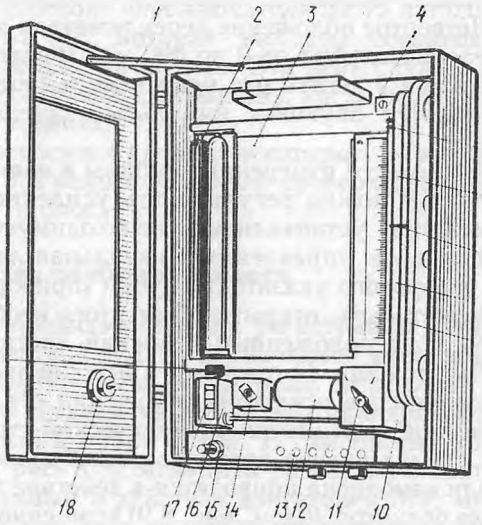


Рис. 8.9

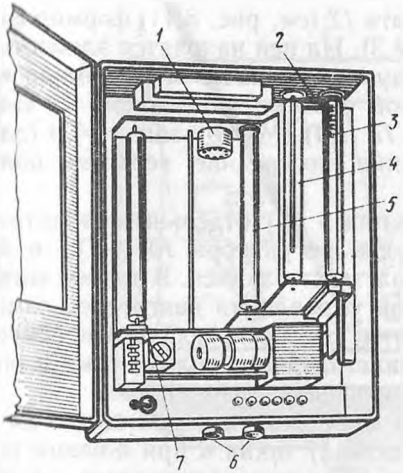


Рис. 8.10

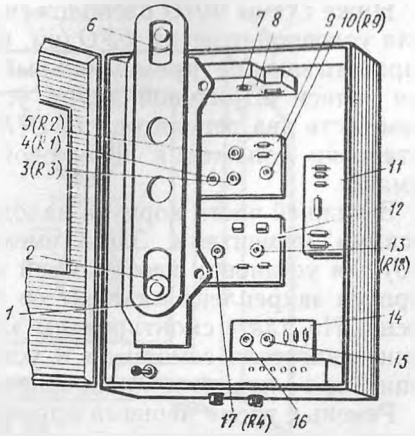


Рис. 8.11

Переключателем *15* можно при необходимости отключить двигатель самописца, оставив под напряжением электрическую схему прибора. В нижней части корпуса имеются шесть контрольных гнезд *13* для подключения тестера или осциллографа при проверке самописца.

На рис. 8.10 показан внутренний вид самописца с открытой крышкой и откинутым столом. В этом положении устанавливают новый рулон бумаги на подающую катушку *5*. Бумага пропускается поверх стола, вокруг ведомого валика *3* и закрепляется в прорези приемной катушки *4*. При установке стола на место бумажная лента оказывается зажатой между ведущим *7* и ведомым *3* валиками и протягивается вдоль стола. Вращение ведущего валика *7* осуществляется от двигателя *М1* (см. рис. 8.3). В верхней части прибора виден выходной трансформатор *1* (см. рис. 8.10; *Т* на рис.8.3). Ведомый валик *3* и приемная катушка *4* связаны гибким пружинным пассиком *2*, который выбирает слабину бумаги.

Рис. 8.11 (вид самописца с откинутым механизмом развертки) позволяет увидеть расположение электронных узлов самописца. В верхней части корпуса расположен усилитель записи *8* (*А3* на рис. 8.3). В средней части прибора находится формирователь нулевой отметки *9*, который вырабатывает сигнал запуска, необходимый для возникновения импульса нулевого сигнала, управляющего блоком посылок *БП*. Схема *ФНО* имеет четыре потенциометра *4* (*R1*); *3* (*R3*); *5* (*R2*) и *10* (*R9*), с помощью которых можно выполнить регулировку совмещения нулевой отметки с нулем шкалы. На схеме (см. рис. 8.3) это потенциометры: *R1* «Рег.0» (в диапазоне 50 м); *R2* «Фазировка» (в диапазоне 40—90 м); *R3* «Рег.0» (в диапазоне 500 м); *R9* «Совмещ. 0» (↕).

Ниже схемы *ФНО* расположена плата *12* (см. рис. 8.11) формирователя условной отметки *ФУО* (см. рис. 8.3). На ней находятся элементы, вырабатывающие прямоугольный импульс, подаваемый в самописец для записи штриховой линии условной отметки диапазонов. В этой схеме есть два регулятора *13* (*R18*) и *17* (*R4*) «Место записи *УО*» (для установки положения штриховой линии посередине верхнего поля бумаги).

В нижней части корпуса находится плата *14* с отдельными электрическими элементами. Здесь имеются два регулятора *15* (*R7*) и *16* (*R8*) для установки необходимой контрастности записи. В правой части корпуса закреплена плата *11* со схемой управления двигателем самописца. На плате смонтированы элементы, обеспечивающие реверсирование двигателя самописца и устранение вредного толчка тока в его цепи при перемене направления вращения двигателя.

Ремень с тремя перьями приводится во вращение двумя шкивами— ведущим *2* и ведомым *6*. Верхний (ведомый) шкив *6* при помощи регулировочного винта (позиция *4* на рис. 8.9) можно перемещать и этим регулировать натяжение ремня. Ремень со шкивами закрыт пластмассовым кожухом *1* (см. рис. 8.11). Внутренняя боковая поверхность кожуха выполнена токоведущей. По ней скользят перья, создавая тем самым контакт между выходным трансформатором усилителя записи и бумагой.

Под кожухом с внутренней стороны пластмассового ремня с перьями есть дополнительный пружинный контакт, один конец которого прижат к ремню, а второй проводом соединен с металлическим корпусом прибора. Это приспособление служит для отвода статического электричества, которое накапливается на поверхности пластмассового ремня при его вращении.

В блоке усилителя записи имеется потенциометр *7* для регулировки чувствительности. Все узлы и элементы самописца размещены в литом силуминовом корпусе, который прикреплен к вертикальной переборке на четырех амортизаторах. Электрическое соединение самописца с другими приборами осуществляется кабелями через два разъема *6* (см. рис. 8.10).

Пульт управления цифрового указателя глубин (прибор 4Б). Этот прибор является частью цифрового указателя глубин и предназначен для управления посылками импульсов при автономной работе последнего (самописец выключен).

На рис.8.12 представлен общий вид прибора 4Б. На его лицевой панели имеются: выключатель *1*«Сеть», переключатель *2* «Диапазоны», рукоятка *3* «Подсветка», регулятор *7* «Усиление» и сигнальное табло *9* «Включен прибор 4».

Выключателем *1* включают все приборы (4Б, 11, 16А) цифрового указателя глубин. Если при этом самописец выключен, то функцию управления посылками импульсов выполняет прибор 4Б. Переключателем *2* устанавливают один из диапазонов: «МГ», «50» или «500».

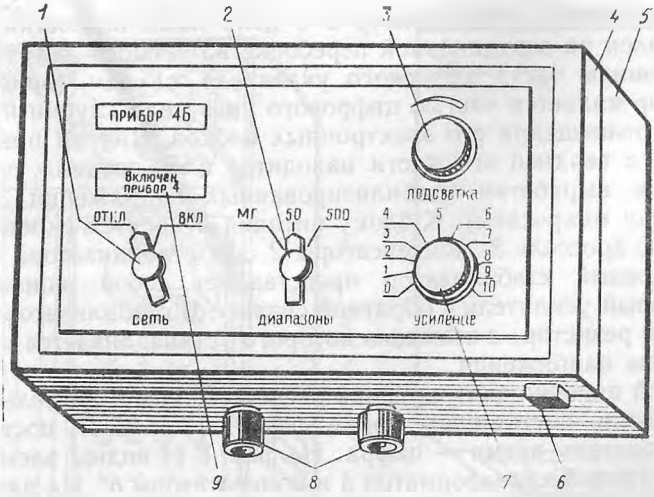


Рис. 8.12

Посредством регулятора *7* выбирают необходимое усиление. Когда включается самописец, загорается табло *9* «Включен прибор 4». При одновременной работе приборов 4 и 4Б посылками импульсов управляет самописец, но индикация измеряемой глубины выполняется и самописцем, и цифровым указателем глубин. Установка диапазонов и регулировка усиления осуществляются соответствующими органами самописца.

Рукояткой *3* можно плавно менять подсвечивание панели прибора 4Б. Элементы этого прибора размещены в корпусе *5*, который закрывается крышкой *4*. В закрытом положении крышка фиксируется замком, кнопка *6* которого выведена на правую нижнюю сторону прибора. Через разъемы *8* пульт управления цифрового указателя глубин двумя кабелями соединяется с другими приборами.

Внутри прибора 4Б (рис. 8.13) находится генератор автоматического запуска цифрового указателя глубин, схема которого дана на рис. 8.4. Генератор автоматического запуска служит для формирования импульса нулевого сигнала при автономной работе цифрового указателя глубин. Элементы этого блока расположены на плате, которая соединяется со схемой эхолота штыревым разъемом *3*.

На внутренней стороне крышки, которая открывается на угол 110° и удерживается ограничителем *1*, расположены элементы, относящиеся к органам управления и контроля: соединенные механически тумблеры *4* и *5*, образующие выключатель «Сеть»; они служат для подачи тока судовой сети, а также для включения блока питания цифрового указательного прибора, расположенного в приборе 16А; галетный переключатель *6* «Диапазоны»; переменный резистор *7* для регу-

лировки усиления, потенциометр *8* в цепи ламп подсветки. Прибор 4Б установлен на вертикальной переборке на четырех амортизаторах.

Электронная часть цифрового указателя глубин (прибор 16А). Этот прибор является частью цифрового указателя глубин и предназначен для размещения его электронных блоков. Внутри прибора 16А (рис. 8.14) в верхней его части находится блок питания, предназначенный для выработки стабилизированных напряжений 3 и 6,3 В (для питания микросхем). К блоку питания относятся силовой трансформатор *4*, дроссель *3*, конденсаторы *2*, два стабилизатора напряжения *1*. Каждый стабилизатор представляет собой однокаскадный транзисторный усилитель с обратной связью. В стабилизаторе имеется переменный резистор, с помощью которого устанавливается номинальное значение напряжения.

В правой нижней части прибора расположен выпрямительный блок для выработки постоянных напряжений 210 и 85 В, поступающих в преобразователь время — цифра. На рис. 8.14 видны элементы этого блока: силовой трансформатор *5* и конденсаторы *6*. На плате *7* размещены четыре сигнальные лампы *8* для контроля напряжений, поступающих с выпрямителя и блока питания. Ниже сигнальных ламп имеются четыре предохранителя, защищающих источники питания от перегрузок и коротких замыканий.

В левой нижней части прибора 16А имеются четыре платы *9*, образующие преобразователь время — цифра. Узел *ПВЦ* преобразует временной интервал между нулевым сигналом и эхо-сигналом в число импульсов, пропорциональное измеренной глубине. Платы *ПВЦ* устанавливают вертикально в направляющих, при необходимости платы могут быть легко заменены.

На рис. 8.15 представлен общий вид прибора 16А. Крышка *1* прибора открывается после нажатия кнопки *3*. Снизу корпуса *2* прибора размещены разъемы *4* для подключения кабелей.

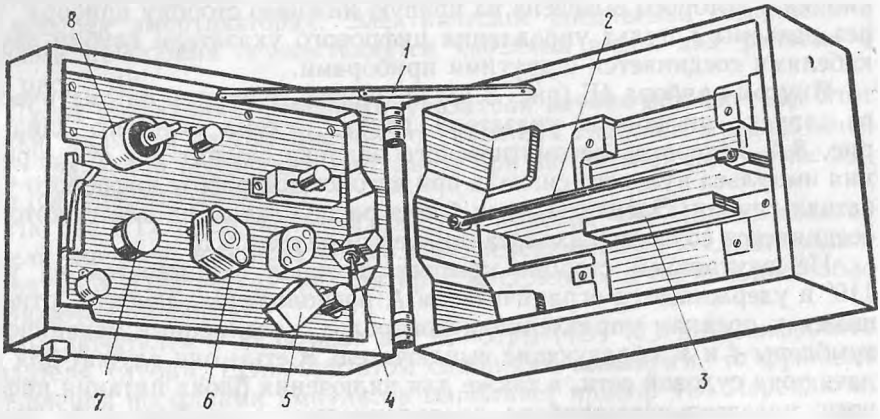


Рис. 8.13

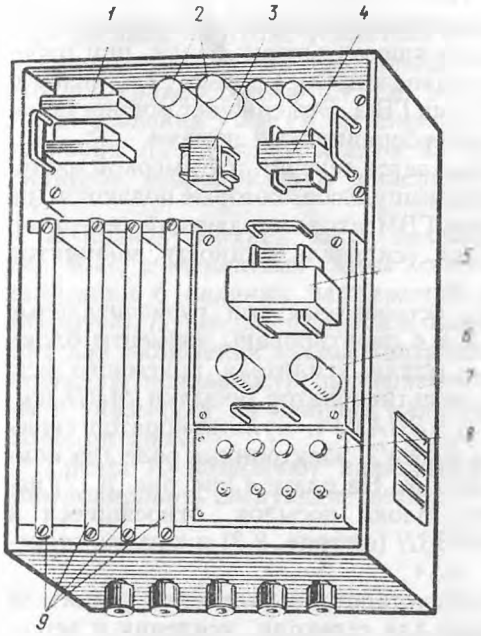


Рис. 8.14

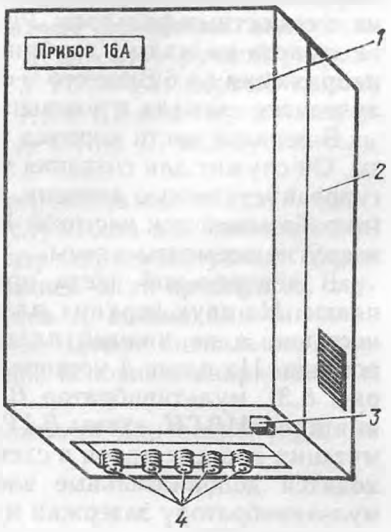


Рис. 8.15

Цифровое табло (прибор 11). Прибор 11 (рис. 8.16) служит для индикации измеренной глубины в виде цифрового отсчета. Корпус *1* с помощью шарнира *4* крепится к основанию *6*. Благодаря шарнирному креплению прибор 11 можно разворачивать на угол 120° в горизонтальной плоскости и на угол 15° — в вертикальной. Гайка *5* служит для фиксации цифрового табло в наиболее удобном положении. Прибор 11 подключают с помощью кабеля *7*. Через окно в крышке *3* видны четыре индикаторные лампы *2* типа ИН-12Б, образующие четырехзначный отсчет глубины в метрах, например 125,7.

Внутри корпуса *1* прибора 11 расположена плата, на которой размещены четыре индикаторные лампы и пять резисторов, через которые с блока *ПВК* на аноды ламп подается напряжение + 210 В. Катоды ламп соединены между собой параллельно и подключены к соответствующим выходам дешифратора.

Приемно-передающее устройство (прибор 16). Прибор 16 служит для размещения электронных блоков, относящихся к различным функциональным узлам эхолота. На рис. 8.17 прибор 16 показан с открытой крышкой.

Вверху слева находится выпрямитель *1*, от которого ток постоянным напряжением 100 В поступает в генератор высокой частоты ГВЧ. На шасси выпрямителя установлены силовой трансформатор, конден-

саторы и другие его элементы. Выпрямитель собран по мостовой схеме с емкостным фильтром. Реле, относящееся к этому блоку, при работе эхолота на малых глубинах (в диапазоне МГ) подает ток низкого напряжения (+6 В вместо + 100 В) на ГВЧ. Это снижает мощность излучаемого сигнала и уменьшает реверберационные помехи.

В верхней части корпуса располагается генератор *2* высокой частоты. Он служит для создания мощных импульсов, которые подаются на гидроакустическую антенну. В блок ГВЧ входят задающий генератор (вырабатывает ток частотой 100 кГц), усилитель мощности, модулятор и другие элементы схемы.

В центральной части прибора установлены три горизонтальные платы. На двух верхних платах *3* и *4* смонтированы элементы блока посылок, а на нижней плате *5* — детали усилителя приемного устройства. На плате *3* установлены мультивибратор посылки *МВП* (см. рис. 8.3), мультивибратор *ВАРУ* (*МВВАРУ*), мультивибратор гашения нуля *МВГН*, схемы *ВАРУ1* и *ВАРУ2*, электронные реле для коммутации конденсаторов в схемах *ВАРУ*. На плате *4* (см. рис. 8.17) находятся дополнительные элементы блока посылок, относящиеся к мультивибратору задержки нуля *МВЗН* (см. рис. 8.3) и к схеме запрета записи *СЗЗ*.

На нижней плате *5* (см. рис. 8.17) установлены элементы усилителя приемного тракта, предназначенного для селекции, усиления и детектирования эхо-сигналов, поступающих с гидроакустической антенны, а также естественного нулевого сигнала (уровень естественного нуле-

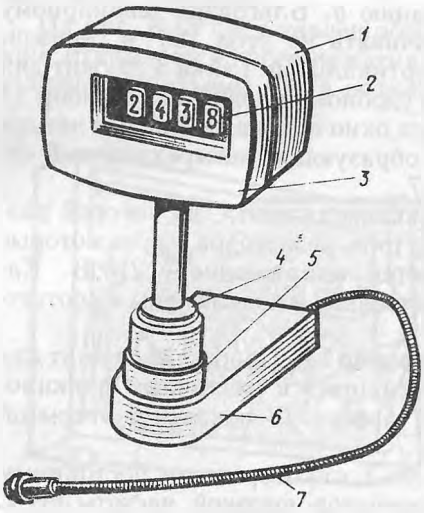


Рис. 8.16

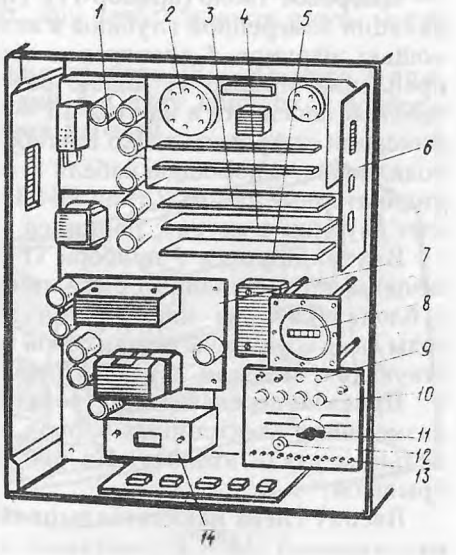


Рис. 8.17

вого сигнала на входе усилителя автоматически ограничивается шунтирующими диодами). Основными элементами усилителя являются: входной трансформатор *Т1* (см. рис. 8.3), аттенюатор ручной регулировки усиления *V3* и *V4*, аттенюатор *ВАРУ V5 — V8*, первый каскад усиления *А2.1*, фильтры *Z1* и *Z2*, реле *К1* и *К2* для переключения фильтров, второй каскад усиления *А2.2*, детектор *Д*, видеоусилитель *А4*.

В правой верхней части находится вертикальная плата *6* (см. рис. 8.17) с элементами схемы контроля, служащая для световой сигнализации о наличии напряжений в контролируемых узлах. Переключатель *11*, расположенный в правой нижней части прибора 16, служит для включения схемы контроля. Лампа *12* вспышками сигнализирует об исправности проверяемого блока. Четыре сигнальные лампы *9* указывают на наличие или отсутствие основных напряжений в схеме питания.

Гнезда *13* позволяют подключать вольтметр или осциллограф и контролировать следующие цепи:

№ гнезда	Цепь
1	+27 В
2	+12,6 В
3	−1,3 В
4	+100 В
5	> 9 В, нуль-выход
6	> 3 В, ПОС
7	> 3 В, ВАРУ
8	> 3 В, гашение нуля
9	> 9 В, эхо-выход
10	эхо
11	> 3 В, эхо БП
12	корпус

Предохранители *10* защищают отдельные электрические цепи. Для учета суммарного времени работы эхолота имеется счетчик *8*.

В центральной части прибора смонтирован блок питания *7*. Он вырабатывает постоянное напряжение 27 В для питания двигателя самописца и цепей управления эхолота. От этого блока также получает питание (стабилизированное напряжение +12,6 В) схема ручной регулировки усиления. Здесь, кроме того, вырабатывается ток других напряжений.

В нижней левой части прибора находится регулятор частоты вращения *14*, стабилизирующий частоту вращения (3000 об/мин) двигателя самописца. К регулятору частоты вращения относятся (см. рис. 8.5) частотно-фазовый дискриминатор *ЧФД*, магнитный усилитель *МУ* и сумматор *Е1*.

На внутренней стороне крышки прибора 16 закреплена пластина, на которой приведены сведения, необходимые при проверке сигналов в гнездах *13*.

На рис. 8.18 дан общий вид прибора 16. Корпус *2* закрыт крышкой *1*. Кнопка *4* служит для открывания прибора. К разъемам *5* подключают кабели, соединяющие все приборы эхолота. На боковых станках корпуса имеются жалюзи *3*, которые служат для обеспечения брызгозащищенности и естественного охлаждения прибора.

Прибор сигнализации глубины (прибор 4Г). Он предназначен для включения световой и звуковой сигнализации при выходе судна на предварительно заданную глубину. Прибор сигнализации глубины может работать самостоятельно, т. е. при выключенных самописце и цифровом указателе глубин. В этом случае глубина измеряется, но нет ее индикации. В приборе 4Г измеряемая глубина непрерывно сравнивается с заданной. При их совпадении подаются световой и звуковой сигналы, предупреждающие штурмана о выходе судна на заданную глубину. Прибор 4Г может обеспечивать сигнализацию и при включенных самописце и цифровом указателе глубин.

На рис. 8.19 показан общий вид прибора сигнализации глубины. Все элементы его схемы размещены внутри силуминового корпуса *8*, закрытого крышкой *5*. Кнопка *6* служит для освобождения защелки при открывании прибора.

На лицевой панели размещены органы управления и контроля. Выключателем *3* подключают схему прибора к судовой сети. Установка заданной глубины осуществляется переключателем *2*, имеющим шесть фиксированных положений: 1, 2, 5, 20, 50, 100 м. Переключа-

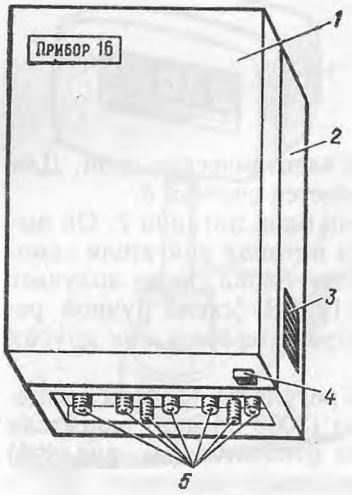


Рис. 8.18

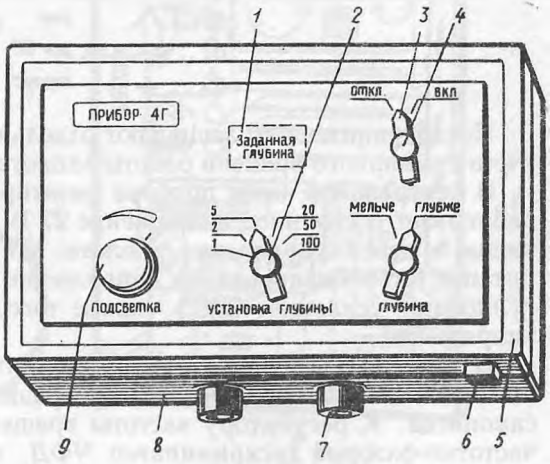


Рис. 8.19

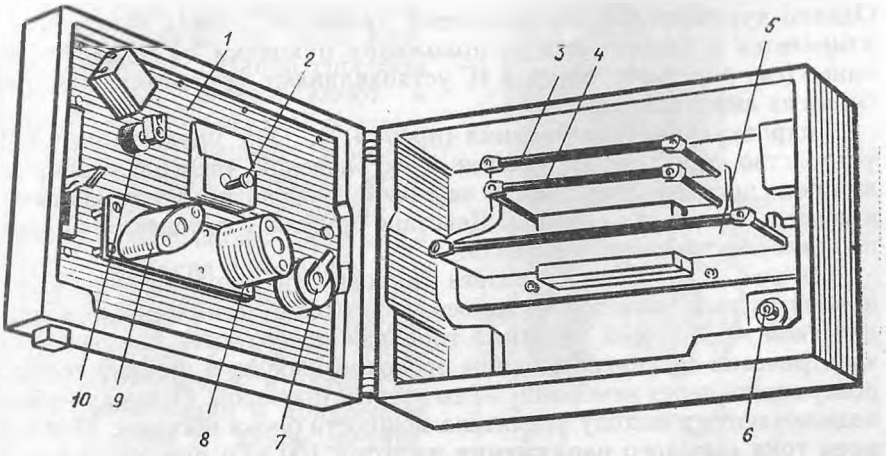


Рис. 8.20

тель *4* в зависимости от того, как проходит курс судна (в сторону уменьшения или увеличения глубины), устанавливают в положение «Мельче» или «Глубже». При выходе судна на установленное переключателем *2* значение загорается табло *1* «Заданная глубина» и одновременно подается звуковой сигнал ревуном, который входит в состав комплекта отдельным прибором. Рукоятка *9* позволяет устанавливать необходимый уровень подсветки лицевой панели прибора 4Г. Через разъемы *7* осуществляется кабельная связь прибора сигнализации глубины с другими приборами эхолота.

Внутри прибора 4Г (рис. 8.20) размещены три платы *3*, *4*, *5* с электронными элементами схемы прибора сигнализации глубины. На внутренней стороне крышки видны: регулятор *7* подсветки, переключатель *8* для установки заданной глубины, переключатель *9* «Мельче» — «Глубже», выключатель *10* «Сеть», лампа *1* подсветки панели и лампа *2* сигнального табло «Заданная глубина».

В приборе 4Г предусмотрена возможность проверки приемно-передающего эхолота и схемы прибора сигнализации глубины. При исправном приемно-передающем тракте после излучения звукового импульса на выходе видеоусилителя появляется естественный нулевой сигнал. Для проверки исправности схемы переключатель *4* (см. рис. 8.19) устанавливают в положение «Мельче» и нажимают кнопку *6* «Контроль» (см. рис. 8.20). В этом случае импульс естественного нулевого сигнала, минуя схему гашения, поступает в блок *ПСГ*. При прохождении на сумматор блока *ПСГ* нескольких импульсов срабатывает сигнализация, что свидетельствует о работоспособности приемно-передающего тракта и исправности прибора 4Г.

При автономной работе прибора сигнализации глубины нет ручной регулировки усиления (в приборе 4Г нет регулятора «Усиление»).

Однако чувствительность усилителя приемного тракта автоматически изменяется в зависимости от положения рукоятки *2* «Установка глубины» (см. рис. 8.19). Прибор 4Г устанавливают на вертикальной переборке на амортизаторах.

Гидроакустическая антенна (прибор 1). Она представляет собой устройство для преобразования электрической энергии в звуковую во время посылки импульса и звуковой энергии в электрическую в момент приема эхо-сигнала. Действие прибора *1* основано на принципе пьезоэлектрического эффекта.

На рис. 8.21 показан разрез гидроакустической антенны. Ее основной частью является блок пьезоэлементов *6*, приклеенный к металлической мембране *5*. Верхняя торцовая поверхность пьезоэлементов электрически соединена с одним проводом кабеля, а нижняя торцовая поверхность через мембрану — со вторым проводом. Провода кабеля *4* подключаются к выходу усилителя мощности блока посылок. Под влиянием тока высокого напряжения частотой 100 кГц пьезоэлементы *6* и мембрана *5* совершают колебательное движение, в результате чего возникает звуковой импульс. Длительность импульса определяется временем, в течение которого к пьезоэлементам подводится ток.

Для изоляции блока пьезоэлементов от корпуса судна имеется резиновая оболочка *7*, соединенная с металлической мембраной *4* и корпусом *1* антенны способом вулканизации. Такая резиновая прокладка позволяет уменьшить акустические помехи от вибрации обшивки судна, изолирует мембрану и блок пьезоэлементов от воздействия забортной воды. Блок пьезоэлементов сверху закрыт металлической крышкой *3*. Герметизация соединения осуществляется резиновой прокладкой *2*.

На время транспортировки и хранения излучающую часть антенны закрывают защитным щитком, который предохраняет прибор *1* от повреждений.

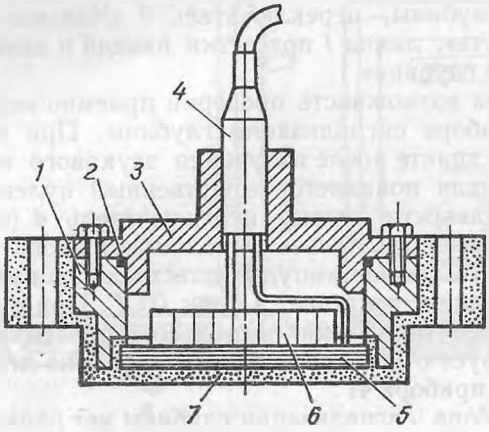


Рис. 8.21

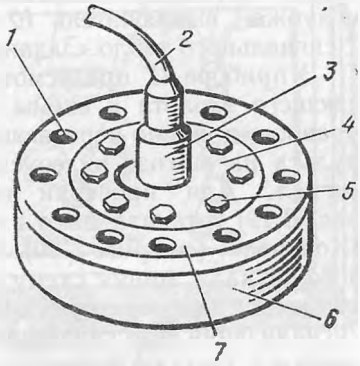


Рис. 8.22

Общий вид гидроакустической антенны показан на рис. 8.22. Корпус *6*, покрытый резиной способом вулканизации, устанавливают в прорези днища судна и 12 болтами прикрепляют к обшивке. Крепежные болты в металлических втулках проходят через отверстия *1*, имеющиеся во фланце *7*. Крышка *4* антенны соединена с корпусом болтами *5*. В средней части крышки имеется труба *3*, через которую проходит кабель *2*. Кабель соединен с металлической втулкой способом вулканизации и прикреплен гайкой к трубе *3*. Такое соединение обеспечивает защиту кабеля от повреждения в месте крепления.

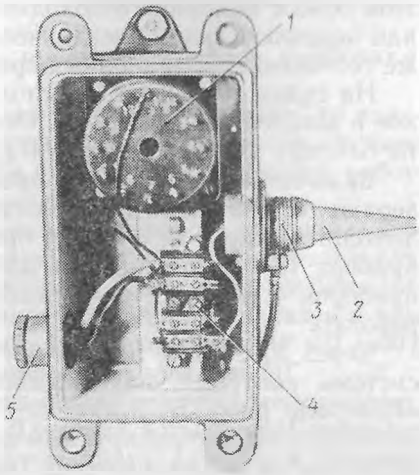


Рис. 8.23

Прибор 1 может выпускаться в ледовом исполнении. В такой конструкции излучающая часть антенны защищена утолщенным металлическим кожухом. Пространство между торцовой частью мембраны и защитным кожухом (внутри прибора) заполнено изоляционной жидкостью. Акустическое сопротивление морской воды и этой жидкости примерно одинаково.

Подбирая определенным образом толщину слоя жидкости и защитного кожуха, можно добиться прохождения звуковой волны через утолщенную обшивку с наименьшими потерями.

Кабельная коробка (прибор Я). Она предназначена для соединения гидроакустической антенны с прибором 16. Внутри кабельной коробки (рис. 8.23) имеется плата *4* с контактами для соединения проводов. Ввод кабелей осуществляется через два сальника. Сальник *3* имеет наружную резьбу для присоединения экранирующей трубы и уплотнительной резиновой трубки *2*. Сальник *5* служит для ввода кабеля, идущего от гидроакустической антенны.

В корпусе прибора имеется катушка *1* индуктивности с 12 выводами, предназначенная для компенсации суммарной емкости прибора 1 и кабеля. Выводы катушки *1* индуктивности к плате *4* подключаются в зависимости от длины *l* кабеля, соединяющего приборы 16 и Я, в соответствии с заводской инструкцией.

Корпус прибора Я герметически закрывается крышкой с четырьмя винтами.

8.6. Эксплуатация эхолота

Точность измерения глубин эхолотом, его долговечность и надежность зависят от правильности эксплуатации и своевременности проведения работ, предупреждающих возникновение неисправностей. При

этом особое внимание необходимо уделять устройствам, прерывающим или переключающим электрические цепи, контактным группам, а также состоянию изоляционных средств.

На судах разрешается выполнять замену вышедших из строя блоков и деталей из числа ЗИП. Остальной ремонт выполняют специалисты базовых электрорадионавигационных камер.

Включение эхолота и его проверка. Перед включением эхолота проверяют исправность всех механических элементов (перьев, ремня, лентопротяжного механизма) прибора 4. Общий выключатель питания прибора 16 устанавливают в положение «Сеть», выключатели питания приборов 4, 4Б и 4Г — в положение «Включено». Эхолот начинает работать.

Через 30 с после включения проверяют работу блоков с помощью системы контроля, находящейся внутри прибора 16. Переключатель «Контроль работы», имеющий 8 положений, поочередно подключают к следующим контролируемым цепям: нуль самописца, нуль-выход, запуск генератора напряжения, первый каскад ВЧ, второй каскад ВЧ, выход генератора напряжения, эхо. При исправной контролируемой цепи сигнальная лампа вспыхивает с частотой, соответствующей диапазону.

Нажатием кнопки «Оперативная отметка» проверяют четкость записи. Вертикальная линия, наносимая на бумагу, должна быть отчетливой и непрерывной. Нулевая линия, записываемая на бумаге, должна совпадать с нулем шкалы. При необходимости выполняют регулировку, вращая втулку, расположенную на кронштейне шкалы. Линия условной отметки (в виде отдельных штрихов) должна наноситься на верхнем поле бумаги при работе самописца на диапазонах МГ и 0—50 м.

Сочетание нулевой линии и линии условной отметки позволяет судить о том, в каком диапазоне осуществлялась запись глубины: в диапазонах МГ и 0 — 50 м на бумаге имеются обе линии; в диапазоне 40—90 м обеих линий нет; в диапазоне 0—500 м имеется запись только нулевой линии.

Для проверки работы прибора 4Г ручку «Установка глубины» ставят в положение, при котором глубина, регистрируемая самописцем (прибором 4) или указателем (прибором 11), меньше установленной.

Переключатель «Глубина» (в приборе 4Г) устанавливают в положение «Мельче». При этом должна сработать звуковая сигнализация (ревун) и загореться лампа «Заданная глубина» (в приборе 4Г). При установке переключателя «Глубина» в положение «Глубже» сигнализация отключается.

При глубине более 100 м исправность прибора 4Г и приемно-передающего тракта проверяют нажатием кнопки «Контроль», которая находится внутри прибора 4Г (см. позицию *6* на рис. 8.20). Переключатель «Глубина» (см. позицию *4* на рис. 8.19) должен находиться в положении «Мельче». Признаком исправности проверяемых схем является

наличие звукового и светового сигнала «Заданная глубина» при нажатой кнопке.

Эхолот выключают, устанавливая рукоятку «Сеть» в приборах 4, 4Б и 4Г в положение «Отключено».

Измерение глубины. Если примерная глубина известна, то сразу устанавливают нужный диапазон и осуществляют измерение глубины при всех включенных приборах (4, 4Б и 4Г) или при отдельной работе самописца, указателя или прибора сигнализации глубины.

Если глубина неизвестна, то проводят измерение на различных диапазонах, регулируя усиление и добиваясь устойчивой индикации глубины. Убедившись, что на разных диапазонах измеряемая глубина совпадает по значению, переходят на возможно меньший диапазон и продолжают работу. При различии показаний на диапазонах МГ и 0 —50 м отдают предпочтение отсчету, полученному на диапазоне МГ.

Одновременно с измерением глубины можно получать информацию о выходе судна на заданную глубину. Для этого в приборе 4Г переключателем *2* (см. рис. 8.10) устанавливают заданную глубину и в зависимости от того, увеличивается глубина или уменьшается, переключатель *4* ставят в положение «Глубже» или «Мельче».

При измерении глубин самописцем можно пользоваться кнопкой «Оперативная отметка», нажатие которой сопровождается нанесением вертикальной линии на эхограмме. Этой линией отмечается какая-либо приметная глубина или участок эхограммы. Ручками «Подсветка» в приборах 4, 4Б и 4Г устанавливают необходимую степень освещенности панелей каждого прибора.

В процессе измерения глубины в зависимости от качества записи осуществляется ручная регулировка усиления рукояткой *2* (см. рис. 8.8).

В самописце требуется своевременно заменять бумажную ленту. Эта операция осуществляется в такой последовательности:

открывают крышку прибора 4, снимают валик *2* (см. рис. 8.9) и откидывают стол *3* вправо;

устанавливают рулон бумажной ленты на подающую катушку *5* (см. рис. 8.10);

конец бумажной ленты пропускают над рабочей поверхностью стола, перекидывают через ведомый валик *3* и закрепляют в прорези приемной катушки *4* (см. рис. 8.10);

закрыв стол, выбирают слабину бумаги при помощи рычага ручкой протяжки *17* (см. рис. 8.9). Перед закрытием стола, проворачивая ремень вручную, выводят перья за пределы бумажной ленты, чтобы предотвратить их поломку.

Регулировка и проверка технического состояния эхолота. В процессе эксплуатации эхолота возникает необходимость проверки его технического состояния и выполнения регулировок. В первую очередь это относится к самописцу (прибор 4), в котором имеются специальные регуляторы. В самописце предусмотрены следующие регулировки:

изменение натяжения ремня с перьями; установка масштабной линейки относительно бумаги; регулировка положения линии нулевой отметки; регулировка положения линии условной отметки; регулировка линии записи глубины в диапазоне 40—90 м (фазировка); установка необходимой контрастности записи на бумаге.

Рассмотрим последовательность действий при выполнении указанных регулировок.

Для установки необходимого натяжения ремня ослабляют стопорный винт с контргайкой *4* (рис. 8.24) и, вращая регулировочный винт *5*, перемещают вал *6* ведомого шкива вверх или вниз. Прогиб ремня *7* при нажиме на него в средней части должен быть примерно 10 мм. После регулировки завертывают стопорный винт *4* до упора и фиксируют его контргайкой.

Масштабную линейку *9* устанавливают регулировочными винтами *3* и *10* таким образом, чтобы нуль шкалы *8* оказался совмещенным с верхней горизонтальной линией *1*, нанесенной на бумаге. После того как натяжение ремня отрегулировано и нуль масштабной линейки согласован с сеткой бумажной ленты, включают самописец и выполняют регулировку остальных видов, связанную с записью на бумаге нулевой отметки, условной отметки и глубины.

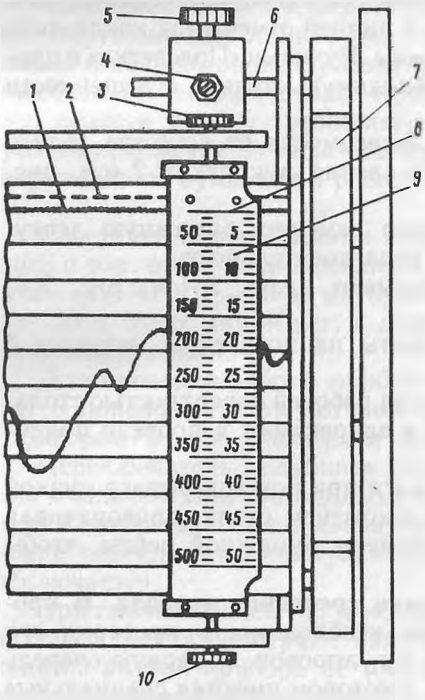


Рис. 8.24

Нулевая отметка в диапазонах МГ, 0—50, 0—500 м должна совпадать с нулем шкалы. Регулировку выполняют при открытой крышке прибора 4 и откинутом лентопротяжном механизме. На рис. 8.25 показано расположение потенциометров для выполнения необходимых регулировок.

Прежде всего проверяют совпадение нулевых линий на диапазонах 0—50 и 0—500 м. Если эти линии не совпадают, их можно совместить, вращая резисторы *R1* и *R3*. После этого поворотом резистора *R9* (↕) совмещают соединенные нулевые линии *1* (см. рис. 8.24) с нулем шкалы *8*.

Положение штриховой линии условной отметки (только в диапазонах 0—50 м и МГ) регулируется при помощи потенциометров *R4* (см. рис. 8.25) и *R18*, относящихся к блоку *ФУО*. Вращая эти резисторы, добиваются того, чтобы

линия *2* условной отметки (см. рис. 8.24) записывалась посередине верхнего поля бумаги.

Контрастность записи регулируется резисторами *R7* и *R8* (см. рис. 8.25). Необходимость изменения контрастности возникает обычно при установке нового рулона бумаги или при замене усилителя записи. Резистор *R8* относится к диапазону 0 — 500 м, а резистор *R7* — к диапазонам МГ, 0 — 50 и 40 — 90 м.

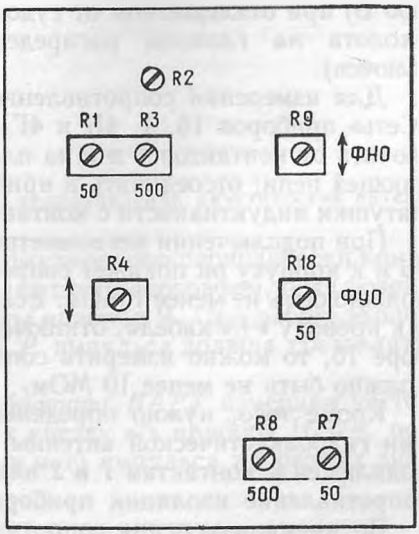


Рис. 8.25

При работе самописца в диапазоне 40—90 м нулевая линия на бумаге не записывается. Против нуля шкалы в этом случае отмечается линия, соответствующая глубине 40 м. Если заводская регулировка нарушена, то в диапазоне 40—90 м отсчет измеряемой глубины не соответствует ее действительному значению. Для регулировки фазировки (совмещения линии глубины 40 м с нулем шкалы) служит потенциометр *R2*. Эту работу выполняет специалист базового ремонтного предприятия с применением генератора парных импульсов, имитирующих глубину, общую для диапазонов 0—50 и 40—90 м, например 50 м. При этом прибор 4 записывает глубину 50 м. Если в диапазоне 40—90 м линия имитируемой глубины не совпадает с отсчетом по шкале 50 м, вращая резистор *R2* (см. рис. 8.25), добиваются указанного совпадения.

Такая регулировка фазировки потенциометром *R2* может быть выполнена при необходимости на судне без применения имитатора. Для этого на глубине 40—50 м записывают линию глубины в диапазоне 0—50 м, например 47 м. Затем переключают самописец на диапазон 40—90 м и, вращая резистор *R2*, добиваются того, чтобы линия глубины (с учетом фазировки) соответствовала отсчету «47 м». Такая регулировка рассматривается как приближенная в пределах точности масштаба записи в диапазоне 0—50 м.

Помимо рассмотренных выше регулировок, связанных с работой самописца, проводят ряд проверок технического состояния отдельных узлов и приборов эхолота. Эти проверки выполняют специалисты базового ремонтного предприятия один раз в год.

Рассмотрим основные проверки общей работоспособности приборов, составляющие сущность диагностирования эхолота.

Измерение сопротивления изоляции состоит в следующем. Прежде всего требуется измерить сопротивление изоляции в цепях питания и излучения. Эту работу проводят с использованием мегаомметра (на

500 В) при отключенном от судовой сети эхолоте (общий выключатель эхолота на главном распределительном щите должен быть выключен).

Для измерения сопротивления изоляции необходимо: выключатели «Сеть» приборов 16, 4, 4Б и 4Г установить в положение «Вкл.», отключить от контактов *1* и *2* на плате прибора 16 кабель приемно-излучающей цепи; отсоединить в приборе Я провод, связывающий вывод *1* катушки индуктивности с контактом *1* верхней платы.

При подключении мегаомметра к контакту *2* разъема *Ш6* в приборе 16 и к корпусу он покажет сопротиление изоляции цепи питания: оно должно быть не менее 1 МОм. Если мегаомметр подсоединить к корпусу и к проводу «+» кабеля, отключенного от контактов *1* и *2* платы в приборе 16, то можно измерить сопротивление изоляции излучения: оно должно быть не менее 10 МОм.

Кроме того, нужно определить внутреннее сопротивление изоляции гидроакустической антенны. Для этого мегаомметр должен быть подключен к контактам *1* и *2* нижней платы в приборе Я. Внутреннее сопротивление изоляции прибора 1 должно быть не менее 10 МОм.

Во время измерения сопротивления изоляции запрещается прикасаться к токоведущим частям приборов. После проверки сопротивления изоляции отпаянные провода и электроэлементы необходимо вернуть в исходное состояние.

Измерение сопротивления в цепи заземления корпуса прибора 1 выполняют следующим образом. Для проведения этой работы необходимо применять мост постоянного тока. Сопротивление заземления гидроакустической антенны (прибор 1) относительно корпуса судна должно быть не более 4 Ом.

Измерение длительности импульса посылки осуществляется частотомером типа Ф5080, который подключается к гнезду «6» прибора 16 (см. позицию *13* на рис. 8.17). Измерение проводят на следующих диапазонах:

в диапазоне МГ. В приборах 4 и 4Б переключатель диапазонов установить в положение «МГ», в приборе 4Г рукоятка «Установка глубины» — в положение «5». Длительность импульса, измеренная частотомером, должна составлять 100 ± 25 мкс;

в диапазоне 0—50 м. Переключатель диапазонов в приборах 4 и 4Б установить в положение «50», рукоятку «Установка глубины» в приборе 4Г — в положение «20». Длительность контролируемого импульса должна составлять 150 ± 37 мкс;

в диапазоне 0—500 м. Переключатель диапазонов в приборах 4 и 4Б установить в положение «500», а рукоятку «Установка глубины» в приборе 4Г — в положение «100». Длительность импульса посылки должна составлять 2000 ± 500 мкс.

Максимальную мощность импульса, поступающего на антенну, определяют так.

Мощность импульса (в Вт)

$$P = \frac{(U_1 + U_2)^2}{8R},$$

где U_1 — амплитуда фронта импульса, В;
U_2 — амплитуда спада импульса, В;
R — активная составляющая полного сопротивления акустической антенны, Ом.

Значение величины R указано в формуляре, оно периодически контролируется. Значения U_1 и U_2 определяют осциллографом, подключенным к контактам «1» и «2» нижней платы прибора Я. При работе эхолота в диапазоне 0 — 500 м мощность P импульса должна составлять 150 ÷ 100 Вт.

Длительность импульса мультивибратора ВАРУ измеряют частотомером типа Ф5080, подключенным к гнезду «7» прибора 16 (см. позицию *13* на рис. 8.17). Длительность (в мкс) импульса на разных диапазонах должна составлять:

МГ	0,54±0,12
0—50 м	1,5±0,4
0—500 м	60±15

Длительность импульса мультивибратора гашения нуля измеряют частотомером, который подключают к гнезду «8» прибора 16 (см. позицию *13* на рис. 8.17). Длительность (в мкс) импульса на разных диапазонах должна составлять:

МГ	0,54±0,12
0—50 м	1,5±0,4
0—500 м	18±4,0

Длительность импульса мультивибратора задержки нуля измеряют осциллографом в режиме работы с внешней синхронизацией. Этот режим обеспечивается импульсом положительной полярности (импульс посылки) с гнезда «6» прибора 16 (см. позицию *13* на рис. 8.17). Вход осциллографа подключают к гнезду «5» прибора 16. Длительность (в мкс) импульса (от начала развертки осциллографа до импульса посылки) на разных диапазонах должна составлять:

МГ, 0—50 м	70±22
0—500 м	700±220

Проверка чувствительности предварительного усилителя на частоте 100 кГц заключается в следующем. При отключенном эхолоте вынуть предохранитель «4» в приборе 16 (см. позицию *10* на рис. 8.17). В приборе 4 отсоединить усилитель записи (см. позицию *8* на рис. 8.11). В приборе 16 отсоединить блок посылок, расположенный на платах № 3 и 4 (см. рис. 8.17). На контакты № 1 и 2 платы прибора 16 (вход предварительного усилителя) подать от звукового генератора типа

ГЗ-33 сигнал частотой 100 кГц. К контрольным точкам № 1 и 2 предварительного усилителя в приборе 16 (см. позицию *5* на рис. 8.17) подключить вольтметр типа ВЗ-40.

Включить эхолот с прибора 4 (4Б) и установить максимальное усиление. (Тумблер *15* на рис. 8.9 должен быть в положении «Откл.».) Измеряя значение сигнала с генератора, добиться, чтобы вольтметр, подключенный на выход предварительного усилителя, показал 0,2 В; записать значение напряжения U_{min}, подаваемого на вход предварительного усилителя от звукового генератора. Значение величины U_{min} определяет чувствительность (в мкВ) предварительного усилителя; на разных диапазонах она должна быть:

МГ	150±50
0—50 м	700±200
0—500 м	15±5

При необходимости следует отрегулировать чувствительность предварительного усилителя резистором *R9* (на диапазоне 0—50 м) и резистором *R12* (на диапазоне 0—500 м). Резисторы находятся в приборе 16.

Для проверки чувствительности предварительного усилителя при автономной работе прибора 4Г включить этот прибор и выключить самописец и цифровой указатель глубин. Значение (в мкВ) U_{min}, определяющее чувствительность предварительного усилителя на разных диапазонах, должно быть:

Диапазон	Положение рукоятки «Установка глубины» прибора 4Г	U_{min}, мкВ
МГ	«5»	300±100
0—50 м	«20»	1000±300
0—500 м	«100»	40±12

При необходимости выполнить регулировку чувствительности резисторами *R28*, *R29* и *R30*, которые находятся в приборе 4Г и соответствуют положениям № 5, 20 и 100 рукоятки «Установка глубины».

При *проверке смещения на детекторе предварительного усилителя* милливольтметр типа ВЗ-40 подключить к гнезду № 10 прибора 16 (см. позицию *13* на рис. 8.17). Чтобы измерить напряжение смещения в чистом виде, снять сигнал на входе предварительного усилителя, т. е. выключить механизм развертки. (Тумблер *15* на рис. 8.9 поставить в положение «Откл.»). При этом рукоятка *6* (см. рис. 8.8) должна быть в положении «Включено». Напряжение смещения, измеренное вольтметром, должно составлять 0,8±0,05 В. Смещение детектора регулируют резистором *R14*, расположенным на плате *5* (см. рис. 8.17) предварительного усилителя.

Проверка чувствительности видеоусилителя состоит в следующем. При выключенном эхолоте снять предохранитель «4» в приборе 16 и от-

соединить усилитель записи в приборе 4. Тумблер *15* (см. рис. 8.9) в приборе *4* установить в положение «Откл.». В приборах 4 и 4Б регуляторы «Усиление» поставить в положение № 10. Отсоединить блок посылок (платы *3* и *4* на рис. 8.17). К контрольным точкам № 1 и 2 предварительного усилителя (см. позицию *5* на рис. 8.17) подключить вольтметр типа ВЗ-40, а к гнезду № 11 (см. позицию *13*) — осциллограф типа С1-65.

На контакты № 1 и 2 платы прибора 16 (вход предварительного усилителя) подать с генератора ГЗ-33 сигнал частотой 100 кГц. Включить эхолот с прибора 4 (выключателем «Сеть», расположенным на лицевой панели самописца). Изменяя уровень сигнала с генератора, добиться на осциллографе, т. е. в гнезде № 11 прибора 16 (на выходе видеоусилителя), появления напряжения 4 ± 1 В. Чувствительность видеоусилителя характеризуется значением сигнала на выходе предварительного усилителя, т. е. на входе видеоусилителя. Значение этой величины, измеряемой вольтметром, должно быть $0{,}2\pm0{,}05$ В.

Чувствительность видеоусилителя при необходимости регулируют следующим образом. Изменяя сигнал с генератора ГЗ-33, добиваются, чтобы напряжение на вольтметре составляло $0{,}2\pm0{,}05$ В. Затем, вращая резистор *R19* (на плате *5* предварительного усилителя, см. рис. 8.17), устанавливают напряжение на осциллографе 4 ± 1 В.

Проверка чувствительности усилителя записи заключается в следующем. При отключенном эхолоте снять предохранитель «4» в приборе 16 (см. позицию *10* на рис. 8.17). Установить в прибор 4 усилитель *8* записи (см. рис. 8.11) и поставить тумблер *15* (см. рис. 8.9) в положение «Работа». Снять блок посылок в прибор 16 (см. позиции *3* и *4* на рис. 8.17). Генератор типа ГЗ-33 подключить к контактам № 1 и 2 платы прибора 16 (вход предварительного усилителя). Вольтметр типа ВЗ-40 подсоединить к контрольным точкам № 1 и 2 предварительного усилителя *5* (см. рис. 8.17), т. е. к выходу усилителя. Включить эхолот с прибора 4.

Подать с генератора сигнал и установить на выходе предварительного усилителя (по вольтметру) напряжение 0,2 В. На бумажной ленте самописца должна появиться запись в виде вертикальной линии. Уменьшая уровень сигнала с генератора, добиться исчезновения записи на бумаге, при этом вольтметр должен показывать напряжение менее 0,12 В. При необходимости регулируют чувствительность резистором *R19*, который находится в усилителе записи (см. позицию *7* на рис. 8.11). Таким образом, чувствительность усилителя должна быть достаточной для того, чтобы при напряжении на выходе предварительного усилителя $0{,}2\pm0{,}08$ В обеспечивалась четкая запись на бумаге.

Уровень собственных шумов предварительного усилителя, приведенный к входу предварительного усилителя,

$$U_{\text{ш.вх}} = U_{\text{ш.вых}}\,(1/K),$$

где K — коэффициент усиления предварительного усилителя:

$$K = U_0/\gamma,$$

здесь U_0 — напряжение на выходе предварительного усилителя, когда на вход подается некоторый минимальный сигнал γ, характеризующий чувствительность усилителя, мкВ. Значение U_0 задают исходя из конструктивных условий; в данной схеме $U_0 = 0{,}2$ В.

С учетом изложенного выше формула для определения уровня собственных шумов предварительного усилия принимает вид

$$U_{\text{ш.вх}} = U_{\text{ш.вых}}\,[\gamma/(0{,}2 \cdot 10^6)].$$

В этой формуле все напряжения выражены в микровольтах. Значение $U_{\text{ш.вх}}$ должно быть не более 2 мкВ (на диапазоне 0—500 м, когда включается узкополосный фильтр).

Проверка работы схемы ВАРУ заключается в следующем. Схема *ВАРУ* представляет собой блок, предназначенный для подавления реверберационных помех. Она действует как автоматический регулятор, устанавливающий коэффициент усиления предварительного усилителя по заранее подобранному закону. Схема состоит из двух частей — *ВАРУ1* и *ВАРУ2*, запуск которых осуществляется синхронно с посылкой звукового импульса. Блок *ВАРУ1* устанавливает оптимальный коэффициент усиления на всех диапазонах, а *ВАРУ2* — только на диапазоне МГ, обеспечивая измерение минимальной глубины.

Проверка *ВАРУ* заключается прежде всего в определении промежутка времени τ, в течение которого напряжение на выходе предварительного усилителя достигает значения 0,5 В. Эту проверку производят осциллографом, подключенным на выходе усилителя. На вход усилителя подается имитационный сигнал от генератора звуковой частоты.

Кроме того, контролируется динамическая характеристика *ВАРУ*, т. е. определяется способность схемы *ВАРУ* подавлять сильный реверберационный сигнал на время действия схемы *ВАРУ2*.

Промежуток времени τ следует определять в такой последовательности:

при выключенном эхолоте снять предохранитель № 4 в приборе 16 (см. позицию *10* на рис. 8.17);

вынуть усилитель *8* записи (см. рис. 8.11) в приборе 4;

на контакты № 1 и 2 платы прибора 16 (вход предварительного усилителя) подать с генератора звуковой частоты сигнал частотой 100 кГц;

к контрольным точкам № 1 и 2 предварительного усилителя (см. позицию *5* на рис. 8.17) в приборе 16 подключить осциллограф в режиме работы с внешней синхронизацией. Для синхронизации осциллографа используется гнездо № 5 прибора 16 (см. позицию *13* на рис. 8.17). С этого гнезда снимается импульс положительной полярности, определяющий синхронную работу мультивибраторов схемы. Осциллограф должен быть откалиброван на амплитуду напряжения 1 В;

включить прибор 4 или 4Б, установив диапазон МГ. Подать с генератора звуковой частоты на вход предварительного усилителя ток напряжением 750 мкВ (частотой 100 кГц). На экране осциллографа будет наблюдаться импульс, примерная форма которого показана на рис. 8.26. Измерить время τ от начала развертки осциллографа (точка *0*) до момента t_1, когда наблюдается значение напряжения 0,5 В. Значение τ должно быть 25±8 мс;

установить диапазон 0—50 м. Напряжение, подаваемое с генератора звуковой частоты, сделать равным 3500 мкВ. Время τ на экране осциллографа должно быть 40±15 мс;

поставить диапазон 0—500 м. Напряжение, снимаемое с генератора, уменьшить до 75 мкВ. Промежуток времени τ должен быть равен 250±±80 мс.

Для проверки динамической характеристики *ВАРУ* нужно, установив ручку регулятора усиления в приборах 4 и 4Б в положение № 10, включить диапазон 0—500 м. На вход предварительного усилителя с генератора звуковой частоты подать напряжение 15±1 мкВ (частотой 100 кГц) и затем увеличить его на 50 дБ (примерно в 316 раз), т. е. входное напряжение установить 4740 мкВ (0,005 В). На выходе усилителя (на экране осциллографа) сигнал в течение первых 18 мс не должен превышать 0,3 В.

Промежуток 18 мс — это время действия мультивибратора гашения нуля. В течение этого времени обеспечивается минимальный уровень выходного сигнала (0,3 В) при условном максимальном входном напряжении (0,005 В). Перепад входного напряжения, выраженный в децибелах, при условии, когда выходной сигнал не превышает заданного уровня, называется динамическим диапазоном *ВАРУ*. В данном случае динамический диапазон *ВАРУ* должен быть не менее 50 дБ.

Определение активной составляющей полного электрического сопротивления гидроакустической антенны состоит в следующем. Активная составляющая R полного сопротивления электрической цепи гидроакустической антенны (с кабелем до прибора Я) определяет мощность излучаемого импульса. Значение величины приведено в формуляре эхолота; оно подлежит периодическому контролю.

Для определения значения R применяют измерительную схему, представленную на рис. 8.27. Генератор *G1* вырабатывает ток напряжением 2 В, частотой 100 кГц. К генератору через балластный резистор $R_б$ подключена гидроакустическая антенна (прибор 1). Частота сигнала контролируется частотомером *Pf1*. Напряжения измеряют вольтметрами *PV1 — PV3*.

Активная составляющая сопротивления

$$R = U_3^2 \cdot 2R_б/(U_1^2 - U_2^2 - U_3^2),$$

где U_1, U_2, U_3 — напряжения соответственно на выходе генератора, балластном резисторе, антенне.

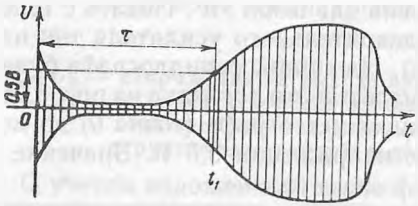


Рис. 8.26

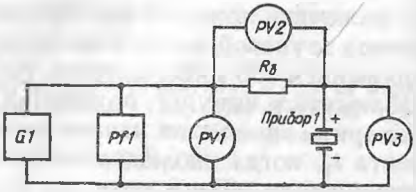


Рис. 8.27

Значение величины R, определенное по результатам измерений, не должно отличаться от указанной в формуляре более чем на ± 20 %.

Для *измерения емкости гидроакустической антенны* применяется измеритель емкости типа Е7-4. Значение емкости прибора 1 не должно отличаться от указанного в формуляре эхолота более чем на $\pm$ 10%.

Для выполнения указанных выше проверок эхолота на судне необходимо иметь измерительные приборы, обладающие достаточной точностью. Их перечень приведен в табл. 8.1.

При выполнении проверок можно применять другие типы измерительных приборов, погрешностикоторых не превышают предельных значений, приведенных в табл. 8.1.

Таблица 8.1. **Приборы, применяемые при проверках, и значения допустимой погрешности измерения**

Наименование прибора	Тип прибора	Предельная погрешность измерения
Мегаомметр	М4100/3	± 1 %
Мост постоянного тока	Р333	$\pm 0{,}5$ %
Осциллограф	С1-65	± 5 %
Генератор звуковой частоты	ГЗ-33	$\pm (0{,}02 f + 1)$ Гц
Милливольтметр	ВЗ-40	$\pm 1{,}5$ %
Измеритель емкости	Е7-4	± 2 %
Генератор парных импульсов	Г5-26	$\pm (0{,}05 \tau + 0{,}02)$ мкс
Частотомер-хронометр	Ф5080	$\pm 5 \cdot 10^{-5}$ %
Тестер	Ц4380	$\pm 1{,}5$ %
Вольтметр	В3-24	$\pm 0{,}2$ %

Поиск неисправностей. В процессе эксплуатации эхолота могут возникать неисправности в отдельных его приборах и блоках. Отыскивать неисправность следует по методике, обеспечивающей быстрейшее нахождение неисправного элемента или блока.

Рекомендуется такая последовательность действий при отыскании вышедшего из строя блока эхолота:

проверка подачи питания от судовой сети к приборам 16 и 16А. Признаком наличия судового тока является горение сигнальной лампы «Сеть» в приборах 16 и 16А. Возможной неисправностью является перегорание предохранителей в этих приборах;

проверка наличия питания в отдельных узлах эхолота. Для этой цели в приборе 16 имеются сигнальные лампы *9* (см. рис. 8.17), с помощью которых можно определить отсутствие основных напряжений: 100, 27 и 12,6 В. Аналогичные сигнальные лампы имеются в приборе 16А для контроля питающего тока напряжений 200; 6,3; 3В;

проверка работы основных функциональных узлов эхолота (формирователя нулевой отметки, мультивибратора посылки, мультивибратора задержки нуля, блока посылок, приемного тракта). Исправность этих блоков контролируют по вспышкам сигнальной лампы *12* (см.рис.8.17) в приборе 16. Проверяемый блок подключают к схеме контроля переключателем *11*. Дополнительная проверка приемно-передающего тракта может быть выполнена с помощью схемы контроля, находящейся в приборе сигнализации глубины (прибор 4Г). Признаком исправности приемно-передающей схемы является появление светового и звукового сигналов («Заданная глубина») при нажатии кнопки *6* (см. рис. 8.20) «Контроль»;

проверка значения и формы сигналов в отдельных точках схемы эхолота тестером или осциллографом. Для этой цели в приборах 4 и 16 имеются контрольные гнезда.

В приборе 4 расположены шесть гнезд *13* (см. рис. 8.9), которые служат для проверки двух блоков самописца: формирователя нулевой отметки и формирователя условной отметки. При подключении осциллографа должны наблюдаться форма и значения сигналов, приведенные в табл. 8.2.

В приборе 16 имеются 12 контрольных гнезд (см. позицию *13* на рис. 8.17), которые предназначены для проверки источников питания постоянного тока, а также контроля формы и значений сигналов приемно-передающего тракта.

Данные, характеризующие нормальную работу контролируемых цепей, приведены в табл. 8.3.

При поиске неисправности в первую очередь обращают внимание на ее внешнее проявление, затем учитывают некоторые дополнительные признаки.

Пример 8.1. Включили эхолот. В приборах 4, 4Б и 47 не загораются лампы подсветки. В приборе 16 сигнальная лампа «Сеть» также не горит, хотя ток судовой сети подан.

Наиболее вероятной причиной отсутствия тока судовой сети во всех приборах является выход из строя общего предохранителя (№ 1) в приборе 16. Необходимо заменить предохранитель. При этом лампа «Сеть» в приборе 16 зажигается. Если лампы подсветки в приборах 4, 4Б и 4Г все же не загораются, значит, от-

Таблица 8.2. **Форма и значения сигналов при проверке *ФНО* и *ФУО***

Номер гнезда	Сигнал		
	Форма	Значение, В	Назначение
	Формирователь нулевой отметки		
1		⩾4	Запуск
2		⩾8	Задержка запуска
3		⩾6	Выход
	Формирователь условной отметки		
4		⩾4	Запуск
5		⩾8	Задержка запуска
6		⩾6	Выход

Таблица 8.3. **Форма и значения сигналов при проверке электрических цепей**

Номер гнезда	Сигнал		
	Вид или форма	Значение, В	Назначение
1	Постоянный ток	+27	Питание отдельных блоков и элементов схемы
2	» »	+12,6	
3	» »	—1,3	
4	» »	+100	
5		>9	Нуль-выход
6		>3	Посылка *ВАРУ*
7		>3	
8		>3	Гашение нуля
9		>9	Эхо-выход
10		—	Эхо
11		>3	>3 В (Эхо *БП*)
12		—	⊥ (Корпус прибора)

сутствует напряжение 27 В. Об этом должна сигнализировать горящая лампа «Нет 27 В» в приборе 16. Эта линия питания защищается предохранителем № 2 в приборе 16. Если неисправность обусловлена только перегоранием предохранителя № 2, то при его замене сигнальная лампа «Нет 27 В» в приборе 16 должна погаснуть.

Пример 8.2. В процессе эксплуатации возможен отказ цифрового индикатора (прибор 11). Если цифры прибора 11 не светятся, то одной из причин этой неисправности может быть отсутствие питающего напряжения 200 В. Об этом сигна-

лизирует горящая контрольная лампа «Нет 200 В» в приборе 16А. Необходимо проверить и, если надо, заменить предохранитель № 3 в приборе 16А. Если же горит контрольная лампа «Нет 6,3 В» в приборе 16А, то требуется проверить предохранитель № 2 в приборе 16А.

Другой неисправностью прибора 11 может быть цифровая индикация глубины в виде постоянного горения цифр. Вероятной причиной такой неисправности является отсутствие в схеме цифрового указателя глубин питающего напряжения 3 В. Об этом должна сигнализировать светящаяся лампа «Нет 3 В» в приборе 16 А. Эта цепь питания защищается предохранителем № 1 в приборе 16А. Требуется проверить предохранитель.

Пример 8.3. Включили эхолот. Во всех приборах подсветка. Двигатель самописца работает нормально. Значит, ток основных напряжений в цепи питания эхолота имеется. На бумаге самописца нет ни нулевой линии, ни отметки глубины (эхо-сигнала).

Причинами такой ситуации могут быть отсутствие посылки сигнала, выход из строя какого-либо блока в приемном тракте, а также неисправность в схеме записывающего устройства прибора 4.

Прежде всего необходимо убедиться в том, что нормально протекает работа формирователя нулевой отметки. Для этого в приборе 16 переключатель *11* (см.рис. 8.17) устанавливают в положение «Нуль самописца». Если лампа *12* «Контроль работы» не вспыхивает, то имеется неисправность в схеме *ФНО*. Если другой неисправности нет, то при введении прибора 4Б в режим экономной работы (самописец отключен) цифровое табло (прибор 11) будет показывать отсчет глубины. В этом случае поиск неисправности ведут в схеме самописца.

Сначала, подключив осциллограф к контрольному гнезду № 1 самописца, определяют, есть ли импульс запуска (см. табл. 8.2). В случае его отсутствия вероятной причиной неисправности является отсутствие контакта пера с ламелью запуска в приборе 4. Необходимо правильно установить перо и добиться появления запускающего импульса. После этого надо подключить осциллограф к гнезду № 3 самописца и проверить наличие прямоугольного импульса на выходе схемы *ФНО*.

Если выходного импульса нет, то требуется заменить блок *ФНО*. При наличии импульса на выходе блока *ФНО*, но при отсутствии записи в самописце неисправность отыскивают в посылочном тракте. Для этого переключатель *11* поочередно переводят в положения «Нуль-выход», «Запуск ГН», «I каскад ВЧ», «II каскад ВЧ» и «Выход ГН». Каждый раз должна вспыхивать лампа *12*. Отсутствие вспышек свидетельствует о неисправности контролируемого блока и о необходимости его замены.

Добившись исправной работы посылочного устройства (наблюдаются вспышки сигнальной лампы «Контроль работы» в приборе 16 при переводе переключателя в положение «Выход ГН»), можно продолжить поиск неисправностей в блоках приемного тракта. Переключатель контроля работы в приборе 16 переводят в положение «Эхо».

Вспышки контрольной лампы свидетельствуют об исправности схемы, а их отсутствие — о необходимости замены предварительного усилителя (см. позицию *5* на рис. 8.17).

Исправность работы всего посылочно-приемного тракта можно проверить при помощи схемы контроля, находящейся в приборе сигнализации глубины (прибор 4Г). Для этого переключатель *4* (см. рис. 8.19) устанавливают в положение «Мельче» и нажимают кнопку *6* (см. рис. 8.20). Через несколько секунд, если тракт посылки и приема исправен, загорается сигнальное табло *1* «Заданная глубина» (см. рис. 8.19) и включается звуковой сигнал.

Самостоятельная работа цифрового указателя глубин при исправной схеме посылочно-приемного тракта обеспечивает индикацию глубины на цифровом табло прибора 11.

Самописец должен фиксировать нулевую линию и линию измеренной глубины. Отсутствие записи на бумаге самописца в этом случае объясняется неисправ

ностью схемы записи: или не работает усилитель *8* (см. рис. 8.11) записи, или нет надежного контакта пера с бумагой.

Требуется заменить усилитель записи и отрегулировать нажим перьев. Независимую проверку записывающего устройства по четкости записи вертикальной линии осуществляют нажатием кнопки «Оперативная отметка» на лицевой панели самописца.

Пример 8.4. При нормальной записи глубины в самописце отсутствует штриховая линия условной отметки на верхнем поле бумаги (в диапазонах МГ и 0—50 м).

Вероятной причиной такой неисправности является слабый контакт в прерывателе *19* (см. рис. 8.9) или выход из строя схемы *ФУО*.

Необходимо подключить осциллограф к гнезду № 4 самописца и проверить импульс запуска. Если его нет, то надо добиться надежного контакта в прерывателе *19* (между пружинным контактом и барабаном). Добившись наличия сигнала запуска в гнезде № 4, проверяют сигнал на выходе блока *ФУО*, подключив осциллограф к гнезду № 6 самописца.

При отсутствии этого сигнала нужно заменить блок *ФУО* (см. позицию *12* на рис. 8.11).

АВТОРУЛЕВОЙ «АИСТ»

9.1. Комплект приборов и основные технические данные

Авторулевой «Аист» предназначен для установки на судах, имеющих электрогидравлические рулевые машины. Авторулевой подключается к репитерной передаче гирокомпаса или дистанционного магнитного компаса.

В комплект авторулевого «Аист» входят следующие приборы (рис. 9.1): пульт управления *ПУ*; пульт следящего управления *ПСУ*; переключатель пультов *10-ПП*; исполнительный механизм (*ИМ1* или *ИМ2*); рулевой датчик *РД*. В комплект также входит набор запасных частей и приспособлений и инструменты.

Пульт управления является основным прибором авторулевого, в котором размещены электромеханические элементы, силовые трансформаторы, усилители и другие устройства, предназначенные для выработки сигналов управления. На его лицевых панелях расположены основные органы управления. Прибор устанавливается в ходовой рубке Он обеспечивает работу авторулевого в одном из следующих трех видов управления: автомеханическом, следящем, простом.

Пульт следящего управления (*ПСУ*) предназначен для управления судном только в двух режимах: следящем или простом. Прибор *ПСУ* устанавливается в ходовой рубке (при отсутствии в комплекте прибора *ПУ*) или на верхнем мостике. По своей конструкции *ПСУ* аналогичен прибору *ПУ*, но в нем отсутствуют те элементы, которые предназначены для автоматического вида управления.

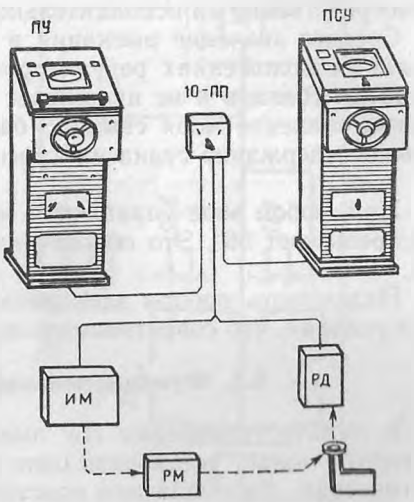


Рис. 9.1

Переключатель пультов (*10-ПП*) обеспечивает переключение электрических цепей, если в комплектации авторулевого имеются два или более пультов управления (*ПУ* или *ПСУ*). Количество положений переключателя зависит от числа пультов.

Исполнительный механизм служит для управления электрогидравлической рулевой машиной. В зависимости от типа насоса рулевой ма-

шины применяется исполнительный механизм *ИМ1* или *ИМ2*. Прибор ИМ устанавливается в румпельном отделении на корпусе насоса.

Рулевой датчик (*РД*) содержит электромеханические элементы для выработки сигнала обратной связи в схеме авторулевого. Прибор РД устанавливается в румпельном отделении и имеет непосредственную механическую связь с баллером руля.

Помимо рассмотренных приборов, в комплект авторулевого «Аист» могут дополнительно входить: соединительный ящик (СЯ-42), предназначенный для разветвления электрических цепей, и станция электроэлементов (СЭ), которая содержит ряд устройств, обеспечивающих работу схемы.

Авторулевой «Аист» характеризуется следующими техническими данными.

При наличии в комплекте прибора *ПУ* возможны четыре вида управления: атоматический, следящий, простой и ручной. Автоматический вариант управления обеспечивается наличием сигнала от гирокомпаса или дистанционного магнитного компаса. В этом случае судно удерживается на заданном курсе без участия человека. В следящем режиме курсоуказатель отключается от схемы авторулевого и управление судном осуществляет человек с помощью штурвала. При переходе на простой (резервный) вид управления схема авторулевого не используется. Управление рулем производится с помощью двух ручных педалей, обеспечивающих включение исполнительного механизма рулевой машины. Четвертый вид управления (ручной) является аварийным. Он применяется в случае отказа всей схемы авторулевого. Управление рулем производится вручную при помощи рукоятки, находящейся непосредственно на исполнительном механизме.

Среднее значение рыскания в автоматическом режиме (при оптимальных положениях регуляторов) равно примерно 1° при волнении моря до 3 баллов и не превышает 3° при волнении моря до 5 баллов. Когда волнение моря свыше 5 баллов, авторулевой обеспечивает надежное удержание судна на курсе, но рыскание при этом будет более 3°.

При любом виде управления максимальный угол перекладки руля не превышает 35°. Это обеспечивается электрическими ограничителями.

Надежность работы электрической схемы авторулевого возможна при условии, что сопротивление изоляции не менее 1 МОм.

9.2. Функциональная схема авторулевого

В пульте управления *ПУ* имеется переключатель *S1*, с помощью которого можно установить один из трех режимов управления: автоматический, следящий или простой (рис. 9.2).

В *автоматическом режиме* (положение *1* контактов переключателя *S1*) вырабатываются пять сигналов, обеспечивающих удержание

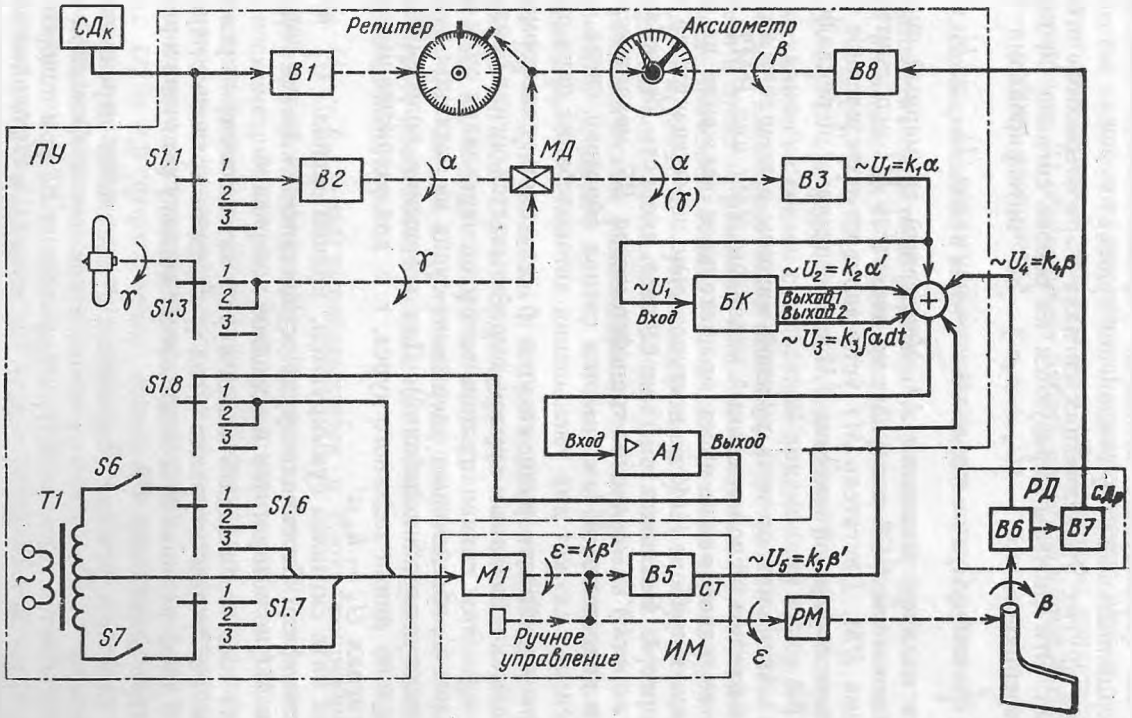

СДк
Репитер
Аксиометр
β
В1
В8
ПУ
S1.1
1
2
3
В2
α
МД
α
(γ)
В3
~U1=k1α
γ
S1.3
γ
~U1
Вход
БК
~U2=k2α'
Выход 1
Выход 2
~U3=k3∫αdt
~U4=k4β
S1.8
Вход
А1
Выход
S6
Т1
S1.6
S1.7
S7
М1
ε=kβ'
В5
СТ
~U5=k5β'
Ручное
управление
ИМ
РМ
ε
РД
СДр
В6
В7
β

Рис. 9.2

судна на заданном курсе. В этом режиме схема авторулевого имеет связь с гирокомпасом. При уходе судна с курса на угол α сельсин-приемник *B2* передает вращение на сельсин-трансформатор *B3*, на выходе которого формируется основной управляющий сигнал $U_1 = k_1\alpha$, пропорциональный углу отклонения судна от курса.

Два других управляющих сигнала вырабатываются в блоке коррекции. Эти сигналы образуются на основе сигнала U_1 посредством дифференцирования ($U_3 = k_2\alpha'$) и интегрирования ($U_3 = k_3 \int_0^t \alpha dt$). Сумма управляющих сигналов $U_1 + U_2 + U_3$ подается на вход усилителя *A1*. Усиленный суммарный сигнал через переключатели *S1.8* поступает на двигатель *M1* исполнительного механизма *ИМ*. Двигатель *M1* устанавливает определенное положение золотников рулевой машины *РМ* и обеспечивает перекладку руля на угол β.

В зависимости от типа рулевой машины в комплект авторулевого может входить исполнительный механизм *ИМ1* или *ИМ2*. В приборе *ИМ1* выходной валик имеет вращательное движение на некоторый угол ε, а в приборе *ИМ2* он поступательно перемещается на некоторую величину l. Величина ε (l) определяет скорость перекладки руля, т. е. $\varepsilon = k\beta'$. С сельсина-трансформатора *B5*, механически связанного с двигателем *M1*, снимается сигнал обратной связи $U_5 = k_5\beta'$. Этот сигнал служит для уменьшения автоколебаний пера руля.

При перекладке руля на угол β сельсином-трансформатором *B6*, механически связанным с рулем, вырабатывается сигнал обратной связи $U_4 = k_4\beta$. Этот сигнал ограничивает угол перекладки руля и вместе с сигналом U_1 обеспечивает удержание судна на заданном курсе (по закону незатухающих колебаний). Для погашения колебаний судна относительно линии заданного курса, т. е. для одерживания судна, служит сигнал $U_2 = k_2\alpha'$.

Все пять сигналов суммируются, причем сигналы U_1 и U_4 всегда в противофазе. Перекладка руля осуществляется до тех пор, пока двигатель *M1* не возвратится в исходное положение.

Для того чтобы задать новый курс в автоматическом режиме, необходимо поворотом штурвала (угол γ) передать вращение через механический дифференциал *МД* подвижному индексу репитера и ротору сельсина-трансформатора *B3*.

В *следящем режиме* (положение *2* контактов переключателя *S1*) гирокомпас от схемы авторулевого отключается. Основной сигнал U_1 вырабатывается сельсином-трансформатором *B3* при повороте штурвала вручную на угол γ ($U_1 = k_1\gamma$). Сигналы U_2 и U_3 блоком коррекции не вырабатываются, так как в следящем режиме питание этого блока отключено. Сигналы U_4 и U_5 формируются так же, как в автоматическом режиме.

В *простом режиме* сигналы $U_1 — U_5$ не вырабатываются. Питание на двигатель *M1* подается от трансформатора *T1* через кнопки *S6*, *S7* и контакты переключателя *S1.6*, *S1.7*.

В качестве запасного (аварийного) предусмотрено ручное управление золотниками рулевой машины (при обесточенном двигателе *M1*). Сельсин-приемник *B1* обеспечивает работу репитера курса, а сельсины *B7* и *B8* — работу аксиометра.

9.3. Принципиальная электрическая схема авторулевого

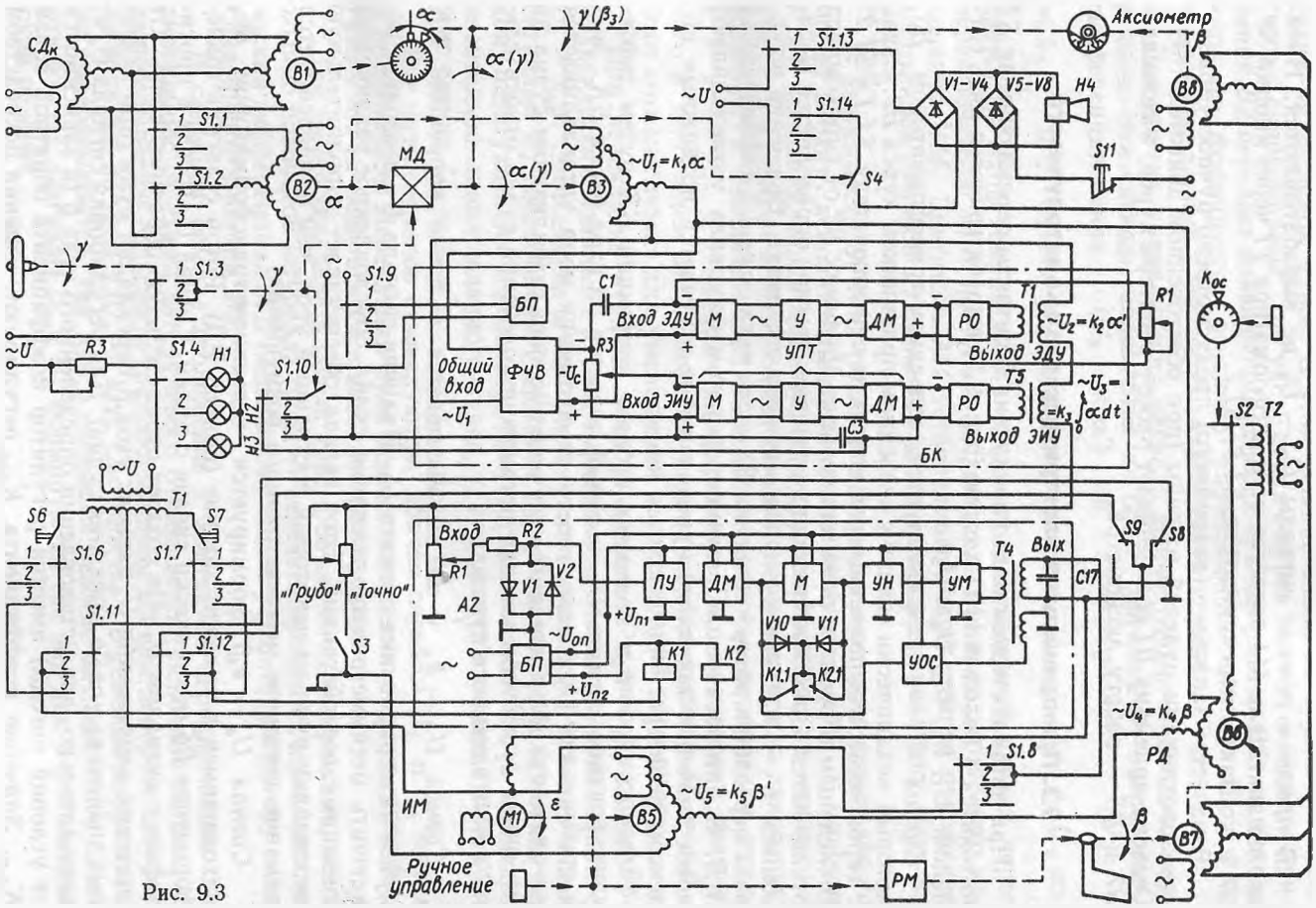
При автоматическом виде управления (контакты переключателя *S1* находятся в положении *1*) в схеме (рис. 9.3) вырабатываются пять сигналов: U_1, U_2, U_3, U_4 и U_5.

Сигнал $U_1 = k_1\alpha$ формируется сельсином-трансформатором *B3*, который механически связан с сельсином-приемником курса *B2*. Связь с гирокомпасом выполнена через контакты переключателя *S1.1* и *S1.2*. В следящем и простом режимах сельсин-приемник *B2* от гирокомпаса отключается. Значение сигнала в следящем режиме определяется выражением $U_1 = k_1\gamma$, где γ — угол поворота штурвала. Вращение штурвала передается ротору сельсина *B3* через механический дифференциал *МД*. В автоматическом режиме поворотом штурвала устанавливают новое значение заданного курса, которое отмечается подвижным индексом репитера.

Сигнал $U_2 = k_2\alpha'$ создается в блоке коррекции *БК* путем дифференцирования сигнала U_2, который подается на вход блока *БК*. Значение сигнала U_2 в зависимости от состояния моря устанавливается регулятором *R1*. Сигнал U_2 улучшает условия стабилизации судна на заданном курсе, обеспечивая погашение колебаний судна относительно линии заданного курса.

Сигнал $U_3 = k_3 \int_0^t \alpha dt$ вырабатывается в блоке коррекции *БК* путем интегрирования сигнала U_1. Наличие сигнала U_3 позволяет исключить несимметричное рыскание судна, обусловленное различными внешними воздействиями. Этот сигнал обеспечивает дополнительную перекладку руля на некоторый постоянный угол, чем компенсируется влияние внешнего несимметричного возмущения.

Сигнал $U_4 = k_4\beta$ формируется сельсином-трансформатором *B6*, находящимся в рулевом датчике (прибор РД). Ротор сельсина-трансформатора *B6* механически связан с рулем. Сигнал U_4 всегда в противофазе с сигналом U_1. Он создает отрицательную обратную связь. От значения напряжения U_4 зависит угол β перекладки руля (при заданных значениях угла α рыскания судна). Для регулировки сигнала U_4 и, следовательно, для установления определенного угла β (в зависимости от условий погоды) имеется регулятор коэффициента обратной связи $K_{о.с}$. Значение коэффициента $K_{о.с}$ регулируют, изменяя посредством



СДк
В1
В2
В3
В4
В5
В6
В7
В8
МД
Аксиометр
V1-V4
V5-V8
Н4
S11
S1.1
S1.2
S1.3
S1.4
S1.6
S1.7
S1.8
S1.9
S1.10
S1.11
S1.12
S1.13
S1.14
S2
S3
S4
S6
S7
S8
S9
Т1
Т2
Т4
Т5
Н1
Н2
Н3
Н4
R1
R2
R3
С1
С3
С17
БП
Общий вход
ФЧВ
Вход ЭДУ
Вход ЭИУ
М
У
ДМ
РО
УПТ
Выход ЭДУ
Выход ЭИУ
БК
Кос
Вход
Вых
А2
V1
V2
ПУ
УН
УМ
УОС
К1
К2
К1.1
К2.1
V10
V11
„Грубо"
„Точно"
ИМ
М1
РД
РМ
Ручное управление

Рис. 9.3

переключателя *S2* напряжение тока, вторичной обмотки трансформатора *T2* (это напряжение служит для возбуждения сельсина-трансформатора *B6*). Значение $K_{о.с} = \alpha/\beta$ в пределах от 0,2 до 2,0 фиксируется на шкале в приборе пульта управления.

Сигнал $U_5 = k_5\beta'$ формируется сельсином-трансформатором *B5* исполнительного механизма (прибор *ИМ*). Ротор сельсина-трансформатора *B5* механически связан с исполнительным двигателем *M1*, который устанавливает значение перемещения выходного валика и положение золотника гидравлической рулевой машины. Угол ε поворота двигателя *M1*, таким образом, определяет скорость β' перекладки руля, а сигнал U_5, вырабатываемый сельсином-трансформатором *B5*, зависит от угла ε, т. е. пропорционален значению β'. Сигнал U_5 является сигналом отрицательной обратной связи, обеспечивающим погашение автоколебаний в системе исполнительный механизм — руль.

Все пять напряжений ($U_1 - U_5$) суммируются путем последовательного соединения сигнальных элементов: сельсина *B3*, трансформаторов *T4* и *T5* блока коррекции *БК*, сельсинов *B6* и *B5*. Суммарный сигнал $U_с = U_1 + U_2 + U_3 + U_4 + U_5$ подается на вход усилителя *A1*. Значение суммарного сигнала в зависимости от состояния моря можно устанавливать переключателем *S3* («Грубо», «Точно»). В положении «Точно» (при тихой погоде) на вход усилителя поступает все напряжение $U_с$. При переводе переключателя *S3* в положение «Грубо» часть сигнала шунтируется резистором *R2*. Первоначальную регулировку потенциометра *R2* выполняют при установке авторулевого на судне. С выхода усилителя *A1* усиленное напряжение $U_с$ через переключатель *S1.8* поступает на управляющую обмотку исполнительного двигателя *M1*, который управляет золотником гидравлической рулевой машины.

Рассмотрим работу авторулевого при автоматическом виде управления.

Чтобы ввести в схему заданный курс, необходимо штурвалом через механический дифференциал *МД* установить подвижный индекс репитера на отсчет нужного курса. При этом ротор сельсина *B3* получает начальную ориентировку (угол α) для выработки основного сигнала $U_1 = k_1\alpha$. Угол α определяется разностью отсчетов действительного курса (курсовая черта) и заданного курса (подвижный индекс).

Сигнал U_1 (других сигналов пока нет) после усиления подается на исполнительный двигатель *M1*. Вращение двигателя *M1* (угол ε) передается сельсину *B5*, с которого снимается сигнал U_5, находящийся в противофазе с сигналом U_1. Значение сигнала U_5 быстро возрастает, происходит компенсация напряжения U_1, двигатель *M1* обесточивается и останавливается. Поскольку угол ε достигает при этом определенного значения, включается рулевая машина и начинается перекладка руля со скоростью β', зависящей от угла ε.

При перекладке руля на все возрастающий угол β в схеме появляется сигнал $U_4 = k_4\beta$, который так же, как и сигнал U_5, по фазе про-

тивоположен сигналу U_1. С появлением сигнала U_4 двигатель *M1* начинает вращаться в противоположную сторону и уменьшает значение угла ε, т. е. снижает скорость перекладки β′ руля и уменьшает значение сигнала $U_5 = k_5\beta'$. Руль продолжает перекладываться в ту же сторону — на увеличение угла β, но с меньшей скоростью.

Когда сигнал U_4 по значению сравняется с напряжением U_1 (а это произойдет, когда угол ε станет равным нулю), двигатель *M1* остановится. Рулевая машина прекратит перекладку руля, так как $\varepsilon = 0$. Сигнал U_5, зависящий от угла ε, исчезнет. Руль окажется переложенным на некоторый угол β и вызовет поворот судна в сторону уменьшения угла α. В итоге судно придет на заданный курс ($\alpha = 0$), руль возвратится в диаметральную плоскость ($\beta = 0$). При этом подвижный индекс совпадет с курсовой чертой репитера. Сигнал $U_2 = k_2\alpha'$ создает эффект одерживания, т. е. обеспечивает возвращение руля в диаметральную плоскость раньше, чем приход судна на заданный курс.

При наличии несимметричного рыскания судна через некоторое время появляется сигнал $U_3 = k_3 \int_0^t \alpha\, dt$, который вызывает отклонение среднего положения руля на некоторый угол от диаметральной плоскости и компенсирует возмущение, создающее несимметричное рыскание.

В пульте управления есть аксиометр с двумя стрелками — заданного $\beta_з$ и истинного β положения пера руля. Стрелка заданного положения механически связана с подвижным индексом репитера и отклоняется на угол $\beta_з = \alpha$, а стрелка истинного положения устанавливается сельсином-приемником *B8*, который электрически связан с сельсином-датчиком руля *B7* (прибор РД). Ротор сельсина *B7* поворачивается на угол β, т. е. находится в механическом соединении с баллером руля.

В схеме авторулевого имеется звуковая сигнализация (ревун *H4*). При автоматическом виде управления (контакты переключателей *S1.13* и *S1.14* в положении *1*) в случае ухода судна с курса на угол более заданного ревун *H4* подает звуковой сигнал. Угол, при котором срабатывает ревун, задается переключателем *S4*. Он имеет четыре фиксированных положения: «Сигнализация выключена», «Отклонение от курса 3°», «Отклонение от курса 6°», «Отклонение от курса 9°». Питание ревуна обеспечивается выпрямительной схемой с диодами *V1* — *V4* через переключатель *S4*, подвижный элемент которого механически связан с сельсином-приемником курса *B2*. Этот ревун *H4* используется для сигнализации о перегрузке насосов рулевой машины (питание подается через диоды *V5* — *V8*). Кнопка *S11* служит для снятия звукового сигнала.

Новый курс в автоматическом режиме задают поворотом штурвала. При этом замыкается контакт *S5*, который через переключатель *S1.10* шунтирует конденсатор *C2* в цепи обратной связи интегрирующего

устройста блока коррекции *БК*. Сигнал U_3 становится равным нулю. Это необходимо для того, чтобы не увеличивалось время выхода судна на заданный курс. С окончанием поворота судна контакт *S5* размыкается и интегрирующее устройство блока *БК* снова начинает вырабатывать сигнал U_3.

При переходе на следящий или простой режим управления контактами *S1.10* конденсатор *C2* шунтируется и аннулируется сигнал U_3, т. е. выполняется сброс интегратора на «нуль». Контакты *S1.9* снимают питание блока коррекции *БК*. Этим достигается прекращение выработки сигналов U_2 и U_3 на время, пока не будет включен автоматический режим управления.

В случае если в автоматическом режиме руль перекладывается на максимальный угол ($\beta = 35°$), срабатывает ограничительный контакт *S8* или *S9* (в зависимости от стороны перекладки руля). Эти контакты, расположенные в рулевом датчике, механически сязаны с баллером руля. При срабатывании контакта *S8* (или *S9*) включается цепь питания реле *K1* (или *K2*), находящегося в усилителе *A1*.

Напряжение ($-U_{п2}$) подается на эти реле от блока питания *БП*. Пока руль перекладывается в допустимых пределах ($\beta < 35°$), оба реле обесточены и их контакты *K1.1* и *K2.1* замкнуты. Диоды *V10* и *V11* зашунтированы контактами реле. Модулятор *M* усилителя *A1* может создавать сигналы как одной фазы (для перекладки руля влево), так и другой (для перекладки руля вправо).

При перекладке руля на максимальный угол ($\beta = 35°$) замыкается контакт *S8* (или *S9*) в приборе РД, и на обмотку реле *K1* (или *K2*) будет подано напряжение $U_{п2}$. Контакт *K1.1* (или *K2.2*) разомкнется, и вместо него начнет действовать диод *V10* (или *V11*). Одна фаза сигнала, обеспечивающая перекладку руля на дальнейшее увеличение угла β (более 35°), вырабатываться не будет. Двигатель *M1* остановится, перекладка руля прекратится.

Если в схеме возникнет сигнал противоположной фазы, то на выходе усилителя появится ток напряжением, обеспечивающим вращение двигателя *M1* на перекладку руля в сторону уменьшения угла β. Контакт *S8* (или *S9*) возвратится в исходное положение, оба реле (*K1* и *K2*) обесточатся, их контакты будут в замкнутом положении. Схема модулятора снова будет способна вырабатывать сигнал или одной, или другой фазы, необходимой для вращения двигателя *M1* и перекладки руля в любую сторону.

В следящем режиме управления все контакты переключателя *S1* занимают положение *2*. При этом:

сельсин-приемник курса *B2* отключается от гирокомпаса и перестает вырабатывать сигнал $U_1 = k_1\alpha$. Вместо него (вращением штурвала) создается сигнал $U_1 = k_1\gamma$;

отключается блок коррекции *БК* и прекращается формирование сигналов U_2 и U_3. При этом интегратор автоматически возвращается в

нулевое состояние, так как его конденсатор *C2* шунтируется контактами *S1.10*;

отключается схема звуковой сигнализации об отклонении судна от заданного курса.

В следящем режиме управление судном осуществляется человеком, который поворачивает штурвал на некоторый угол γ вправо или влево, вырабатывая основной сигнал $U_1 = k_1\gamma$. Сигналы U_4 и U_5 формируются сельсинами *B6* и *B5* так же, как и при автоматическом виде управления. Усилитель *A1*, исполнительный двигатель *M1* и схема ограничения перекладки руля работают без изменения.

При простом режиме управления контакты переключателя *S1* переводят в положение *3*. В этом случае все элементы схемы авторулевого, находящиеся в пульте управления, отключаются. Управляющая обмотка исполнительного двигателя *M1* (прибор *ИМ*) контактами *S1.8* отключается от усилителя *A1*, а контактами *S1.6*, *S1.7*, *S1.11* и *S1.12* подключается к трансформатору *T1*. Кнопки *S6* и *S7* служат для подачи напряжения одной или другой фазы на двигатель *M1*. В этой цепи оказывается включенным ограничительный контакт *S8* (или *S9*). Вращение двигателя *M1* через рулевую машину обеспечивает перекладку руля в нужную сторону.

При нажатии кнопки *S6* («Лево») двигатель *M1* начинает вращаться, и, сжимая пружину нулевого установителя, перемещает (или поворачивает) выходной валик прибора *ИМ2* (*ИМ1*). Золотник насоса рулевой машины смещается в соответствующую сторону и начинается перекладка руля влево от диаметральной плоскости судна. При отпускании кнопки *S6* двигатель *M1* обесточивается, и нулевой установитель возвращает выходной валик прибора *ИМ* и золотник насоса рулевой машины в исходное положение. Перекладка руля прекращается. Для возвращения руля в диаметральную плоскость судна или для перекладки его на другой борт нажимают на кнопку *S7* («Право»).

Для ограничения угла перекладки руля в пределах $\pm$ 35° служат контакты *S8* и *S9*, расположенные в приборе РД. При β = 35° контакт *S8* (или *S9*) срабатывает, двигатель *M1* обесточивается, нулевой установитель возвращает золотник насоса в исходное положение и перекладка руля прекращается.

В простом режиме управления работает аксиометр, показывая только истинное положение руля (β). Стрелка заданного положения ($\beta_з$) руля в этом случае не работает.

В пульте управления имеются три сигнальные лампы *H1*, *H2* и *H3*, подключаемые к источнику питания через резистор *R3*. В зависимости от положения переключателя *S1.4* загорается одна из этих ламп, указывая на режим управления: автоматический, следящий или простой.

В случае неисправности исполнительного двигателя *M1* или его цепей управления можно использовать ручной (аварийный) вид управления. Для этого в приборе *ИМ* имеется рукоятка, с помощью которой

можно вручную перемещать (вращать) выходной валик исполнительного механизма и воздействовать на золотник насоса рулевой машины.

Блок коррекции *БК* предназначен для выработки сигналов $U_2 = k_2\alpha'$ и $U_3 = k_3 \int_0^t \alpha dt$. Сигнал U_2 вырабатывается в дифференцирующем узле *ЭДУ*, а сигнал U_3 — в интегрирующем узле *ЭИУ*. Оба узла, являющиеся электронными устройствами, имеют одинаковые электрические схемы, включающие в себя усилитель постоянного тока *УПТ* и регулируемый ограничитель выходного напряжения *РО*.

Дифференцирование и интегрирование производятся на постоянном токе с помощью конденсаторов *С1* (дифференцирование) и *С3* (интегрирование). Так как сигнал $\sim U_1$, поступающий на общий вход *БК* с сельсина-трансформатора *В3*, имеет вид переменного тока определенной фазы, его необходимо преобразовать в сигнал постоянного тока соответствующей полярности. Для этой цели служит фазочувствительный выпрямитель *ФЧВ*. С выхода выпрямителя *ФЧВ* сигнал постоянного тока $-U_c$ через конденсатор *С1* подается на вход узла *ЭДУ*, а через регулируемый резистор *R3* — на вход узла *ЭИУ*.

Следующий этап обработки сигнала в узлах *ЭДУ* и *ЭИУ* заключается в усилении, которое осуществляется в блоках *УПТ*, где для непосредственного усиления сигнала требуется, чтобы этот сигнал был в форме переменного тока. Поэтому в блоках *УПТ* перед усилителем переменного тока *У* имеется модулятор *М*. Для нормальной работы усилителя *УПТ* требуется иметь обратную связь: в блоке *ЭДУ* через резистор *R1*, а в блоке *ЭИУ* через конденсатор *С3*. На входах блоков *ЭДУ* и *ЭИУ* сигналы постоянного тока, поэтому требуется после усилителей *У* иметь демодуляторы *ДМ*. Тогда на выходе каждого *УПТ* будет усиленный сигнал постоянного тока: в блоке *ЭДУ* — пропорциональный производной от α, а в блоке *ЭИУ* — пропорциональный интегралу от α.

Последняя операция преобразования сигналов осуществляется в блоках регулируемых ограничителей *РО*. Здесь сигналы постоянного тока вновь преобразуются в напряжения переменного тока и попутно проводится регулировка выходных сигналов с ограничением их амплитуды. Выходными элементами узлов *ЭДУ* и *ЭИУ* являются трансформаторы *Т1* и *Т2*, вторичные обмотки которых с сигналами U_2 и U_3 соединены последовательно и являются частью схемы суммирования сигналов авторулевого.

Схемы *ЭДУ* и *ЭИУ* различаются только тем, что в блоке *ЭДУ* конденсатор *С1* включен на входе, а в блоке *ЭИУ* конденсатор *С3* в цепи обратной связи. Благодаря этому на выходе *ЭДУ* сигнал приобретает форму производной от входного напряжения, а на выходе *ЭИУ* — форму интеграла от того же входного напряжения. В итоге с выхода

блока коррекции *БК* снимаются сигналы $\sim U_2 = k_2\alpha'$ и $\sim U_3 = k_3 \int_k^t \alpha dt$.

Резистор *R1* «Регулятор производной», стоящий в цепи обратной связи *ЭДУ*, служит для изменения значения сигнала U_2. Этот регулятор находится на панели прибора *ПУ* и используется в зависимости от степени волнения моря. Регулятор *R3*, расположенный в блоке коррекции (внутри прибора *ПУ*), используется для начальной регулировки авторулевого применительно к данному судну. Он позволяет изменять значение сигнала на входе *ЭИУ* и, следовательно, регулировать скорость интегрирования (степень нарастания сигнала U_3) в пределах от 0 до 0,04°/с.

Все элементы блока *БК* получают ток необходимого для работы напряжения от блока питания *БП*. Силовой трансформатор *БП* подсоединяется к судовой сети через переключатель *S1.9* только в автоматическом режиме. В других режимах схема *БП* обесточена, узлы *ЭДУ* и *ЭИУ* питания не получают, поэтому сигналов U_2 и U_3 нет.

Усилитель *A1* усиливает суммарный сигнал, который с его выхода подается на управляющую обмотку исполнительного двигателя *M1*. Усилитель *A1* состоит из следующих основных частей:

ограничителя больших сигналов (двух встречно включенных диодов *V1* и *V2* и резисторов *R1* и *R2* на входе; резистором *R1* производится начальная регулировка входного сигнала, обеспечивающая нормальную работу усилителя);

предварительного усилителя *ПУ*, состоящего из эмиттерного повторителя и одного усилительного каскада;

двойного преобразователя сигнала, включающего в себя демодулятор *ДМ* и модулятор *М* (эти элементы, диоды *V10* и *V11* и контакты *K1.1* и *K2.1* дают возможность исключать действие одной фазы сигнала при замыкании ограничительного контакта *S8* или *S9* в случае перекладки руля на предельный угол $\beta = 35°$);

усилителя напряжения *УН*, имеющего два каскада усиления;

усилителя мощности, состоящего из двух каскадов усиления, каждый из которых работает по двухтактной схеме;

выходного трансформатора *T4*, вторичная обмотка которого подключена к управляющей обмотке исполнительного двигателя *M1*.

Со специальной обмотки трансформатора *T4* осуществляется обратная связь со входом модулятора *М* через узел обратной связи *УОС*. Блок питания *БП*, подключенный к судовой сети, вырабатывает опорное напряжение переменного тока $\sim U_{оп}$ для работы демодулятора *ДМ* и модулятора *М*, а также постоянного тока напряжения $- U_{п1}$ и $- U_{п2}$ для питания других элементов схемы.

Усилитель *A1* характеризуется следующими основными данными: коэффициент усиления по напряжению 5000, потребляемая мощность 70 Вт, выходная мощность 30 Вт.

9.4. Органы управления и эксплуатация авторулевого

На рис. 9.4 представлен внешний вид пульта управления (прибор *ПУ*) и показаны органы управления и контроля.

Авторулевой включают рукояткой *7* (левой или правой). При этом начинает работать один из насосов рулевой машины и подается питание на все приборы авторулевого. Загорается лампа *6*, сигнализирующая о работе насоса (левого или правого борта).

На верхней панели прибора *ПУ* имеется переключатель *15* для установки одного из трех режимов управления (автоматический, следящий, простой). Для сигнализации о режиме управления служат лампы *16*. Перед выходом судна в рейс нужно проверить работу аторулевого в каждом из этих режимов.

Сначала необходимо установить простой режим управления и выполнить следующие операции:

согласовать репитер *2* с основным прибором гирокомпаса, используя рукоятку *1*;

проверить перекладку руля вправо и влево на максимальный угол (35°), нажимая педали *13*. Контроль осуществляется по стрелке аксиометра *2*;

затем, установив следящий режим, поворотом штурвала *12* вправо (или влево) создают угол перекладки руля 30° (стрелка заданного положения руля): стрелка истинного положения руля должна приходить на тот же отсчет с погрешностью $\pm 2°$. Так же проверяют отработку руля на максимальный угол ($\pm 35°$). Вращая штурвал в противоположную сторону, устанавливают руль в диаметральной плоскости и проверяют работу механического стопора *4*.

Заканчивается проверка авторулевого в автоматическом режиме. При этом необходимо убедиться в том, что блок коррекции работает нормально.

Проверка дифференцирующего узла блока коррекции выполняется в следующем порядке. Регулятор устанавливают в положение «1,0». При этом вырабатывается максимальный сигнал $U_2 = k_2\alpha'$; на время

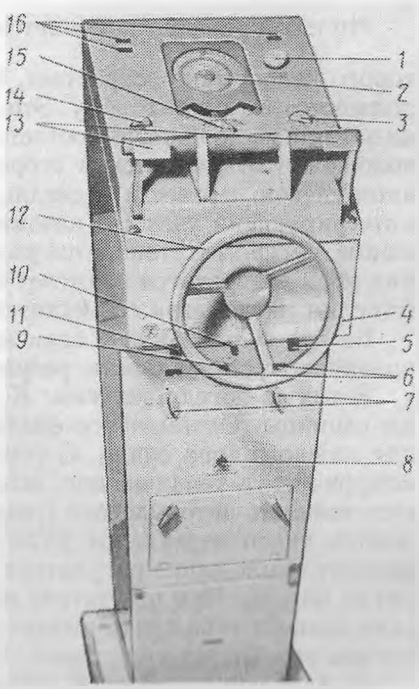


Рис. 9.4

проверки сигнал U_2 создают, вращая вручную валик сельсина *B2* (см. рис. 9.3). Для этого необходимо поднять верхнюю крышку прибора *ПУ*, откинуть механизм, в котором расположен сельсин *B2*, и равномерно вращать ось сельсина, наблюдая по аксиометру *2* (см. рис. 9.4) за перемещением стрелки заданного положения руля. Вследствие того что сигнал U_2 будет иметь большое значение, руль быстро перекладывается на борт, о чем свидетельствует стрелка истинного положения руля, устанавливающаяся на отсчете «35°». Вращение валика сельсина *B2* надо прекратить, когда заданный угол перекладки руля достигнет 15°. Сигнал U_2 исчезнет, так как прекратили вращать сельсин *B2*, и руль должен вернуться (вместе со стрелкой истинного положения руля) на отсчет «15°».

Проверка интегрирующего узла *БК* выполняется следующим образом. Регулятор *14* производной устанавливают в нулевое положение (при этом сигнал U_2 не возникает). При помощи штурвала подвижный индекс в репитере *2* смещают на угол $\alpha = 2°$ вправо от курсовой черты. Этим определяется заданный угол перекладки руля $\beta_з = 2°$. Возникает сигнал $U_1 = k_1\alpha$, под действием которого руль переложится на тот же угол, т. е. $K_{ос} = 1$.

Но одновременно появляется сигнал $U_3 = k_3 \int_0^t \alpha\, dt$, значение которого непрерывно возрастает, благодаря чему перекладка руля продолжается в ту же сторону. Это можно заметить по аксиометру: стрелка заданного положения остается на отсчете «2°», а стрелка истинного положения отклоняется в сторону увеличения отсчета. Если теперь авторулевой перевести в следящий (или простой) режим управления, интегрирующий узел *БК* автоматически сбрасывается в нулевое положение, сигнал U_3 становится равным нулю, стрелка истинного положения руля возвратится на отсчет «2°», т. е. угол β станет равным углу $\beta_з$ (стрелки аксиометра совместятся).

Во время плавания в зависимости от состояния моря необходимо правильно устанавливать регуляторы авторулевого.

В тихую погоду значение $K_{о.с}$ устанавливают, как правило, меньше единицы. Оптимальное значение $K_{о.с}$ определяют опытным путем для каждого типа судна. С усилением волнения моря значение этого коэффициента увеличивают, действуя рукояткой *3*. При этом ухудшается точность авторулевого (увеличивается рыскание судна), зато снижается число перекладок руля и уменьшается нагрузка на рулевую машину. Положение регулятора *14* (сигнал производной) также зависит от погоды. При отсутствии волнения устанавливают максимальный (для данного типа судна) отсчет по шкале ругулятора, а с ухудшением погоды этот отсчет уменьшают. При очень сильной качке регулятор *14* устанавливают на нулевой отсчет.

Переключатель *10*, имеющий два положения («Грубо» и «Точно»), предназначен для ступенчатой регулировки значения суммарного сиг-

нала. В хорошую погоду устанавливают положение «Точно», а в штормовую погоду — положение «Грубо».

В автоматическом режиме подается звуковой сигнал в случае отклонения судна от заданного курса. Значение допустимого отклонения устанавливают переключателем *9*, который имеет несколько фиксированных положений. Первое положение соответствует отключению сигнализации. Звуковой сигнал подается также в случае перегрузки насосов рулевой машины. Для отключения этого сигнала служит кнопка *8*.

На рис. 9.4 показаны потенциометры *5* и *11*, которые предназначены для регулировки подсветки шкал и накала сигнальных ламп.

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ГИРОКОМПАСОВ

1. Выбор места для установки гироазимуткомпаса «Вега» на судне

Работа гироазимуткомпаса на судне определяется не только качеством его изготовления и регулировки, но и правильностью установки. Размещать гирокомпас надо так, чтобы была обеспечена надежность его работы в любых условиях плавания судна.

На работу гирокомпаса оказывают влияние ускорения и вибрации, возникающие при маневрировании, качке и работе судовых механизмов и движителей, а также изменения температуры и влажности окружающего воздуха. Кроме того, на работу гирокомпаса могут влиять и сильные судовые магнитные поля.

Предупреждение: до установки гироазимуткомпаса на судне приборы комплекта необходимо хранить в закрытых отапливаемых помещениях.

Обеспечение динамических условий. Место установки основного прибора гирокомпаса должно быть выбрано так, чтобы инерционные силы, возникающие при маневрировании и качке судна, были наименьшими. Как известно, на судне силы, возникающие при его маневрировании, имеют наименьшее значение в центре поворотливости судна, а силы, возникающие на качке, — в центре качаний. Отсюда ясно, что помещение гирокомпаса (гиропост) должно находиться по возможности ближе к центру тяжести судна, обычно расположенному вблизи этих точек. Во всех случаях желательно размещать основной прибор гирокомпаса в диаметральной плоскости судна. В месте установки основного прибора ВГ-1А гироазимуткомпаса ускорение при качке не должно превышать 2 м/с^2.

Чтобы исключить влияние вибраций на гирокомпас, гиропост должен быть выбран в таком месте на судне, где вибрации корпуса наименьшие. Кроме того, для уменьшения влияния ударных нагрузок вибраций все приборы, входящие в комплект гирокомпаса, надо устанавливать на амортизаторах. Основной прибор, имеющий внутреннюю амортизацию, а также пелорусы гирокомпаса устанавливают непосредственно на деревянных подушках.

Приборы гироазимуткомпаса сохраняют работоспособность при вибрации с частотой 6—50 Гц и ускорением до 15 м/с^2. Эпизодические ударные нагрузки, происходящие от ударов корпуса судна о лед или ударов по нему волн, не отражаются на точности гирокомпаса, однако в некоторых случаях они могут вызывать выпадание из синхронизма дистанционных передач принимающих приборов при ударах с ускорением 120 м/с^2.

Обеспечение магнитных условий. Место для установки основного прибора гирокомпаса на судне должно быть выбрано там, где по возможности отсутствуют сильные магнитные поля, возникающие при работе судового электрооборудования, и где напряженность магнитного поля изменяется в наименьшей степени. Установлено, что горизонтальная составляющая напряженности судового магнитного поля влияет на гирокомпас больше, чем вертикальная.

При установке на судне гироазимуткомпаса «Вега» требуется, чтобы горизонтальная составляющая напряженности магнитного поля в гиропосту не превышала 80 А/м.

Обеспечение температурного режима и влажности. Место для установки того или иного гирокомпаса должно быть выбрано там, где изменения температурного режима наружного воздуха и влажности оказывают на гирокомпас наименьшее влияние.

Обычно приборы гирокомпаса, устанавливаемые на открытых палубах, рассчитаны на работу при температуре окружающего воздуха от —40 до +60 °С, т. е. практически при тех температурах, которые могут встретиться в любых условиях эксплуатации гирокомпаса. Приборы, устанавливаемые в закрытых помещениях судна, рассчитаны на работу при температуре окружающего воздуха от —10 до +50 °С и влажности, не превышающей 98%. Соответственно эти помещения должны быть оборудованы вентиляцией и системами отопления и охлаждения.

Приборы гироазимуткомпаса «Вега» выдерживают без повреждения нагрев до +65 °С и охлаждение — до —50 °С.

Обеспечение удобств пользования и обслуживания. Предусматривается свободный доступ ко всем приборам гирокомпаса в целях наблюдения за их работой, ввода корректуры, выполнения регулировок и необходимого ремонта в случае выхода из строя.

Что касается пелорусов, то необходимо, чтобы было удобно выполнять пеленгование и взятие курсовых углов. Места для установки пелорусов должны по возможности иметь защиту от брызг, затрудняющих работу с компасом в море. Для обеспечения пеленгования при сильном ветре рядом с пелорусами должны быть сделаны ветроотбойники. Другие репитеры, находящиеся в закрытых помещениях, надо устанавливать в положении, наиболее удобном для взятия по ним отсчетов.

Судовое электропитание к гироазимуткомпасу должно подводиться в гиропост от отдельного фидера, к которому, как правило, не подключают другие потребители. Гиропост и помещения, в которых размещены те или иные приборы гироазимуткомпаса, должны быть оборудованы освещением, достаточным для его обслуживания.

Основной прибор и другие приборы гироазимуткомпаса размещают на судне в соответствии с монтажной схемой, входящей в набор технической документации, придаваемой к его комплекту, и схемой размещения приборов на судне. Все работы по установке гироазимуткомпаса на судне должны проводиться только после окончания корпусных, монтажных и других работ, включая отделку помещений.

Пеленгаторные репитеры на пелорусах устанавливают на крыльях ходового мостика или на верхнем мостике так, чтобы был обеспечен наилучший (желательно круговой) обзор при пеленговании ориентиров и светил. Пелорусы должны быть установлены на одинаковом расстоянии от диаметральной плоскости и располагаться не ближе 1 м к магнитному компасу. К палубе пелорус крепят на деревянной подушке толщиной не менее 50 мм.

Каждый пеленгаторный репитер необходимо выставить так, чтобы линия 0—180° его азимутального круга была расположена параллельно диаметральной плоскости судна с погрешностью ±0,25°.

Помещение гиропоста должно быть достаточно просторным, чтобы был свободный доступ ко всем приборам гироазимуткомпаса, установленным в нем. Это помещение должно иметь свободный и удобный вход. Гиропост должен быть обрудован стационарным и переносным электрическим освещением и средствами связи со штурманской рубкой.

Основной прибор в гиропосту устанавливают в диаметральной плоскости судна или в плоскости, ей параллельной.

Прибор ВГ-1А устанавливают на прочном металлическом фундаменте, прикрепленном к палубе. Жесткость фундамента должна быть такой, чтобы амплитуда вибрации на поверхности фундамента не была большей, чем на палубе. Для удобства работы с прибором высота фундамента должна составлять от 0,7 до 1 м. К прибору со всех боковых сторон и сверху оставляют свободный доступ не менее 0,5 м. Передняя панель прибора должна быть обращена к корме.

Судостроительным заводом на фундаменте обязательно должны быть нанесены четкие риски, параллельные диаметральной плоскости судна. Симметрично

этим рискам выполняют отверстия под болты, крепящие прибор. Затем с этими рисками совмещают осевые риски, нанесенные на основании прибора ВГ-1А.

Погрешность установки основного прибора в диаметральной плоскости судна не должна превышать ±0,25°. Гироблок помещают в прибор ВГ-1А непосредственно перед первым включением.

Прибор ВГ-2А и пускатель агрегата питания размещают в одном помещении с прибором ВГ-1А.

Агрегат питания и прибор ДС также желательно расположить недалеко от пускателя и от прибора ВГ-2А, но необходимо учитывать повышенную шумность агрегата и значительный нагрев (до +80 °С) корпуса прибора ДС.

Агрегат питания устанавливают на расстоянии не менее 0,3 м от переборок так, чтобы его продольная ось была параллельна диаметральной плоскости судна. Последнее требование преследует цепь устранить дополнительную нагрузку на подшипники вала, возникающую на качке из-за гироскопического эффекта ротора агрегата.

2. Замена гироблока гироазимуткомпаса

Решение о замене всего гироблока, так же как и о замене усилителей или гиросекции, принимается на основании анализа появившихся у гироазимуткомпаса неисправностей. Заменять гироблок следует только после использования всех других средств, предназначенных для устранения конкретных неисправностей элементов гироузла. Приступать к замене гироблока следует только после выбега гиромотора (минут через 20 после выключения прибора).

Сначала снимают колпак и арретируют горизонтальное установочное кольцо. Арретирование гироблока выполняют следующим образом. Сначала устанавливают штифт, затем ввинчивают стойки. Втулки должны быть надеты на стойки ранее. Подняв обе втулки и прижав их к горизонтальному карданову кольцу, завертывают стопорные винты. Затем отсоединяют два штепсельных разъема гироблока и вывертывают четыре крепежных винта. Гироблок осторожно снимают и временно устанавливают в горизонтальном положении на рабочем столе.

Далее аккуратно извлекают новый гироблок из специальной тары и устанавливают его в карданном подвесе так, чтобы индекс *N* был обращен в сторону уровня. Закрепляют гироблок четырьмя винтами. Старый гироблок помещают в контейнер вместо запасного.

Если судно стоит у причала, то по штатному уровню проверяют балансировку установочного кольца вместе с новым гироблоком. Пузырек уровня не должен выходить за большие риски. Проверяют систему нивелирования гироблока и работу его следящих систем. Выполняют компенсацию дрейфа нового гироблока.

Если замена гироблока выполняется в море, то проверок делать не следует до прихода в порт. Определяется поправка гирокомпаса и учитывается штурманским способом независимо от ее значения.

3. О компенсации дрейфа гироблока в гироазимуткомпасе с интегральной коррекцией

Если гироазимуткомпас не имеет интегратора, то сначала в режиме гироазимута выполняют работы по компенсации дрейфа гироблока и компенсации инструментальных ошибок блока коррекции.

Если прибор имеет интегральную коррекцию, то работы выполняют в следующем порядке.

После комплексного контроля всей схемы гирокомпаса необходимо выставить шкалу широты на широту места и шкалу скорости на нуль, включить прибор в режиме гирокомпаса. Спустя 4—6 ч после прихода гирокомпаса в мери-

диан, когда показания шкалы интегратора установятся на определенном отсчете, надлежит резистором «Дрейф» выполнить компенсацию вредного момента по горизонтальной оси. Компенсация будет завершена, когда шкала интегратора установится на нуль. Для выполнения этой работы требуется значительное время (может быть, и сутки).

Последовательность дальнейших работ для гироазимуткомпаса как с интегральной коррекцией, так и без него одинакова.

4. Замена усилителей, вращающихся трансформаторов, сельсинов и реле

Усилители прибора ВГ-1А заменяют при включенном гироазимуткомпасе. Для этого необходимо открыть соответствующую крышку на боковой стенке прибора ВГ-1А, отдать четыре винта, снять усилитель, поставить новый и закрепить его. Проверить уход прибора в режиме ГА, поправку — в режиме ГК.

Замену усилителя прибора ВГ-3А выполняют без выключения гироазимуткомпаса. После замены усилителя проводят проверку системы трансляции курса.

Вращающиеся трансформаторы и сельсины прибора ВГ-3А заменяют при выключенной схеме. Предварительно записав маркировку проводов, отпаивают их от выводов (при замене вращающихся трансформаторов) или, вывернув винты, отсоединяют их от контактных плат (при замене сельсинов). Снимают шкалы и индексы, мешающие замене машины (извлекать из прибора ВГ-3А механизм редуктора нельзя). Ослабляют винты крепления, сдвигают крепежные накладки, извлекают дефектную машину, снимают с ее оси зубчатое колесо и закрепляют на оси новой машины.

Осторожно устанавливают в редуктор новую машину, следя за зацеплением зубчатого колеса. При установке вращающегося трансформатора выставляют на нуль связанную с ним шкалу и совмещают метку на оси ротора с риской на торце корпуса машины (во избежание установки «ложного» нуля). Кроме того, после восстановления монтажа включают питание и разворотом корпуса машины добиваются, чтобы напряжение, измеренное ламповым милливольтметром на выводах *Р1—Р2* машины, не превышало 50 мВ. При этом шкалы прибора ВГ-3А предварительно устанавливают в положения, указанные в табл. 1.

Таблица 1

Обозначение машины	Шкала		
	«Широта»	«Скорость»	«Курс»
ТрВ1	0	30	90
ТрВ2	0	0	0
ТрВ3	Любое	0	0*
ТрВ4	»	30	0
ТрВ5	»	0	Любое

* При выставке машины *ТрВ3* в приборе ВГ-1А отключают вилки от розеток *Ш3, Ш4* гиросекции и арретируют фиксатором вертикальное карданово кольцо на курсе «0».

При выставке сельсинов добиваются согласования шкал репитеров с курсовыми шкалами прибора ВГ-3А, учитывая, что разворот корпуса сельсина на 36° соответствует изменению показаний шкалы точного отсчета на 0,1°. Для изменения показаний на 0,5° меняют местами провода, идущие к обмотке возбуждения, а для изменения показаний на 0,3° осуществляют «круговую» переброску проводов, идущих к уравнительным обмоткам. Для изменения направления вращения сельсинов-приемников меняют местами два любых провода, идущих к

уравнительным обмоткам. После выставки машин надежно закрепляют их с помощью винтов и накладок.

5. Восстановление блока терморегулирования

При выходе из строя блока терморегулирования, расположенного в приборе ВГ-2А, можно до ремонта указанного блока временно включить резервную схему терморегулирования с использованием термореле Тр-002, размещенного на основании гиросекции. Для этого в приборе ВГ-1А подпаивают ранее отпаянные и изолированные провода к контактам *1* и *4* термореле Тр-002. После подключения термореле проверяют сопротивление термодатчика, при установившейся температуре гироблока определяют и компенсируют уход в режиме ГА. Если в приборе ВГ-1А установлен гироблок ТПГ-6м, а температура в гиропосту поддерживается с помощью кондиционирования, эту операцию можно не выполнять.

После ремонта блока терморегулирования прибора ВГ-2А отпаивают провода с контактов *1* и *4* термореле Тр-002 и изолируют их.

При установке нового блока терморегулирования в прибор ВГ-2А, содержащий трансформатор *Тр6*, предназначенный для схемы обогрева гироблока, в блоке терморегулирования убирают перемычку между контактами *6* и *7*.

6. Замена термореле

Для замены термореле Тр-003, установленного в ТПГ, отпаивают провода от контактов термореле, отвертывают два винта, крепящие термореле к гироблоку, снимают термореле, устанавливают новое и восстанавливают монтаж. Затем проверяют запуск прибора. При этом необходимо убедиться, что напряжение на гнездах «Контроль токов ТПГ» («ЗФ») появляется не позднее чем через 20 мин после включения гироазимуткомпаса.

7. Проверка сопряжения гироазимуткомпаса «Вега» с лагом

Убедиться, что в лаге для связи с гироазимуткомпасом «Вега» установлен датчик типа ВТ-5.

Проверить правильность выставки датчика лага и отрегулировать масштаб сигнала скорости. Для этого включить гироазимуткомпас и с помощью ампервольтметра измерить в приборе ВГ-3А напряжение на контактах *С1* и *С2* машины *ТрВ4* при установке шкалы «Скорость» прибора ВГ-3А на отсчет «10 уз». Затем установить шкалу «Скорость» прибора ВГ-3А на нуль и вновь измерить напряжение на указанных выше контактах при установке шкалы лага на отсчет «10 уз». Значение напряжения, поступающего от лага, не должно отличаться от значения при ручном вводе скорости более чем на 0,2 В. Следует повторить проверку при вводе от лага и вручную скорости 20 уз.

Проверить правильность выработки сигнала скоростной коррекции при вводе скорости от лага. Для этого:

а) привести гироазимуткомпас в меридиан и выдержать его в режиме ГК не менее 3 ч при установке шкал «Скорость» прибора ВГ-3А и лага на нуль, а шкалы «Широта» прибора ВГ-3А — на широту места. Определить компасный пеленг $КП_1$ любого отдаленного ориентира;

б) после определения компасного пеленга $КП_1$ открыть крышку прибора ВГ-3А, установить переключатель «След. сист.» в положение «Откл.», вращая рукоятку сельсина *СС2*, установить в лаге скорость 20 уз. После выдержки прибора в режиме не менее 3 ч включить переключатель «След. сист.» и быстро (не позднее чем через 3 мин) определить $КП_2$. Если разность $КП_2 — КП_1$ положительна, то необходимо поменять местами провода на контактах *Р1* и *Р2* датчика лага.

8. Проверка сопротивления изоляции схемы гирокомпаса «Курс-4»

Ставят переключатель ускоренного приведения в рабочее положение, отсоединяют рабочие концы на столе прибора 1М от контактов *27, 28, 29, 30, 31* и *55* (или отсоединяют соответствующий штепсельный разъем), открывают крышки приборов 15А, 4Д и агрегата, присоединяют к защищенной оболочке кабеля или к сальнику один конец мегаомметра, а другим поочередно касаются контактов указанных приборов. Мегаомметр дает правильные показания при частоте вращения рукоятки 120 об/мин. Переключатель мегаомметра, как правило, устанавливается в положение «МΩ», а при низком сопротивлении — в положение «kΩ». При обнаружении в схеме низкого сопротивления изоляции (менее 1 МΩ) путем последовательного удаления предохранителей находят и устраняют поврежденный участок изоляции.

9. Критерии состояния поддерживающей жидкости и чувствительного элемента гирокомпаса «Курс-4»

Основным признаком, указывающим на необходимость замены поддерживающей жидкости, является увеличение силы трехфазного тока (см. амперметры прибора 4Д) выше верхнего допустимого предела. Указанный факт является неизбежным, так как электропроводность жидкости применяемого состава с течением времени возрастает. Отличительным (необязательным) признаком является изменение внешнего вида жидкости (ее цвета), появление сгустков. Срок службы жидкости (3000 ч) является лишь ориентировочным показателем.

Единственным фактором, указывающим на необходимость замены чувствительного элемента, является выход его из строя (независимо от количества проработанных часов по сравнению с гарантийным сроком службы).

Если необходимость замены поддерживающей жидкости по срокам примерно совпадает с заходом в советский порт, то следует воспользоваться возможностью замены жидкости в базовой электрорадионавигационной камере. Для этого необходимо заблаговременно с моря дать радиограмму в адрес пароходства.

10. Определение зоны нечувствительности гирокомпаса

Зона нечувствительности гирокомпаса определяется порогами чувствительности следящей системы и гироскопического элемента. Международные требования определяют предельное значение зоны нечувствительности гироскопических элементов до широты 60°. Оно должно быть менее 0,7°. Очевидно, что зона нечувствительности гирокомпаса на экваторе будет равна 0,35°, а в любой другой широте

$$\varepsilon_{\text{п}} \leqslant 0{,}35^\circ \sec \varphi.$$

Предельное значение порога чувствительности следящих систем при полной нагрузке системы трансляции курса для отечественных гирокомпасов не должно превышать $\varepsilon_{\text{с}} \leqslant 0{,}2^\circ$.

Следовательно, зона нечувствительности гирокомпаса в целом определяется формулой

$$\varepsilon = \sqrt{(0{,}35^\circ \sec \varphi)^2 + (0{,}2)^2}.$$

Для практического определения зоны нечувствительности гирокомпаса необходимо после прихода гирокомпаса в меридиан сначала убедиться, что порог чувствительности следящей системы гирокомпаса при полной нагрузке системы

трансляции курса менее 0,2°, а затем через 15—20-минутные интервалы в течение периода незатухающих колебаний брать пеленги отдаленного ориентира. Выбрав из полученной серии два экстремальных значения пеленга, рассчитать зону нечувствительности гирокомпаса для данной широты φ по формуле

$$\varepsilon = КП_{э2} - КП_{э2}.$$

В рейсе значение зоны нечувствительности ε должно использоваться судоводителем для оценки стабильности поправки гирокомпаса. Разброс поправок гирокомпаса при движении судна с постоянной скоростью должен находиться в пределах зоны нечувствительности гирокомпаса, приведенной к широте наблюдений.

11. Определение поправки гирокомпаса

Если выставка центрального прибора гирокомпаса и пелорусов по отношению к диаметральной плоскости судна не произведена, то судоводитель должен различать два вида поправки гирокомпаса:

поправку гирокомпаса для курса (зависит только от неточности выставки центрального прибора по отношению к диаметральной плоскости судна) — одинакова для всех репитеров;

поправку гирокомпаса для пеленга (зависит от неточности выставки центрального прибора, так и пелоруса) — индивидуальна для репитера каждого пелоруса.

Контроль значения поправок гирокомпаса как для курса, так и для пеленга должен производиться на стоянке перед выходом судна в море и на ходу судна, если это возможно, два раза в сутки.

На стоянке контроль значения поправки гирокомпаса для пеленга осуществляется раздельно для каждого пелоруса путем пеленгования ориентиров, истинные пеленги которых могут быть сняты с карты.

Поправка гирокомпаса для курса в этих условиях может быть определена только по курсу, который соответствует азимуту причала, к которому судно пришвартовано. Поскольку точность нанесения на карту линии причала не всегда достаточна для рассматриваемой цели, данный способ следует считать приближенным.

На ходу судна определение поправки гирокомпаса должно выполняться при условии, что судно не менее 1,5—2 ч следует неизменным курсом и с неизменной скоростью. При этом определение поправки гирокомпаса для пеленга (индивидуально для каждого пелоруса) целесообразнее всего производить по азимуту подходящих светил. Определение поправки гирокомпаса для курса лучше всего производить на основе сопоставления значения курса по репитеру гирокомпаса с азимутом Солнца (звезды), рассчитанным для момента времени, когда глаз наблюдателя, стоящего на линии диаметральной плоскости судна, зафиксирует вертикальный диаметр Солнца (звезду) в створе с вертикальным штоком, например штыревой антеной, также расположенным в диаметральной плоскости судна на расстоянии не менее 50 м от наблюдателя.

Использование навигационных створов для целей определения поправки гирокомпаса для курса при движении судна может обеспечить приемлемую точность только в том случае, если судно в предшествующие 1,5—2 ч не совершало существенных маневров, вызывающих появление инерционных девиаций в показаниях гирокомпаса.

Определение поправки гирокомпаса для курса и пеленга по береговым ориентирам допустимо лишь тогда, когда точность определения места судна достаточна для определения поправки гирокомпаса требуемой погрешностью (±0,25°).

Барский О. И., Тарасов С. Ф., Утенков А. М. Влияние случайного рыскания судна на точность измерения угловой скорости поворота // Тр. ЦНИИМФ. 1984. Вып. 291. С. 29—32.

Воронов В. В. Перфильев В. К., Яловенко А. В. Атлас электронавигационных приборов. М.: Транспорт, 1973. 124 с.

Воронов В. В., Филипченко В. Г., Яловенко А. В. Гидродинамический лаг МГЛ-25. М.: Рекламинформбюро ММФ, 1975. 36 с.

Воронов В. В., Филипченко В. Г., Яловенко А. В. Индукционный лаг ИЭЛ-2. М.: Рекламинформбюро ММФ, 1976. 34 с.

Воронов В. В., Филипченко В. Г., Яловенко А. В. Эксплуатация индукционного лага ИЭЛ-2. М.: ЦРИА «Морфлот», 1978. 20 с.

Воронов В. В., Филипченко В. Г., Яловенко А. В. Навигационный эхолот М-3Б.М.: В/О «Мортехинформреклама», 1983. 32 с.

Воронов В. В., Филипченко В. Г., Яловенко А. В. Индукционный лаг ИЭЛ-2М.М.: В/О «Мортехинформреклама», 1984. 40 с.

Горохов И. В., Утенков А. М. Навигационные гиротахометры и их применение в судовождении. М.: В/О «Мортехинформреклама», 1987. 27 с.

Коган В. М., Чичинадзе М. В. Судовой гироазимуткомпас «Вега». М.: Транспорт, 1983. 200 с.

Наставление по организации штурманской службы на судах Министерства морского флота Союза ССР (НШС—82). М.: ЦРИА «Морфлот», 1982. 60 с.

Правила техники безопасности на судах морского флота (РД 31.81.10—75). М.: В/О «Мортехинформреклама», 1985. 288 с.

Правила технической эксплуатации судовой электрорадионавигационной аппаратуры (РД 31.65.05—83). М.: В/О «Мортехинформреклама», 1984. 33 с.

Судовые измерители скорости /А. А. Хребтов и др. Л.: Судостроение, 1978. 286 с.

Судовые эхолоты/А.А. Хребтов и др. Л.: Судостроение, 1982. 232 с.

Эксплуатация электронавигационных приборов на морских судах/ И. А. Блинов и др. М.: Транспорт, 1976. 248 с.

Электронавигационные приборы/И. А. Блинов и др. 4-е изд. М.: Транспорт, 1980. 439 с.

В указатель включены научные и технические термины и понятия. Все они расположены по алфавиту первого слова. Знаки тире заменяют повторяющиеся начальные слова. Цифры — номера страниц.

Аварийное выключение гироазимуткомпаса «Вега» в море 152
Авторулевой «Аист»:
состав комплекта 303, 304 (рис. 9.1)
технические данные 304
Агрегат питания гирокомпаса «Курс-4» 82
Азимут-мотор 59, 60 (рис. 2.13)
Аналоговый репитер гиротахометра «Галс» *см.* Прибор Р5 гиротахометра «Галс»
Антенна гидроакустическая эхолота НЭЛ М-3Б *см.* Прибор 1 эхолота НЭЛ М-3Б
Антенны эхолота НЭЛ-5:
излучающая 240 (рис. 7.1)
принимающая 240 (рис. 7.1)

Блок коррекции авторулевого «Аист» 313
— питания гиротахометра «Галс» 173
— посылок эхолота НЭЛ-5 248 (рис 7.3)
— предварительного усилителя лага ИЭЛ-2М 203, 204, 205 (рис. 6.4)
— управления корректором прибора 34А 69, 70, 71 (рис. 2.23, 2.24, 2.25)
— — лага ИЭЛ-2М 213, 214 (рис. 6.14)
— усилителя измерительного канала лага ИЭЛ-2М 203, 204 (рис. 6.4)
— — опорного канала лага ИЭЛ-2М 205 (рис. 6.4)

Ввод нелинейной поправки с помощью корректора:
в показания лага ИЭЛ-2 233, 234, 235, 236, 237, 238, 239
— — — ИЭЛ-2М 219, 220, 221, 222, 223

Ведомость заказа 38
— отчетной документации 38
Включение эхолота НЭЛ М-3Б 288
— авторулевого «Аист» 315 (рис. 9.4)
Вращающиеся трансформаторы:
линейный 10, 11 (рис. 1.11)
построительный со следящим приводом 12 (рис. 1.14)
синусно-косинусный 10, 11, 13 (рис. 1.10, 1.13)
тангенсный 11
Вспомогательные приборы гироазимуткомпаса «Вега» 117 (рис. 3.1)

Гироазимуткомпас «Вега»:
размещение приборов 148, 149
состав комплекта 115, 116
технические данные 115
Гироазимуткомпас для судов арктического плавания:
модернизация 166, 167 (рис. 3.21)
принцип действия схемы интегральной коррекции 164, 165 (рис. 3.19)
— формирования корректирующего сигнала, пропорционального скорости судна вдоль параллели 165, 166 (рис. 3.20)
Гироблок гироазимуткомпаса «Вега» 125, 126
Гирокомпас «Курс-4»:
блок питания 46
комплект запасных частей, инструментов, принадлежностей 46
размещение приборов 89, 90
сигнальная система 46
система курсоуказания 46
состав комплекта 43
технические данные 43
Гирокомпас с косвенным управлением:

колебания затухающие 119 (рис. 3.2)
— незатухающие 118, 119 (рис. 3.2)
Гирокомпасы, международные требования к установке на судах 27, 28
Гиромоторы гирокомпаса «Курс-4» 49, 50, 51
Гиросекция гироазимуткомпаса «Вега» 128, 129 (рис. 3.10—3.12)
— гиротахометра «Галс» 169, 170
Гиросфера гироазимуткомпаса «Вега» 121, 122, 125, 126 (рис. 3.4)
— гирокомпаса «Курс-4» 46, 47, 48, 49
Гиротахометр «Галс»:
размещение 175
состав комплекта 168
технические данные 168
эксплуатация 175

Двигатели:
двухфазный асинхронный 6 (рис. 1.4)
однофазный синхронный 7 (рис. 1.5)
Девиация магнитного компаса:
определение остаточной 193
уничтожение креновой 194, 197
— полукруговой на четырех главных магнитных курсах *см.* Эри способ; Колонга способ
Демодуляторы 21
Диоды:
выпрямительные 13
импульсные 13
сверхвысокочастотные 13
туннельные 14
универсальные 13
управляемые переключающие *см.* Тиристоры
условное буквенно-цифровое обозначение 14, 15

Загрузка чувствительного элемента гирокомпаса «Курс-4» 106, 107
Защитное устройство гирокомпаса «Курс-4» 64 (рис. 2.19)

Измерение активной составляющей полного электрического сопротивления гидроакустической антенны эхолота НЭЛ М-3Б 297, 298 (рис. 8.27)
— глубины эхолотом НЭЛ М-3Б 289
— длительности импульса мультивибратора ВАРУ эхолота НЭЛ М-3Б 293
— — — — гашения нуля эхолота НЭЛ М-3Б 293
— — — — задержки нуля эхолота НЭЛ М-3Б 292
— — — посылки эхолота НЭЛ М-3Б 292
— емкости гидроакустической антенны эхолота НЭЛ М-3Б 298
— максимальной мощности импульса, поступающего на гидроакустическую антенну эхолота НЭЛ М-3Б 292, 293
— сопротивления в цепи заземления корпуса гидроакустической антенны эхолота НЭЛ М-3Б 292
— — изоляции эхолота НЭЛ М-3Б 291, 292
— уровня собственных шумов предварительного усилителя эхолота НЭЛ М-3Б 295, 296
Индикатор горизонта гироазимуткомпаса «Вега» 117, 118 (рис. 3.2)
Индикаторы угловой скорости, международные требования к установке на судах 28, 29
Индукционный преобразователь *см.* Прибор 9 лага ИЭЛ-2М
Инструкция по распаковке чувствительного элемента гирокомпаса 39
— — регулировке и обслуживанию приборов 39
— — установке приборов 39
Интегральные микросхемы:
аналоговые 21
условное обозначение 22
цифроаналоговые 22
цифровые 22
Исполнительный механизм авторулевого «Аист» 303

Кабельная коробка эхолота НЭЛ М-3Б *см.* Прибор Я эхолота НЭЛ М-3Б
Кабельные коробки эхолота НЭЛ-5 240 (рис. 7.1)
Калибровка лага ИЭЛ-2 232, 233
— — ИЭЛ-2М 215, 216
Карданов подвес 54 (рис. 2.9)
Катушка электромагнитного «дутья» 47
Квадратурная помеха 200, 204 (рис. 6.5)
Кинематические схемы, документация 39
Колонга способ 193
— дефлектор 190, 191, 192 (рис. 5.10)

Контроль масштабирования лага ИЭЛ-2 233
— — — ИЭЛ-2М 217
Коробка с защитными устройствами гирокомпаса «Курс-4» *см.* Прибор ЗУ гирокомпаса «Курс-4»
Корректируемый гирокомпас 117
Корректор лага ИЭЛ-2 230
— скоростной девиации гирокомпаса «Курс-4»:
введение поправки на скоростную погрешность 66
кинематическая схема 65, 66 (рис. 2.21)
электрическая цепь 87, 88 (рис. 2.36)
Курсовое перо 70, 71 (рис. 2.24)
Курсограф гироазимуткомпаса «Вега» *см.* Прибор 23Т гироазимуткомпаса «Вега»
— прибора 34А 71, 72, 73 (рис. 2.24)
— — 34П 75

Лаг ИЛ-2М:
состав комплекта 198, 199 (рис. 6.1)
технические данные 199
Лентопротяжный механизм курсографа прибора 34А гирокомпаса «Курс-4» 71 (рис. 2.24)
Линейный вращающийся трансформатор 10 (рис. 1.11)
Линия судового однофазного тока напряжением 110 В, частотой 50 Гц электрической схемы гирокомпаса «Курс-4» 83, 84, 85, 86, 87, 88 (рис. 2.36)
— трехфазного тока напряжением 220 В, частотой 50 Гц электрической схемы гирокомпаса «Курс-4» 83 (рис. 2.36)
— трехфазного тока напряжением 120 В, частотой 330 Гц электрической схемы гирокомпаса «Курс-4» 88, 89 (рис. 2.36)

Магнитные компасы, международные требования к установке на судах 32, 33
Магнитный компас КМ-145:
состав комплекта 179, 180 (рис. 5.5)
технические данные 180
Масштабирование лага ИЭЛ-2 233
— — ИЭЛ-2М 217, 218, 219
Модуляторы 21
Мультивибраторы:
определение 25
работа в ждущем режиме 26
— — режиме синхронизации 26

Наблюдение за работой гироазимуткомпаса «Вега» в рейсе 151, 152
— — — гирокомпаса «Курс-4» в рейсе 96
Навигационное обслуживание гироазимуткомпаса «Вега» 157, 158, 159
— — гирокомпаса «Курс-4» 108—110
Нактоуз 53, 54 (рис. 2.9)
Неисправности гироазимуткомпаса
— гирокомпаса «Курс-4» 111—114
— эхолота НЭЛ М-3Б 299, 300, 301, 302
Нуль-орган 205 (рис. 6.4)

Обслуживание гирокомпаса «Курс-4» 90, 91
Оптический репитер магнитного компаса КМ-145-8 *см.* Прибор 54 магнитного компаса КМ-145-8
Основной прибор гиротахометра «Вега» 160—163
Вега» *см.* Прибор ВГ-1А гироазимуткомпаса «Вега»
— — гирокомпаса «Курс-4»:
внешние части, неподвижные относительно судна 53, 54, 55, 56
разборка 104
Основной прибор гироазимуткомпаса «Галс» *см.* Прибор Т4 гиротахометра «Галс»
— — магнитного компаса КМ-145-8 *см.* Прибор 52 магнитного компаса КМ-145-8
Остановка гироазимуткомпаса «Вега» 152
— гирокомпаса «Курс-4» 96

Пеленгаторы:
оптический ПГК-2 63 (рис. 2.18)
устройство 63 (рис. 2.17)
Пелорус *см.* Прибор 20А гирокомпаса «Курс-4»
Переключатель пультов авторулевого «Аист» 303 (рис. 9.1)
Плата питания гиромотора гиротахометра «Галс» 170, 172
— преобразователя напряжение — код гиротахометра «Галс» 172, 173
— управления и сигнализации гиротахометра «Галс» 172
Подготовка гироазимуткомпаса «Вега» к пуску 149, 150, 151

Поддерживающая жидкость 105, 106
Поиск неисправностей эхолота НЭЛ М-3Б 298, 299, 300, 301, 302
Помощь при поражении электрическим током 37, 38
Правила безопасности при эксплуатации:
гидравлического лага 36, 37
гирокомпаса 37
эхолота 36
Преобразователь время — цифра лага ИЭЛ-2 228, 229, 230 (рис. 6.21)
— — — — ИЭЛ-2М 208, 209 (рис. 6.8)
— напряжение — время лага ИЭЛ-2М 205, 206, 207, 208 (рис. 6.6)
Прибор ВГ-1А гироазимуткомпаса «Вега» 115, 116, 129, 130 (рис. 3.13)
— ВГ-2А гироазимуткомпаса «Вега» 116, 135, 136, 137 (рис. 3.17)
— ВГ-3А гироазимуткомпаса «Вега» 116, 117, 132, 133, 134 (рис. 3.15)
— Р эхолота НЭЛ М-3Б 257
— Р5 гиротахометра «Галс» 173, 174, 175 (рис. 4.3)
— Р6 гиротахометра «Галс» 175 (рис. 4.5)
— сигнализации глубины эхолота НЭЛ М-3Б *см.* Прибор 4Г эхолота НЭЛ М-3Б
— Т4 гиротахометра «Галс» 169 (рис. 4.2)
— Х29 гиротахометра «Галс» 175
— Я эхолота НЭЛ М-3Б 287 (рис. 8.23)
— 1 лага ИЭЛ-2М 198
— 1 эхолота НЭЛ М-3Б 256, 286, 287 (рис. 8.21, 8.22)
— 3 лага ИЭЛ-2 232, 233 (рис. 6.25)
— — — ИЭЛ-2М 198, 212, 213 (рис. 6.13)
— — магнитного компаса КМ-145-8 179, 186 (рис. 5.4)
— 3А магнитного компаса КМ-145-8 186 (рис. 5.9)
— 3Б магнитного компаса КМ-145-8 186
— 3У гирокомпаса «Курс-4» 63 (рис. 2.19)
— 4 эхолота НЭЛ М-3Б 274, 275, 276, 278 (рис. 8.8—8.11)
— 4Б эхолота НЭЛ М-3Б 278, 279 (рис. 8.12, 8.13)
— 4Г эхолота НЭЛ М-3Б 284, 285 (рис. 8.19, 8.20)
— 4Д гирокомпаса «Курс-4» 80, 81, 82 (рис. 2.34)
— 5 лага ИЭЛ-2М 199
— 6 лага ИЭЛ-2 230, 231 (рис. 6.23, 6.24)
— — — ИЭЛ-2М 198, 210, 211 (рис. 6.11, 6.12)
— 9 лага ИЭЛ-2М 198, 209, 210 (рис. 6.9)
— 9Б гирокомпаса «Курс-4» 57, 58 (рис. 2.11)
— 10М гирокомпаса «Курс-4» 82, 83 (рис. 2.35)
— 11 эхолота НЭЛ М-3Б 281 (рис. 8.16)
— 12М гирокомпаса «Курс-4» 79, 80 (рис. 2.33)
— 15А гирокомпаса «Курс-4» 64
— 16 эхолота НЭЛ М-3Б 281, 282, 283, 284 (рис. 8.17)
— 16А эхолота НЭЛ М-3Б 280, 281 (рис. 8.14)
— 19А гирокомпаса «Курс-4» 61, 62 (рис. 2.15)
— 20А гирокомпаса «Курс-4» 61 (рис. 2.14)
— 23Т гироазимуткомпаса «Вега» 135
— 29 лага ИЭЛ-2М 198, 210 (рис. 6.10)
— 34А гирокомпаса «Курс-4» 68, 69, 70, 71, 72, 73 (рис. 2.22, 2.23)
— 34П гирокомпаса «Курс-4» 73, 74, 75 (рис. 2.27)
— 38А гирокомпаса «Курс-4» 62
— 50 магнитного компаса КМ-145-8 185, 186 (рис. 5.8)
— 52 магнитного компаса КМ-145-8 182, 183, 184 (рис. 5.6)
— 54 магнитного компаса КМ-145-8 180 (рис. 5.4)
— 59 лага ИЭЛ-2М 199
— 119 лага ИЭЛ-2М 199
— сигнализации глубины эхолота НЭЛ М-3Б *см.* Прибор 4Г эхолота НЭЛ М-3Б
Приборы питания магнитного компаса КМ-145-8 *см.* Прибор 3А магнитного компаса КМ-145-8; Прибор 3Б магнитного компаса КМ-145-8
Приведение в меридиан чувствительного элемента:
гироазимуткомпаса «Вега» 151
гирокомпаса «Курс-4» 75, 76, 95
Приемка приборов на судне 41, 42
Приемно-передающее устройство эхолота НЭЛ М-3Б *см.* Прибор 16 эхолота НЭЛ М-3Б

Принципиальная электрическая схема гироазимуткомпаса «Вега»:
функционирование в режиме «Гироазимут» 148 (рис. 3.18)
— — — «Гирокомпас» 146, 147 (рис. 3.18)
— — — «Подготовка» 137, 138, 139, 140 (рис. 3.18)
— схемы двухканальной системы косвенного управления чувствительным элементом 145, 146 (рис. 3.18)
Приспособление для погашения незатухающих колебаний гирокомпаса «Курс-4» 51 (рис. 2.5)
Проверка агрегата АМГ-201 97, 98
— гироблока гироазимуткомпаса «Вега» 153
— действия помпы прибора 1М гирокомпаса «Курс-4» 101
— — прибора 34А гирокомпаса «Курс-4» 99, 100
— — — 34П гирокомпаса «Курс-4» 100, 101
— — системы охлаждения гирокомпаса «Курс-4» 102
— — часов лентопротяжного механизма гирокомпаса «Курс-4» 104
— зазора в контактных группах:
самописца эхолота НЭЛ-5 253
указателя эхолота НЭЛ-5 253
Проверка записывающего устройства самописца эхолота НЭЛ-5 254
— знаний специалиста по эксплуатации технических средств судовождения 41
— индикатора положения чувствительного элемента гирокомпаса «Курс-4» по высоте 103, 104
— линии сигнальных ламп «Отклонение температуры» гирокомпаса «Курс-4» 101
— — — — «Отклонение тока» гирокомпаса «Курс-4» 98
— — — — «Рассогласование следящей системы» гирокомпаса «Курс-4» 99
— момента срабатывания контактных групп:
самописца эхолота НЭЛ-5 253
указателя эхолота НЭЛ-5 253
Проверка ориентации основного прибора гирокомпаса «Курс-4» относительно диаметральной плоскости судна 104
— работоспособности магнитного компаса УКП-М 177
— работы авторулевого «Аист» 315
— — схемы ВАРУ эхолота НЭЛ М-3Б 296, 297
— репитерной системы гироазимуткомпаса «Вега» 156
— системы трансляции курса гироазимуткомпаса «Вега» 154
— следящей системы гирокомпаса «Курс-4» 98, 99
— смещения на детекторе предварительного усилителя эхолота НЭЛ М-3Б 294
— совместного действия корректора и прибора 34А гирокомпаса «Курс-4» 100
— сопротивления изоляции гироазимуткомпаса «Вега» 153
— схемы нивелирования гироскопа гироазимуткомпаса «Вега» 155
— — питания и запуска гироскопа гироазимуткомпаса «Вега» 154, 155
— — приведения гироазимуткомпаса «Вега» 155
— — терморегулирования гироазимуткомпаса «Вега» 155
— технического состояния эхолота НЭЛ М-3Б 289, 290, 291
— узлов блока коррекции авторулевого «Аист»:
дифференцирующего 315, 316
интегрирующего 316
Проверка частоты вращения двигателя самописца и указателя эхолота НЭЛ-5 253
— чувствительности видеоусилителя эхолота НЭЛ М-3Б 294, 295
— — предварительного усилителя эхолота НЭЛ М-3Б на частоте 100 кГц 293, 294
— — усилителя записи эхолота НЭЛ М-3Б 295
— эхолота НЭЛ М-3Б 288
Пульт управления авторулевого «Аист» 303 (рис. 9.1)
— — цифрового указателя глубины эхолота НЭЛ М-3Б *см.* Прибор 4Б эхолота НЭЛ М-3Б
— следящего управления авторулевого «Аист» 303 (рис. 9.1)
Пуск гироазимуткомпаса «Вега» 150, 151
— гирокомпаса «Курс-4» 91—95
Пусковой прибор гирокомпаса «Курс-4» *см.* Прибор 4Д гирокомпаса «Курс-4»
Путевые компасы, международные требования к установке на судах 33

Разветвительные коробки *см.* Прибор 15А гирокомпаса «Курс-4»
Разделительный конденсатор 19
Регулировка записывающего устройства самописца эхолота НЭЛ-5 254
— лага ИЭЛ-2 на мерной линии 233, 234, 235, 236, 237, 238, 239
— — ИЭЛ-2М на мерной линии 217, 218, 219
— ориентации основного прибора гирокомпаса «Курс-4» относительно диаметральной плоскости судна 104
— положения гиросферы гирокомпаса «Курс-4» по высоте 102, 103
— самописца эхолота НЭЛ М-3Б 289, 290, 291 (рис. 8.24)
— усилителя эхолота НЭЛ-5 254
— частоты вращения двигателя самописца и указателя эхолота НЭЛ-5 253
Регулировочное устройство магнитного компаса КМ-145-8 *см.* Прибор 3 магнитного компаса КМ-145-8
Регуляторы авторулевого «Аист», установка 316
Режимы работы авторулевого «Аист»:
автоматический 304, 305, 306, 309, 310 (рис. 9.2)
простой 307, 311, 312 (рис. 9.2)
следящий 306 (рис. 9.2)
Резервуар для поддерживающей жидкости 54
Реле электромагнитные 4 (рис. 1.2)
Репитер для курсоуказания *см.* Прибор 38А гирокомпаса «Курс-4»
— — пеленгования *см.* Прибор 19Л гирокомпаса «Курс-4»
— прибора 34А гирокомпаса «Курс-4» 71, 72, 73
Рулевой датчик авторулевого «Аист» 304 (рис. 9.1)
RC-каскад 18, 19

Самописцы:
эхолота НЭЛ М-3Б *см.* Прибор 4 эхолота НЭЛ М-3Б
— НЭЛ-5 251, 252 (рис. 7.9)
Сельсины:
бесконтактные 8 (рис. 1.7)
контактные 7 (рис. 1.6)
схема соединения в индикаторной синхронной передаче 9 (рис. 1.8)
— — — силовой дистанционной передаче 9, 10 (рис. 1.9)
Сигнальный прибор гирокомпаса «Курс-4» *см.* Прибор 10М гирокомпаса «Курс-4»
Система косвенного управления свободным гироскопом гироазимуткомпаса «Вега» 122, 123, 124
— термостабилизации чувствительного элемента гироазимуткомпаса «Вега» 132
Системы охлаждения гирокомпаса «Курс-4»:
общие сведения 46
с механическим терморегулятором 78, 79 (рис. 2.32)
— ртутным термоконтактором 76, 77, 78 (рис. 2.30)
Следящая система гироазимуткомпаса «Вега» 130, 131, 132 (рис. 3.14)
— — гирокомпаса «Курс-4»:
датчик сигнала 58 (рис. 2.12)
исполнительный двигатель 60 (рис. 2.13)
обратная связь 59 (рис. 2.12)
усилитель 59 (рис. 2.13)
Следящая сфера гироазимуткомпаса «Вега» 126 (рис. 3.7)
— — гирокомпаса «Курс-4»:
крепление к столу основного прибора 53 (рис. 2.7)
стержни 52, 53 (рис. 2.7)
чаши 51, 52 (рис. 2.7)
электрическая схема 53 (рис. 2.8)
электроды 52 (рис. 2.7)
Следящий элемент гироазимуткомпаса «Вега» *см.* Следящая сфера гироазимуткомпаса «Вега»
Стабилитроны 13
Судовые помещения:
без повышенной опасности 34
особо опасные 34
с повышенной опасностью 33, 34

Технические условия на сдачу приборов 39
Технический формуляр агрегата питания 39
— — прибора 38
Техническое описание агрегата питания 39
— — прибора 38
Тиристоры 14
Токовый сигнализатор 82
Транзисторный ключ 23 (рис. 1.24)
Транзисторы:
биполярный 17 (рис. 1.16)
классификация по мощности 16
— — частоте 16
полевой 17, 18 (рис. 1.18)
условное обозначение 16, 17
Транзисторы, варианты включения:
с общей базой 15, 16 (рис. 1.17)

— общим коллектором 16 (рис. 1.17)
— — эмиттером 16 (рис. 1.17)
Трансляционно-усилительный прибор гирокомпаса «Курс-4» *см.* Прибор 9Б гирокомпаса «Курс-4»
Трансформаторный каскад 19 (рис. 1.20)
Триггеры:
запуск раздельный 24 (рис. 1.25)
— счетный 24
определение 23
Т-триггер 24
условное обозначение 25
JK-триггер 24 (рис. 1.26)
RS-триггер 24
Туннельный эффект 14

Указатели пройденного расстояния, международные требования к установке на судах 31, 32
— скорости, международные требования к установке на судах 31, 32
— — прибора 34П 74
Указатель эхолота НЭЛ-5 249, 250, 251 (рис. 7.7, 7.8)
Усилители электронные:
видеоусилители *см.* Усилители электронные: импульсные избирательные 20
резонансные *см.* Усилители электронные: избирательные фазочувствительные 20, 21 (рис. 1.21)
Усилитель эхолота НЭЛ-5 249, 254 (рис. 7.5)
Усилительные дроссели 5 (рис. 1.3)
Ускоренное приведение чувствительного элемента гироазимуткомпаса «Вега» в меридиан 151
Установка рабочего нуля в схеме лага ИЭЛ-2М 216

Фильтр эхолота НЭЛ-5 252 (рис. 7.1)
Фотодиод 14
Функциональная схема лага ИЭЛ-2, аналоговая часть 227, 228
— — — ИЭЛ-2М, аналоговая часть 201, 202, 203, 204, 205 (рис. 6.4)
— — магнитного компаса КМ-145-8 180, 181, 182 (рис. 5.5)
— — управления работой двигателя самописца эхолота НЭЛ М-3Б 268, 269, 270 (рис. 8.3)
— — — — эхолота НЭЛ М-3Б 270, 271, 272 (рис. 8.3)
— — эхолота НЭЛ М-3Б при автономной работе прибора сигнализации глубины 267, 268 (рис. 8.4)
— — — — — — — — цифрового указателя глубин 264, 265, 266 (рис. 8.4)
— — — — — — работе самописца 261, 262, 263, 264 (рис. 8.3)

Центральный прибор лага ИЭЛ-2М *см.* Прибор 6 лага ИЭЛ-2М
— — магнитного компаса КМ-145-8 *см.* Прибор 50 магнитного компаса КМ-145-8
Циркуляционная помпа *см.* Прибор 12М гирокомпаса «Курс-4»
Цифровое табло эхолота НЭЛ М-3Б *см.* Прибор 11 эхолота НЭЛ М-3Б
Цифровой репитер гиротахометра «Галс» *см.* Прибор Р6 гиротахометра «Галс»

Четвертное перо 70, 71 (рис. 2.24)
Чувствительный элемент гироазимуткомпаса «Вега» *см.* Гиросфера гироазимуткомпаса «Вега»
— — гирокомпаса «Курс-4» 46, 47, 48, 49, 50, 51

Штурманский контроль функционирования гироазимуткомпаса «Вега» 156
— — — гирокомпаса «Курс-4» 107, 108
— пульт гирокомпаса «Курс-4» *см.* Прибор 34А гирокомпаса «Курс-4»; Прибор 34П гирокомпаса «Курс-4»

Эксплуатационная ведомость набора запасных частей, инструментов и принадлежностей 39, 40
Электрические схемы, документация 39
— цепи (гирокомпаса «Курс-4»):
«Курс-4»)
гиромоторов 88 (рис. 2.36)
корректора 87 (рис. 2.36)
освещения основного прибора 88 (рис. 2.36)
помпы 88 (рис. 2.36)
прибора 1М 87, 88 (рис. 2.36)
— 9Б 89 (рис. 2.36)
— 10М 87 (рис. 2.36)
— 34А 87 (рис. 2.36)
сельсинов 86 (рис. 2.36)
сигнального термостата 88 (рис. 2.36)
— трансформатора 89 (рис. 2.36)
сигнальной катушки 89 (рис. 2.36)
сигнальных ламп «Отклонение тока» 86 (рис. 2.36)

системы термостабилизации 88 (рис. 2.36)
устройства для ускоренного приведения гирокомпаса в меридиан 87 (рис. 2.36)

Электродвигатель ДСД-2 7 (рис. 1.5)

Электронная часть цифрового указателя глубин эхолота НЭЛ М-3Б *см.* Прибор 16А эхолота НЭЛ М-3Б

Эри способ 188, 189, 190

Эхолот НЭЛ М-3Б, состав комплекта 256 (рис. 8.1)
— НЭЛ-5, состав комплекта 240, 241 (рис. 7.1)

Эхолоты, международные требования к установке на судах 29, 30

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 3

Глава 1

Элементная база технических средств судовождения и нормативные материалы

1.1. Трансформаторы, электромагнитные реле и усилительные дроссели 4
1.2. Двигатели 6
1.3. Сельсины 7
1.4. Вращающиеся трансформаторы 10
1.5. Полупроводниковые приборы 13
1.6. Электронные устройства 18
1.7. Элементы импульсных и цифровых устройств . . . 23
1.8. Международные требования к оборудованию судов техническими средствами судовождения 26
1.9. Правила безопасности при эксплуатации технических средств судовождения 33
1.10. Документация и запасные части 38
1.11. Обязанности специалиста, обслуживающего технические средства судовождения 40

Глава 2

Гирокомпас «Курс-4»

2.1. Основные технические данные и состав комплекта . . 43
2.2. Основной прибор 46
2.3. Следящая система 56
2.4. Репитерная система 61
2.5. Приборы управления гирокомпасом 65
2.6. Система охлаждения гирокомпаса 76
2.7. Блок питания и сигнальный прибор 80
2.8. Принципиальная электрическая схема 83
2.9. Техническая эксплуатация гирокомпаса 89
2.10. Навигационное обслуживание гирокомпаса и штурманский контроль 107
2.11. Характерные неисправности, их причины и способы устранения 110

Глава 3

Гироазимуткомпас «Вега»

3.1. Основные технические данные и состав комплекта . . 115
3.2. Принцип действия гирокомпаса с косвенным управлением 117
3.3. Принципиальная электрическая схема 121
3.4. Основной прибор 125
3.5. Штурманский пульт, курсограф и прибор питания . . 132
3.6. Принципиальная электрическая схема 137
3.7. Техническая эксплуатация гироазимуткомпаса . . . 148
3.8. Навигационное обслуживание гироазимуткомпаса и штурманский контроль 156

3.9. Характерные неисправности, их причины и способы устранения 159
3.10. Гироазимуткомпас для судов арктического плавания . . 164

Глава 4

Гиротахометр «Галс»

4.1. Технические данные и состав комплекта 168
4.2. Устройство и принцип действия гиротахометра . . . 168

Глава 5

Магнитные компасы

5.1. Морской магнитный компас УКП-М 176
5.2. Особенности конструкции компаса КМО-Т с оптической передачей 177
5.3. Магнитный компас КМ-145 179
5.4. Определение и уничтожение девиации 187

Глава 6

Индукционные лаги ИЭЛ-2М, ИЭЛ-2

6.1. Комплект приборов и основные технические данные лага ИЭЛ-2М 198
6.2. Принцип действия лага ИЭЛ-2М 199
6.3. Функциональная схема лага ИЭЛ-2М 201
6.4. Конструкция приборов лага ИЭЛ-2М 209
6.5. Органы управления и эксплуатация лага ИЭЛ-2М . . 213
6.6. Проверка и регулировка лага ИЭЛ-2М 215
6.7. Поиск неисправностей в лаге ИЭЛ-2М 223
6.8. Особенности конструкции и эксплуатации лага ИЭЛ-2 . 227

Глава 7

Эхолот НЭЛ-5

7.1. Комплект приборов и основные технические данные . . 240
7.2. Принципиальная электрическая схема эхолота . . . 241
7.3. Приборы комплекта 248
7.4. Эксплуатация эхолота 252

Глава 8

Эхолот НЭЛ М-3Б

8.1. Основные технические данные и комплект приборов . 255
8.2. Принцип действия эхолота 258
8.3. Функциональная схема эхолота 260
8.4. Схема контроля основных узлов эхолота 273
8.5. Устройство приборов эхолота 274
8.6. Эксплуатация эхолота 287

Глава 9

Авторулевой «Аист»

9.1. Комплект приборов и основные технические данные . 303
9.2. Функциональная схема авторулевого 304
9.3. Принципиальная электрическая схема авторулевого . . 307
9.4. Органы управления и эксплуатация авторулевого . . 315
Приложение. Дополнительные рекомендации по эксплуатации гирокомпасов 318
Список литературы 327
Предметный указатель 326

Учебник

Воронов Владимир Васильевич,
Перфильев Владимир Константинович,
Яловенко Александр Васильевич

Технические средства судовождения.
Конструкция и эксплуатация

Предметный указатель составила *З. Д. Лапина*

Переплет художника *В. П. Ачканова*

Технический редактор *Л. А. Кульбачинская*
Корректор-вычитчик *Н. А. Лобунцова*

Корректор *И. А. Попова*

ИБ № 3257

Сдано в набор 19.10.87. Подписано в печать 12.05.88. Т-05383.
Формат 60×88¹/₁₆. Бум. офс. № 1. Гарнитура литературная. Офсетная печать.
Усл. печ. л. 20,58. Усл. кр.-отт. 20,58. Уч.-изд. л. 23,51. Тираж 11 000 экз.
Заказ 786. Цена 1 р. 20 к. Изд. № 1-1-1/11-8 № 3310.
Ордена «Знак Почета» издательство «ТРАНСПОРТ».
103064, Москва, Басманный туп., 6а

Московская типография № 4 Союзполиграфпрома
при Государственном комитете СССР
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли.
129041, Москва, Б. Переяславская ул., 46.