

Министерство образования и науки Украины  
Севастопольский национальный технический университет



**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**  
**к практическим занятиям**  
**по дисциплине**  
**«Системы контроля, сигнализации и управления судном»**  
для студентов дневной и заочной форм обучения  
направлений  
6.0922 – Электромеханика

Часть 1

Севастополь  
2008



Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Системы контроля, сигнализации и управления судном» для студентов дневной и заочной форм обучения направления 6.0922 – «Электромеханика»: в 3 ч./ Сост. А.Н. Дегтярев. – Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2008. – Ч.1. – 75 с.

Целью методических указаний является привитие навыков чтения электрических принципиальных схем систем контроля и управления судном. Практические занятия предполагают изучение элементов функциональных устройств и электрических принципиальных схем отдельных узлов систем пожарной сигнализации, технических средств судовождения, систем спутниковой связи и навигации. Каждое практическое занятие кроме теоретических сведений содержит перечень контрольных вопросов.

Методические указания рассмотрены и утверждены на заседании кафедры СПЭМС (протокол №\_ от \_ марта 2008 г.)

Допущено учебно-методическим центром СевНТУ в качестве методических указаний.

Рецензент: Олейников А.М., доктор техн. наук, заведующий кафедрой СПЭМС СевНТУ

няются по той же методике, что и основные. Если полученные поправки превышают установленную величину, то производят дополнительную регулировку.

### 9.6. Контрольные вопросы

1. Каким потенциометром устанавливается нулевое напряжение в рабочем режиме лага?
2. Каким потенциометром устанавливается нулевое напряжение в режиме калибровки лага?
3. Для чего предназначен режим «Масштабирование»?
4. В каких случаях эксплуатации лага используется режим ручной установки скорости?
5. При каких неисправностях загорается табло красного цвета на приборах 3 и 6?

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Воронов В.В. Технические средства судовождения. Конструкция и эксплуатация/ В.В. Воронов, В.К. Перфильев, А.В. Яловенко. – М.: Транспорт, 1988. – 320 с.
2. Технические средства судовождения. В 2 т. Т. 2. Конструкция и эксплуатация/ Е.Л. Смирнов, А.В. Яловенко, В.К. Перфильев, В.В. Воронов. - СПб.: Элмор, 2000. – 656 с.
3. Воронов В.В. Индукционный лаг ИЭЛ-2М/ В.В. Воронов, В.Г. Филиппенко, А.В. Яловенко. – М.: В/О "Мортехинформреклама", 1984. – 40 с.
4. Спектор С.А. Электрические измерения физических величин. Методы измерений/ С.А. Спектор.– Л.: Энергоатомиздат, 1987.– 320 с.



высокой точностью.

Определение поправок лага производится на трех режимах скоростей: "Малый ход", "Средний ход", "Полный ход". Количество пробегов выбирается исходя из характера течения в полигоне. Как правило, на каждом режиме делается три пробега. Это позволяет исключить случайные погрешности. При этом одновременно измеряются истинная  $V_{И}$  и лаговая  $V_{Л}$  скорости. В момент пересечения переднего створа наблюдатель на мостике запускает секундомер, а в момент пересечения второго – останавливает его. Таким образом, измерено время  $t_{И}$ , за которое судно проходит истинное расстояние  $S_{И}$ . Истинные скорости на пробегах рассчитываются по формуле:

$$V_{И} = 3600 \frac{S_{И}}{t_{И}}.$$

При осреднении скорости на трех пробегах исключается влияние течения:

$$V_{иср} = \frac{V_{и1} + 2V_{и2} + V_{и3}}{4},$$

где  $V_{и1}$ ,  $V_{и2}$ ,  $V_{и3}$  – истинные скорости на пробегах.

Одновременно на каждом пробеге определяется лаговая скорость. После пересечения переднего створа наблюдатель у прибора 6 замечает отсчет  $S_{Н}$  по счетчику лага и запускает секундомер, а через 1 или 2 мили, в зависимости от длины пробега, при отсчете лага  $S_{К}$  останавливает секундомер. Измерено время  $t_{Л}$ , за которое пройдено расстояние  $S_{К} - S_{Н}$ . После чего рассчитывают скорость по лагу на пробегах  $V_{Л}$  и на режиме  $V_{иср}$  по формулам:

$$V_{Л} = 3600 \frac{(S_{К} - S_{Н})}{t_{Л}},$$

$$V_{иср} = \frac{V_{Л1} + 2V_{Л2} + V_{Л3}}{4}.$$

Расчет поправки на режиме производится по формуле

$$\Delta V = V_{иср} - V_{Лср}.$$

По результатам измерений и расчетов согласно специальной методики определяются поправки, которые вводятся в корректор. После чего выполняются контрольные пробеги судна на мерной линии и определяются остаточные погрешности лага.

Контрольные пробеги и расчет остаточных погрешностей выпол-

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                                                                                                                                  |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Введение.....                                                                                                                                                                                    | 4  |
| 1. Практическое занятие №1. Назначение, состав, основные характеристики гирокомпаса «Курс-4». Назначение и устройство чувствительного элемента гирокомпаса. Система подвеса и центрирования..... | 5  |
| 2. Практическое занятие №2. Основной прибор гирокомпаса (прибор 1М) и приборы питания.....                                                                                                       | 13 |
| 3. Практическое занятие №3. Вспомогательные приборы и системы гирокомпаса (приборы защиты, сигнальные приборы, система охлаждения).....                                                          | 23 |
| 4. Практическое занятие №4. Приборы управления и курсоуказания, корректор.....                                                                                                                   | 29 |
| 5. Практическое занятие №5. Следящая система гирокомпаса..                                                                                                                                       | 41 |
| 6. Практическое занятие №6. Обслуживание и уход за гирокомпасом на судне.....                                                                                                                    | 47 |
| 7. Практическое занятие №7. Индукционный электронный лаг ИЭЛ-2М.....                                                                                                                             | 52 |
| 8. Практическое занятие №8. Функциональная схема лага ИЭЛ-2М.....                                                                                                                                | 58 |
| 9. Практическое занятие №9. Обслуживание и навигационное использование лага ИЭЛ-2М.....                                                                                                          | 68 |



## ВВЕДЕНИЕ

Настоящие методические указания включают девять рекомендаций по выполнению практических занятий, связанных с изучением принципов построения и работы гирокомпасов и судовых измерителей скорости на основе конструкций систем «Курс-4» и ИЭЛ-2М. Каждое практическое занятие выполняется в течение двух академических часов. В процессе подготовки к выполнению студент должен ознакомиться с основными теоретическими положениями, лежащими в основе принципов работы изучаемых систем.

напряжения загорается сигнальная лампа.

Контроль работы индукционного преобразователя и предварительного усилителя осуществляется схемой контроля в приборе 29. При их нормальной работе в приборе 29 горит лампа 7 (рисунок 7.3).

Включение схемы контроля прибора 6 осуществляется переводом переключателя 1 (рисунок 9.1) в любое из фиксированных положений, обозначенных цифрами 1 – 7. В положении 2 контролируется работа цифрового фильтра, а в положении 3 при включенном корректоре проверяется блок корректора. При их нормальной работе в обоих случаях на табло скорости высвечивается отсчет 80,4 узла. В положении 5 проверяется блок преобразователя. Если сигнал на входе усилителя измерительного канала УИК имеется, то сигнальная лампа 11 горит постоянным светом. Эта же лампа должна гореть при установке переключателя в положение 7, если исправен блок выдачи информации. Положение 1 предназначено для проверки блока синхронизирующих импульсов. При его нормальной работе лампа 11 мигает с частотой 1 Гц. При установке переключателя 1 в положение 4 контролируется блок делителя интегратора (схема УИР). Мигание лампы с частотой 2 Гц указывает на его исправность. В положении 6 проверяется работа блока преобразователя (схемы УИК, УОК и ПНВ). При исправной работе блока лаг показывает скорость 0,1 – 0,2 узла.

### 9.5. Понятие о регулировке лага на мерной линии

Перед выходом на мерную линию необходимо выполнить все проверки и регулировки, изложенные в предыдущих пунктах. В результате этого исключается постоянная поправка.

К мерному полигону предъявляются определенные требования. Длина мерной линии должна быть такой, чтобы обеспечить требуемую точность определения поправок лага. При скоростях до 12 узлов длина пробегов должна быть не менее одной мили, а при более высоких скоростях – не менее двух миль. Глубина в районе должна быть достаточной, чтобы исключить влияние мелководья на точность измерения скорости. Желательно также, чтобы течение в районе не менялось или его изменения были бы незначительными. Волнение моря не должно превышать 3-х баллов, так как это сказывается на показаниях лага.

Калибровку лага можно выполнять не только на мерной линии, но и использовать для этого радиолокационные станции или высокоточные обсервации. Цель калибровки – выявление систематических погрешностей в измерении скорости для их последующей компенсации. При этом одновременно определяются истинная и лаговая скорости на маневрировании судна между двумя пунктами, координаты которых известны с



навигационного прибора, в том числе и лага, является точность его работы. По этой причине не реже, чем один раз в 4 часа нужно проверять величину и стабильность поправки ИЭЛ-2М во время плавания. Для этой цели в открытом море используются высокоточные обсервации, например, с использованием спутниковых навигационных систем, а вблизи берегов, кроме этого, могут использоваться естественные или искусственные створы. При обнаружении погрешностей, превышающих пределы, установленные требованиями Морского Регистра необходимо произвести проверки и регулировки в тестовом режиме. В случае, когда погрешности в дальнейшем подтверждаются, и указанными регулировками устранить их не удастся, принимается решение о прохождении судном мерной линии.

При ухудшении погоды, с увеличением волнения моря и качки стабильность работы лага может нарушиться из-за значительных случайных погрешностей. В этом случае тумблер 4 "Фильтр" (рисунок 9.1) нужно перевести в положение "2", что увеличивает время осреднения скорости. В результате не только повышается точность измерений, но и восстанавливается стабильность работы лага.

Если во время плавания выйдут из строя индукционный преобразователь или прибор 29, то ИЭЛ-2М уже не может измерять скорость. Однако в этих случаях его можно использовать при ведении счисления как счетное устройство. Для этого в приборе 6 (рисунок 9.1) переключатель 1 надо установить в положение "Ручной ввод" и одноименной рукояткой 9 добиться показаний скорости на табло, соответствующих расчетным, по оборотам гребного винта. Пройденное расстояние, необходимое при ведении прокладки, рассчитывается счетчиком в соответствии с введенной скоростью. О переходе на использование лага в режиме ручного ввода делается запись в вахтенном журнале.

В лаге могут возникать и такие неисправности, которые не позволяют использовать его по назначению. Лаг ИЭЛ-2М сконструирован таким образом, что с помощью системы встроенного контроля многие неисправности могут быть достаточно просто выявлены и устранены путем замены соответствующей съемной платы.

При исправной работе лага в приборах 3 и 6 горят табло зеленого цвета "Сеть". Если в приборе 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, которая последовательным переводом соответствующего переключателя в обозначенные на панели фиксированные положения позволяет проверить исправность соответствующих блоков. При наличии проверяемого

## 1. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №1 НАЗНАЧЕНИЕ, СОСТАВ, ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГИРОКОМПАСА «КУРС-4». НАЗНАЧЕНИЕ И УСТРОЙСТВО ЧУВСТВИТЕЛЬНОГО ЭЛЕМЕНТА ГИРОКОМПАСА. СИСТЕМА ПОДВЕСА И ЦЕНТРИРОВАНИЯ

### 1.1. Цель занятия:

1. Ознакомиться с назначением, составом и основными характеристиками гирокомпаса «Курс-4».
2. Изучить назначение и устройство чувствительного элемента гирокомпаса, систему его подвеса и центрирования.

### 1.2. Назначение гирокомпаса «Курс-4»

Гирокомпас «Курс-4» является основным техническим средством судовождения. Он предназначен для непрерывного и точного указания плоскости истинного меридиана и определения курса судна.

Показания гирокомпаса используют: 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.

Гирокомпас может быть использован на судах в широтах от 0 до 82° N(S). В диапазоне широт 0 – 65° точность гирокомпаса соответствует требованиям резолюции А.424 (11) Международной морской организации (ИМО). Расчетная широта гирокомпаса «Курс-4» составляет 60°.

Время автоматического прихода гирокомпаса в меридиан в диапазоне широт 0-70° составляет 2,5 – 6 ч, а при ускоренном (ручном) приведении – 1 ч. Гирокомпас снабжен полуавтоматическим корректором скоростной девиации.

Гарантийный срок работы чувствительного элемента – 8500 ч. Практическая наработка на отказ составляет 12 – 15 тыс. ч.

### 1.3. Состав гирокомпаса

Гирокомпас содержит следующие основные приборы и системы (рисунок 1.1):

1. Чувствительный элемент (входит в состав прибора 1М), являющийся указателем плоскости гирокомпасного меридиана, относительно которого измеряется азимутальное (угловое) положение диаметральной плоскости судна. Для придания чувствительному элементу свойств ги-



рокомпаса он снабжен двумя гиromоторами, придающими ему свойства гироскопа, и центр тяжести его понижен относительно точки подвеса (превращение свободного гироскопа в гироскоп). При этом погашение собственных незатухающих колебаний чувствительного элемента гироскопа осуществляется с помощью масляного успокоителя.

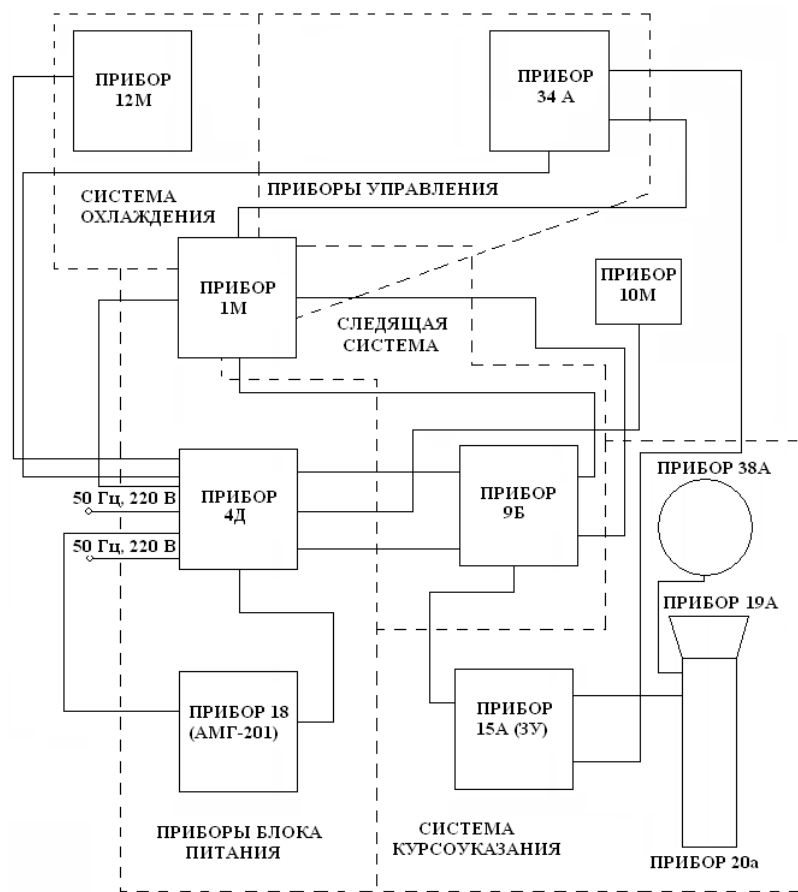


Рисунок 1.1 – Комплектация гироскопа

2. Основной прибор (прибор 1М), служащий для обеспечения нормальной работы чувствительного элемента и съема информации об азимутальном положении диаметральной плоскости судна относительно

$$V_{cp} = \frac{V'_0 + V'_{180}}{2} = \frac{(V_0 + V_T) + (V_{180} - V_T)}{2} = \frac{V_0 + V_{180}}{2},$$

- исключив влияние течения;
- вычислить поправку индукционного преобразователя

$$DV = (V_2 - V_1) - V_{cp};$$

- потенциометром 6 ("Уст. О-Р") установить отсчет скорости с учетом найденной поправки

$$V = V'_0 + DV;$$

- снова перевести переключатель 1 в положение "Уст.О-К" и соответствующим потенциометром 5 восстановить нулевой отсчет скорости с точностью до 0,1 узла.

Приведенная методика позволяет компенсировать в показаниях лага одну из систематических погрешностей, присущих индукционному преобразователю, исключив влияние внешних возмущений.

**Масштабирование** – это проверка пропорциональности вырабатываемой скорости входному напряжению. Данная зависимость выявляется и устанавливается в схеме лага на мерной линии.

Для выполнения данной проверки переключатель 1 (рисунок 9.1) устанавливают в положение "Масштаб". В результате срабатывает реле 29K2 (рисунок 8.1), контакты которого 29K1 и 29K2 отключают от входа схемы индукционный преобразователь и подключают к выходу предварительного усилителя переменный резистор 3R1. Падение напряжения на этом резисторе является эталонным напряжением. Ему должна соответствовать строго определенная скорость на табло. Ее значение выявляется на мерной линии и устанавливается с помощью резисторов 7 "Грубо" и 8 "Плавно".

Величина эталонной скорости записывается на матовом стекле на внутренней стороне прибора 6 и используется в течение года (до следующих испытаний лага на мерной линии) при проверке масштабирования. Если обнаружено отклонение показаний лага от величины, указанной на матовом стекле, то производится его регулировка теми же резисторами "Грубо" и "Плавно".

Операция "Масштабирование" называется проверкой и регулировкой крутизны характеристики измерительной схемы лага, которая сохраняется и в рабочем режиме.

Тестовые проверки "Калибровка" и "Масштабирование" при необходимости могут проводиться и в море.

#### 9.4. Обслуживание лага ИЭЛ-2М в море

Важнейшим для безопасности судовождения показателем любого



дующая методика:

- установить переключатель 1 в положение "Уст. О-К" (рисунок 9.1) и снять значение скорости  $V_1$  (это значение должно быть равно 0 или 0,1, поскольку калибровка уже выполнена);
- потенциометром 5 ("Уст.0-К") установить отсчет скорости  $V_2 = 2$  узла;
- перевести переключатель 1 в позицию "Работа" и снять отсчет скорости  $V'_0$  (при наличии продольной составляющей скорости течения  $V_T$  это будет алгебраическая сумма  $V'_0 = V_0 + V_T$ , где  $V_0$  – отсчет скорости, который был бы на неподвижной воде);

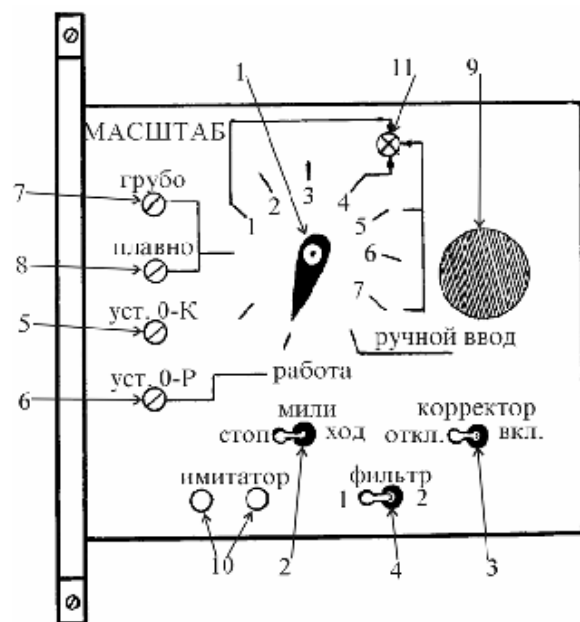


Рисунок 9.1 – Панель блока управления прибора 6

- вынуть индукционный преобразователь из клинкет, развернуть его на  $180^\circ$  и установить в клинкет. Снять отсчет скорости  $V'_{180}$  (теперь это алгебраическая разность  $V'_{180} = V_{180} - V_T$ ) и, развернув индукционный преобразователь в прежнее положение, закрепить его в клинжете;
- рассчитать среднее значение показаний лага

чувствительного элемента. При этом чувствительный элемент, помещенный в следящую сферу, вместе с ней погружен в токопроводящую поддерживающую жидкость, которая обеспечивает ему подвес, и, кроме того, через нее осуществляется подвод трехфазного напряжения к потребителям чувствительного элемента.

3. Система охлаждения (прибор 12М) и соединительные трубопроводы, (на рисунке не показаны) предназначенная для стабилизации температурного режима поддерживающей жидкости.

4. Следящая система, служащая для отработки сигнала рассогласования, возникающего при всех азимутальных эволюциях судна, а вместе с ним и основного прибора, относительно чувствительного элемента, и передачи его на все принимающие (репитера). Сигнал рассогласования возникает и при неподвижном судне, когда чувствительный элемент прибора. В этих случаях сигнал рассогласования снимается со следящих электродов (основной прибор) и затем поступает на трансляционно-усилительный прибор (прибор 9Б), откуда он после усиления транслируется для отработки всеми принимающими.

5. Система курсоуказания, служащая для индикации и регистрации текущего значения курса. Индикация курса осуществляется с помощью путевых репитеров (прибор 38А), настенных репитеров (прибор 38, на рисунке не показан) и репитеров для пеленгования (прибор 19А), а также с помощью репитеров, установленных в таких приборах как радиолокатор, авторулевой и т.д. Регистрация курса осуществляется с помощью специального устройства – курсографа (прибор 23-ТЗ, на рисунке не показан).

6. Приборы управления, контроля и защиты, которые играют роль вспомогательных систем, обеспечивающих нормальное функционирование всей системы в целом. Эти приборы исполняются или как самостоятельная часть в составе комплекта гирокомпас, или как составная часть основных приборов комплекта.

Для управления работой гирокомпаса предусмотрены:

- система ускоренного приведения чувствительного элемента в меридиан, размещенная в основном приборе;
- система компенсации скоростной девиации гирокомпас, выполненная в виде корректора (расположен на столе основного прибора), который можно устанавливать непосредственно в гиропосту или дистанционно с помощью органов управления, размещенных в штурманском пульте;
- система предупреждения возникновения инерционной девиации второго рода, состоящая из органов управления «С затуханием – Без затухания», размещенных в штурманском пульте (прибор 34 Н-1), и реле мас-



ляного успокоителя, установленного в чувствительном элементе.

Для контроля за работой гирокомпаса предусмотрены следующие индикаторные системы:

- сигнальная лампа в приборе 4Д (пусковой прибор) для контроля о наличии однофазного тока;
- сигнальная лампа и амперметры в приборе 4Д, а также вольтметр в штурманском приборе для контроля о наличии трехфазного тока;
- сигнальные лампы в приборах 10М и штурманском пульте об отклонении трехфазного тока от номинального значения;
- сигнальные лампы в приборах 10М, 9Б и штурманском пульте о рассогласовании следящей системы;
- сигнальные лампы в приборах 10М и штурманском пульте об отклонении температуры поддерживающей жидкости от номинального значения; при этом срабатывает также звуковая сигнализация, ревун которой установлен в приборе 10М;
- индикатор положения чувствительного элемента по высоте, расположенный в штурманском пульте.

Для защиты гирокомпаса от перегрузок в электрической цепи предусмотрены предохранители, установленные в приборах 4Д, 9Б и разветвительной коробке 15А. или 3У (защитное устройство), в котором дополнительно к предохранителям добавлены защитные автоматы и сигнальные лампы.

7. Система питания, служащая для выработки питающего напряжения и подачи его на потребители. Она состоит из агрегата питания (прибор АМГ-201) и пускового прибора (прибор 4Д). Агрегат питания, подключенный к судовой сети, вырабатывает напряжение номиналом 120 В. и частотой 330 Гц. Кроме этого напряжения в гирокомпасе используется напряжение судовой сети номиналом 110 В. и частотой 50 Гц.

#### 1.4. Назначение и устройство чувствительного элемента гирокомпаса, система его подвеса и центрирования

Чувствительный элемент (ЧЭ) является основным узлом гирокомпасной системы. Он предназначен для указания плоскости гирокомпасного меридиана, относительно которого измеряется азимутальное положение диаметральной плоскости судна.

Чувствительный элемент (гиротраверса) (рисунок 1.2) представляет собой герметически запаянный шар диаметром 252 мм и массой около 8750 г, состоящий из двух латунных полусфер (1,2), которые при сборке соединяются пайкой.

Гиротраверса снаружи покрыта эбонитом, а район пайки полусфер покрывается специальной мастикой и затем эбонитовым или пластмассо-

"Сеть".

Далее необходимо убедиться, что органы управления находятся в следующих позициях:

- в приборе 3 тумблер «Сеть» – в положении "Сеть";
- в приборе 6 (рисунок 9.1) переключатель 1 – в положении "Работа";
- тумблер 2 "Мили" – в положении "Ход", тумблер 3 "Корректор" – в положении "Откл."; тумблер 4 "Фильтр" – в положении 1.

После этого включить лаг тумблером 7 (рисунок 7.4) и приступить к проверке лага в тестовом ("Калибровка" и "Масштабирование") и рабочем режимах.

### 9.3. Проверка и регулировка лага перед выходом в море

Проверки и регулировки заключаются в выполнении трех последовательных операций: «Калибровка», «Установка рабочего нуля» и «Контроль масштабирования».

**9.3.1. Калибровка** – это операция по исключению погрешностей измерительной схемы. Для выполнения данной проверки и регулировки переключатель 1 в приборе 6 (рисунок 9.1) необходимо установить в положение "Уст.О-К". При этом от измерительной схемы отключается индукционный преобразователь, и ее вход замыкается накоротко. Очевидно, что входной сигнал в этом случае равен нулю, следовательно, лаг должен показывать нулевой отсчет скорости. Если же показания скорости на табло отличаются от нулевого значения более чем на 0,1 узла, то потенциометром 5 (6R6 на рисунке 8.1) необходимо добиться этого отсчета. Данную регулировку называют установкой электрического нуля схемы.

**9.3.2. Установка рабочего нуля** – это проверка и регулировка нулевого начального отсчета скорости при подключенном индукционном преобразователе. Она проводится с целью исключения постоянной поправки лага. Поскольку судно ошвартовано и не имеет хода относительно воды, то лаг должен показывать скорость  $V = 0$  с допустимым отклонением 0,1 узла. Однако при этом надо учесть следующие обстоятельства.

Во-первых, если погрешность отрицательна, то лаг будет показывать нулевой отсчет скорости, так как его схема рассчитана на фиксацию скорости только при движении судна относительно воды вперед (то есть со знаком плюс).

Во-вторых, в реальных условиях возможно течение, продольная составляющая которого будет влиять на показания лага, так как судно ошвартовано, то есть не увлекается течением. Для исключения влияния течения при выявлении погрешности любого знака предлагается сле-



### 8.5. Контрольные вопросы

1. Каким образом подавляется квадратурная помеха?
2. Откуда поступает опорное напряжение в усилитель опорного канала?
3. Для чего служат цифровые фильтры?
4. Каково назначение корректора?
5. Для чего служит ПНВ?
6. Для чего служит ПВЦ?

## 9. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №9 ОБСЛУЖИВАНИЕ И НАВИГАЦИОННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛАГА ИЭЛ-2М

**9.1. Цель занятия:** Ознакомиться с правилами включения, выключения и проверки работы лага.

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, осуществляют регулировку лага на мерной линии.

### Подготовка к работе и включение лага

При подготовке судна к выходу в море перед включением лага необходимо проверить сопротивление изоляции сигнального кабеля между прибором 29 и индукционным преобразователем, между прибором 6 и прибором 29, а перед выходом судна на мерную линию, то есть не реже одного раза в год, контролируется изоляция индукционного преобразователя. Для этого по монтажной схеме в приборе 29 отыскивают соответствующие клеммы и мегомметром измеряют сопротивление изоляции между проводами, а также между корпусом и проводами.

С точки зрения пожаробезопасности важной является проверка силового кабеля. В этом случае необходимо отключить питание лага от распределительного щита (РЩ) судовой сети, в приборе 3 перевести тумблер «Сеть» в положение «Откл.» и вынуть находящиеся над ним предохранители из гнезд. Данные гнезда используются для проверки изоляции подводящего кабеля. Во всех случаях сопротивление изоляции не должно быть менее 100 МОм. После данных проверок упомянутый тумблер «Сеть» в приборе 3 необходимо переключить в положение

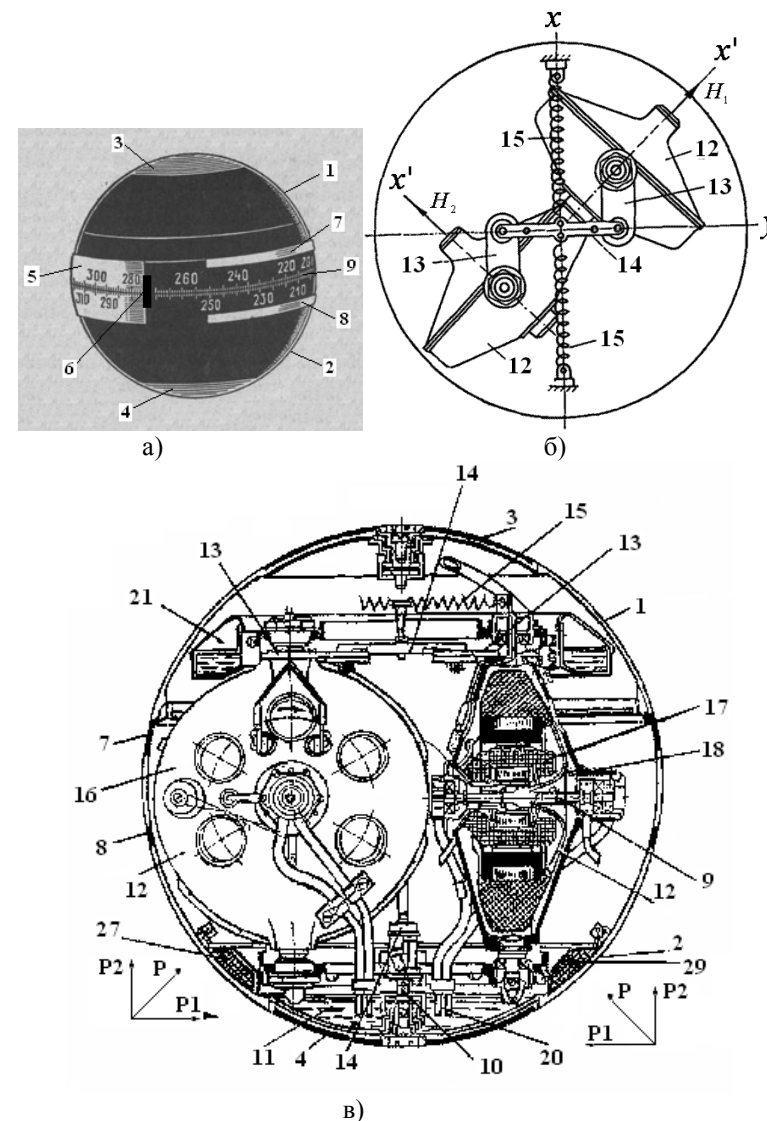


Рисунок 1.2 – Чувствительный элемент: а – внешний вид гиросферы; б – принципиальная схема чувствительного элемента ( $H_1, H_2$  – кинетические моменты гироскопов); в – конструкция чувствительного элемента



вым пояском, что обеспечивает правильность ее геометрической фигуры и герметичность. В верхней и нижней частях гиросферы имеются токопроводящие участки (3,4), изготовленные из графитобонита. Они получили название "Полярные шапки", соответственно верхняя и нижняя. Кроме этого, на экваторе чувствительного элемента имеются также токопроводящие электроды: одно широкое полукольцо (5), на концах которого расположены угольные электроды (6), четыре узких полосы (7,8) и круглый электрод на отсчете шкалы  $180^\circ$  (на рисунке не показан). На экваторе гиросферы нанесена шкала (9) с делениями через  $1^\circ$  от 0 до  $360^\circ$ . При этом для удобства снятия отсчета непосредственно с гиросферы нуль шкалы сдвинут относительно N на  $180^\circ$ , и когда гиросфера устанавливается в меридиане, то точка  $0^\circ$  будет обращена к S.

Так как смотровое стекло резервуара прибора 1М обращено в корму, то в этом случае при снятии отсчета с гиросферы получим ГКК судна, а не обратный ГКК. Верхняя и нижняя "Полярные шапки" изолированы от корпуса гиросферы, а экваториальные электроды, за исключением круглого электрода, соединены с корпусом.

После сборки гиросферы через ниппель (10) в нижней токоведущей буксе из нее откачивается воздух и гиросфера заполняется водородом, и через тот же ниппель в гиросферу закачивается около 110 г масла (11) для смазки подшипников гиromоторов. Водородная среда обеспечивает меньшее трение при вращении гиromоторов, лучшую теплоотдачу от гиromоторов к корпусу гиросферы, предотвращает коррозию металла и окисление находящегося в ней масла.

Учитывая, что в нижней части гиросферы находится масло со свободной поверхностью, наклонять ее на большие углы, а тем более переворачивать категорически запрещается.

Центр тяжести гиросферы расположен ниже ее геометрического центра примерно на 7,8 мм. Эта величина называется метацентрической высотой гиросферы. За счет наличия метацентрической высоты гиросфера обладает положительным маятниковым эффектом, обеспечивающим "связь" ее с Землей.

Внутри гиросферы укреплена рама (фонарь), изготовленная из легкого и прочного металла – электрона, в которой крепится гироскопическая система, состоящая из двух гиromоторов (12). Система из двух гиromоторов применяется для того, чтобы стабилизировать гиросферу в плоскости горизонта относительно ее главной оси и уменьшать тем самым погрешность гирокомпас в условиях качки судна. Главные оси расположены под углом  $90^\circ$  и образуют с линией NS углы в  $45^\circ$ .

Специальной системой, называемой антипараллелограммом, состоящей из рычагов (13), коромысла (14) и пружин, (15) гиromоторы

длит делитель  $K=8$ . В результате деления на 8 решается не только задача правильного подсчета импульсов в СИ, но и происходит дополнительное осреднение информации о скорости. С выхода регистра памяти код скорости подается на дешифратор, который в соответствии с измеренной скоростью включает лампы на цифровом табло. Устройство индикации расстояния УИР решает задачу интегрирования скорости, то есть подсчитывает общее число импульсов, идущих пачками с выхода схемы И на делитель с коэффициентом деления  $K=720$ . В нем вырабатываются свои счетные импульсы через определенное количество импульсов частоты  $f_0 + f_{\text{доп}}$ . Пятьсот вновь полученных счетных импульсов соответствуют пройденному расстоянию в 1 милю (один импульс пропорционален 0,002 мили). Данные импульсы после усиления по мощности в 6А16 подаются на шаговый двигатель 6М2, который через редуктор приводит в действие механический счетчик пройденного расстояния S. Выключателями 6S2 и 6S4 (переводом их в положение "2" соответственно) корректор и счетчик пройденного расстояния могут быть отключены.

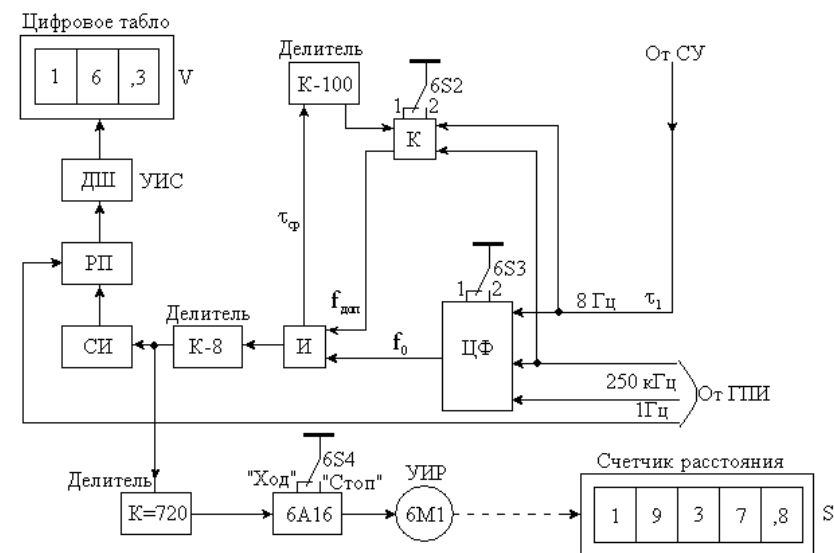


Рисунок 8.5 – Функциональная схема преобразователя «время-цифра»



#### 8.4. Преобразователь "время – цифра"

Преобразователь "время – цифра" (ПВЦ) служит для преобразования прямоугольных импульсов длительностью  $\tau_i = nV$ , поступающих из ПВЦ, в отсчеты скорости  $V$  и пройденного расстояния  $S$ . В состав ПВЦ входят: цифровой фильтр ЦФ, корректор К, устройство индикации скорости УИС, устройство индикации расстояния (рисунок 8.5).

Работает преобразователь следящим образом. Импульсы  $\tau_i$  с частотой следования 8 Гц из схемы управления ключами СУ поступают на вход цифрового фильтра ЦФ. В нем происходит осреднение величин импульсов за промежутков, равный постоянной времени фильтра, и вырабатывается средний прямоугольный импульс  $\tau_{cp}$ . Таким образом, ЦФ значительно снижает случайную погрешность измерения скорости. С увеличением волнения моря значение случайных погрешностей возрастает, поэтому в фильтре предусмотрено увеличение постоянной времени (времени осреднения), для этого достаточно переключить тумблер 6S3 в положение 2. Строб  $\tau_{cp}$  заполняется в ЦФ счетными импульсами от ГПИ с частотой  $f_0 = 250$  кГц.

В схеме предусмотрено также исключение из показаний лага систематических погрешностей. Для этой цели служит корректор К, который работает по программе, заданной по данным испытаний лага на мерной линии.

Программа определяется характером и величиной поправок лага и вводится в действие дискретно, через один узел.

Сигнал  $\tau_{cp}$  из цифрового фильтра поступает на схему И, откуда через делитель  $K=100$  передается на корректор К, который вырабатывает импульсы дополнительной частоты  $f_{доп}$ , пропорциональные поправке лага при данной скорости судна.

С помощью схемы И производится исправление частоты ( $f_0 + f_{доп}$ ) в импульсе  $\tau_{cp}$ , который поступает в устройство индикации скорости УИС на счетчик импульсов СИ. Последний преобразует информацию в двоично-десятичный код и передает на регистр памяти РП. Одновременно с генератора прямоугольных импульсов ГПИ на регистр памяти поступают управляющие импульсы, которые определяют периодичность индикации скорости 1 Гц. Поскольку частота следования импульсов  $\tau_{cp}$  равна 8 Гц, то за 1 с (период обновления информации) счетчик импульсов посчитает количество заполняющих импульсов как величину, равную 8 ( $f_0 + f_{доп}$ ). По этой причине на пути к СИ эта информация прохо-

соединены между собой. Эта система позволяет гиromоторам вращаться вокруг вертикальных осей только в противоположных направлениях. В результате чего главные оси гиromоторов всегда составляют с линией NS гиросферы одинаковые углы, величина которых ограничивается упорами в пределах  $7^\circ$ .

Корпус гиromотора (камера) (16) изготовлен из электрона. На камере и крышке гиromотора закреплены статор (17) и компенсационная пружина, выбирающая осевой люфт ротора при изменении температуры. Ротор представляет собой массивный обод, переходящий в тонкую диафрагму (18) и ось (19), изготовленный из цельной отливки легированной стали. Весит ротор примерно 2.300 г. После изготовления ротор подвергается предварительной статической и динамической балансировке. Форма ротора выбрана так, что в собранном гиromоторе статор входит внутрь ротора. Смазка подшипников гиromоторов осуществляется капиллярным способом с помощью фитилей (20), расположенных в алюминиевых трубках, соединенных с корпусом гиromотора в районе шарикоподшипников. Концы фитилей опущены в масло. В верхней части фонаря расположено устройство для погашения колебаний гиросферы масляный успокоитель), состоящее из кольцеобразного желоба (21), с северной и южной сторон которого расположены герметически закрытые отсеки, заполненные вазелиновым маслом (22) (рисунок 1.3). Каждый из этих отсеков разделен внутренней перегородкой на две части, которые соединены между собой трубкой – тройником (23). Тройники северного и южного сосудов соединены между собой калиброванной трубкой (24), которая проходит через камеру, где в нижней части расположено реле выключателя затухания (25). В верхней части отсеки соединены воздушной трубкой (26). Реле выключателя затухания представляет собой камеру, в которой расположен якорь электромагнита, а с внешней стороны камеры укреплен сердечник электромагнита (27) с обмоткой (28). На якоре электромагнита укреплена пластинка, которая вместе с якорем может перемещаться в вертикальной плоскости. При отсутствии тока в обмотке электромагнита якорь вместе с пластинкой под действием пружин поднят, отверстие соединяющей трубки открыто и масло может перетекать из сосуда в сосуд. При маневрировании судна, чтобы избежать появления инерционной погрешности второго рода, подают питание через круглый электрод гиросферы на обмотку электромагнита. Якорь притягивается к сердечнику, пластинка перекрывает отверстие в камере, исключая тем самым перетекание масла из сосуда в сосуд.

В нижней части гиросферы расположена обмотка (катушка) (29) (рисунок 1.2) электромагнитного "дутья", которая представляет собой



кольцо трапецеидального сечения. Эта обмотка предназначена для того, чтобы центрировать гиросферу внутри следящей сферы. При прохождении переменного тока по обмотке вокруг нее образуются магнитные силовые линии, которые индуцируют в корпусе следящей сферы вихревые токи. Магнитное поле вихревых токов, взаимодействуя с магнитным полем обмотки, создает отталкивающую силу (Р), направленную к центру гиросферы. Эту силу можно разложить на две составляющие: вертикальную (Р2) и горизонтальную (Р1). Вертикальная составляющая – компенсирует вес гиросферы в поддерживающей жидкости, который составляет примерно 30-40 г, а горизонтальная – центрирует ее в следящей сфере.

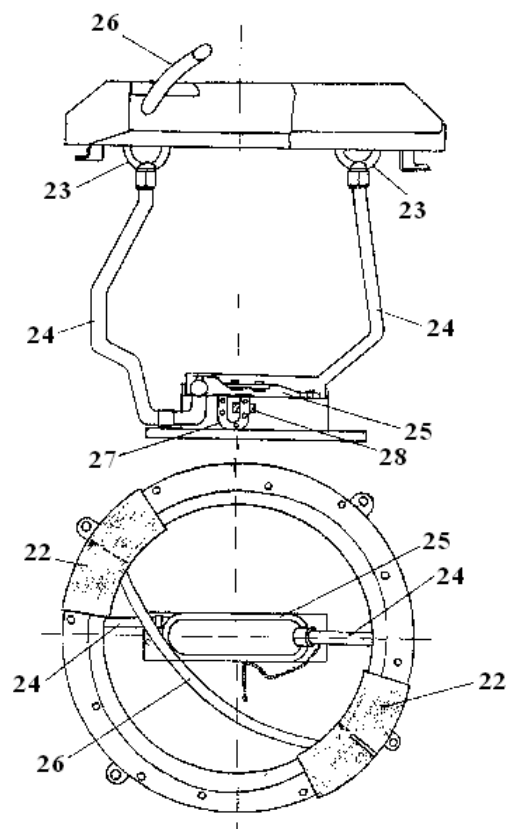


Рисунок 1.3 – Масляный успокоитель

$\tau_1$ , который через схему управления ключами СУ приводит их в исходное (первоначальное) положение, то есть размыкает ключ 6A11.1 и замыкает ключи 6A9 и 6A10.2. Через ключ 6A10.2 конденсатор 6C32 разряжается на корпус до нуля (момент времени  $t_s$ ), и схема ПНВ окончательно готова к новому циклу.

Следует отметить, что создание импульса  $\tau_1$  происходит интегрированием  $-U_{оп}$ . Длительность  $\tau_1$  тем больше, чем больше заряд конденсатора, который пропорционален скорости V. Следовательно,  $\tau_1 \sim V$ . Достоинством рассмотренной схемы является независимость длительности  $\tau_1$ , а значит, и показаний лага от изменения напряжения судовой сети. Действительно, за время  $\tau_0$  происходит зарядка конденсатора до величины  $\tau_0 \sim U_c$ . Разряд происходит за время  $\tau_1$  на величину  $\tau_1 \sim U_{оп}$ . Очевидно, что  $\tau_0 U_c = \tau_1 U_{оп}$ .

Допустим, что произошло изменение напряжения питания на K%, то есть, достигло величины  $U \frac{100 \pm K}{100}$ . На такую же величину в процентном отношении изменяются и зависящие от него  $U_c$  и  $U_{оп}$ . Следовательно,

$$\frac{100 \pm K}{100} \tau_0 U_c = \frac{100 \pm K}{100} \tau_1 U_{оп}$$

Это выражение показывает, что временной интервал  $\tau_1$  не зависит от колебаний напряжения судовой сети. Нуль-орган НО2 с момента первого срабатывания до момента второго срабатывания формирует импульс  $\tau = \tau_0 + \tau_1$ . Схема управления ключами СУ исключает из него постоянный временной интервал  $\tau_0 = 18$  мс. Выходной сигнал блока ПНВ в виде прямоугольного импульса  $\tau_1 = nV$  подается на вход преобразователя "время – цифра" (ПВЦ). Здесь n – коэффициент пропорциональности, зависящий от конструктивных параметров схемы.

В блоке ПНВ имеется ждущий мультивибратор МВЖ, который вводится в действие установкой переключателя 6S1 (рисунок 8.1, 8.3) в положение "Ручной ввод". Мультивибратор формирует прямоугольные импульсы, длительность которых регулируется переменным резистором 6R1 с помощью специальной рукоятки. Данные искусственно созданные импульсы поступают через схему управления ключами СУ на цифровой фильтр для выработки отсчета введенной скорости и пройденного расстояния.



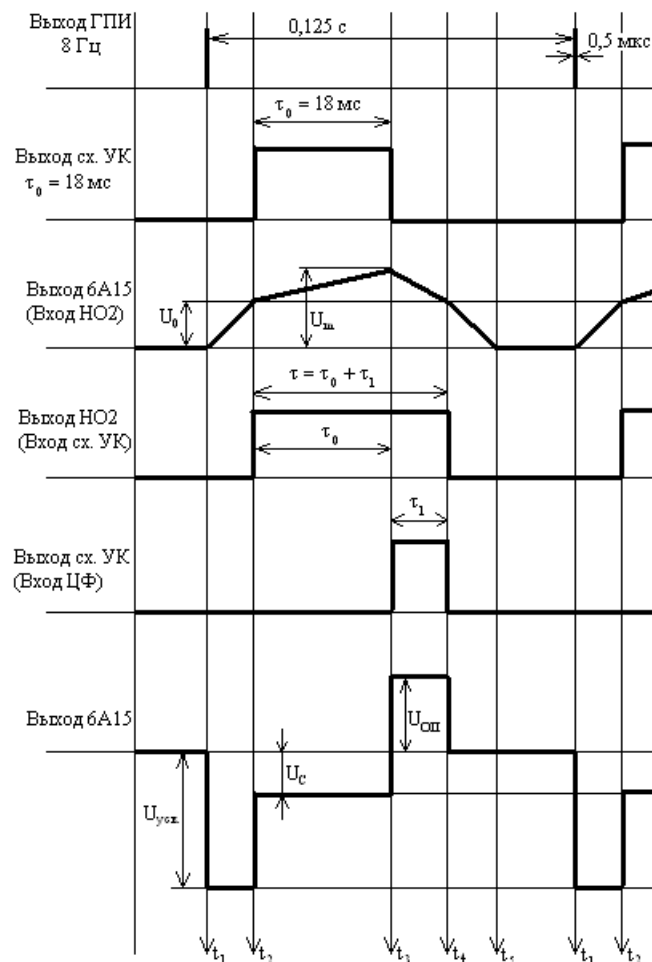


Рисунок 8.4 – Временные диаграммы, поясняющие работу ПНВ

В момент времени  $t_3$  через ключ 6А11.1 на вход усилителя 6А15 подается положительное опорное напряжение.

Поскольку оно имеет противоположный полезному сигналу знак, то конденсатор начинает разряжаться, формируя передний фронт нового импульса  $\tau_1$ . Когда конденсатор разрядится до уровня  $U_0$  (момент времени  $t_4$ ), срабатывает нуль-орган НО2, образуя задний фронт импульса

### 1.5. Контрольные вопросы

1. Какие приборы входят в состав комплекта гирокомпас?
2. Каков гарантийный срок работы гиросферы?
3. Для чего служит помпа охлаждения?
4. Для какой цели служит штурманский пульт?
5. Для какой цели служит трансляционно-усилительный прибор?
6. Какие приборы и системы служат для управления работой гирокомпаса?
7. Какие системы предусмотрены для контроля за работой гирокомпаса?
8. С какой целью гиросфера заполняется водородом?
9. Какое количество токоведущих электродов имеет гиросфера?
10. С какой целью гиросфера имеет два гиромотора?
11. Какую функцию выполняет обмотка электромагнитного "дутья"?
12. Почему гиросферу запрещается переворачивать?
13. Какой отсчет гиросферы направлен на север?
14. Для чего служит реле выключателя затухания?
15. Что такое метацентрическая высота гиросферы и для какой цели она создается?
16. Для чего нужен антипараллелограмм?
17. Какова масса гиросферы в поддерживающей жидкости?
18. Какую роль выполняет масляный успокоитель?
19. Для какой цели отсеки масляного успокоителя разделены вертикальными перегородками?
20. Чему равна масса гиросферы?
21. Чему равен диаметр гиросферы?

## 2. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №2 ОСНОВНОЙ ПРИБОР ГИРОКОМПАСА (ПРИБОР 1М) И ПРИБОРЫ ПИТАНИЯ

### 2.1. Цель занятия:

1. Изучить устройство нактоуза, резервуара для поддерживающей жидкости, стола гирокомпаса, следящей сферы и приспособления для ускоренного приведения гирокомпаса в меридиан.
2. Изучить приборы блока питания (приборы 4Д, 18).

### 2.2. Описание основного прибора гирокомпаса

Основной прибор гирокомпаса (рисунок 2.1) имеет нактоуз, карда-



новый подвес, резервуар для поддерживающей жидкости, стол и устройство для ускоренного приведения гирокомпаса в меридиан. Нактоуз основного прибора состоит из трех частей: основания (1), средней части (2), крышки (3).

**2.2.1. Нактоуз.** Основание крепится неподвижно к палубе судна с помощью 4 болтов. Средняя часть нактоуза может разворачиваться относительно основания на угол  $9^\circ$  в обе стороны. Для этого внутри нактоуза смонтировано устройство из зубчатой рейки и шестеренки, а также шкалы с делениями в градусах и индексе. Ось шестерни заканчивается четырехгранной головкой, выходящей в нижней части нактоуза (на рисунке не показана). При необходимости, приотдав четыре болта (4), крепящих среднюю часть нактоуза к основанию, и с помощью ключа вращая четырехгранную головку, можно развернуть среднюю часть нактоуза относительно основания на нужный угол, т.е. установить курсовую черту параллельно диаметральной плоскости судна. В средней части нактоуза со стороны кормы имеется смотровое окно, закрываемое дверцей, которое служит для наблюдения за положением гиросферы. Под дверцей расположена ниша (5) с клеммной платой (6), к которой подходят кабели, соединяющие основной прибор с периферийными приборами, и от этой же платы идет кабель (7) на клеммные колодки стола. В нише расположен трансформатор освещения основного прибора. Внутри нактоуза расположен блок конденсаторов устройства ускоренного приведения в меридиан, а также электронный блок управления работы помпы в режиме "Автоматическая работа" (у гироскопсов позднего выпуска).

На наружной части нактоуза имеется выключатель освещения, переключатель устройства ускоренного приведения в меридиан и переключатель режимов работы помпы охлаждения.

**2.2.2. Карданный подвес.** В верхней части нактоуза крепится карданный подвес (8), состоящий из наружного (9), внутреннего (10) и опорного (11) колец. Опорное кольцо (11) с помощью спиральных пружин подвешено к внутреннему кольцу.

Подшипники наружного кольца (12), расположенные в носовой и кормовой частях нактоуза, изолированы от него для того, чтобы не было утечек тока на корпус и не возникало дополнительной нагрузки на агрегат питания. Карданный подвес обеспечивает горизонтальность стола при качке судна. На опорном кольце подвешивается резервуар (13) с поддерживающей токопроводящей жидкостью.

**2.2.3. Резервуар для поддерживающей жидкости.** Резервуар представляет собой емкость, изготовленную из красной меди, с внутренней стороны покрытую эбонитом, а с наружной стороны окрашен-

мкс. В момент времени  $t_3$  задний фронт импульса размыкает ключ 6A10.1 и замыкает ключ 6A11.1. Таким образом, за время  $\tau = 18$  мкс конденсатор зарядится полезным сигналом  $-U_c$  на величину, пропорциональную скорости судна. Очевидно, что чем больше скорость  $V$ , тем больше сигнал  $-U_c$  тем до большей величины зарядится конденсатор. Так происходит интегрирование полезного сигнала.

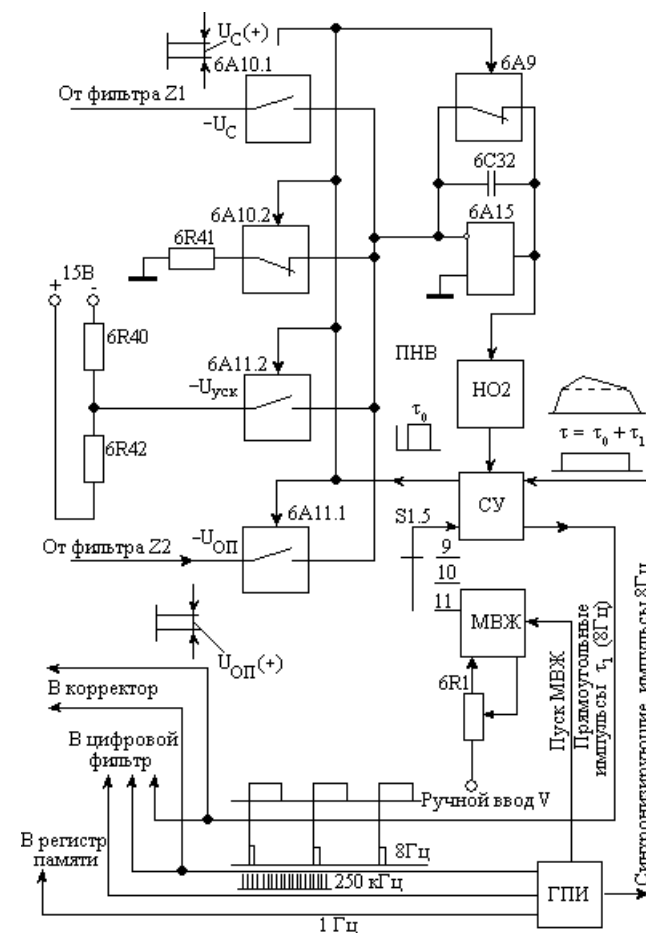


Рисунок 8.3 – Функциональная схема преобразователя «напряжение-время»



моуговые импульсы со сдвигом по фазе  $180^\circ$ .

В блоке УОК расположены четыре потенциометра: 6R6, 6R7, 6R8 и 6R12. Они предназначены для выполнения регулировок в процессе эксплуатации лага. Потенциометром 6R6 устанавливают нулевой отсчет скорости в режиме «Калибровка», а потенциометром 6R7 – в режиме «Работа». Регуляторы 6K8 и 6K12 служат для установки эталонного отсчета скорости, наблюдаемого в режиме «Масштабирование».

Сигналы  $U_c$  и  $U_{оп}$  с фильтров Z1 и Z2 подаются в преобразователь «напряжение-время».

### 8.3. Преобразователь «напряжение-время»

Преобразователь «напряжение-время» (рисунок 8.3) предназначен для преобразования сигнала  $U_c$  во временной интервал  $\tau_1$ , пропорциональный скорости.

Указанное преобразование производится методом двойного интегрирования: вначале интегрируется отрицательное напряжение полезного сигнала  $U_c$ , а затем положительное напряжение опорного канала  $U_{оп}$ . В состав ПНВ входят: генератор прямоугольных импульсов ГПИ; электронные ключи 6A9, 6A10.1, 6A10.2, 6A11.1, 6A11.2; схема управления ключами СУ; интегрирующий усилитель 6A15; нуль-орган НО2, представляющий собой триггерную схему, срабатывающую при достижении на ее входе порогового напряжения  $U_0$ . Ритм работы преобразователя, а с ним и всей схемы лага задает ГПИ, с которого в схему управления ключами СУ поступают синхронизирующие импульсы длительностью 0,5 мкс и периодичностью 8 Гц. На рисунке 8.3 показано исходное положение вышеперечисленных электронных ключей.

В момент времени  $t_1$  (рисунок 8.4) синхронизирующий импульс от генератора начинает цикл работы ПНВ, размыкая ключи 6A9, 6A10.2 и замыкая ключ 6A11.2. Тем самым на усилитель 6A15 подается отрицательное напряжение с делителя 6R40 – 6R42. Поскольку данный усилитель интегрирующий, то на его выходе, подключенном ко входу НО2, происходит накопление напряжения на конденсаторе 6C32. Когда оно достигает значения  $U_0$ , то нуль-орган НО2 срабатывает (момент  $t_2$ ) и на его выходе возникает прямоугольный импульс, передний фронт которого размыкает ключ 6A11.2 и замыкает ключ 6A10.1. В результате отрицательный полезный сигнал  $U_c$ , пропорциональный скорости, проходит на 6A15, накапливаясь на том же конденсаторе 6C32.

В этот же момент времени  $t_2$  блок СУ начинает формировать другой прямоугольный импульс с фиксированной длительностью  $\tau = 18$

ную краской. Со стороны кормы, в средней части резервуара, имеется смотровое отверстие (окно), закрытое стеклом, на котором нанесена курсовая черта для снятия отсчета курса по гиросфере (на рисунке не показана).

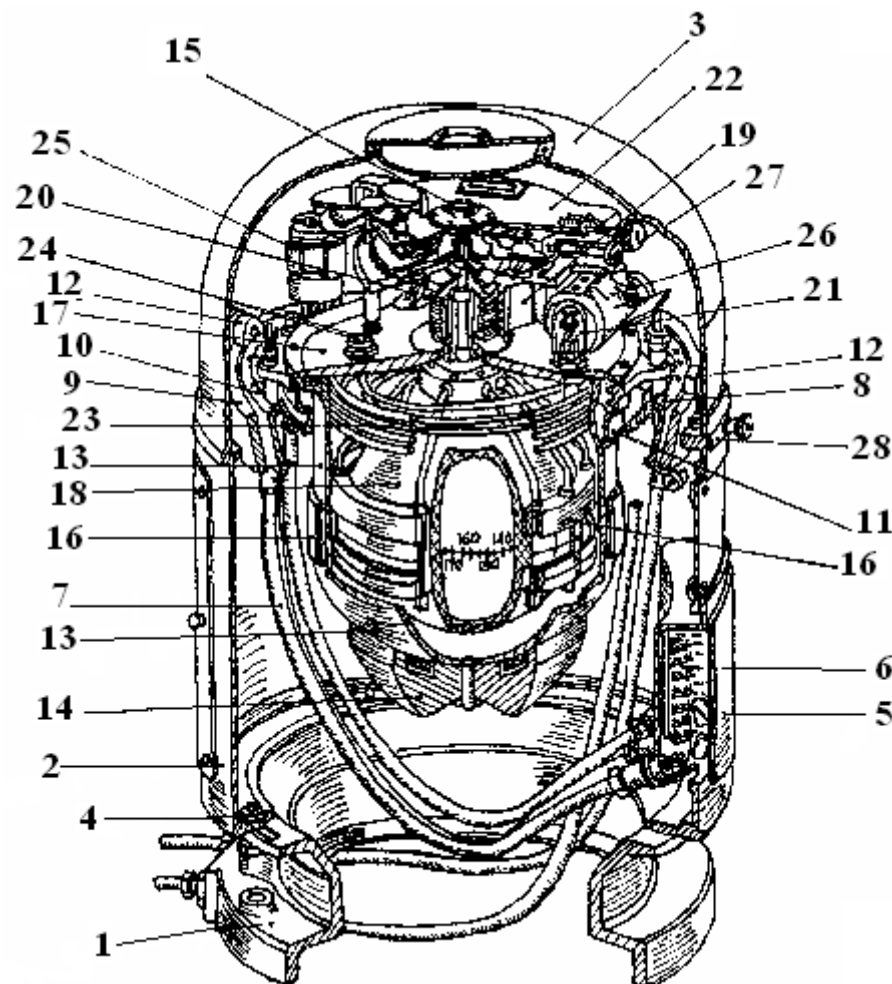


Рисунок 2.1 – Основной прибор гироскопа

В нижней части резервуара, с внешней стороны, прикреплен балансирующий груз (14), представляющий собой несимметричную от-

ливку, массой около 16 кг. Поворотом этого груза устанавливают стол гирокомпаса в горизонтальное положение, ориентируясь по уровню (15), расположенному на крышке корректора.

В кольцевом пазу, расположенном с внутренней стороны балансирующего груза, уложена сигнальная обмотка устройства дистанционного контроля за положением чувствительного элемента по высоте. Концы этой обмотки выведены на стол и соединены с индикатором (миллиамперметром) в приборе 34.

Обмотка электромагнитного дутья индуцирует в сигнальной обмотке ЭДС, которая будет тем больше, чем ниже опустится гиросфера, что и будет фиксировать стрелочный индикатор, шкала которого разбита в миллиметрах.

В средней части, с наружной стороны резервуара, в виде кольца крепится статор устройства ускоренного приведения в меридиан (16).

Статор многополюсный с двумя обмотками, главной и вспомогательной.

Для сдвига фаз в главную обмотку включен блок конденсаторов, расположенных внутри нактоуза.

С наружной стороны статор закрыт слоем вулканизированной резины для защиты от влаги. При подаче питания на статорные обмотки образуется вращающееся магнитное поле, которое индуцирует вихревые токи в металлической оболочке гиросферы, и они, взаимодействуя с магнитным полем статора, заставляют гиросферу вращаться относительно вертикальной оси, т.е. она становится ротором. С помощью переключателя меняя сторону вращения гиросферы, можно привести ее в меридиан до пуска гирокомпаса и ускорить приход гирокомпаса в меридиан после его пуска.

В резервуар заливается около 16 л поддерживающей жидкости. В ее состав входит 13 л дистиллированной воды, 2,5 л глицерина, 0,1 л формалина и 14,3 г буры. Глицерин служит для создания необходимой плотности, формалин препятствует появлению бактерий, а бора обеспечивает токопроводимость.

**2.2.4. Стол гирокомпаса.** Стол гирокомпаса (17) служит для подвеса на опорном шарикоподшипнике следящей сферы (18) и закрытия резервуара с поддерживающей жидкостью. На нем установлены клеммные разъемы, щеткодержатели (19), термометр (20), замыкатель ревуна (21), корректор (22), ртутный замыкатель (термостат) помпы (на рисунке не показан). Змеевик охлаждения (23) крепится с нижней стороны стола. Стол с внутренней стороны вместе со змеевиком покрыт эбонитом.

Для наблюдения за уровнем поддерживающей жидкости в столе имеются два отверстия, закрытые завинчивающимися эбонитовыми

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 будут возникать два сигнальных напряжения со сдвигом по фазе на  $180^\circ$ . После детектирования, производимого ключами 6А8.1 и 6А8.2, на выходе фильтра Z2 появляется сигнал постоянного тока  $\sim U_{оп}$ . Ключи 6А8.1 и 6А8.2 открываются поочередно под действием прямоугольных импульсов, поступающих с нуля-органа НО1.

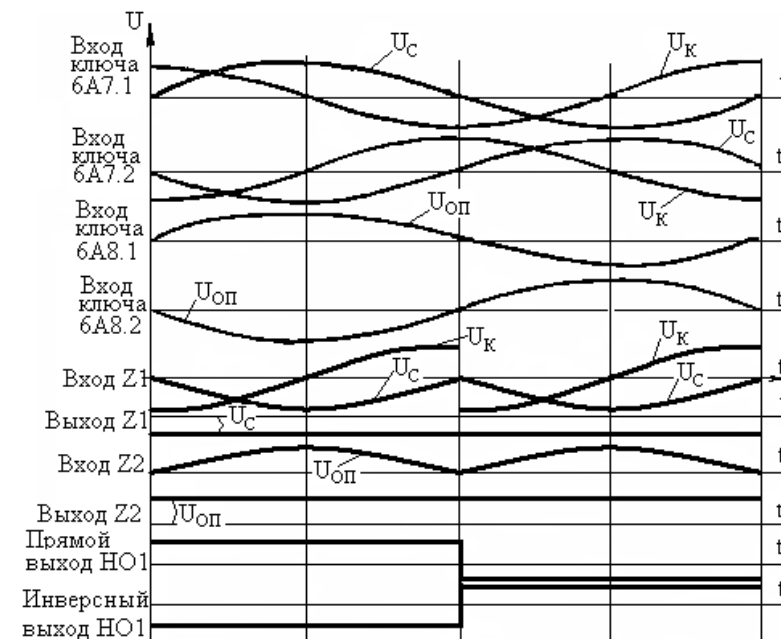


Рисунок 8.2 – Временные диаграммы, поясняющие способ подавления квадратурной помехи методом синхронного детектирования

Ноль-орган НО1 представляет собой электронную схему, имеющую один вход и два выхода: прямой и инверсный. На вход подается сигнал в виде синусоидального напряжения  $\sim U_{оп}$ , а на выходах образуются пря-



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 выходе предварительного усилителя.

**8.2.2. Блок усилителя измерительного канала.** Блок усилителя измерительного канала собран на двух операционных усилителях: 6А2 и 6А5. На вход усилителя 6А2 подается сигнал  $\sim U_{\text{шт}} = \sim U_c + \sim U_k$ , поступающий с выхода предварительного усилителя УП ( $\sim U_k$  – сигнал квадратурной помехи). Усилитель 6А2 является инвертирующим: он изменяет фазу сигнала  $\sim U_{\text{шт}}$  на  $180^\circ$ .

Блок УИК обеспечивает не только усиление сигнала  $\sim U_{\text{шт}}$ , но и его преобразование в напряжение постоянного тока (детектирование) с одновременным подавлением квадратурной помехи  $\sim U_k$ . Такое преобразование осуществляется при помощи управляемых электронных ключей 6А7.1 и 6А7.2, которые открываются поочередно прямоугольными синхронными с сигналом импульсами, поступающими с нуля-органа НО1.

Принцип подавления квадратурной помехи  $\sim U_k$  методом синхронного детектирования можно пояснить с помощью временных диаграмм, представленных на рисунке 8.2. На входы ключей 6А7.1 (рисунок 8.1) и 6А7.2 с индукционного преобразователя поступает один и тот же сигнал  $\sim U_{\text{шт}} = \sim U_c + \sim U_k$ , но со сдвигом по фазе на  $180^\circ$ . Сдвиг по фазе создает инвертирующий усилитель 6А5. В первый полупериод на вход фильтра Z1 подается сигнал, проходящий через ключ 6А7.2, который на это время открыт прямоугольным импульсом нуля-органа НО1. Во второй полупериод ключ 6А7.2 закрыт, а ключ 6А7.1 открыт и на вход фильтра Z1 подается сигнал, пропускаемый ключом 6А7.1. В итоге на входе фильтра Z1 наблюдается пульсирующее (одного знака) напряжение полезного сигнала  $U_c$  и знакопеременное напряжение квадратурной помехи  $U_k$ .

Постоянная составляющая полезного сигнала  $U_c$  выделяется фильтром Z1 и подается в схему ПНВ. Знакопеременная квадратурная помеха, не имеющая постоянной составляющей, подавляется фильтром и исключается из показаний лага.

**8.2.3. Блок усилителя опорного канала.** Блок усилителя опорного канала предназначен для выработки опорного напряжения постоянного тока  $U_{\text{оп}}$  и создания прямоугольных импульсов, управляющих электронными ключами. К блоку УОК относятся два операционных усилителя 6А3 и 6А4, электронные ключи 6А8.1 и 6А8.2, фильтр Z2 и нуля-орган НО1.

пробками (24).

Для герметичности между резервуаром и столом уложена резиновая прокладка, а для удобства снятия стола на нем имеются две ручки.

Замыкатель ревуна автоматически включает звуковую и визуальную сигнализацию при отклонении температуры поддерживающей жидкости от заданной величины.

Термометр своей нижней частью опущен в поддерживающую жидкость и служит для наблюдения за ее температурой. Корректор служит для исключения из показаний гирокомпас (репитеров) скоростной погрешности. На нем в носовой части размещен азимут-мотор (25), в кормовой – реверсивный электродвигатель корректора (26), а сбоку сельсин-приемник корректора. Кроме того, на нем установлен маховичок (27) для ручной установки корректора, электромеханический стопор двигателя корректора, картушки точного и грубого отсчета курса и уровня.

Для освещения в ночное время в основном приборе установлено 3 лампочки: одна у смотрового окна резервуара, другая на столе гирокомпаса у термометра и третья на корректоре. В средней части стола имеется отверстие, в котором на подшипниках крепится следящая сфера.

**2.2.5. Следящая сфера.** Следящая сфера (рисунок 2.2) является одной из основных частей следящей системы гирокомпаса и служит для подвеса чувствительного элемента, подвода к нему электрического тока и слежения за положением чувствительного элемента. Следящая сфера состоит из держателя (1), семи колодок (2), двух полусфер (3) и двух экваториальных колец (4).

Держатель представляет собой полый латунный стержень, покрытый эбонитом, в нижней части заканчивающийся эбонитовым диском (5).

По окружности диска имеется семь латунных букв с отверстиями. К каждой из букв припаян проводник. После пайки углубление в диске держателя заливается влагостойкой изоляционной массой. Проводники через отверстие стержня выходят из держателя и крепятся к кольцам коллектора (6) на столе гирокомпаса. В отверстия латунных букв держателя вставляются и крепятся контактными винтами семь латунных стержней (7), покрытых эбонитом. Верхние и нижние части стержней свободны от эбонита, причем нижние части стержней имеют резьбу, на которую при сборке следящей сферы навинчиваются гайки (8), покрытые эбонитом. Экваториальные кольца изготовлены из эбонита, а с внутренней стороны в них вставлены токопроводящие кольца.

Токопроводящие кольца (верхние и нижние) изготовлены из латуни и покрыты эбонитом. С внутренней стороны каждое кольцо имеет по



три проводящих графитозобонитовых дуги. Каждое из колец с помощью контактного винта соединено с одним из стержней держателя. Между экваториальными кольцами установлено семь эбонитовых колодок. В двух узких колодках, расположенных противоположно друг другу, впрессованы токопроводящие электроды 30, 31, которые получили название следящих контактов, а в одной из колодок токопроводящий электрод 55. Эти электроды соединены контактными винтами с соответствующими контактными стержнями держателя. Между эбонитовыми колодками вставлены смотровые стекла (9). Углы смотровых стекол срезаны для обеспечения лучшей циркуляции поддерживающей жидкости внутри следящей сферы. С наружной и внутренней стороны всех стекол нанесены горизонтальные линии, которые обеспечивают наблюдение за положением гидросферы по высоте.

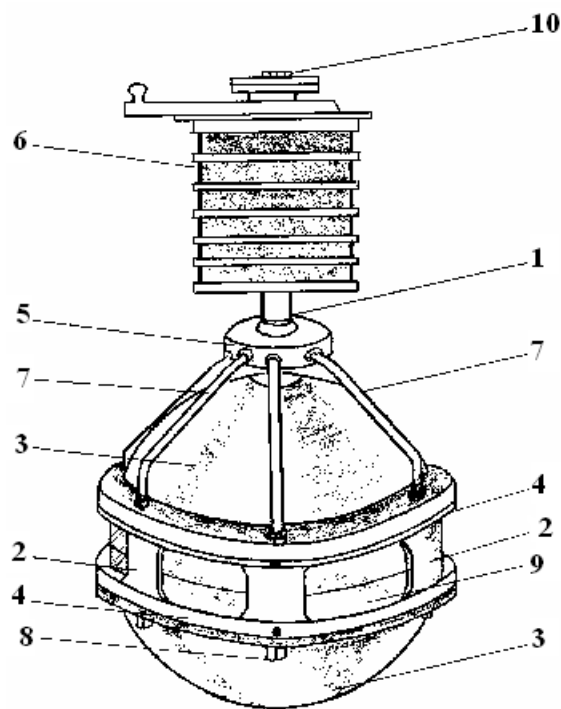


Рисунок 2.2 – Следящая сфера

Следящие полусферы представляют собой части, изготовленные из

(эталонный) отсчет скорости.

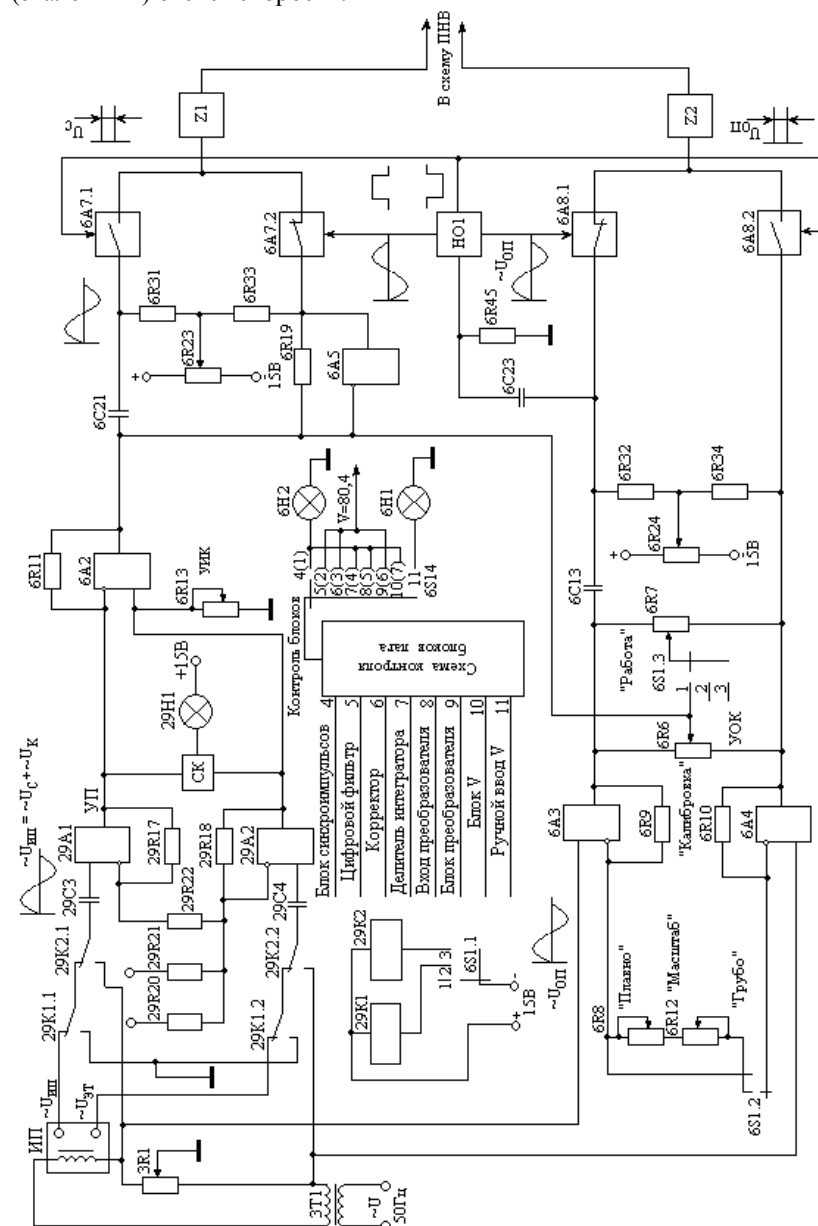


Рисунок 8.1 – Функциональная схема аналоговой части лага

## 8. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №8

### ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА ЛАГА ИЭЛ-2М

**8.1. Цель занятия:** Изучить работу лага ИЭЛ-2М по функциональной схеме.

Функциональная схема подразделяется на следующие основные части: аналоговая часть (АЧ); преобразователь «напряжение – время» (ПНВ); преобразователь «время – цифра» (ПВЦ).

#### 8.2. Аналоговая часть

В аналоговой части лага (рисунок 8.1) осуществляются усиление и преобразование сигнала  $\sim U_{инт}$ , поступающего от индукционного 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  $U_c$  и  $U_{оп}$  в виде напряжений постоянного тока. В аналоговой части расположены три блока: предварительный усилитель УП, усилитель измерительного канала УИК и усилитель опорного канала УОК.

**8.2.1. Блок предварительного усилителя.** Блок предварительного усилителя состоит из двух операционных усилителей 29А1 и 29А2, на вход которых подается сигнал  $\sim U_{инт}$ . 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  $\sim U_{инт}$ . 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 3.R1. При этом лаг (для проверки его действия) должен показывать некоторый

алюминия и покрытые эбонитом, за исключением полярных участков с внутренней стороны. Эти участки покрыты графитоэбонитом и являются токопроводящими полярными электродами.

Следящие полусферы в центре имеют отверстия для лучшей циркуляции поддерживающей жидкости.

При установке следящие полусферы опираются буртиками на экваториальные кольца. В собранном виде следящая полусфера подвешивается на двух шарикоподшипниках в средней части стола. На верхнюю часть держателя одевается коллектор и с помощью эксцентрикового зажима (10) прочно крепится к держателю, после чего заворачивается контргайка и фиксируется с помощью стопорного винта. Люфт в подвесе следящей сферы не допускается.

В рабочем положении полярные и экваториальные контакты следящей сферы находятся против соответствующих контактов гиросферы. При этом обеспечиваются зазоры между гиросферой и следящей сферой по вертикали 6-8 мм, а в районе экватора 4 мм.

**2.2.6. Подача питания на гиросферу.** Подача питания на гиросферу обеспечивается следующим путем. Ток 120 В, 330 Гц приходит с разъемов стола основного прибора. Через щетки и кольца коллектора первая фаза (клемма 27) подается через одноименный стержень держателя, контактный винт, корпус верхней полусферы и на токопроводящий полярный электрод. Затем через токопроводящую жидкость на одноименный электрод гиросферы, а с него через буксу на клеммную плату в гиросфере. Аналогично вторая фаза (клемма 28) подается также на клеммную плату гиросферы. Третья фаза (клемма 29) идет с двух колец коллектора через одноименные стержни держателя, контактные винты на верхние и нижние токопроводящие кольца следящей сферы, затем через поддерживающую жидкость на экваториальные токопроводящие контакты гиросферы, соединенные с корпусом.

С клеммной платы и корпуса гиросферы ток попадает на статорные обмотки гиромоторов и обмотку электромагнитного дутья. Таким же путем, через следящую сферу, ток попадает на круглый электрод 55 гиросферы, с буксы которого поступает на обмотку электромагнита выключателя затухания. Сверху стол гирокомпаса закрывается профильной крышкой. Она изготовлена из листового алюминия и имеет три застекленных окна. Одно из них расположено в верхней части крышки и служит для снятия отсчета курса с картушки. Два других окна расположены сбоку. Одно служит для наблюдения за положением гиросферы через систему зеркал, другое для наблюдения за температурой поддерживающей жидкости.





- блок 1 – блок выработки синхроимпульсов с генератором прямоугольных импульсов ГПИ и схемой управления ключами СУ;
- блок 2 – блок, в который входят усилители измерительного и опорного канала (УИК и УОК) и преобразователь "напряжение – время" (ПНВ);
- блок 3 – блок управления;
- блок 4 – блок цифрового фильтра;
- блок 5 – блок делителя;
- блок 6 – блок выдачи информации для подключения к центральному прибору дополнительных индикаторов скорости и счетчиков пройденного расстояния (приборы 1 и 5), а также трансляционных приборов 59 и 119;
- блок 7 – корректор с коммутатором 8.

### 7.6. Блок-схема лага ИЭЛ-2М

При движении судна в чувствительном элементе лага ИП возникает сигнал переменного напряжения  $U_{инт}$ , который представляет собой сумму полезного напряжения, пропорционального скорости, и напряжения квадратурной помехи.

Сигнал  $U_{инт}$  поступает в прибор 29 (рисунок 7.5), в котором находится предварительный усилитель УП, решающий задачу согласования выходного сопротивления индукционного преобразователя с входным сопротивлением усилителя измерительного канала УИК.

В блоке УИК происходит усиление сигнала, а также отделение от него и подавление квадратурной помехи. Оставшийся полезный сигнал преобразуется в отрицательное напряжение  $-U_c$ , которое пропорционально скорости судна. Данное напряжение поступает в преобразователь «напряжение – время» (ПНВ). В этот же преобразователь из усилителя опорного канала УОК подается постоянное напряжение  $U_{оп}$  с положительным знаком. Опорное напряжение  $U_{оп}$  вырабатывается в приборе питания (прибор 3). В блоке ПНВ методом двойного интегрирования при помощи сигналов  $-U_c$  и  $U_{оп}$  создается прямоугольный импульс, длительность  $\tau$  которого пропорциональна скорости судна  $V$ .

Для измерения значения скорости  $V$  служит преобразователь «время – цифра» ПВЦ. В нем происходит заполнение импульса  $\tau$  частотой  $f_0 = 250$  кГц от опорного генератора. Очевидно, что чем больше скорость, тем продолжительнее  $\tau$  и, следовательно, тем большее количество импульсов опорной частоты уместится в этом промежутке времени.

зволяют следить за величиной трехфазного тока 120 В, 330 Гц, питающего гиросферу. В нижней части крышки установлены два пакетных переключателя (2, 3). Левый служит для подачи в электрическую схему гироскопа однофазного тока через понижающий трансформатор, а правый для подачи судового тока напряжением 220 В, 50 Гц на двигатель агрегата питания. Над каждым пакетным переключателем установлены прозрачные колпачки сигнальных ламп (4 и 5), которые загораются при включенном положении переключателя и наличии тока в сети.

Внутри корпуса прибора смонтированы клеммные платы (6), сигнальные лампы (7), платы с предохранителями (8) и токовый сигнализатор (9). С наружной части корпуса пускового прибора имеются несколько выводов с сальниками (10) для подключения кабелей. Как правило, выводы маркируются буквами (А, Б и т.д.) для удобства чтения электрической схемы.

Предохранители, установленные в приборе, рассчитаны на различную мощность, в зависимости от величины тока в цепи.

Токовый сигнализатор служит для визуальной сигнализации об отклонении трехфазного тока 120 В, 330 Гц от номинала на величину 0,25 А.

Он представляет собой асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором, статорные обмотки которого включены последовательно в каждую из фаз трехфазного тока 120 В, 330 Гц. На оси ротора укреплен подвижный контакт (11) (в виде стрелки), верхний конец которого находится между двумя неподвижными контактами.

Нижней частью подвижный контакт укреплен в диэлектрике, к которому прикреплена пружина, а другой конец ее закреплен в специальной стойке, расположенной на корпусе и позволяющей регулировать начальное натяжение пружины. Таким образом, если освободить ротор, то при подаче напряжения токовый сигнализатор будет работать как обычный асинхронный электродвигатель, и ротор его будет вращаться с определенным числом оборотов.

Если же застопорить ротор с помощью пружины, то можно добиться такого положения, что момент на валу электродвигателя будет равен моменту пружины, и в этом случае подвижный контакт будет находиться между неподвижными. При изменении тока, например, в большую сторону, момент на валу электродвигателя увеличится и подвижный контакт замкнется с одним из неподвижных. При этом будет замкнута цепь сигнальных неоновых лампочек "Отклонение тока". Эти лампы расположены в приборах 34 и 10М. Если ток в цепи трехфазной линии 120 В, 330 Гц уменьшится, подвижный контакт замкнется с противоположным неподвижным контактом и снова замкнется цепь сиг-



нальных ламп "Отклонение тока".

Срабатывание токового сигнализатора и зажигание сигнальных лампочек "Отклонение тока" считается нормальным в момент включения однофазного тока в период пускового режима гирокомпаса.

Для того чтобы механически не повредить контакты токового сигнализатора или не нарушить их регулировку, они закрыты прозрачной крышкой.

**2.3.2. Агрегат питания.** Агрегат питания (прибор 18) служит для выработки трехфазного переменного тока 120 В. 330 Гц для питания электрической схемы гирокомпаса. В зависимости от напряжения судовой сети могут применяться агрегаты АМГ-201 А и АМГ-201 Б. Первый применяется в том случае, если напряжение судовой сети 380 В, 50 Гц, а второй, если напряжение 220 В, 50 Гц. Агрегат питания АМГ состоит из двигателя, генератора и блока стабилизации частоты, собранные в одном корпусе.

Двигатель агрегата асинхронный с короткозамкнутым ротором. Генератор – синхронная машина, возбуждение которой осуществляется от постоянных магнитов. Частота вырабатываемого тока генератором должна быть строго постоянной, в противном случае изменится число оборотов роторов гиromоторов, изменится режим работы гирокомпаса и понизится его точность.

Для того чтобы в процессе работы частота не изменилась, в агрегате питания имеется специальный блок регулирования частоты (БРЧ). Он смонтирован в верхней части агрегата и состоит из двух дросселей, трансформатора, магнитного усилителя, реле пуска, селеновых выпрямителей, ряда трансформаторов и сопротивлений. Селеновые выпрямители помещены в резервуар, отлитый вместе с коробкой. Резервуар заполнен трансформаторным маслом и закрыт текстолитовой крышкой, в которой имеется отверстие для заливки масла.

Масло налито для того, чтобы улучшить охлаждение селеновых выпрямителей и увеличить срок их службы.

#### 2.4. Контрольные вопросы

1. В каких пределах и как может разворачиваться средняя часть нактоуза относительно основания?
2. Какие элементы расположены на столе гирокомпаса?
3. Для чего служит корректор?
4. Каким образом стол гирокомпаса устанавливается в горизонтальное положение?
5. Где находится сигнальная обмотка устройства дистанционного контроля за положением гиросферы по высоте?

перепадом подключаются к схеме резисторы 29R20, 29R21 и 29R22 (см. функциональную схему), тем самым изменяется коэффициент усиления в пределах 25 %. Прибор устанавливается поблизости от выгородки приемного устройства.

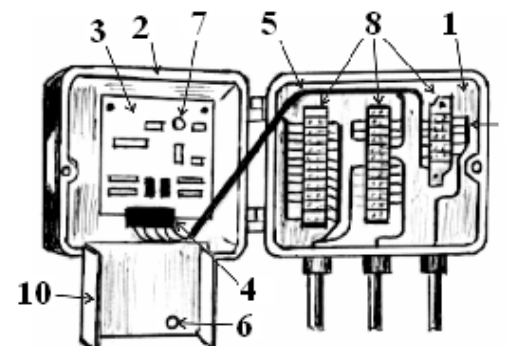


Рисунок 7.3 – Согласующий прибор

**7.5.3. Центральный прибор (прибор 6)** решает задачу выработки скорости и пройденного расстояния. В нем сосредоточены органы управления и контроля лага. На лицевую панель (рисунок 7.4) прибора 6 выведено цифровое табло (1) указателя скорости, окно 2 счетчика пройденного расстояния, сигнальные табло 3 "Сеть" зеленого цвета, 4 – "Неисправность" (красного цвета) и 5 – "Ручной ввод" (желтого цвета).

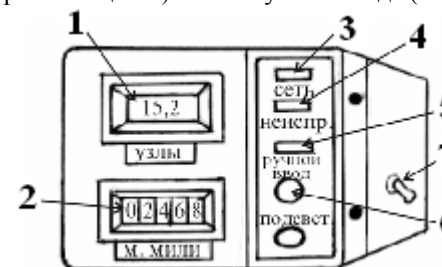


Рисунок 7.4 – Лицевая панель центрального прибора

Для регулировки яркости освещения шкалы счетчика пройденного расстояния в нижнем правом углу находится рукоятка 6. Справа у задней стенки корпуса прибора в специальной нише установлен тумблер для включения лага. Внутри прибора 6 на специальных съемных платах смонтированы блоки схемы лага:



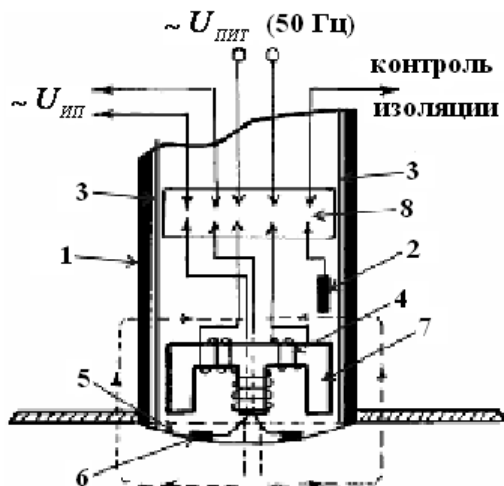


Рисунок 7.2 – Нижняя часть индукционного преобразователя

К нему подводится отдельный провод, что позволяет замерить сопротивление изоляции прибора. Для уменьшения помех все провода индукционного преобразователя экранированы и скручены в жгут. Они подведены к штепсельному разъему 8 для подключения к схеме лага.

**7.5.2. Согласующий прибор (прибор 29)** заключен в корпусе 1 (рисунок 7.3) с откидной крышкой 2. На внутренней стороне крышки на специальной плате установлен предварительный усилитель (УП) 3. В нижней части платы имеется штырьковое соединение 4, служащее через жгут проводов 5 для подключения предварительного усилителя к схеме лага. Усилитель экранирован специальным кожухом 10. В кожухе имеется отверстие 6 для наблюдения за лампой 7, сигнализирующей о наличии выходного сигнала УП.

Внутри корпуса прибора 29 имеется три контактных платы, благодаря которым возможен доступ к проводам, соединяющим прибор со схемой лага.

В процессе регулировки лага на мерной линии коэффициент пропорциональности  $U_m$  между полезным сигналом  $U_n$  и скоростью судна может измениться столь значительно, что с помощью специальных регулировочных резисторов "Масштаб" его отрегулировать не удастся. В этом случае значение  $U_m$  можно изменить путем ступенчатого изменения коэффициента усиления УП. Для этой цели служат переключки 9. Их

6. Каким образом крепится следящая сфера к столу гирокомпаса?
7. Для чего служит следящая сфера?
8. Каким образом подается питание на гиросферу?
9. Что представляет собой устройство для ускоренного приведения гирокомпаса в меридиан?
10. Для чего необходима поддерживающая жидкость и из каких компонентов она состоит?
11. Какие зазоры в рабочем положении между гиросферой и следящей сферой?
12. Что входит в приборы блока питания?
13. Как устроен токовый сигнализатор?
14. Для чего служит БРЧ?

### 3. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №3 ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ ГИРОКОМПАСА (ПРИБОРЫ ЗАЩИТЫ, СИГНАЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ, СИСТЕМА ОХЛАЖДЕНИЯ), ПРИБОРЫ УПРАВЛЕНИЯ И КУРСУКАЗАНИЯ, КОРРЕКТОР

#### 3.1. Цель занятия:

1. Изучить приборы защиты (прибор 15, 3У), сигнальные приборы (прибор 10М) и систему охлаждения гирокомпаса.
2. Изучить приборы управления и курсоуказания (приборы 34 Н-1, 19 А, 33, 38, 38 А), корректор.

#### 3.2. Сигнальный прибор

Сигнальный прибор (прибор 10М) (рисунок 3.1) предназначен для звуковой сигнализации при отклонении температуры поддерживающей жидкости от допустимого предела и визуальной сигнализации при отклонении трехфазного переменного тока от номинального значения на величину  $\pm 0,25$  А и рассогласовании следящей системы на величину более  $1,5^\circ$ . В корпусе прибора установлен ревун (1), трансформатор питания ревуна (2), две сигнальные неоновые лампочки (3) "Отклонение тока" и "Рассогласование следящей системы" и два балластных сопротивления (4), ограничивающие ток неоновых лампочек.

#### 3.3. Приборы защиты

Приборы защиты (прибор 15, 3У) предназначены для ограничения тока, идущего для питания сельсинов-приемников и предотвращения выхода из строя их обмоток. Кроме того, эти приборы служат и разветвительными коробками.

В комплекте гирокомпаса могут применяться как приборы 15, так



и приборы 3У.

Прибор 15 представляет собой коробку, в которой смонтированы платы с пятью предохранителями на каждый принимающий сельсин.

Три одноамперных плавких предохранителя ограничивают ток в обмотках синхронизации и два одноамперных плавких предохранителя – в обмотке возбуждения. В боковых стенках коробки установлены сальники для подключения кабелей, соединяющих сельсины-приемники с коробкой.

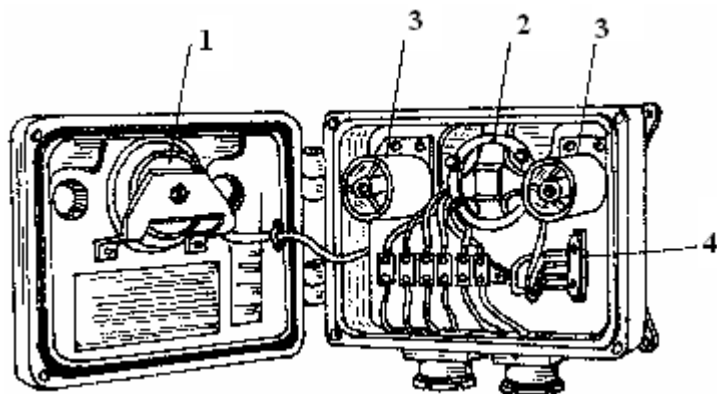


Рисунок 3.1 – Сигнальный прибор

Прибор 3У представляет собой также коробку, в крышке которой имеется красная сигнальная лампа, а внутри корпуса смонтированы электротермические реле и плавкие предохранители. Первые включены в цепь синхронизации, а вторые в цепь обмотки возбуждения сельсинов. Каждое из электротермических реле (рисунок 3.2) имеет три биметаллические пластинки (1), на которых намотана спираль.

Пластинки с помощью штока (2) соединены с фиксатором (3). При исправной работе сельсина контакты токов синхронизации (4) замкнуты, а сигнализации (5) – разомкнуты. Если сельсин неисправен, токи синхронизации увеличиваются, спираль нагревается и биметаллические пластинки, нагреваясь, прогибаются. Прогибаясь, пластинки перемещают шток, который с помощью рычагов освобождает фиксатор, и цепь токов синхронизации неисправного сельсина отключается, одновременно включаются контакты цепи красной сигнальной лампы. Для того чтобы определить, какое из электротермических реле отключилось, в каждом из них имеется окошко, в котором при отключении появляется красный флажок. После устранения неисправности нужно вернуть

## 7.5. Конструкция приборов лага

**7.5.1. Индукционный преобразователь (прибор 9)** устанавливается в специальном клинкете, обеспечивающем выдвижение прибора за борт. Нижняя часть 5 преобразователя (рисунок 7.2) выполнена из изоляционного материала и может выступать за пределы днища судна на 1-2 см. Магнитное поле возбуждается трехстержневым электромагнитом 7, который имеет три последовательно соединенные обмотки 4, питающиеся переменным напряжением  $U_{\text{в}}$  частотой 50 Гц.

Съем сигнала  $U_{\text{шт}}$  из воды обеспечивается собирательными электродами 6, которые находятся в плоскости шпангоута и соприкасаются с забортной водой. Корпус 3 прикреплен к стойке 1 прибора 9.

Его внутренняя полость залита компаундом, в качестве которого используется эпоксидная смола. Для контроля за состоянием изоляции между проводами и корпусом 3 имеется дополнительный электрод 2.

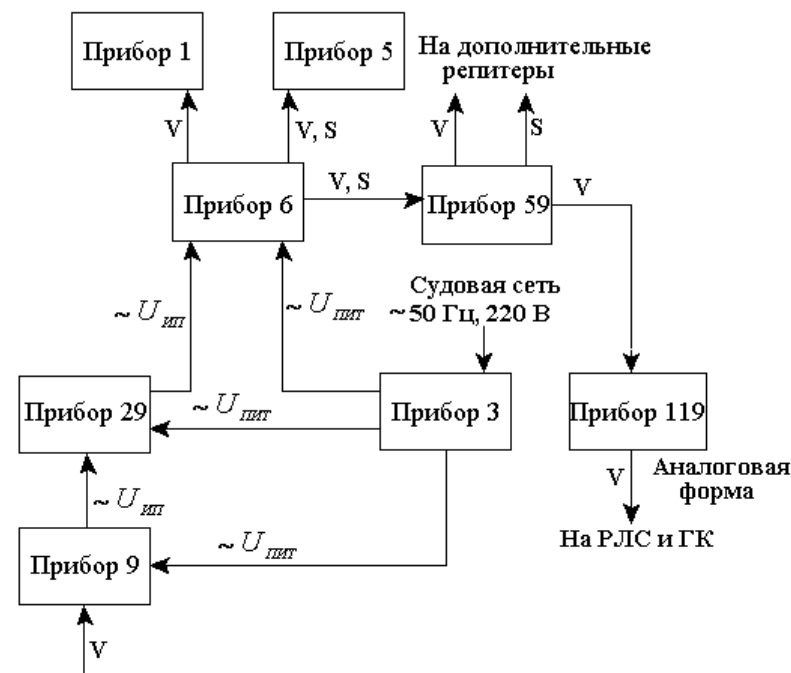


Рисунок 7.1 – Комплектация лага ИЭЛ-2М



## 7. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №7 ИНДУКЦИОННЫЙ ЭЛЕКТРОННЫЙ ЛАГ ИЭЛ-2М

### 7.1. Цель занятия:

1. Изучить состав комплекта, технические характеристики и устройство приборов лага.
2. Изучить блок-схему лага.

### 7.2. Назначение лага

Лаг ИЭЛ-2М предназначен для измерения относительной скорости судна и пройденного им расстояния. Лаг может устанавливаться на любых судах с неограниченным районом плавания.

### 7.3. Основные технические характеристики лага

Лаг измеряет скорость вперед от 0 до 30 узлов, скорость назад лаг не измеряет. Инструментальная погрешность составляет 0,2 узла. В помещении, где установлены приборы лага, допускается перепад температуры от  $-10^{\circ}$  до  $+50^{\circ}\text{C}$ ; инструментальная погрешность при этом может изменяться в пределах  $\pm 0,35$  узла. Питание лага осуществляется однофазным током частотой 50 Гц, напряжением 220 В. Потребляемая мощность составляет 150-200 Вт в зависимости от количества потребителей. Ресурс лага равен 50 000 часов.

### 7.4. Состав комплекта

В комплект лага ИЭЛ-2М входят следующие приборы (рисунок 7.1):

- индукционный первичный преобразователь сигнала (ИППС), часто называемый "индукционным преобразователем" (ИП) – прибор 9;
- прибор 6 – центральный прибор, предназначенный для выработки относительной скорости судна и пройденного им расстояния;
- прибор 3 – прибор питания;
- прибор 29 – согласующий прибор; предназначен для предварительного усиления сигнала чувствительного элемента и согласования выходного сигнала ИП и входного сопротивления прибора 6;
- прибор 59 – трансляционный прибор; предназначен для трансляции информации о скорости в цифровом виде;
- прибор 119 – предназначен для преобразования информации о скорости в аналоговый вид и трансляции ее потребителям;
- прибор 1 – цифровой индикатор скорости;
- прибор 5 – содержит цифровой индикатор скорости и механический счетчик пройденного расстояния.

электротермическое реле в исходное положение нажатием на кнопку.

### 3.4. Система охлаждения

Система охлаждения гирокомпаса служит для обеспечения охлаждения поддерживающей жидкости и удержания ее в пределах  $38-42^{\circ}\text{C}$ . Система охлаждения двухступенчатая (рисунок 3.3). Дистиллированная вода, охлаждающая поддерживающую жидкость, охлаждается заборной водой. Система охлаждения состоит из помпы охлаждения (1) (прибор 12М), термоконтактора (4), замыкателя ревуна (2), электронного блока управления работой помпы (рисунок 3.4) в режиме "Автоматическая работа", змеевика основного прибора (3) и трубопроводов.

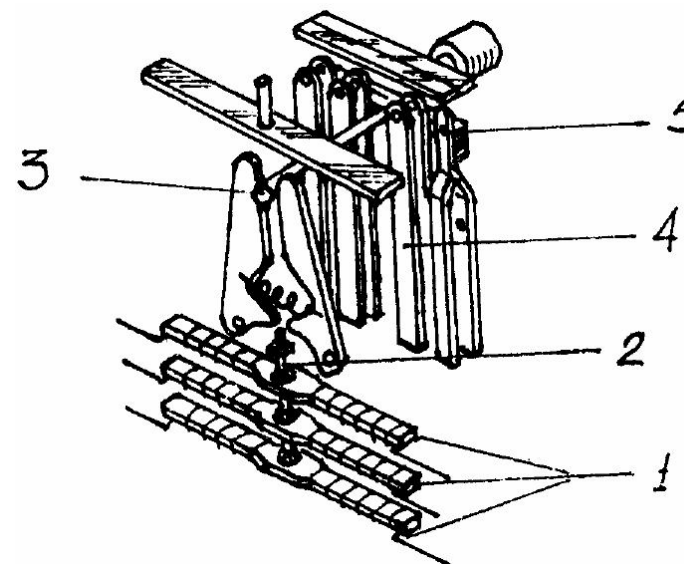


Рисунок 3.2 – Электротермическое реле

Помпа охлаждения (прибор 12М) (рисунок 3.5) представляет собой латунный корпус (1) в виде резервуара, в который заливается около 5 л дистиллированной воды. В верхней части корпуса установлен электродвигатель (2), вал которого соединен с центробежным насосом, расположенным внутри корпуса. Для охлаждения дистиллированной воды внутри корпуса помещается змеевик (3), по которому протекает заборная вода или вода судовой магистрали.

Змеевик рассчитан на давление не более 1,7-1,8 атм. Центробеж-



ный насос представляет собой закрытую камеру с нагнетательным выводом и всасывающим патрубком, в котором вращается сегнерово колесо (4). Сегнерово колесо – это диск, по окружности которого просверлены отверстия по касательной к некоторой окружности около вала. В центре сегнерова колеса выточена полость, куда и выходят эти отверстия.

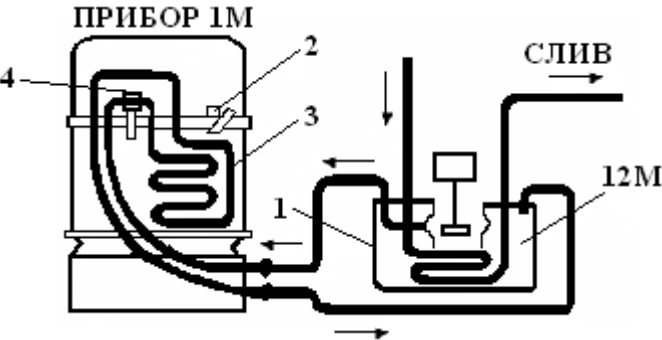


Рисунок 3.3 – Система охлаждения

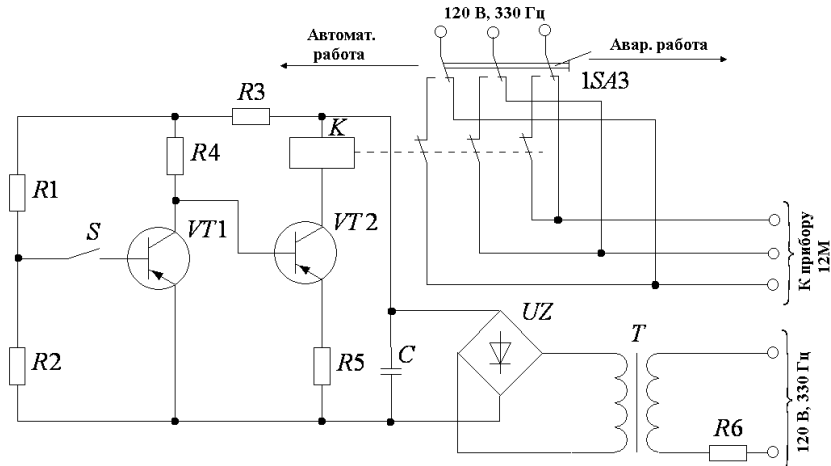


Рисунок 3.4 – Электрическая принципиальная схема электронного блока управления работой помпы

Если поместить сегнерово колесо в воду, то она заполнит все отверстия. При вращении центробежные силы будут перемещать частицы

Таблица 6.1 – Перечень деталей и механизмов гироскопа, подлежащих смазке

| Наименование деталей и механизмов, подлежащих смазке | Наименование смазки     | Количество смазки                        | Периодичность смазки                           |
|------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------------|
| Шарикоподшипники следящей сферы                      | ОКБ-122-12              | 80-100 мГ на шарикоподшипник             | Смазка производится при ремонте следящей сферы |
| Шарикоподшипники сельсинов                           | ОКБ-122-16              | 3-5 капель на шарикоподшипник            | 1 раз в полгода                                |
| Шарикоподшипники всех вращающихся частей             | ОКБ-122-16              | 3-5 капель на шарикоподшипник            | 1 раз в полгода                                |
| Шарикоподшипники электродвигателя помпы охлаждения   | ОКБ-122-12              | 20-30 мГ на подшипник и 5 г в лубрикатор | 1 раз в полгода                                |
| Опоры карданных колец, цапфы репитеров               | ОКБ-122-12<br>ОКБ-122-7 | 200-300 мГ на опору                      | 1 раз в год                                    |
| Шестерни                                             | ОКБ-122-12<br>ОКБ-122-7 | Тонкий слой на поверхность зубьев        | 1 раз в год                                    |

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Воронов В.В. Технические средства судовождения. Конструкция и эксплуатация/ В.В. Воронов, В.К. Перфильев, А.В. Яловенко. – М.: Транспорт, 1988. – 320 с.

2. Технические средства судовождения. В 2 т. Т. 2. Конструкция и эксплуатация/ Е.Л. Смирнов, А.В. Яловенко, В.К. Перфильев, В.В. Воронов. - СПб.: Элмор, 2000. – 656 с.

3. Наставление по организации штурманской службы на судах морского флота. – М.: ЦРИА “Морфлот”, 1982. – 60 с.

4. Правила технической эксплуатации судовой электронавигационной аппаратуры. – М.: В/О “Мортехинформреклама”, 1984. – с. 33.



лись взвешенные частицы или она помутнела, ее следует заменить.

Обычно при плановой замене поддерживающей жидкости разбирается прибор 1М и после слива жидкости производится протирка чистой марлей резервуара, следящей сферы и гиросферы, а затем протирка их марлей, смоченной в спирте.

### 6.9. Смазка узлов гироскопической системы

Смазка узлов гироскопической системы производится периодически в процессе эксплуатации, а также при ремонте. В зависимости от условий работы детали и узлы гироскопа смазываются жидким маслом КБ-122-16 и консистентными смазками ОКБ-122-12 и ОКБ-122-7. Эти смазки предохраняют металлические детали от коррозии, хорошо удерживаются на поверхности и стабильны по своим физико-химическим свойствам.

Поверхности стальных деталей для предохранения их от коррозии покрывают смазкой ЦИАТИМ-201 или ОКБ-222-12.

Смазка деталей и механизмов производится при включенном гироскопе. Перед смазкой детали и механизмы следует очистить от старой смазки и протереть ветошью, смоченной в бензине или спирте. Нанесение смазки на подшипники, оси и т.д. следует производить чистой медной проволокой толщиной 0,5-0,8 мм, а на зубья шестерней – кисточкой.

Перечень деталей и механизмов, подлежащих смазке, приведен в таблице 6.1

### 6.10. Контрольные вопросы

1. Кто осуществляет контроль за работой гироскопа?
2. Как часто определяется поправка гироскопа?
3. Сколько раз за вахту необходимо производить сличение магнитного компаса с гироскопом?
4. Что должен предпринять вахтенный помощник капитана, если резко изменилась поправка гироскопа?
5. Какие записи необходимо произвести на ленте курсографа при ее замене?
6. Что включают ежедневные осмотры и проверки гироскопа?
7. Какие проверки и осмотры гироскопа предусматривают правила технической эксплуатации?
8. Через какое время необходимо заменять поддерживающую жидкость?
9. Как часто должны производиться профилактические разборки гироскопа?

воды от центра к периферии. В полости колеса образуется разрежение, а на периферии, т.е. в камере насоса, где вращается сегнерово колесо, создается давление примерно равное 0,5 атм. В верхней части корпуса помпы имеется отверстие для заливки дистиллированной воды и стрелка для определения стороны вращения двигателя помпы. На передней части корпуса помпы имеется водомерное стекло (5) для контроля за уровнем жидкости и пробка (6) для ее слива.

Электродвигатель помпы питается трехфазным переменным током 120 В, 330 Гц. Смазка подшипников электродвигателя осуществляется с помощью двух масленок (7). Для определения стороны вращения двигателя помпы в верхней части вал закрыт прозрачным колпачком. Чтобы вода из помпы не попадала на электродвигатель, на оси имеется специальная отражающая шайба. Помпа устанавливается на вертикальной переборке в непосредственной близости от основного прибора. Двигатель помпы имеет три режима работы: "Автом. работа", "Выкл.", "Аварийная работа". Тумблер режимов работы 1SA3 расположен снаружи корпуса прибора 1М.

Выключение и включение электродвигателя помпы охлаждения в режиме "Автоматическая работа" производится с помощью ртутного термодатчика и специальной электрической схемы (рисунок 3.4), расположенной в приборе 1М (электронного блока управления работой помпы). Она состоит из электромагнитного реле, трансформатора, диодного выпрямителя, двух транзисторов, резисторов, конденсатора.

В режиме «Автоматическая работа» питание на электродвигатель 12М помпы подается через переключатель 1SA3 режимов работы и рабочие контакты управляющего реле К (рисунок 3.4).

В случае замыкания контакта S ртутного термодатчика (при повышении температуры поддерживающей жидкости до +42° С) 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 К и его контакты замыкают цепь питания электродвигателя помпы. В случае размыкания ртутного термодатчика (при понижении температуры поддерживающей жидкости до +38°) транзистор VT2 открывается, реле К срабатывает и питание с помпы снимается. Таким образом, работая в релейном режиме, помпа обеспечивает постоянство температуры поддерживающей жидкости.

В аварийном режиме помпа работает непрерывно. В этом случае питание на электродвигатель помпы охлаждения подается непосредственно через переключатель режимов работы (1SA3) (рисунок 3.4), минуя схему термостабилизации.



Замыкатель ревуна (рисунок 3.6) предназначен для включения системы сигнализации при отклонении температуры поддерживающей жидкости от заданных пределов и состоит из термостата (1) и контактного устройства (2), закрытого колпачком.

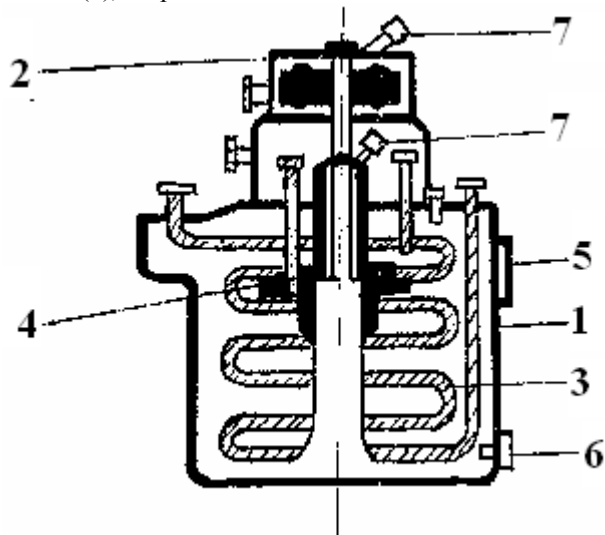


Рисунок 3.5 – Помпа охлаждения

Контактное устройство состоит из трех контактов, двух неподвижных (3) с регулировочными винтами и подвижного (4), расположенного между ними.

Подвижный контакт с помощью пружины прижимается к штоку термореле (5) и при повышении температуры поддерживающей жидкости он поднимает его и замыкает с верхним неподвижным контактом. При понижении температуры штоки термостата опускаются, и подвижный контакт замыкателя ревуна замыкается с нижним неподвижным контактом. В обоих случаях замыкается цепь ревуна и подается звуковой сигнал, а также включается цепь сигнальных ламп "Отклонение температуры".

Таким образом, принцип работы системы охлаждения состоит в следующем (рисунок 3.3). Заборная вода (или вода с судовой магистрали), проходя по змеевику помпы, охлаждает дистиллированную воду в ней, а помпа, создавая давление, по трубопроводу подает ее в змеевик основного прибора гироскопа. Отобрав тепло поддерживающей жидкости, дистиллированная вода возвращается снова в помпу, охлаждается, и цикл повторяется.

работы предусматривают:

- осмотр деталей монтажа приборов;
- протирку чистой сухой ветошью коллекторов и колец электрических машин;
- проверку состояния щеток и контактов.

#### 6.6. Ежемесячные технические осмотры, проверки и профилактические работы

Ежемесячные технические осмотры, проверки и профилактические работы предусматривают:

- осмотр деталей монтажа внутри приборов и очистку всех узлов от пыли;
- зачистку и протирку коллекторов и колец электрических машин;
- смазку резиновых уплотнений специальной смазкой из смеси графита и касторового масла;
- проверку амортизаторов и крепление всех приборов комплекта гироскопа.

#### 6.7. Полугодовые технические осмотры, проверки и профилактические работы

Полугодовые технические осмотры, проверки и профилактические работы предусматривают:

- замену изношенных деталей в узлах;
- проверку наличия и состояния деталей ЗИП;
- смазку подшипников и трущихся деталей;
- полную проверку гироскопа.

#### 6.8. Профилактические разборки гироскопа

В процессе эксплуатации следящая сфера и гиросфера покрываются налетом, который, осажаясь на токопроводящих графитоэбонитовых участках, изолирует их, увеличивая сопротивление току.

Поэтому через каждые 1500 ч работы гироскопа нужно разбирать прибор 1М и производить зачистку графитоэбонитовых электродов гиросферы и следящей сферы мелкой стеклянной бумагой. После зачистки электроды нужно протереть чистой сухой марлей, а затем марлей, смоченной в спирте.

Через каждые 3000 ч работы гироскопа необходимо заменять поддерживающую жидкость. При очередной профилактической разборке нужно проверять качество поддерживающей жидкости и при необходимости заменять ее.

Если в процессе эксплуатации в поддерживающей жидкости появи-



от установленных пределов. Кроме того, вахтенный помощник капитана обязан регулярно определять поправку гирокомпаса и еже часно производить сличение показаний гирокомпаса с магнитным компасом. При обнаружении неисправности в работе гирокомпаса необходимо поставить в известность специалиста, обслуживающего гирокомпас, а при изменении поправки доложить об этом капитану.

В момент отхода судна на ленте курсографа следует записать дату, время и координаты места или название пункта отхода. Эти же данные записываются на ленте при приходе судна в порт и остановке гирокомпас.

В течение рейса необходимо ежедневно проверять по судовым часам установку ленты курсографа по времени (оно должно соответствовать судовому времени) и согласованность репитера курсографа с прибором 1М.

Использованная лента курсографа должна храниться на судне в течение года.

### 6.3. Правила технической эксплуатации гирокомпаса

Правила технической эксплуатации гирокомпаса регламентируют уход за гирокомпасом, устанавливая периодичность технических осмотров, проверок и профилактических работ. Тщательное выполнение этих правил позволяет обеспечить надежную работу гирокомпас, своевременно обнаружить неисправность и предупредить ее появление.

Правила технической эксплуатации гирокомпасов предусматривают ежедневные, еженедельные, ежемесячные, полугодовые осмотры, проверки и профилактические работы.

### 6.4. Ежедневные технические осмотры, проверки и профилактические работы

Ежедневные технические осмотры, проверки и профилактические работы предусматривают:

- согласование репитеров с основным прибором;
- проверку уровня поддерживающей жидкости и положение гиросферы по высоте;
- проверку уровня дистиллированной воды в помпе охлаждения;
- проверку наличия ленты и согласованности перьев в курсографе;
- проверку показаний измерительных приборов.

### 6.5. Еженедельные технические осмотры, проверки и профилактические работы

Еженедельные технические осмотры, проверки и профилактические

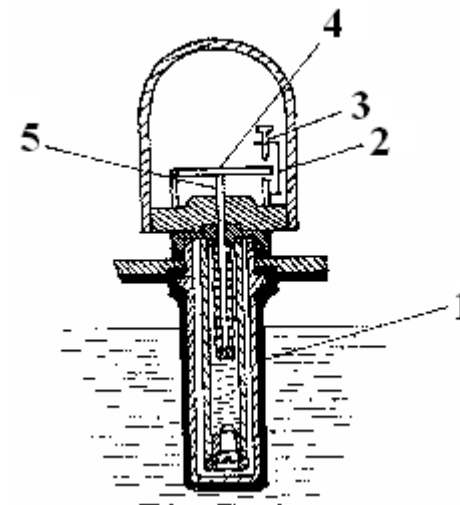


Рисунок 3.6 – Замыкатель ртутуна

### 3.4. Контрольные вопросы

1. Для чего служит прибор 10М?
2. Как работает электротермическое реле 3У?
3. Для чего служит система охлаждения гирокомпас?
4. Для чего необходим змеевик в помпе охлаждения?
5. Какую роль выполняет замыкатель ртутуна?
6. Объясните принцип работы замыкателя ртутуна?
7. Какую роль выполняет электронный блок, входящий в систему охлаждения?
8. Какое давление создает помпа охлаждения?
9. Для чего служит ртутный термоконтактор?

## 4. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №4 ПРИБОРЫ УПРАВЛЕНИЯ И КУРСУКАЗАНИЯ, КОРРЕКТОР

**4.1. Цель занятия:** Изучить приборы управления и курсоказания (приборы 34 Н-1, 19 А, 33, 38, 38 А, корректор).

Приборы управления обеспечивают возможность эксплуатации гирокомпас в различных условиях плавания судна. К этим приборам относятся штурманский пульт (прибор 34 Н-1) (в гирокомпасах ранних выпусков прибор 34 А), корректор и устройство для ускоренного приве-



дения чувствительного элемента в меридиан.

#### 4.2. Штурманский пульт

Штурманский пульт (прибор 34 Н-1) (рисунок 4.1) служит для указания курса, скорости и пройденного судном расстояния, времени, а также для управления и контроля за работой гирокомпаса. В литом корпусе располагаются репитер курса (1), механизмы управления выключателем затухания (2,3), механизм скоростной поправки курса (на рисунке не показан), указатель скорости (4) и счетчики пройденного расстояния (5), часы (6), вольтметр (7), микроамперметр (8), сигнальные лампы (9) и переключатели. К механизмам управления выключателем затухания относятся курсовой фрикционный автомат и скоростной центробежный замыкатель (расположены в корпусе прибора 34 Н-1).

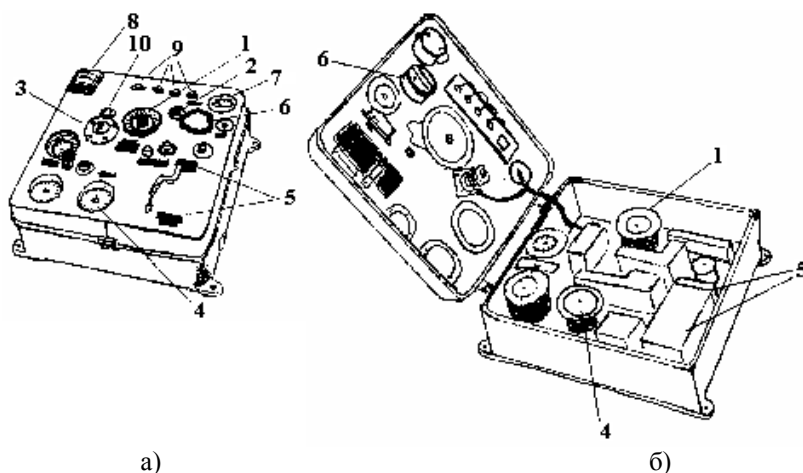


Рисунок 4.1 – Штурманский пульт: а - штурманский пульт с закрытой крышкой; б - штурманский пульт с откинутой крышкой

Курсовой фрикционный автомат (рисунок 4.2) имеет две пары контактов (1), которые замыкаются при изменении курса на  $5-7^\circ$  и подают питание на обмотку реле выключателя затухания. Рукоятка пакетного переключателя выведена на крышку прибора 34 Н-1 и имеет три положения: "С затуханием", "Без затухания", "Автом. работа". В положении "С затуханием" реле выключателя затухания в гиросфере обесточивается и масло в масляном успокоителе может перетекать из сосуда в сосуд, т.е. колебания гиросферы будут затухать.

5. Для чего служит сигнальный трансформатор?
6. При каком угле рассогласования следящей сферы с гиросферой загорается сигнальная лампочка "Рассогласование следящей системы"?
7. Для чего служит азимут-мотор?
8. Для чего служит исполнительный электродвигатель?
9. В чем заключается принцип работы магнитного усилителя?
10. Для чего служит резистор R4?

### 6. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №6 ОБСЛУЖИВАНИЕ И УХОД ЗА ГИРОКОМПАСОМ НА СУДНЕ

**6.1. Цель занятия:** Ознакомиться с контролем за работой гирокомпаса в период его эксплуатации, правилами по технической эксплуатации, профилактическими работами.

Гирокомпас является основным навигационным прибором, предназначенным для выдачи данных о курсе судна. В процессе эксплуатации гирокомпаса он требует тщательного ухода и постоянного контроля за работой его узлов и систем.

Гирокомпасы типа "Курс" обеспечивают достаточную точность показаний и могут длительное время без поломок и изменения технических характеристик выполнять возложенные на них функции. Надежность этих гирокомпасов в основном зависит от грамотного обслуживания и ухода за ними в процессе эксплуатации.

Уход за гирокомпасом предусматривает выполнение следующих мероприятий:

- контроль за работой гирокомпаса и выполнение нормативных требований;
- выполнение правил технической эксплуатации;
- проведение профилактических работ;
- смазка узлов гирокомпасной системы.

#### 6.2. Контроль за работой гирокомпаса

Контроль за работой гирокомпаса осуществляется вахтенным помощником капитана. При заступлении на вахту и периодически в течение вахты он обязан проверять показания приборов 34 или 34-Н1, напряжение трехфазного тока, положение гиросферы по высоте, наличие ленты в курсографе, установку корректора в соответствии с широтой и скоростью судна, отклонение температуры поддерживающей жидкости



А к средней точке вторичной обмотки фазового трансформатора, а затем вверх и вниз по вторичной обмотке через выпрямители, управляющие обмотки дросселей, снова через выпрямители к точке В.

Если принять, что ток начального подмагничивания протекает по следующей цепи: клемма 29 - первичная обмотка фазового трансформатора (ФТ) - сопротивление  $R_3$  - клемма 27, то ток рассогласования в верхней половине вторичной обмотки ФТ будет совпадать с направлением тока начального подмагничивания. Тогда по управляющей обмотке дросселя ДУ-1 потечет больший ток, и подмагничивание сердечника будет большим, а по управляющей обмотке ДУ-2 потечет меньший ток, и подмагничивание сердечника будет меньше.

При уменьшении подмагничивания увеличится магнитная проницаемость сердечника ДУ-2, а индуктивное сопротивление рабочих обмоток НЗ, КЗ и Н4, К4 дросселя ДУ-2 возрастет. В этом случае в диагонали моста потечет ток от клеммы 29, через обмотку НЗ, КЗ ДУ-1, конденсатор С1, вспомогательную обмотку исполнительного двигателя, обмотку Н4, К4 ДУ-1 и на первую фазу (клемма 27).

При включенном тумблере ВК в цепи главной обмотки исполнительного электродвигателя будет ток рассогласования и он начинает работать. Исполнительный электродвигатель с помощью механической передачи связан с сельсином-датчиком БД-501 А, а последний с азимут-мотором БС-404 А и со всеми принимающими сельсинами курса. Азимут-мотор, механически связанный со следящей сферой, будет разворачивать ее в сторону согласования с гиросферой до тех пор, пока сопротивления столбов жидкости не уравниваются.

Разность потенциалов между точками А и В исчезнет, в управляющих обмотках дросселей токи будут равны, подмагничивание одинаковым, индуктивные сопротивления всех рабочих обмоток дросселей равны, в диагонали моста, в которую включена вторичная обмотка исполнительного электродвигателя, ток исчезнет, электродвигатель остановится. При отклонении судна в другую сторону от курса схема будет работать аналогично, только следящий электродвигатель начнет отбавлять в противоположную сторону.

Принцип работы следящей системы при повороте судна вправо предлагается разобрать самостоятельно.

### 5.6. Контрольные вопросы

1. Для чего служит следящая система гирокомпы?
2. Какие элементы входят в следящую систему?
3. Для чего служит прибор 9Б?
4. Какие элементы расположены на задней панели в приборе 9Б?

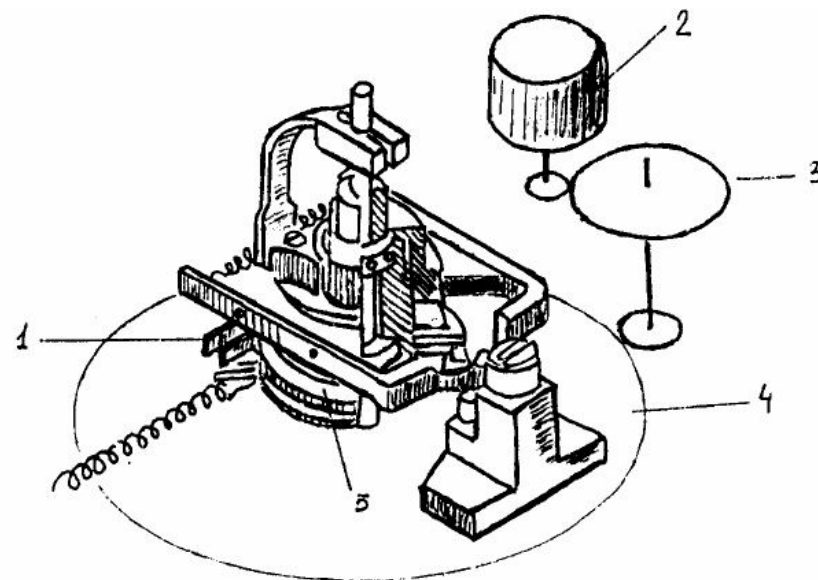


Рисунок 4.2 – Курсовой фрикционный автомат

Если рукоятку переключателя установить в положение "Без затухания", то на реле выключателя затухания будет подано питание, якорь реле будет притянут к сердечнику и дисковый клапан перекроет трубку, перетекание масла из сосуда в сосуд прекратится. При установке рукоятки в положение "Автом. работа" питание в цепь обмотки реле выключателя затухания подается автоматически фрикционно-контактным устройством при повороте судна на угол более  $5-7^\circ$ . При повороте судна соответственно поворачивается ротор сельсина-приемника репитера курса (2) и связанная с ним через промежуточную зубчатую передачу (3) цилиндрическая шестерня (4), вместе с которой разворачивается захваченный анкером контактный диск (5). Контактный диск замыкает пару контактов, через которые подается питание на обмотку реле выключателя затухания. Якорь реле притягивается, и дисковый клапан перекрывает трубку для перетекания масла из сосуда в сосуд. Одновременно включается сигнальная лампа "без затухания". После того как контакты замкнутся, дальнейшее движение контактного диска прекращается, так как он упирается в стопор. За счет фрикционного зацепления с цилиндрической шестерней диск начнет проскальзывать, удерживая контакты в замкнутом положении в течение всего периода времени изменения курса. При повороте судна в противоположную сторону на  $0,2-0,3^\circ$  анкер



освободит контактный диск и под действием натянувшейся пружины за время поворота судна диск возвращается в среднее положение. Контакты фрикционного автомата размыкаются, прекращая подачу питания на реле выключателя затухания, клапан открывается, обеспечивая перетекание масла из сосуда в сосуд, сигнальная лампа "Без затухания" гаснет. При повороте судна на угол менее  $5^\circ$  система не срабатывает и замыкание контактов не происходит, чем обеспечивается исключение ложных сигналов во время рыскания судна. На линейные ускорения (изменение скорости хода судна) механизм не реагирует.

Скоростной центробежный замыкатель (рисунок 4.3) обеспечивает автоматическое отключение масляного успокоителя при изменении линейной скорости судна более чем 2-4 уз/мин. Это устройство состоит из несимметричной инерционной массы-кольца (1), жестко посаженного вместе с шестерней (2) на валу, двигателя скорости (3). Инерционная масса может поворачиваться в подшипниках. Под влиянием центробежных сил, действующих на груз (4), кольцо будет поворачиваться, а шестерня, которая находится в зацеплении с рейкой (5), начнет ее перемещать вверх и замкнет контакты (6). При срабатывании контактов замыкается цепь реле выключения затухания в гиросфере. Затухание будет выключено до тех пор, пока судно движется с ускорением. В этот период сигнальная лампочка "Без затухания" будет гореть.

Следует помнить, что цепь питания обмотки выключателя затухания автоматически замкнется в случае изменения линейной скорости судна при положении тумблера, расположенного на крышке прибора, в режиме "Без затухания".

Механизм дистанционного ввода скоростной поправки (рисунок 4.4) служит для выработки поправки за широту и скорость судна и подачи ее на корректор гироскопа, который исключает скоростную погрешность из его показаний (репитеров).

Механизм скоростной поправки курса состоит из узла широты и узла скорости. Узел широты включает маховичок широты (1) и систему зубчатых передач. С помощью маховичка вручную осуществляется поворот коноида (2). С узлом широты связана шкала географической широты (3), которая разворачивается совместно с коноидом. При повороте коноида на угол, пропорциональный широте места, шуп (4) скользит по нему и перемещается на величину, обратно пропорциональную косинусу широты.

Узел скорости состоит из сельсина скорости (М1) БД-404 НА, исполнительного электродвигателя (М2) АДП-1362 и системы зубчатых передач. Узлом скорости осуществляется разворот шестерни (5) с укре-

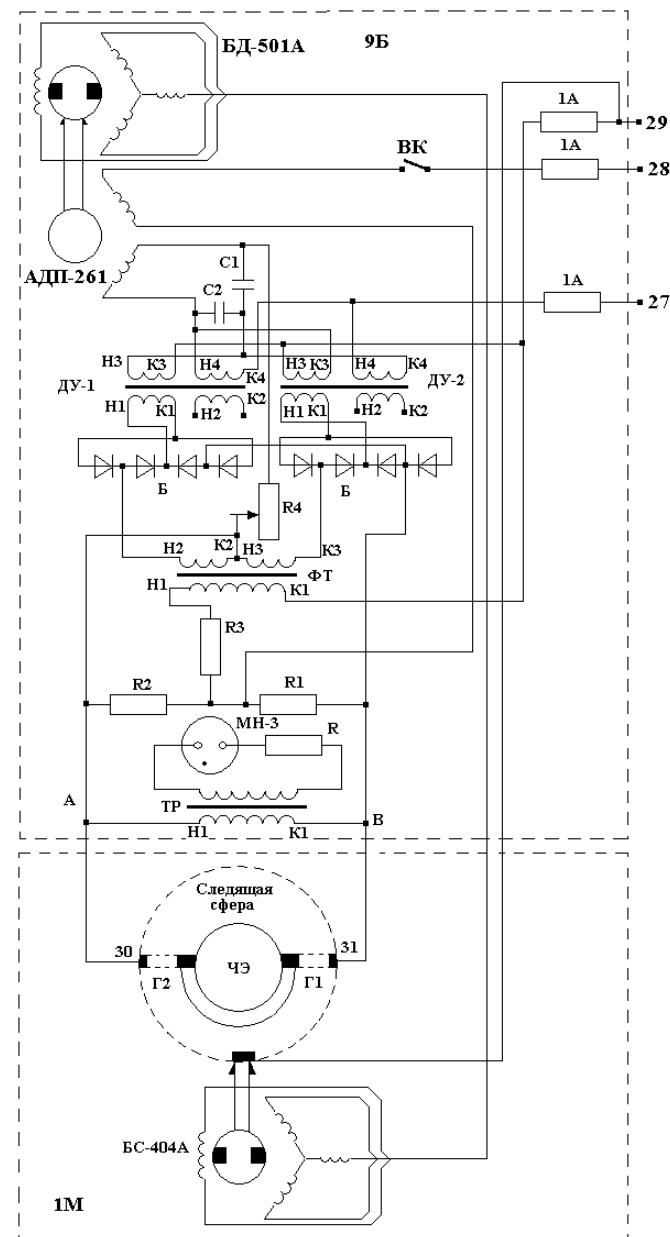


Рисунок 5.2 Следящая система гироскопа



гироскопа применяется магнитный усилитель.

### 5.5. Принцип работы следящей системы гироскопа с магнитным усилителем

В основу принципа работы следящей системы гироскопа (рисунок 5.2) положен принцип работы моста сопротивлений. В качестве плеч сопротивлений моста служат два постоянных сопротивления  $R1$  и  $R2$  по 500 Ом и два переменных сопротивления (столбы поддерживающей жидкости между электродами гиросферы и контактами 30 и 31, расположенными на следящей сфере). Диагональю моста являются обмотки дросселей (ДУ-1, ДУ-2) магнитного усилителя Н1 и К1.

Управляющие обмотки дросселей ДУ-1 и ДУ-2 питаются от вторичной обмотки фазового трансформатора (ФТ), а первичная обмотка его включена в цепь трехфазного переменного тока 120 В, 330 Гц. Со вторичной обмотки фазового трансформатора ток проходит через выпрямители и затем попадает на управляющие обмотки дросселей.

Если судно не изменяет курса, то сопротивления столбов жидкости между следящими электродами 30 и 31 гиросферы и одноименными электродами следящей сферы будут одинаковы. В этом случае ток с клеммы 29 будет поступать на одноименную клемму следящей сферы. Далее цепь этого тока раздваивается. А именно, часть тока через жидкостное сопротивление между электродом 30 гиросферы и одноименным электродом следящей сферы поступает в точку А.

Цепь замыкается через сопротивление  $R2$  на клемму 27. Вторая ветвь идет через жидкостное сопротивление между электродом 31 гиросферы и одноименным электродом следящей сферы в точку В. Цепь замыкается через сопротивление  $R1$  на клемму 27. Разности потенциалов между точками А и В в этом случае нет и токи, протекающие по управляющим обмоткам дросселей ДУ-1 и ДУ-2, будут равны. Подмагничивание сердечников дросселей будет одинаковым, а следовательно и индуктивные сопротивления рабочих обмоток НЗ, КЗ и Н4, К4 будут равны. Мост сопротивлений, составленный из этих рабочих обмоток, будет в равновесии, и через его диагональ, в которую включена вспомогательная обмотка следящего электродвигателя АДП-261, ток не пойдет и электродвигатель работать не будет.

Если судно изменит курс, допустим влево, то сопротивление столба жидкости между контактом 30 гиросферы и одноименным контактом следящей сферы будет меньше сопротивления жидкостного столба между контактом 31 гиросферы и одноименным контактом следящей сферы. Потенциал точки А в этом случае будет выше потенциала точки В. Появится ток рассогласования, который пойдет по диагонали моста от точки

плечными на ней направляющими и щупом. Щуп, связанный с зубчатой рейкой и трибкой, разворачивает ротор сельсина-датчика БД-501 НА. В результате работы этих двух узлов механизма скоростной поправки ротор датчика БД-501 НА разворачивается на угол, прямо пропорциональный скорости судна и обратно пропорциональный косинусу широты места ( $V/\cos\varphi$ ), и по линии синхронной связи передает этот угол в корректор основного прибора на сельсин (МЗ) БД-404 НА, работающим в трансформаторном режиме. Напряжение, возникающее в его однофазной обмотке, подается на управляющую обмотку исполнительного электродвигателя корректора (М4) АДП-262.

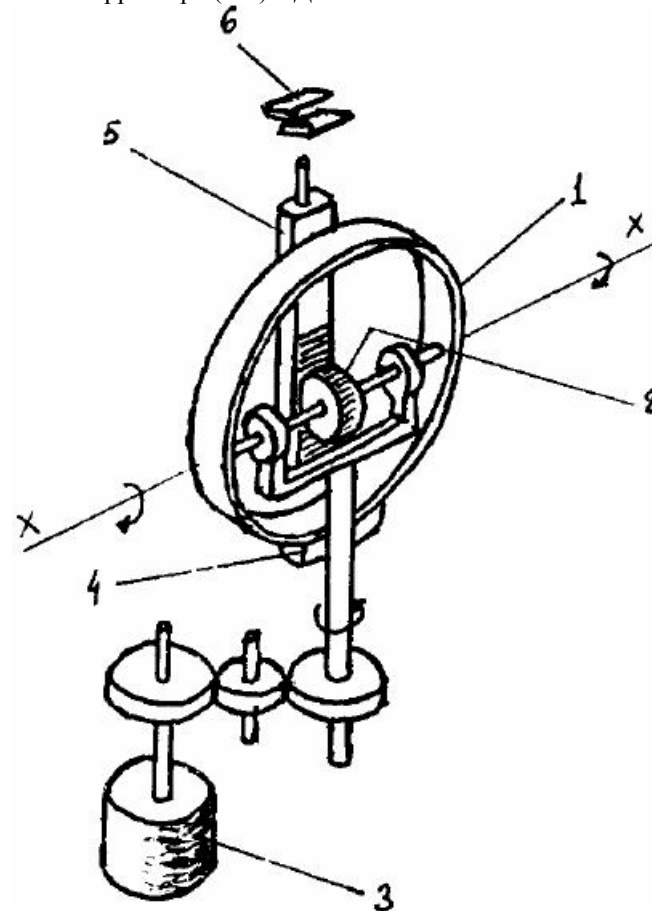


Рисунок 4.3 – Скоростной центробежный замыкатель

Электродвигатель начинает работать и перемещает каретку (диск истинных курсов), а вместе с ней с помощью механической передачи разворачивает ротор сельсина БД-404НА. Когда сельсин БД-404НА на корректоре согласуется с сельсином-датчиком в приборе 34 Н-1, электродвигатель корректора остановится. При этом будет исключена из показаний репитеров скоростная погрешность для данной широты и скорости.

### 4.3. Корректор

Корректор (рисунок 4.5) служит для исключения скоростной погрешности из показаний гирокомпасов.

Корректор представляет собой корпус, который с помощью трех опор установлен на столе основного прибора гирокомпасов и крепится двумя пружинными захватами. Одна из опор имеет регулировочные винты для точной установки корректора в азимуте.

Внутри корпуса смонтирован корректирующий механизм, состоящий из нижнего диска, получившего название диска компасных курсов (1), и верхнего диска – диска истинных курсов (2). Нижний диск связан со следящей сферой.

Для этого в центре диска имеется выступающий прилив и выточка, в которую входит прилив поводка (3) следящей сферы. В этом же диске имеется радиальный вырез (4) в направлении E-W, куда входит каретка (5), сидящая на оси (6) штифта (пальца), жестко закрепленного на верхнем диске. Верхний диск имеет возможность перемещаться по направляющим вдоль диаметральной плоскости судна относительно нижнего диска. Для этого на корпусе имеется специальный маховичок (7) и червячная передача.

Таким образом, диски соединены эксцентрично и будут выбирать скоростную погрешность по полукруговому закону. С верхним диском соединены картушки грубого (8) и точного (9) отсчета курса, а также индекс (10), указывающий установочное число (от 0 до 30) по шкале (11) на корпусе корректора. На крышке корректора имеется номограмма (12) для определения установочного числа по широте и скорости. Под застекленным окошком (13) находится электромеханический стопор (14), отключающий электродвигатель корректора при дистанционной его установке и достижении верхним диском крайнего положения. В носовой части корректора расположен азимут-мотор (15), а в кормовой – реверсивный электродвигатель (16) корректора. Кроме того, сбоку укреплен сельсин-приемник (17) (в ранних выпусках – сельсин-датчик) уст-

### 5.3. Следящая сфера

Устройство следящей сферы подробно рассмотрено ранее.

### 5.4. Трансляционно-усилительный прибор

Трансляционно-усилительный прибор (9Б) служит для усиления рассогласования, возникающего при наличии угла рассогласования между следящей сферой и гиросферой, отработки этого угла и обеспечения передачи показаний основного прибора на репитеры. Прибор 9Б состоит из корпуса (1), закрывающегося крышкой (на рисунке не показана) на шарнирах. Внутри корпуса установлена панель, на которой закреплен магнитный усилитель, состоящий из фазового трансформатора, двух дросселей и других элементов, расположенных с внутренней стороны панели.

С внешней стороны панели установлены: тумблер (2) для включения и выключения питания на главную обмотку электродвигателя (3), выпрямители (4), потенциометр (5) (либо секционное сопротивление) для регулировки скорости отработки следящей системы, балластное сопротивление (6) в цепи первичной обмотки фазового трансформатора, два сопротивления (7) по 500 Ом в цепи моста сопротивлений и сигнальный трансформатор (8), вырабатывающий сигнал при рассогласовании следящей сферы с гиросферой на угол более  $1,5^\circ$ . Во вторичную обмотку этого трансформатора включена неоновая лампа (9) "Рассогласование следящей системы", расположенная на той же панели. Такие же лампы установлены в приборах 10 М, 34 А, 34 Н-1.

На внешней стороне панели установлены также конденсаторы (10) и предохранители (11).

В нижней части прибора 9Б размещен сельсин-датчик (12), механически связанный с электродвигателем (3).

Исполнительный, или его иногда называют "следящий", электродвигатель представляет собой двухфазную электрическую машину с короткозамкнутым ротором. На статоре смонтированы две обмотки – главная и вспомогательная.

Главная обмотка получает питание от двух фаз трехфазного переменного тока 120 В, 330 Гц, а вспомогательная обмотка питается током, возникающим на выходе магнитного усилителя.

Сельсин-датчик может быть контактного или бесконтактного типа. В последних выпусках гирокомпасов, как правило, устанавливаются датчики бесконтактного типа.

В качестве устройства, обеспечивающего усиление слабого сигнала рассогласования следящей сферы с гиросферой, в электрической схеме



плавностью отработки угла рассогласования. При этом скорость отработки угла рассогласования у них пропорциональна величине сигнала рассогласования. Следящая система гиросkompаса служит для устранения угла рассогласования между гиросферой и следящей сферой. Кроме того, следящая система обеспечивает дистанционную передачу показаний основного прибора на репитеры.

В принципе гирокомпас "Курс" может работать и без следящей системы, но в этом случае его показания можно снимать только непосредственно с гиросферы.

Конструктивно следящая система гирокомпаса включает следящую сферу (рисунок 2.2), трансляционно-усилительный прибор (прибор 9Б) (рисунок 5.1) и азимутomotor.

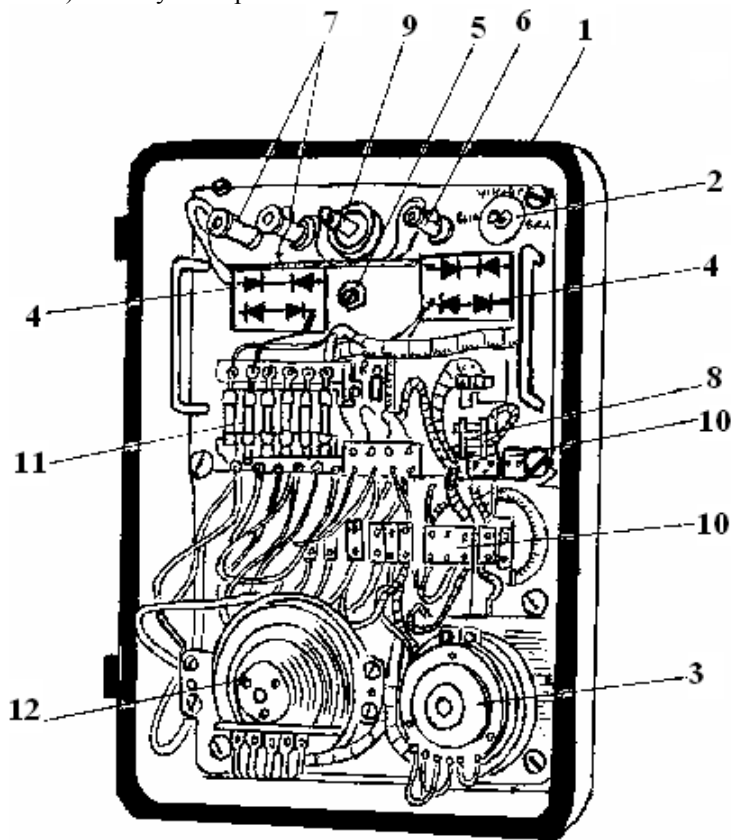


Рисунок 5.1 – Трансляционно-усилительный прибор (прибор 9Б)

ройства дистанционной установки корректора, механически соединенный с верхним диском.

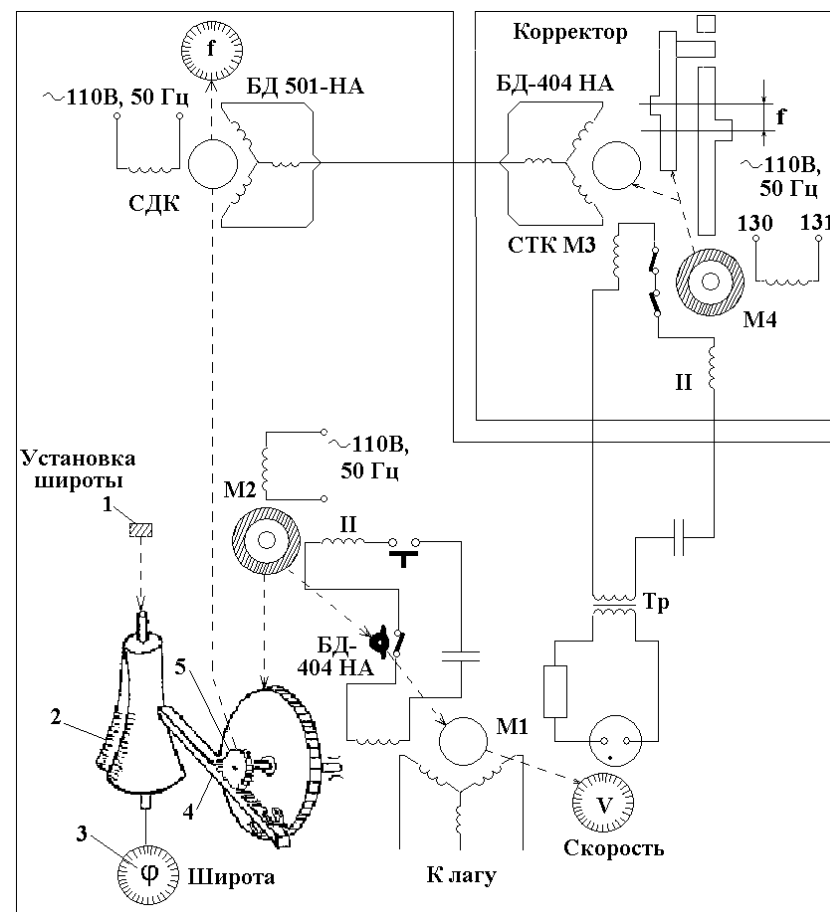


Рисунок 4.4 – Механизм дистанционного ввода скоростной поправки

Принцип работы корректора заключается в следующем. При вращении маховичка линейно в нос – корму перемещается верхний диск. Каретка, связанная с верхним диском и входящая в радиальный вырез нижнего диска, разворачивает нижний диск на угол, равный скоростной погрешности. Нижний диск, соединенный через поводковую связь со следящей сферой разворачивает последнюю на этот же угол, вследствие



чего происходит рассогласование следящей сферы с гиросферой. Сигнал рассогласования подается на усилитель в прибор 9Б и затем на вспомогательную обмотку следящего электродвигателя. Следящий электродвигатель начинает работать, разворачивая ротор сельсина датчика и синхронно связанные с ним все принимающие курса, на угол, равный скоростной погрешности гирокомпа для данного режима движения судна.

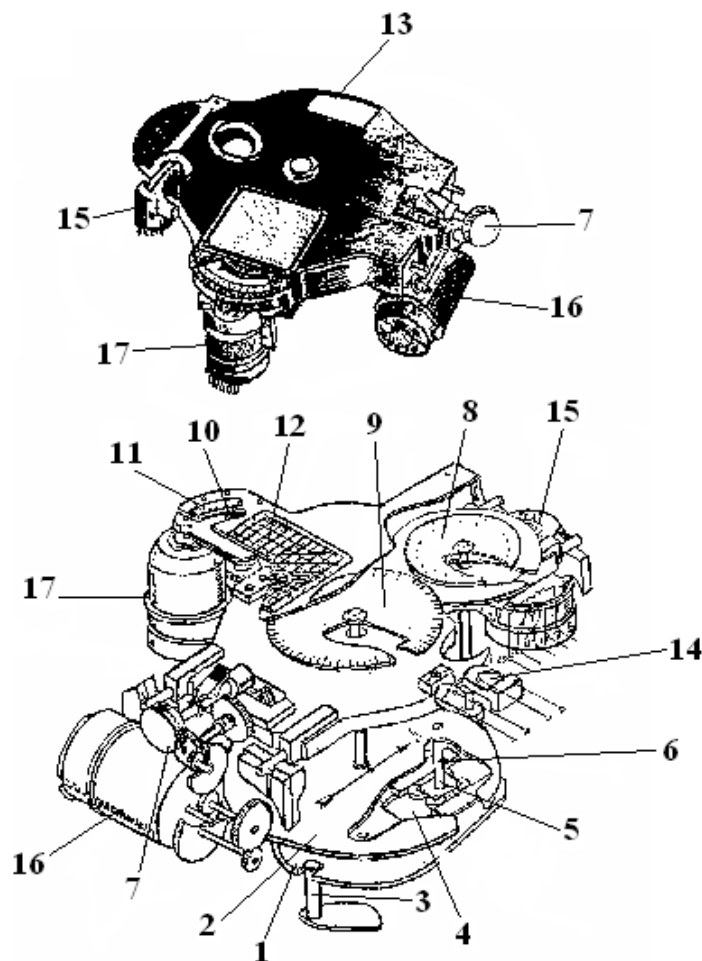


Рисунок 4.5 – Корректор

Верхняя часть пелоруса (13) вставляется в нижнюю и крепится четырьмя стопорными болтами (14). В нижней части пелоруса установлены соединительная коробка (15) и реостат освещения репитера (16). Для ориентации нижней части пелоруса относительно диаметральной плоскости судна на его основании имеется стрелка, указывающая направление носа и кормы судна.

Для установки во внутренних помещениях судна применяются репитеры 33, 38, 38 А.

Прибор 33 подвешивается в подвесе и служит в качестве путевого репитера. Приборы 38 и 38 А предназначены для установки на вертикальных переборках и могут крепиться жестко к переборке или устанавливаться на шарнире.

Картушки этих репитеров закрыты не двойным, а одинарным стеклом и позволяют снимать информацию только о курсе судна. Они не имеют в нижней части груза.

#### 4.6. Контрольные вопросы

1. Как согласовать курсовое перо по времени?
2. Для чего служит электромеханический стопор корректора?
3. Для чего служит корректор?
4. Объясните взаимосвязь узлов гирокомпа при дистанционном управлении корректором.
5. Чем отличается репитер (прибор 19 А) от прибора 33?
6. Как согласуется репитер с основным прибором?
7. Объясните назначение курсового фрикционного автомата.
8. Объясните назначение скоростного центробежного замыкателя.
9. Объясните принцип работы устройства для ускоренного приведения ЧЭ в меридиан.
10. Почему верхняя часть пелоруса сделана подвижной?

### 5. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №5 СЛЕДЯЩАЯ СИСТЕМА ГИРОКОМПА

**5.1. Цель занятия:** Изучить элементы следящей системы гирокомпа, устройство отдельных узлов и принцип работы.

#### 5.2. Назначение следящей системы гирокомпа и устройство ее элементов

Следящая система гирокомпа "Курс - 4М" относится к классу следящих систем непрерывного действия. Эти системы характеризуются



время дифферента, крена и качки судна. Верхняя часть корпуса репитера закрыта двумя стеклами. В центре верхнего стекла имеется гнездо (7) с гайкой для установки центрального штифта пеленгатора. Гайка позволяет перемещать гнездо и центрировать пеленгатор. Под стеклом в носовой части репитера закреплена курсовая черта (8). Стекла азимутальным кольцом (9) прижимаются плотно к корпусу.

Нижняя часть корпуса репитера закрывается крышкой (10). В собранном состоянии репитер должен быть герметичным. Для согласования репитера имеется специальное отверстие, закрываемое навинчивающимся колпачком (11). Согласование производится с помощью специального ключа, который при нажатии размыкает две фазы токов синхронизации и вводит в зацепление шестеренку, позволяющую согласовывать картушки репитера. Репитер на цапфах установлен в кардановом подвесе (12) пелоруса.

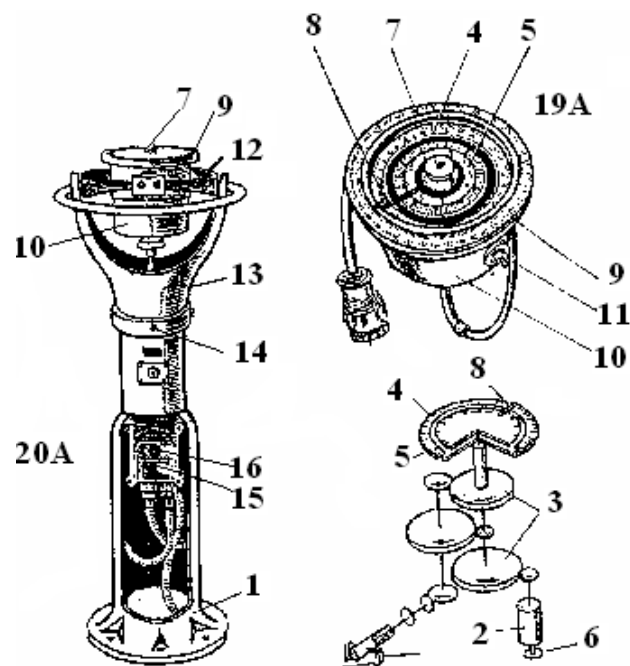


Рисунок 4.8 – Репитер (прибор 19 А). Пелорус (прибор 20 А)

Пелорус (1) (прибор 20 А) (рисунок 4.8) представляет собой колонку, состоящую из двух частей. Нижняя часть крепится жестко к палубе.

Таким образом, в показаниях основного прибора гирокомпас и всех репитеров будет введена поправка на величину скоростной погрешности.

#### 4.4. Устройство для ускоренного приведения чувствительного элемента в меридиан

Схема устройства для ускоренного приведения чувствительного элемента в меридиан показана на рисунке 4.6.

При подаче питания чувствительный элемент гирокомпаса приходит в меридиан в течение 3-6 ч (в зависимости от широты места). В этот период гирокомпас непригоден для использования. Для устранения этого недостатка имеется специальное устройство – ускоренное приведение гиросферы в меридиан. Оно достигается воздействием на гиросферу внешнего момента относительно вертикальной оси. При неработающих гиromоторах под действием этого момента гиросфера поворачивается в азимуте. Прилагая внешний момент определенного направления, приводят гиросферу в плоскость меридиана. Положение плоскости меридиана предварительно должно быть известно, например, по магнитному компасу или по ориентации причала.

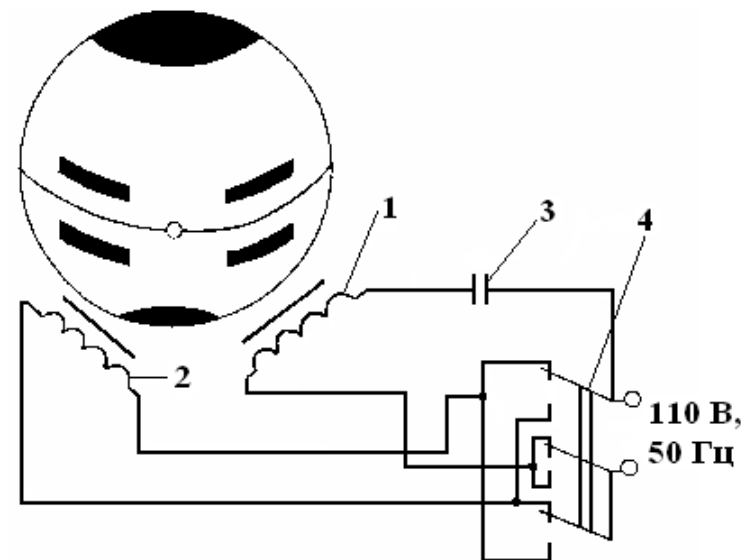


Рисунок 4.6 - Устройство для ускоренного приведения чувствительного элемента в меридиан



По принципу действия устройство для ускоренного приведения чувствительного элемента в меридиан представляет собой двухфазный асинхронный двигатель, включающий статор и ротор.

Магнитопровод статора – это стальной кольцеобразный пояс (16) (см. рисунок 2.1), расположенный снаружи резервуара прибора 1М в районе экватора гиросферы. Пояс имеет 3 пары полюсов. На этих полюсах уложены две обмотки: главная (1) и управляющая (2). Последовательно с главной обмоткой включен конденсаторный блок (3), создающий необходимый сдвиг фазы тока. Ротором устройства для приведения гирокомпас в меридиан является чувствительный элемент. Устройством управляют с помощью переключателя (4), установленного в нише основного прибора. Магнитопровод статора снаружи покрыт вулканизированной резиной, защищающей обмотки от попадания влаги. Блок конденсаторов расположен в нижней части нактоуза прибора 1М.

Ускоренное приведение чувствительного элемента в меридиан заключается в следующем. Не подавая питания на чувствительный элемент, приводят его в меридиан. Затем на чувствительный элемент подают трехфазный ток. Если чувствительный элемент начнет уходить из меридиана, то путем кратковременных включений переключателя возвращают его в меридиан. Внешний момент, действуя относительно вертикальной оси, вызовет при работающих гиromоторах прецессионное движение чувствительного элемента по высоте, создавая при этом наклон ЧЭ относительно плоскости горизонта. Появляющийся за счет угла наклона маятниковый момент порождает второе прецессионное движение ЧЭ в азимуте, используя которое необходимо удерживать ЧЭ в меридиане.

#### 4.5. Приборы курсоуказания

Приборы курсоуказания служат для обеспечения передачи курса в различные помещения судна и отдельные приборы. Все приборы курсоуказания (репитеры 19 А, 33, 38 и 38 А) в принципе не отличаются друг от друга и имеют лишь внешние отличия, обусловленные местом их установки.

Сельсин-приемник (рисунок 4.7) представляет собой электрическую машину переменного тока, в которой имеются обмотка возбуждения и три обмотки синхронизации, магнитные оси которых сдвинуты относительно друг от друга на угол  $120^\circ$ .

Сельсины могут быть контактными и бесконтактными. У первых на оси ротора имеются кольца, к которым прижимаются щетки, у вторых ротор свободен. Учитывая, что бесконтактные сельсины обеспечивают большую точность, они применяются в электрической схеме гирокомпа-

са "Курс-4".

Принцип работы бесконтактного сельсина заключается в следующем. На статоре этого сельсина уложены обмотки синхронизации, а по торцам обмотка возбуждения. Для осуществления связи между обмотками используется ротор, у которого нет обмотки, но он состоит из двух половинок специальной формы. Обе половинки собраны из пластин железа и разделены прокладкой из немагнитного материала. Магнитный поток, наводимый обмоткой возбуждения, входит в торцы ротора и выходит через полюсные выступы. При вращении ротора, как и в контактном сельсине, будет вращаться магнитный поток, который наводит в обмотках синхронизации ЭДС. Величина ее пропорциональна углу поворота ротора.

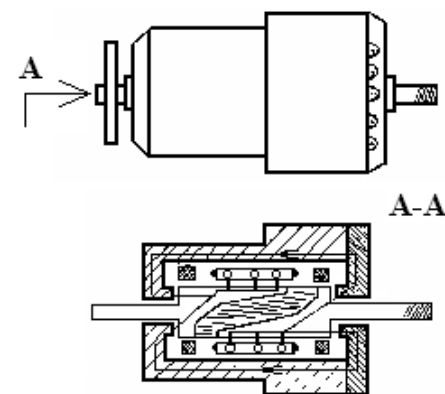


Рисунок 4.7 – Сельсин-приемник

Репитер (прибор 19 А) (рисунок 4.8) предназначен для установки на пелорусе 1) (прибор 20 А).

Он представляет собой корпус, внутри которого укреплен принимающий сельсин (2). Ротор сельсина с помощью зубчатой передачи (3) связан с катушками грубого (4) и точного (5) отсчетов с ценной деления соответственно  $1^\circ$  и  $0,1^\circ$ . Кроме основной шкалы на катушке грубого отсчета нанесена шкала для пеленгования. На оси ротора сельсина-приемника установлен механический демпфер (6) для погашения его колебаний. Внутри корпуса репитера укреплен трансформатор, питающий лампочки для освещения катушки, а в нижней части помещен чугунный или свинцовый груз, служащий для понижения центра тяжести и удержания лицевой стороны репитера в горизонтальной плоскости во

