

**Министерство образования и науки Украины**  
**Запорожский национальный технический университет**

Методические указания к лабораторной работе «Импульсный метод дальнометрии» по дисциплине «Радиотехнические системы» для студентов специальности 7.050.901 "Радиотехника"/ Сост.Бондарев Б.Н.- Запорожье, ЗНТУ, 2010. - 26 с.

## **РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ**

**Методические указания**  
**к лабораторной работе**

**«ИМПУЛЬСНЫЙ МЕТОД ДАЛЬНОМЕТРИИ»**

для студентов специальности 7.050901 «Радиотехника»

**Составитель: доц., к.т.н. Бондарев, Б.Н.**  
Ответственный за выпуск: доц., к.т.н. Бондарев Б.Н.

Рецензент            проф., д.т.н. Пиза Д.М

**2010**

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

### ИМПУЛЬСНЫЙ МЕТОД ДАЛЬНОМЕТРИИ

**1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ:** Изучение импульсного метода измерения дальности и его основных характеристик, ознакомление с работой индикатора кругового обзора на примере морской навигационной РЛС "Наяда-5".

**2 ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ:** Изучить импульсный метод дальнометрии, структурную схему и основные характеристики импульсной РЛС "Наяда-5".

#### 3 РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА.

3.1 Чердынцев В.А. Радиотехнические системы. - Минск. : Вышшая школа, 1988, с. 135-136, 151-162, 171-177.

3.2 Дымова А. И. и др. Радиотехнические системы. - М. : Сов. Радио, 1975. с. 84-86, 126-130, 151-152.

3.3 Методические указания по выполнению данной работы.

#### 4 КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ.

##### 4.1 Общие положения.

Определение дальности в импульсных дальнометрах сводится к измерению временного интервала  $t_3$  между излученным (зондирующим) импульсом (сигналом) и импульсом, отраженным от объекта (цели) (эхо-сигналом).

Поскольку время  $t_3$ , необходимое для распространения сигнала до объекта (цели) на расстояние  $R$  и обратно, равно  $t_3=2R/c$ , то расстояние до цели (объекта) определяется как

$$R = c \cdot t_3 / 2, \quad (4.1)$$

где  $c$  - скорость распространения радиоволн.

Временной интервал  $t_3$  определяется, как правило, по передним фронтам зондирующего и отраженного сигналов. Начало отсчета проводится от ближайшего зондирующего импульса.

Для однозначного определения дальности необходимо, чтобы задержка эхо-сигнала от наиболее удаленного объекта не превышала периода следования зондирующих импульсов  $T_{\Pi}$ , т.е.

$$t_{3\max} = 2 \cdot R_{\max} / c < T_{\Pi}. \quad (4.2)$$

В импульсных дальнометрах с визуальной индикацией для определения времени запаздывания  $t_3$  используют электронно-лучевую трубку (ЭЛТ), при этом время прямого хода развертки  $T_{\text{пр}}$  выбирается не меньше времени задержки сигнала от наиболее удаленной цели.

Обобщенная структурная схема импульсного дальнометра с визуальной индикацией представлена на рис.1, а временные диаграммы его работы - на рис.2.

Для удобства считывания дальности на линии развертки, соответствующей оси времени, на ней высвечиваются метки дальности. Нулевая метка дальности должна быть засинхронизирована с началом излучения зондирующего импульса и с началом прямого хода развертки. Период следования меток дальности определяется расстоянием между метками  $T_M$  и аналогично (4.2) равен

$$T_M = 2 \cdot R_M / c. \quad (4.3)$$

Линия развертки на экране ЭЛТ образуется при отклонении луча трубки. При этом, как правило, используется отклонение магнитным полем, создаваемым катушками отклоняющей системы (ОС), одетыми на горловину ЭЛТ и запитываемыми от генератора развертки, обеспечивавшего пилообразное напряжение. На время прямого хода трубка открывается импульсом подсвета, на время обратного хода луч трубки гасится (заперт) отрицательным смещением на управляющем электроде. Импульсы эхо-сигналов и меток дальности подаются на катод, отметка их - яркостная.

Достоинства импульсного метода дальнометрии заключаются в возможности использования одной антенны для излучения и приема сигналов, в возможности одновременного измерения дальности (наблюдения) многих объектов (метод обладает разрешением по дальности).

Основной недостаток этого метода - техническая невозможность измерения малых дальностей, связанная с конечной длительностью зон-

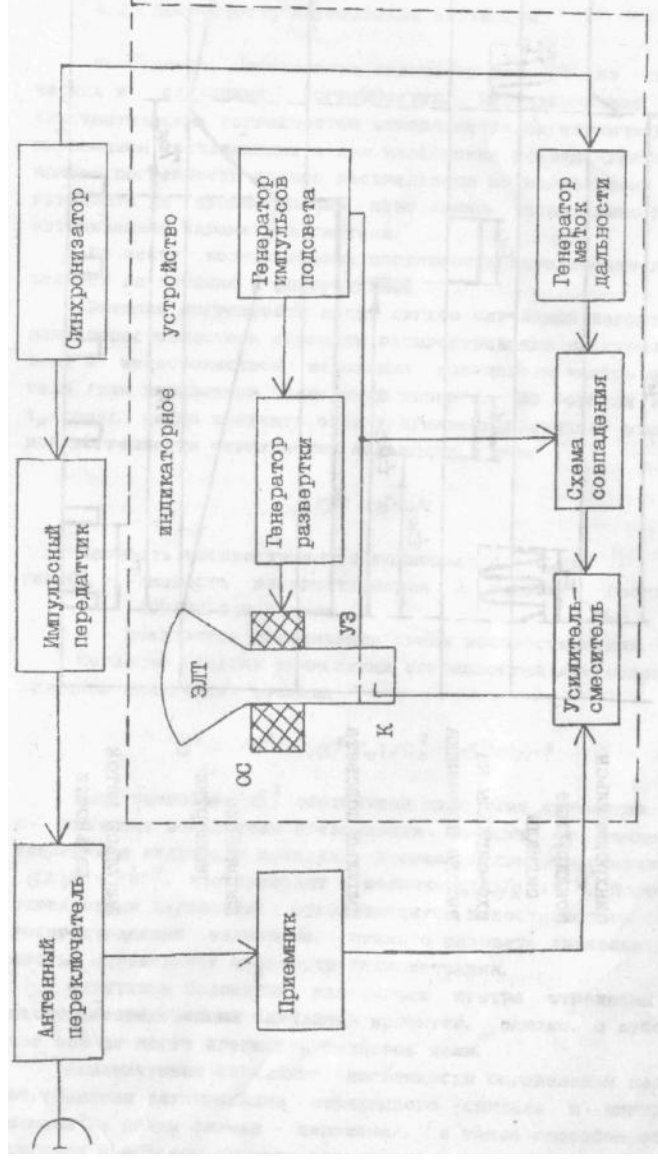


Рис.1 - Обобщенная структурная схема импульсного дальномера с визуальной индикацией на ЭЛТ

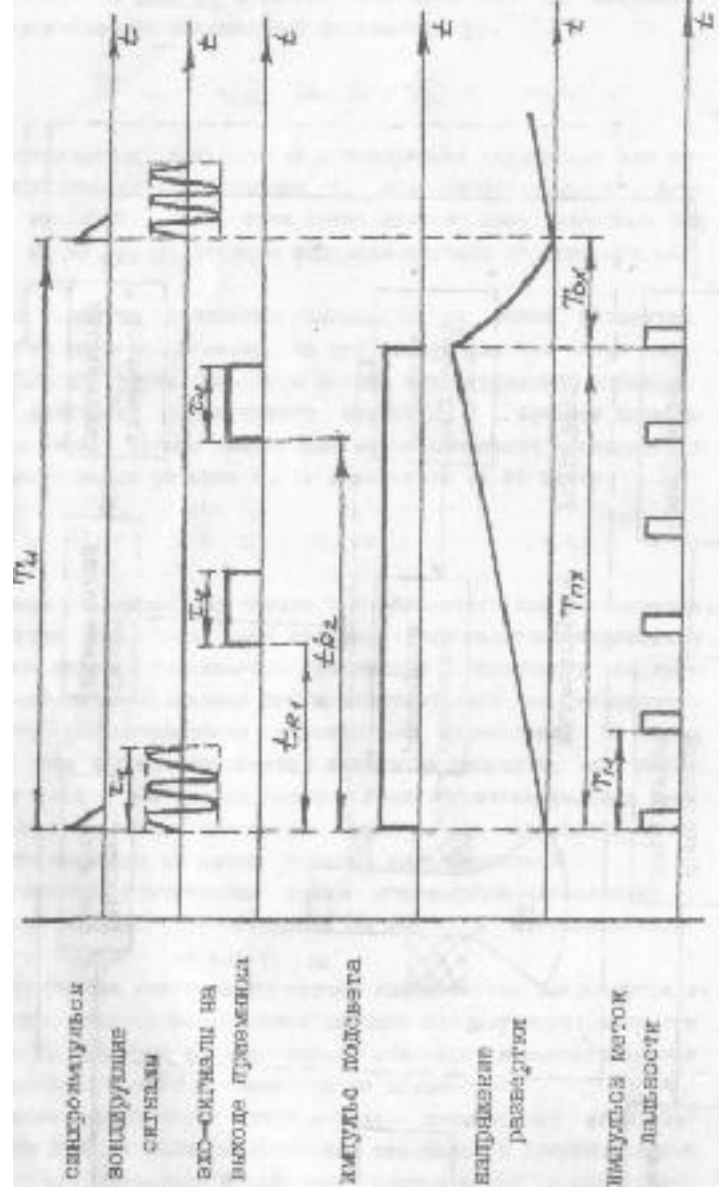


Рис.2 - Временные диаграммы работы импульсного дальномера с визуальной индикацией на ЭЛТ.

дирующего импульса и инерционностью антенного переключателя.

Основными характеристиками дальномера являются точность определения дальности и разрешающая способность по дальности.

#### 4.2 Погрешность определения дальности.

Погрешность определения дальности состоит из систематических и случайных погрешностей. Результирующая величина систематических погрешностей определяется алгебраическим суммированием составляющих и при калибровке компенсируется. Случайные погрешности обычно распределены по нормальному закону, устранить их принципиально невозможно, можно лишь уменьшить оптимизацией параметров системы.

По месту возникновения погрешности определения дальности делятся на внешние и аппаратные.

Внешние погрешности носят сугубо случайный характер и вызваны непостоянством скорости распространения электромагнитных волн и непостоянством положения кажущегося центра отражения объекта (так называемой "блестящей точки"). Из формулы (4.1) при  $t_3 = \text{const}$  можно получить оценку среднеквадратичной относительной погрешности определения дальности в виде

$$\sigma_{\text{пр}}(R)/R = \sigma(c)/c, \quad (4.4)$$

где скорость распространения радиоволн  $c = C_0/n$ , где  $C_0$  - скорость распространения в вакууме, составляющая  $299792,5 \pm 0,4$  км/с,  $n$  - показатель преломления среды распространения.

Согласно правилу вычисления погрешностей для отношения независимо измеряемых величин

$$\sigma^2(c)/c^2 = \sigma^2(c_0)/c_0^2 + \sigma^2(n)/n^2. \quad (4.5)$$

Выше символом  $\sigma^2$  обозначены дисперсии случайных величин. Значение показателя преломления зависит от температуры, давления и влажности воздуха. В среднем принято считать что  $\sigma(c)/c = 10^{-5}$ , что приводит к величине  $\sigma(R)/R = 10^{-5}$ . Погрешность определения дальности, обусловленную непостоянством скорости распространения радиоволн, принято называть предельной точ-

ностью определения дальности радиометодами.

Флуктуации положения кажущегося центра отражения цели также носят случайный характер, однако, в любом случае они не могут превысить размеров цели.

Аппаратурные случайные погрешности определения дальности обусловлены флуктуациями отраженного сигнала и внутренними шумами (в общем случае - помехами), а также способом обработки сигнала и методом отсчета дальности.

При суммировании сигнала и шума происходят случайные изменения амплитуды сигнала и случайные смещения (сдвиг) по оси времени (рис. 3). Случайный сдвиг импульса приводит к погрешности определения времени запаздывания. Согласно статистической теории оценок параметров сигналов дисперсия оптимальной оценки времени запаздывания обратно пропорциональна отношению сигнал/шум и квадрату эффективной полосы спектра. Следовательно, среднеквадратичная погрешность оптимальной оценки временного положения импульса будет равна

$$\sigma_{\text{с}} \approx \left( \frac{2E_c}{N_0 \cdot \Delta f_c} \right)^{-1/2} = \left( h \cdot \Delta f_c \right)^{-1/2}, \quad (4.6)$$

где  $h$  - отношение сигнал/шум (по напряжению),

$E_c$  - энергия сигнала,

$N_0$  - спектральная плотность мощности шума.

С учетом (4.1) получим выражение

$$\sigma_{\text{пот}}(R) = c \cdot (h \cdot \Delta f_c)^{-1/2}, \quad (4.7)$$

определяющее погрешность измерения дальности за счет влияния шума. Полученную величину погрешности принято называть потенциальной при определении дальности.

Погрешности, обусловленные методом отсчета дальности (инструментальные ошибки), вызываются следующими причинами:

- 1) неодновременностью моментов запуска модулятора передающего устройства и генератора развертки индикатора;
- 2) задержкой сигнала в приемном тракте радиодальномера;
- 3) нелинейностью развертки;
- 4) неточностью совмещения визира или измерительного импульса

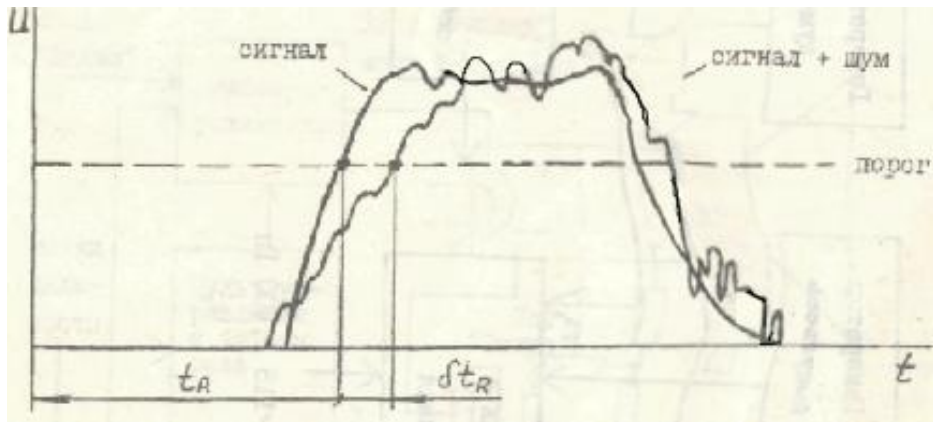


Рис.3 - Графическое представление "сдвига" во времени сигнала при наличии шума

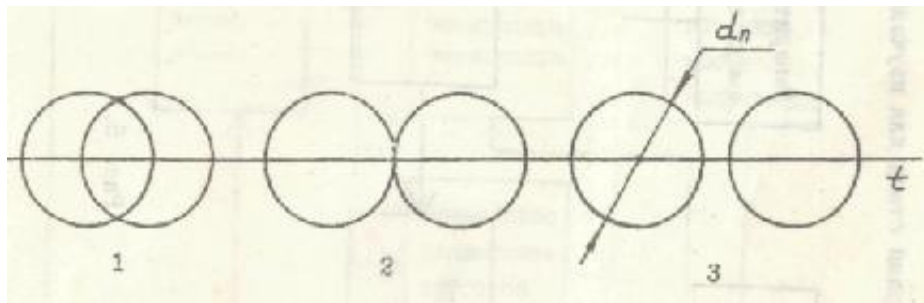


Рис.4 - Графическое представление разрешения ярких отметок цели на экране ЭЛТ при условии  $\Delta R_{и} > \Delta R_{п}$

1)  $R_1 - R_2 < d \cdot R_{шк} / L_{шк}$

2)  $R_1 - R_2 = d \cdot R_{шк} / L_{шк}$

3)  $R_1 - R_2 > d \cdot R_{шк} / L_{шк}$

5) (при их применении) с отметкой сигнала вследствие конечных размеров пятна на экране ЭЛТ;

6) неточностью интерполяции при отсчете по шкале дальности.

Первые три составляющие погрешности можно отнести к систематическим и учесть (компенсировать) при калибровке. Четвертая и пятая составляющие носят случайный характер и определяются, главным образом, масштабом шкалы дальности индикатора

$$M = R_{шк} / L_{шк}, \quad (4.8)$$

где  $R_{шк}$  - максимальная дальность, соответствующая длине линии развертки,

$L_{шк}$  - длина линии развертки.

Среднеквадратичная погрешность от неточности совмещения визира и отметки сигнала определяется как

$$\sigma_{совм}(R) = d_n \cdot M, \quad (4.9)$$

где  $d_n$  - диаметр пятна на экране ЭЛТ.

Среднеквадратичная погрешность от неточности интерполяции отсчета зависит от расстояния между метками дальности и способа отсчета и определяется как

$$\sigma_{отс}(R) = k \cdot R_m, \quad (4.10)$$

где  $k$  - коэффициент, зависящий от способа отсчета и определяемый экспертным путем (значения его лежат в пределах 0.05 – 0.25).

Так как дисперсии независимых случайных величин суммируются, то результирующая дисперсия оценки дальности равна

$$\sigma_{\Sigma}^2(R) = \sigma_{пр}^2(R) + \sigma_{пот}^2(R) + \sigma_{совм}^2(R) + \sigma_{отс}^2(R). \quad (4.11)$$

Среднеквадратичную погрешность определения дальности находим как

$$\sigma(R) = \sqrt{\sigma_{\Sigma}^2(R)}. \quad (4.12)$$

Согласно центральной предельной теореме теории вероятности закон распределения случайных погрешностей – нормальный.

### 4.3 Разрешающая способность по дальности.

Разрешающая способность по дальности характеризует систему с точки зрения возможности раздельного наблюдения сигналов от двух близко расположенных целей и измерения дальности каждой из них.

Разрешающую способность по дальности принято оценивать минимальным расстоянием между двумя точечными объектами, расположенными на одном угловом направлении, при котором возможно их раздельное наблюдение.

Задача разделения сигналов от отдельных целей, как и задача обнаружения, является статистической, т.е. ее необходимо решать с учетом вредного действия помех. При наличии помех возникает физически неустрашимый предел для обнаружения и разделения сигналов.

При оптимальной обработке для разрешения двух сигналов необходимо, чтобы временной сдвиг между ними превышал время (интервал) корреляции. При прямоугольной форме сигнала и оптимальной полосе приемника время корреляции приблизительно равно длительности импульса. Следовательно, минимальное значение разрешающей способности по дальности равно

$$\Delta R_{\Pi} = c \cdot \tau_{\Pi} / 2. \quad (4.13)$$

Величину, определяемую формулой (4.13), принято называть потенциальной разрешающей способностью импульсного дальномера.

Применение визуального индикатора на ЭЛТ ухудшает разрешающую способность по дальности. Пятно от электронного луча имеющего конечный размер  $d_{\Pi}$ , на экране ЭЛТ соответствует расстоянию (рис.4)

$$\Delta R_{\Pi} = d_{\Pi} \cdot R_{\text{шк}} / L_{\text{шк}}. \quad (4.14)$$

Результирующее значение разрешающей способности по дальности определяется как

$$\Delta R = \Delta R_{\Pi} + \Delta R_{\Pi}. \quad (4.15)$$

## 5. НАВИГАЦИОННАЯ РЛС "НАЯДА-5"

### 5.1 Назначение РЛС.

Морская навигационная РЛС кругового обзора "Наяда-5" предназначена для повышения безопасности плавания морских судов в открытом море, вблизи берегов, в узкостях и по ограниченным фарватерам в сложных метеорологических условиях.

Станция работает в режиме кругового обзора и позволяет:

- наблюдать на индикаторе берега и надводные объекты;
- определять местоположения своего судна относительно береговых и подвижных ориентиров;
- определять дальность, круговой угол и пеленг береговых и надводных ориентиров, а также курс судна (при сопряжении с судовыми гирокомпасами) с автоматической ориентацией на индикаторе "по северу";
- оценивать степень опасности сближения с надводными объектами с помощью специальных маркеров, формируемых в устройстве "ольха".

### 5.2 Тактико-технические характеристики РЛС.

Длина волны, см – 3,2.

Скорость кругового обзора, об/мин - 15-23.

Максимальная дальность обнаружения (при вероятности правильного обнаружения  $P_{\text{пр.об.}} = 0,5$  и высоте установки антенны 15м над уровнем моря), не менее:

судна водоизмещением 5000 т. - 17 миль,

среднего морского буй высотой 3,2м без уголкового отражателя - 3,5 мили.

Минимальная дальность обнаружения ("Мертвая зона") при вероятности обнаружения 0,5 для объекта с эффективной отражающей поверхностью 10 кв.м и высотой 3,2м (средний морской буй без уголко-

вого отражателя) - не хуже 50 м.

Разрешающая способность по дальности при вероятности обнаружения 0.5 на шкале дальности 1 мили - не более 25 м.

Разрешающая способность по направлению, градусы - не более 0,9.

Максимальная погрешность устройств измерения направлений с помощью электронного визира, град - не более 0,8.

Шкалы дальности, мили - 1; 2; 4; 8; 16; 32; 64.

Интервалы между метками дальности соответственно, мили - 0.25; 0.5; 1; 2; 4; 8; 16.

Максимальная погрешность устройства измерения дальностей с помощью электронного визира:

на шкалах 1; 2 мили - не более 50 м,

на остальных шкалах, % от значения установленной шкалы - не более 1.

Максимальная погрешность расстановки меток дальности:

на шкалах 1; 2 мили - не более 35 м,

на остальных шкалах, % от значения установленной шкалы - не хуже 1.

Диаметр экрана ЭЛТ, мм - 450.

Рабочий диаметр экрана - не менее 400 мм.

Длительность зондирующего импульса, мкс:

на шкалах 1; 2 мили - 0,07,

на шкалах 4; 8 миль - 0,25,

на шкалах 16; 32; 64 мили - 0,7.

Частота следования импульсов, имп/с:

на шкалах 1; 2 мили - 3000,

на шкалах 4; 8 мили - 1500,

на шкалах 16; 32 мили - 750,

на шкале 64 мили - 500.

Импульсная мощность передатчика, кВт - 12-30.

Импульсная чувствительность приемного тракта, дБ/Вт:

на шкалах 1; 2 мили - не ниже минус 120,

на шкалах 4; 5; 16; 33; 64 мили - ниже минус 124.

Коэффициент направленного действия используемых антенн (в зависимости от размеров) - 1200 - 1800.

## 5.3 УСТРОЙСТВО И РАБОТА РЛС

### 5.3.1 Принципы работы и индикации

В РЛС "Наяда - 5" использован импульсный метод измерения дальности.

В передающем устройстве формируются короткие зондирующие радиоимпульсы, которые узким лучом излучаются в пространство направленной антенной. Антенна РЛС непрерывно вращается, обеспечивая круговой обзор пространства вокруг судна. Синхронно и синфазно с антенной на экране индикатора вращается радиальная линия развертки. В момент совпадения электрической оси антенны (при ее вращении) с диаметральной плоскостью судна на экране индикатора высвечивается курсовая линия (отметка курсов).

В определенном масштабе длина линии развертки индикатора соответствует радиусу выбранной зоны обзора. В начале линии развертки наблюдается яркая отметка зондирующего импульса, соответствующая отметке собственного судна, то есть нулю отсчета дальности.

После излучения очередного зондирующего импульса антенна подключается ко входу приемного устройства.

Измерение дальности производится совмещением подвижного визира ВД с началом отметки объекта. При этом точный отсчет дальности производится по цифровому электронному табло. Грубый отсчет дальности может быть произведен с помощью меток дальности путем интерполяции (без непосредственного совмещения отметки объекта с меткой дальности).

Изображение на экране индикатора может наблюдаться в режимах относительного движения (ОД) и истинного движения (ИД). В режиме ОД начало развертки неподвижно, при этом отметки от неподвижных объектов перемещаются на экране со скоростью, равной скорости судна в направлении, противоположном его движению. Отметки от подвижных объектов перемещаются с относительными скоростями, равными сумме скоростей движения судна и своей собственной.

В режиме (ИД) все отметки подвижных объектов, в том числе начало развертки, соответствующее положению собственного судна, перемещаются на экране с истинными скоростями в истинных направлениях.

В РЛС предусмотрены специальные меры (устройства) защиты от

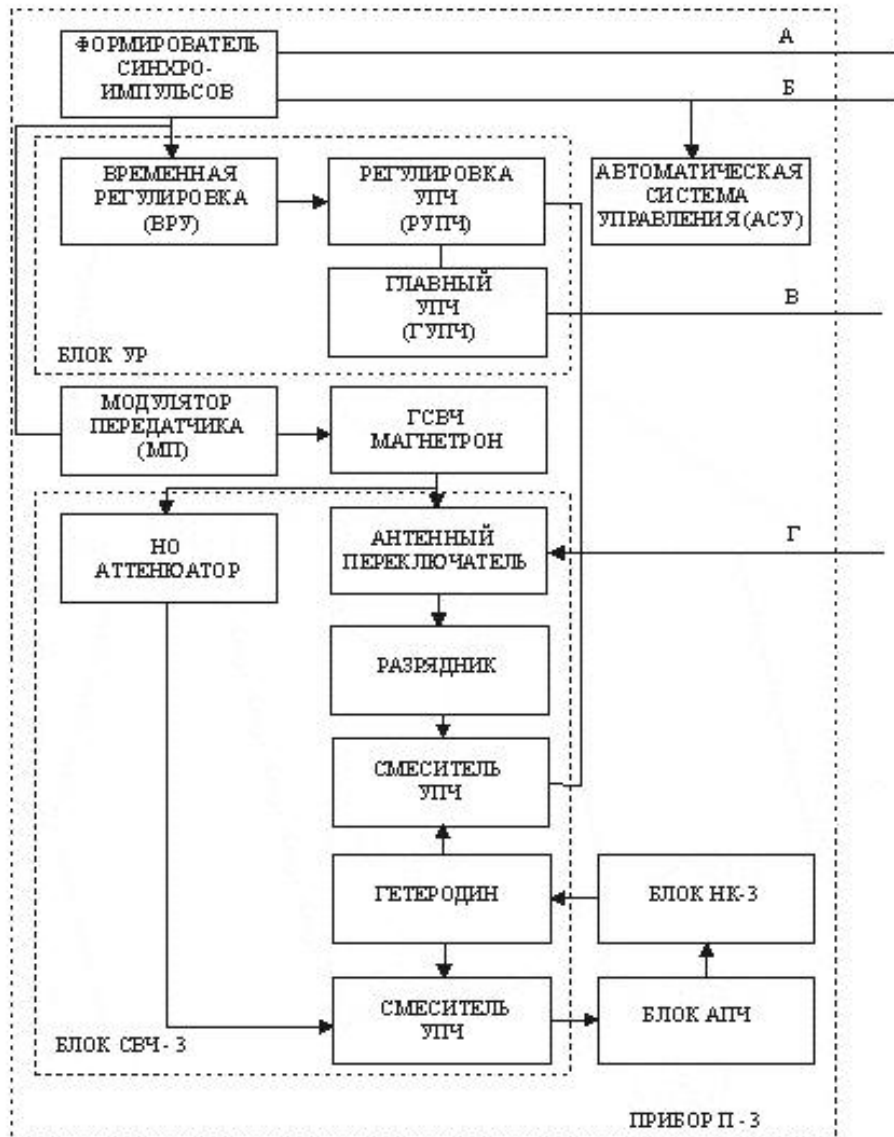
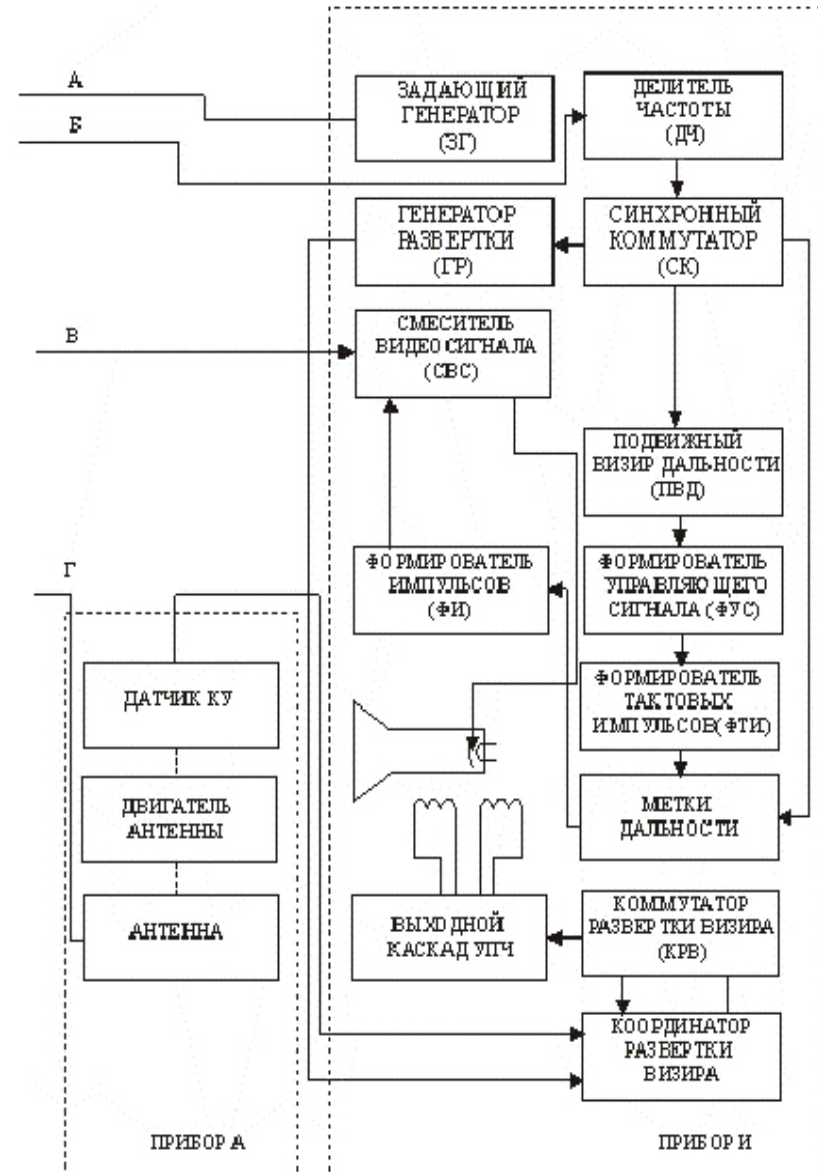


Рис.5



Продолжение рис.5



различного рода помех:

- линейно-логарифмический приемник в сочетании с дифференциатором и оперативно-управляемой временной регулировкой усиления (ВРУ), ослабляющей действие помех от морских волн и гидрометеоров;

- режим возбуждения частоты следования зондирующих импульсов, подавляющий на экране отметки от ложных объектов, наблюдаемых за счет сверхрефракции за пределами установленной шкалы дальности.

При включенном устройстве "Ольха" на экране индикатора высвечиваются специальные маркеры, позволяющие оценить степень опасности сближения с неподвижными объектами.

### 5. 3. 2 Описание структурной схемы РЛС.

Обобщенная структурная схема РЛС "Наяда -5" приведена на рис. 5. РЛС состоит из трех основных частей ("Приборов"): приемопередатчика (Прибор П-3), антенного блока (Прибор А) и индикаторного устройства (Прибор "И").

Прибор "И" служит не только для отображения (индикации) радиолокационной обстановки, но и управляет работой всей РЛС.

Задающий генератор (ЗГ) индикатора (И) вырабатывает запускающие импульсы, частота повторения которых определяется выбранной шкалой дальности. Эти импульсы подаются на вход формирователя синхроимпульсов (ФС) прибора П-3, который нормирует их по амплитуде и длительности и выдает импульс синхронизации в индикатор (И) на запуск схем формирования разверток через делитель частоты (ДЧ) и синхронный коммутатор (СК) - на запуск блока подвижного визира дальности (ПВД), а через формирователь управляющего сигнала (ФУС) и формирователь тактовых импульсов (ФТИ) - на запуск блока меток дальности (МД).

С другого выхода блока ФС импульсы синхронизации поступают на модулятор передатчика (МП) для формирования зондирующего импульса, на устройство временной регулировки усиления (ВРУ) приемника и на блок автоматической стабилизации и управления (АСУ).

Запуск всех устройств РЛС производится в определенных временных соотношениях, при которых обеспечивается совмещение

момента излучения зондирующего импульса передатчика с началом отсчета (нулем) дальности и началом линии развертки на экране индикатора. Эти соотношения обеспечиваются линиями задержки в индикаторе.

При поступлении запускающих импульсов на модулятор передатчика (МП) в нем формируются импульсы высокого напряжения, длительность которых определяется выбранной шкалой дальности. Эти импульсы поступают на катод магнетрона генератора СВЧ.

При воздействии импульсов высокого напряжения в генераторе возбуждаются СВЧ-колебания, которые через антенный переключатель по волноводному тракту поступают в антенно-поворотное устройство (прибор А). Часть энергии импульса при этом через разрядник защиты приемника в блоке СВЧ-3 просачивается в приемник станции и после усиления и преобразования наблюдается в виде яркостной отметки зондирующего импульса в начале линии развертки на экране индикатора.

Импульсы СВЧ колебаний в приборе А через вращающийся переход (ПВ) поступают в щелевую антенну и узким лучом излучаются в пространство. Антенна при этом непрерывно вращается, облучая последовательно зону обзора вокруг своего судна.

При нахождении в зоне обзора каких-либо объектов отраженные от них сигналы принимаются той же антенной и по волноводному тракту поступают в канал приема блока СВЧ-3, где они преобразуются в сигналы промежуточной частоты (60 МГц).

Радиоимпульсы промежуточной частоты усиливаются усилителем промежуточной частоты (блоки УР и УГ), преобразуются в видеоимпульсы и поступают на смеситель видеосигнала (блок СВС) индикатора И. Усиленные видеосигналы поступают на катод электронно-лучевой трубки (ЭЛТ) индикатора.

На экране индикатора сигналы от объектов отображаются в виде яркостных отметок или их совокупности, в зависимости от вида облучаемых объектов (буи, судно, берег и т. д.).

Для поддержания равенства разностей частот генератора СВЧ и гетеродина (в блоке СВЧ-3) промежуточной частоте в приборе П-3 используется блок автоматической подстройки частоты (блок АПЧ),

Для регулировки усиления приемника в ближней зоне с целью оптимального наблюдения близко расположенных объектов в условиях помех от морских волн и действия зондирующего импульса служит устройство временной регулировки усиления (ВРУ), расположенное в

блоке УР. В устройстве формируется напряжение ВРУ специальной формы, подаваемое на первые каскады усиления блока УР.

### 5.3.3 Индикаторное устройство.

Индикатор станции является индикатором кругового обзора для наблюдения навигационной обстановки вокруг судна.

Формирование основной (сигнальной) радиально-круговой развертки и развертки электронного визира направлений осуществляется неподвижной отклоняющей системой с предварительным способом разложения фазы пилообразного тока.

Импульс синхронизации, поступающий в индикатор из формирователя синхроимпульсов (ФС) через делитель частоты (ДЧ) запускает синхронный коммутатор (СК). Блок СК формирует прямоугольные импульсы: запуска генератора развертки, ключевой развертки и визира, подсвета развертки и визира, отметки курса.

При поступлении в генератор развертки (ГР) прямоугольных импульсов с длительностью и частотой повторения, определяемыми выбранной шкалой дальности, он вырабатывает трапецеидальные импульсы напряжения. Эти импульсы поступают в координатор развертки визира (КР) на ротор вращающегося трансформатора – фазорасщепителя развертки.

Ротор фазорасщепителя развертки вращается синхронно и синфазно с вращением антенны благодаря связи с датчиком курсового угла (КУ) антенны через устройство переключения ориентации изображения с помощью следящей системы.

Со статорных обмоток фазорасщепителя пилообразные импульсы, промодулированные по закону синуса и косинуса, поступают на коммутатор развертки визира и направлений (КРВ).

Блок (КРВ), управляемый блоком (ОК), подключает последовательно фазорасщепитель развертки и фазорасщепитель визира к усилителям постоянного тока (УПТ). При этом на УПТ после каждых пятнадцати следующих подряд импульсов шестнадцатым с датчика угла подается импульс электронного визира направлений.

В выходных каскадах синусов и косинусов блоков УПТ составляющие развертки усиливаются по осям X и Y и поступают во взаимно перпендикулярные обмотки отклоняющей системы. Соз-

дающееся вращающееся электромагнитное поле обеспечивает формирование луча развертки и вращение его синхронно и синфазно с вращением антенны.

Формирование развертки электронного визира направлений происходит аналогично, только с той разницей, что ротор фазорасщепителя развертки визира приводится во вращение оператором вручную с помощью клавишей при определении направлений на объект по их отметкам на экране индикатора.

Индикация величины угла с точностью до 0.1 градуса производится на цифровом табло ЦТ-4.

Преобразование углового положения ротора фазорасщепителя в код напряжения происходит в датчике угла с помощью фотоэлектрического преобразователя вал-код (субблок ПВК). Этот преобразователь выдает код напряжения – комбинацию электрических сигналов (логических единиц и нулей). Эти сигналы подаются в формирователи сигналов считывания и дешифрации. Выходы дешифраторов подключены к соответствующим индикаторам табло ЦТ-4.

### 5.3.4 Измерение дальности.

Измерение дальности до обнаруженных объектов происходит следующим образом. Импульс синхронизации из прибора П-3 запускает блок подвижного визира дальности (ПВД) и через линию задержки, формирователь управляющих сигналов (ФУС) запускает формирователь тактовых импульсов (ФТИ).

Блок ФТИ формирует последовательности тактовых импульсов с частотой 8 МГц. Период этих импульсов равен 0,125 мкс, что соответствует радиолокационной дальности 18 м. Формирование импульсов прекращается импульсом сброса от блока СК в момент окончания прямого хода развертки.

Тактовые импульсы поступают в блок меток дальности (МД), в котором путем деления частоты тактовых импульсов формируются метки дальности. Коэффициент деления изменяется при переключении масштаба дальности. Метки дальности через формирователь импульсов (ФИ), в котором происходит формирование меток по длительности, поступают в блок СВС- смеситель видеоимпульса.

Блок ПВД (подвижный визир дальности) формирует сигнал ПВД,

длительность которого определяется положением рукоятки ДАЛЬНОСТЬ при совмещении визира дальности с отметкой от объекта на экране индикатора. Сигнал ПВД поступает через блок ФИ на селектор дальности в блоке ФУС, который пропускает на счетчик дальности тактовые импульсы только в интервале измеряемой дальности, то есть от нуля дальности (момента запуска блока ФТИ) до момента совмещения импульса ВД с отметкой от объекта.

Счетчик дальности состоит из двух включенных последовательно счетчиков и включает в себя 3 декады. Емкость счетчика одна тысяча импульсов, что соответствует дальности 9.99 миль с дискретностью отсчета 0,01 мили.

На дальности 10 миль счетчик переполняется, в блок ФУС поступает импульс переноса и запятая на цифровом табло ЦТ-3 переносится на один знак вправо.

Измерение дальности свыше 10 миль происходит с дискретностью 0,1 мили. Для получения дискретности 0.1 мили используется одна декада блоков СД, которая делит на 10 частоту тактовых импульсов, поступающих через блок ФУС в счетчик дальности.

Формирование импульсов ВД по длительности в зависимости от шкалы дальности происходит в блоке ФИ. Из блока ФИ импульсы ВД поступают на блок СВС.

### **5.3.5. Устройство контроля работоспособности.**

Устройство контроля общей работоспособности (КОР) позволяет производить контроль энергетических характеристик станции, основной компонентой которых является энергетический потенциал приемопередатчика (отношение импульсной мощности передатчика к чувствительности приемника в децибелах).

В режиме КОР через контрольную антенну (в приборе А) и кабель задержки на вход канала контроля блока СВЧ-3 в приборе П-3 поступает контрольный сигнал, представляющий собой ослабленный зондирующий импульс, излученной антенной.

Ослабление в канале КОР калибруется по величине, из канала контроля сигнал КОР поступает на вход приемника.

Контрольный сигнал преобразуется и усиливается аналогично отраженным от объектов сигналам и наблюдается на экране индикатора

в виде дуги (длиной около 120°), отстоящей от кольца зондирующего импульса на 1-3 мм и расположенный на курсовом угле 180.

Для контроля работоспособности отдельных блоков и функциональных узлов и отыскания неисправностей в станции используется система встроенного допускового контроля, элементы которой расположены в приборах П-3 и И.

На устройства контроля подаются контрольные сигналы от источника питания, функциональных блоков и отдельных узлов. При выходе контролируемого сигнала за пределы установленного допуска делается заключение о неисправности соответствующего устройства.

### **5.3.6 Электропитание РЛС.**

Питание РЛС осуществляется от трехфазной бортовой сети переменного тока с частотой 50 Гц, напряжением 220/380 В или от бортовой сети постоянного тока напряжением 110 или 220 В. Этим напряжением питается электродвигатель прибора А и электромашинный преобразователь, питающий РЛС напряжением 220 В с частотой 400 Гц. Напряжением 220 В частотой 400 Гц питаются все устройства вторичного питания (выпрямители станции), а также электрические машины и цепи накала электровакуумных приборов.

## **6 ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАДАНИЕ**

6.1 Изучить структурную схему радиолокационной станции, назначение и взаимодействие отдельных блоков и устройств.

6.2 Изучить конструкцию станции, назначение и расположение органов управления.

6.3 Провести контроль работоспособности станции.

6.4 Определить составляющую погрешности измерения дальности, обусловленную использованием в индикаторе электронно-лучевой трубки.

6.5 Определить разрешающую способность станции по дальности.

## **7 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ**

7.1 Включить станцию.

Включение станции производится в следующем порядке. Нажатием кнопки "Пуск" включить агрегат питания станции. Наличие напряжения от агрегата контролируется прибором на панели индикатора (220 В, 400 Гц).

Переключатель "РЛС-ОТКЛ.", находящийся на панели управления индикатора, установить в положение "РЛС". Через 40-60 с на индикаторе должно появиться изображение развертки с отметкой на ней неподвижных точек дальности (если их нет, то повернуть ручку регулировки яркости). С помощью прибора на панели управления произвести контроль режимов работы. Величины напряжений должны соответствовать указанным на шильдике переключателя пределам измеряемого напряжения. Записать показания приборов для отчета.

Переключатель "АНТЕННА-ОТКЛ." включения антенны установить в положение "АНТЕННА".

Ручкой "МД", установленной на панели управления индикатора, отрегулировать яркость меток дальности. Вращая рукоятку дальномера, убедиться в наличии на экране индикатора подвижной точки визира дальности и отрегулировать яркость вращением ручки "ВД".

Ручками "Усиление" и "Волны" отрегулировать изображение на экране индикатора.

7.2 Оценить погрешность совмещения визира дальности с меткой дальности по формуле

$$\Delta D = 100(D_{ВД} - D_{МД}) / D_{ШК}, \%$$

где  $\Delta D$  - погрешность измерения;

$D_{ВД}$  - измеренная дальность по цифровому табло;

$D_{МД}$  - измеренная дальность по меткам дальности;

$D_{ШК}$  - максимальное значение дальности данной шкалы.

7.3 Определить разрешающую способность по дальности. Отметки целей имитируемые генераторами ГИ-1 и ГИ-2, установить на одном угловом направлении (в данной работе они находятся на одном направлении). Изменяя задержку отметки цели 1 ручкой "Задержка 10-50" генератора ГИ-1 приблизить ее к отметке цели 2 до момента их еще раздельного наблюдения. Совместить визир дальности с отметками целей 1 и 2. Снять показания дальности  $D_1$  и

$D_2$  с цифрового табло. Вычислить реальную разрешающую способность по дальности  $\Delta D = D_2 - D_1$ . Сравнить полученный результат с теоретическим значением определяемым по формуле:

$$\Delta D = \Delta D_{п} + \Delta D_{и} = c\tau_{и}/2 + d_{п} \cdot D_{max}/L$$

где  $\Delta D_{п}$  - потенциальная разрешающая способность,

$\Delta D_{и}$  - разрешающая способность индикатора,

$\tau_{и}$  - длительность зондирующего импульса, мксек.

$d_{п}$  - диаметр рисующего пятна ЭЛТ, мм,

$D_{max}$  - максимальная дальность шкалы ЭЛТ, км,

$L$  - длина рабочего участка шкалы, мм.

7.4 Выключить станцию. Для этого переключатель "АНТЕННА-ОТКЛ." установить в положение "ОТКЛ." и выключить агрегат питания нажатием кнопки "СТОП".

Примечание: включение и выключение станции производится лаборантом (преподавателем).

## 8 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

8.1 Пояснить принцип импульсной дальнометрии.

8.2 Привести обобщенную структурную схему импульсного дальномера.

8.3 Дать характеристику составляющих погрешности определения дальности.

8.4 Разрешающая способность импульсного дальномера.

8.5 Записать основное уравнение радиолокации.

8.6 Провести анализ основного уравнения радиолокации.

8.7 Чем определяется разрешающая способность по дальности?

8.8 От каких параметров зависит точность измерения координат?

8.9 С какой целью в РЛС используются несколько шкал дальности?

8.10 Для чего используются три длительности импульсов и разные частоты повторения?

8.11 Как формируются неподвижные круги дальности?

8.12 Как обеспечивается синхронность и синфазность вращения антенны и развертки индикатора?