

**Министерство образования и науки Украины
ОДЕССКАЯ НАЦИОНАЛЬНАЯ МОРСКАЯ АКАДЕМИЯ**

**РАДИОНАВИГАЦИОННЫЕ
ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ**

Сборник методических указаний для выполнения лабораторных работ для курсантов 3 курса специальности «Судовождение»

Часть 1

Одесса 2011

ББК 39.471.5

УДК 621.396.932.1:629.783(076)

Радионавигационные приборы и системы: сборник методических указаний для выполнения лабораторных работ для курсантов 3 курса специальности «Судовождение» / Демиденко П. П. – Одесса: ОНМА, 2011. – 80 с.

Рецензент: д. т. н., профессор кафедры ЭКС Вагущенко Л.Л.

Введение

Данный сборник лабораторных работ по дисциплине РНП и С для курсантов 3 курса специальности «Судовождение», состоит из двух частей.

Часть 1 – «Назначение, устройство и принцип работы основных функциональных блоков НРЛС» подготовлен доцентом кафедры ЭКС Демиденко П. П..

Часть 2 – «Радионавигационные средства и системы» подготовлен ассистентом кафедры ЭКС Авраменко Е. А..

Обе части сборника предназначены для курсантов стационарного отделения специальности «Судовождение».

Его цель – закрепление на конкретных практических примерах, знаний, полученных курсантами при изучении на лекциях и самостоятельно дисциплины РНП и С.

Лабораторная и практическая части занятий будут проводиться в учебных лабораториях кафедры ЭКС.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1.

НАЗНАЧЕНИЕ НРЛС «НАЯДА-5». ТЕХНИКО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И РЕЖИМЫ РАБОТЫ.

ПЕРЕЧЕНЬ ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ

НРЛС - Навигационная радиолокационная станция.

А - антенна щелевая.

И - индикатор

ПЗ - приемопередатчик с длиной волны излучения 3,2 см.

КУ - контакторное устройство

СВЧ - сверхвысокая частота

ИД - истинное движение.

ГК- гирокомпас.

МПВ - малая постоянная времени.

ВРУ - временная регулировка усиления

ВД - визир дальности.

ПВД - подвижный визир дальности.

НКД - неподвижные круги (метки) дальности.

ОД - относительное движение.

АПЧ - автоматическая подстройка частоты.

РПЧ - ручная подстройка частоты.

ЭЛТ - электронно-лучевая трубка.

ЭВН - электронный визир направления.

МВ - механический визир.

КОР - контроль общей работоспособности.

УПЧ - усилитель промежуточной частоты.

НК-3 - блок настройки и контроля.

МКО - индикатор кругового обзора.

НАЗНАЧЕНИЕ НРЛС "НАЯДА-5"

Судовая навигационная радиолокационная станция (НРЛС) "Наяда-5" предназначена для повышения безопасности плавания морских судов в открытом море, вблизи берегов, в узкостях, при плавании в сложных метеорологических условиях.

Станция работает в режиме кругового обзора и позволяет:

- оценивать навигационную обстановку;
- наблюдать на индикаторе берега и надводные объекты;
- определять местоположение своего судна относительно береговых и надводных ориентиров;

- определять дальность, курсовой угол и пеленг береговых и надводных ориентиров, а также курс судна (при сопряжении с судовым гирокомпасом) с автоматической ориентацией изображения на индикаторе по северу;
- оценивать степень опасности сближения с надводными объектами с помощью специальных высвечиваемых на экране индикатора маркеров, формируемых в устройстве "АЛЬФА" (Ольха).

Индикатор укомплектован встроенным антипараллаксным устройством, позволяющим решать навигационные задачи путем выполнения на нем графических построений с одновременным наблюдением радиолокационного изображения.

Станция допускает эксплуатацию в условиях изменения температуры окружающей среды от - 40°С до + 60°С для антенны НРЛС и от - 10°С до + 50°С - для остальных приборов НРЛС; относительной влажности воздуха от 95 до 100 % для антенны и от 95 до 98 % - для остальных приборов; килевой и бортовой качки с креном до 10°.

Антенна НРЛС рупорно-щелевая может работать при воздействии ветровых нагрузок со скоростью воздушного потока до 50 м/с.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ.

Изучить НРЛС "Наяда-5", ее состав, основные технико-эксплуатационные характеристики.

Научиться включать НРЛС "Наяда-5", знать основные органы управления.

Знать основные режимы работы и особенности НРЛС "Наяда-5".

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Порядок выполнения работы

Внимание!

Практическую часть работы можно выполнять только с разрешения преподавателя.

1. Под откидной крышкой индикатора тумблера РЛС-ОТКЛ. и АНТЕННА-ОТКЛ. должны быть установлены в положение ОТКЛ.

2. Справа вверху на индикаторе кнопка ПЗ (П10) должна быть выключена.

3. Подать электропитание (судовую сеть) с помощью пакетника на пускорегулирующую аппаратуру преобразователя судовой сети. В этом случае на приборе КУ (контакторном устройстве) загорится индикаторная лампочка СЕТЬ БОРТ.

4. Черной кнопкой пускателя запустить электромашинный преобразователь. В этом случае на приборе КУ загорится индикаторная лампочка 400 Гц 220 В.

5. Открыть откидную крышку индикатора. Подать питание на все приборы НРЛС, переведя тумблер РЛС-ОТКЛ в положение РЛС. Сразу же включить антенну тумблером АНТЕННА-ОТКЛ.

6. Установить с помощью потенциометров ЯРКОСТЬ РАЗВЕРТКИ, ОК (расположенных под откидной крышкой индикатора) слабое свечение развертки и отметки курса (ОК).

7. С помощью потенциометров ЯРКОСТЬ ВН (визир направления), ВД (подвижный визир дальности), МД (неподвижные метки дальности) - расположенных на индикаторе справа от электроннолучевой трубки (ЭЛТ), установить приемлемую яркость свечения соответственно: визира направления, подвижного визира дальности (эквивалентно подвижному кругу дальности) и неподвижных меток (кругов) дальности.

8. Нажав одну из клавиш НАПРАВЛЕНИЕ, убедиться во вращении в обоих направлениях электронного визира на ЭЛТ и в изменении отсчета на цифровом табло ГРАДУСЫ.

9. Вращая ручку ДАЛЬНОСТЬ, убедиться в перемещении ПВД по экрану ЭЛТ и изменении отсчета на цифровом табло МИЛИ.

10. Убедиться в наличии на ЭЛТ отметки курса и в возможности ее кратковременного выключения клавишей ОК ОТКЛ. При необходимости отрегулировать яркость ОК неоперативным потенциометром ЯРКОСТЬ ОК.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назначение НРЛС "Наяда-5".
2. Какие основные технические данные НРЛС?
3. Какие основные эксплуатационные данные НРЛС?
4. Какой комплект НРЛС "Наяда-5"?
5. Какой порядок включения НРЛС "Наяда-5"?
6. Какие особенности органов управления НРЛС "Наяда-5"?
7. Режимы работ НРЛС "Наяда-5" и как они включаются?
8. Где и как осуществляется контроль работоспособности НРЛС "Наяда-5"?
9. Назначение антипараллаксного устройства?
10. Как осуществляется согласование изображения по "Северу" с репитером гирокомпаса?

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Назначение НРЛС "Наяда-5" и ее основные технико-эксплуатационные данные.
2. Порядок включения НРЛС "Наяда-5".
3. Основные режимы работ НРЛС "Наяда-5"

СОСТАВ СТАНЦИИ И ЕЁ ЭКСПЛУАТАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

НРЛС Наяда-5" состоит из следующих приборов:

- а) антенна рупорно-щелевая (А);

- б) приемопередатчик с длиной волны 3,2 см (ПЗ);
- в) индикатор (И);
- г) устройство оценки степени опасности сближения с надводными объектами "Альфа" ("Ольха");
- д) прибор КУ (контакторное устройство);
- е) электромашинный преобразователь судовой сети.



Рис. 1. Блок «И»



Рис. 2. Блок ПЗ

Эксплуатационно-технические характеристики.

1. Длина волны - 3,2 см.
2. Скорость кругового обзора в пределах 15-23 об/мин.
3. Разрешающая способность по дальности при вероятности 0,5 на шкале 1 миля - не более 25 м.
4. Разрешающая способность по направлению - не более 0,9°.
5. Шкалы дальности (в милях): 1; 2; 4; 8; 16; 32; 64.
6. Метки неподвижных кругов дальности через 0,25 шкалы дальности.
7. Рабочий диаметр экрана не менее 400 мм.
8. Максимальная погрешность средства измерения направлений с помощью электронного визира - не более 0,8°.
9. Максимальная погрешность средства измерения дальностей с помощью электронного визира: на шкалах 1; 2 мили, не более 50 метров, на остальных шкалах не более 1 % от значения установленной шкалы.
10. Длительность зондирующего импульса:

на шкалах 1; 2 мили	0,07 мкс;
на шкалах 4; 8 мили	0,25 мкс;
на шкалах 16; 32; 64 мили	0,7 мкс.

11. Частота следования импульсов:

на шкалах 1; 2 мили	3000 Гц;
на шкалах 4; 8 миль	1500 Гц;
на шкалах 16; 32 мили	750 Гц;
на шкале 64 мили	500 Гц.

12. Импульсная сверхвысокочастотная (СВЧ) мощность передатчика, в зависимости от магнетрона, колеблется в пределах 12-30 кВт.

13. Импульсная чувствительность приемно-индикаторного тракта:

на шкалах 1; 2 мили, не хуже 120 дБ/Вт;
на остальных шкалах не хуже 124 дБ/Вт.

14. НРЛС может обеспечивать индикацию изображения на индикаторе в двух режимах - относительного (ОД) и истинного движения (ИД).

15. Ориентация изображения на индикаторе - по курсу или по меридиану ("Север").

16. На индикаторе, на шкалах дальности 1; 2; 4; 8 миль можно смещать начало развертки в любую точку экрана на 2/3 рабочего радиуса индикатора.

17. Для обеспечения ориентации изображения по "СЕВЕРУ" или режима истинного движения, данные от гирокомпаса (ГК) и от лага можно вводить автоматически или вручную.

18. Время приведения НРЛС из выключенного состояния в рабочее около 4 минут.

19. С помощью антипараллаксного устройства, так называемого "зеркального планшета", на индикаторе НРЛС возможно проведение графических построений без отрыва от радиолокационного изображения.

20. Защиту от помех, вызванных отражениями от морских волн и гидрометеоров можно осуществить с помощью дифференциатора "ДОЖДЬ" с переменным значением малой постоянной времени, а также с помощью временной регулировки усиления (ВРУ) - потенциометр "Волны" на приборе И.

21. Впервые в отечественных судовых РЛС, в НРЛС "Наяда-5" осуществляется защита от помех, вызванных явлением сверхрефракции, так называемая вобуляция - работа НРЛС с переменной частотой следования зондирующих импульсов.

22. Электропитание станции обеспечивается от судовых сетей: постоянных ПО В; 220 В или 3-х фазного напряжения ~ 50 Гц, 220 В; 3—50 Гц, 380 В с помощью электромашинного преобразователя.

23. Мощность, потребляемая станцией от бортовой сети, не более 750 Вт.

24. Среднее время безотказной работы станции не менее 300 часов.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РАБОТЕ НРЛС "НАЯДА-5"

Станция является судовой навигационной РЛС 3-х сантиметрового диапазона. Она предназначена для работы в качестве самостоятельной НРЛС, обеспечивающей повышение безопасности мореплавания.

Работа станции основана на импульсном методе радиолокации.

В передающем устройстве форсируются короткие зондирующие радиоимпульсы, которые излучаются в пространство направленной антенной узким лучом. Антенна при этом непрерывно вращается, последовательно облучает пространство вокруг судна. При этом, синхронно и синфазно с антенной, на экране индикатора вращается радиальная линия развертки дальности. В момент совпадения электрической оси антенны при её вращении с диаметральной плоскостью судна, на экране индикатора высвечивается (курсовая линия) отметка курса (ОК).

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

Отраженные от облученных объектов радиоимпульсы принимаются антенной, усиливаются, преобразуются в приемном устройстве в видеосигнал и наблюдаются на экране индикатора в виде яркостных отметок, совокупность которых создает на экране отображение надводной обстановки.

Полученное изображение на экране может быть сориентировано по курсу относительно диаметральной плоскости судна или по северу, относительно меридиана (соответственно направления на объекты определяются как курсовые углы или пеленги объектов).

Измерение направления производится путем совмещения линии визира с серединой пеленгуемого объекта. Механический визир позволяет произвести грубое определение направлений на объекты отсчетом по азимутальной шкале индикатора. Электронный визир обеспечивает с допустимой точностью отсчет направлений по цифровому электронному табло.

Измерение дальности до надводного объекта производится совмещением подвижного визира дальности (ВД) с началом отметки объекта. Отсчет дальности производится по цифровому электронному табло. Грубый отсчет дальности может быть определен с помощью неподвижных меток (колец) дальности (НКД).

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

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 станции предусмотрены специальные меры защиты от различного рода помех:

- линейно-логарифмический приемник в сочетании с дифференциатором и оперативно-управляемой ВРУ, ослабляющий действие помех от морских волн и гидрометеоров;

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

При изменении частоты зондирующих импульсов (скорость изменения частоты (вобуляции) составляет 400 Гц) местоположение ложных сигналов, появляющихся от целей, находящихся на дальностях, соответствующих двоичному-троичному периоду развертки, изменяется с частотой вобуляции. В соседних радиусах развертки отметки ложных целей взаимосмещаются (размазываются), так как частота вобуляции почти равна частоте развертки. Поэтому заметность ложных целей значительно уменьшается.

При включении устройства "Альфа" ("Ольха") на экране индикатора высвечиваются маркеры, позволяющие оценить степень опасности сближения с надводными объектами (до пяти целей) по двум критериям:

- дистанции кратчайшего сближения;
- времени сближения.

Все приборы станции питаются от напряжения 220 В частотой 400 Гц, автономны по питанию выпрямленными напряжениями.

Защита источников питания от перегрузок и коротких замыканий в нагрузке обеспечивается предохранителями, установленными во входных цепях каждого источника питания или встроенными электронными схемами защиты. Предохранители в составе приборов располагаются на специальных панелях и имеют надписи, поясняющие их принадлежность к соответствующему источнику питания.

Для сигнализации исправности предохранителей применены лампочки, включенные параллельно предохранителям, и загорающиеся при их перегорании.

НАЗНАЧЕНИЕ ОРГАНОВ УПРАВЛЕНИЯ

Система управления включает в себя органы и цепи коммутации, регулировки и настройки, обеспечивающие управление станцией в процессе ее эксплуатации, ремонта и др.

Индикатор (прибор И) управляет работой станции. С его панели и пульта управления (рис. 3) производится включение и выключение РЛС, выбор шкал дальности, включение прогрева, включение вращения антенны, контроль общей работоспособности, регулировка усиления (различимости) радиолокационных сигналов, управление помехозащитой, резервная подстройка частоты гетеродина. В зависимости от характера и степени применения органов управления в условиях эксплуатации станции, они разделяются на оперативные и вспомогательные.

С помощью оперативных органов управления осуществляются следующие операции:

- включение и выключение РЛС;
- переключение шкал дальности;
- измерение расстояния до целей с помощью визира дальности;

- измерение курсовых углов и пеленгов целей с помощью электронного и механического визира в направления;
- отключение отметки курса;
- управление различимостью (усилением) радиолокационных сигналов;
- управление помехозащитой;
- регулировка яркости подсвета панели и шкал.

С помощью вспомогательных органов управления осуществляются следующие операции:

- включение и выключение вращения антенны;
- включение связи с лагом и гирокомпасом;
- согласование показаний подвижной шкалы визира направлений;
- регулировка яркости развертки и отметки курса;
- отключение АПЧ - включение РПЧ;
- совмещение центра вращения развертки с геометрическим центром механического визира направления;
- подстройка гетеродина прибора П-3;
- включение режима контроля общей работоспособности РЛС;
- отключение питания модулятора прибора П-3;
- установка яркости свечения экрана ЭЛТ;
- включение подогрева поворотного устройства антенны.

НРЛС "Наяда-5" включается и выключается только одним тумблером РЛС -ОТКЛ (см. рис. 3), размещенном на пульте индикатора. При этом, после выдержки времени, необходимой для установления режима работы машинного агрегата питания, напряжение ~ 400 Гц, 220 В поступает на питающий выпрямитель, на трансформатор накала магнетрона и на устройство задержки времени включения передатчика, обеспечивающее автоматическую задержку момента подачи модулирующего импульса на магнетрон относительно, подачи напряжения на накал магнетрона.

Включение приемопередатчика осуществляется с панели управления индикатора с помощью кнопочного переключателя ПЗ.

Для обеспечения безопасности работы обслуживающего персонала на крышках приборов И и П-3 помещены блокировочные контакты, включенные последовательно с тумблером включения РЛС. При открывании крышек указанных приборов станция выключается.

После включения станции, с помощью переключателя шкал дальности ШКАЛА ИНТЕРВАЛ, в зависимости от выбранной зоны обзора, устанавливается соответствующая шкала.

При этом, в приборе П-3 происходит следующее:

- изменяется частота следования и длительность зондирующего импульса (0,7 - мкс, 0,25 мкс ли 0,7 мкс) в зависимости от шкалы дальности;
- в блоке специальной автоматики в момент подачи сигнала от переключателя шкал дальности, обеспечивается отключение передатчика, а затем после определенной задержки (0,5 - 3 с) последовательно выдаются сигналы переключения режимов и включения питания модулятора. Такая схема автоматики необходима для обеспечения работы реле переключения режимов

формирования длительностей модулирующих импульсов модулятора передатчика;

- переключается ширина полосы пропускания УПЧ;
- переключается напряжение питания модулятора и напряжения накала магнетрона.

Одновременно, в приборе И осуществляется:

- переключение усиления видеотракта по группам шкал;
- переключение масштаба НКД, ПКД;
- переключение цепи формирования импульсов трапециедального напряжения временной развертки и импульсов подсвета;
- в режиме истинного движения переключается коэффициент деления управляемого делителя частоты масштабирования составляющих скорости судна V_x и V_y в соответствии со шкалой дальности;
- осуществляется блокировка смещения центра изображения при включении шкал 16,32 и 64 мили;
- отключается режим истинного движения при включении шкал 16, 32, 64 мили.

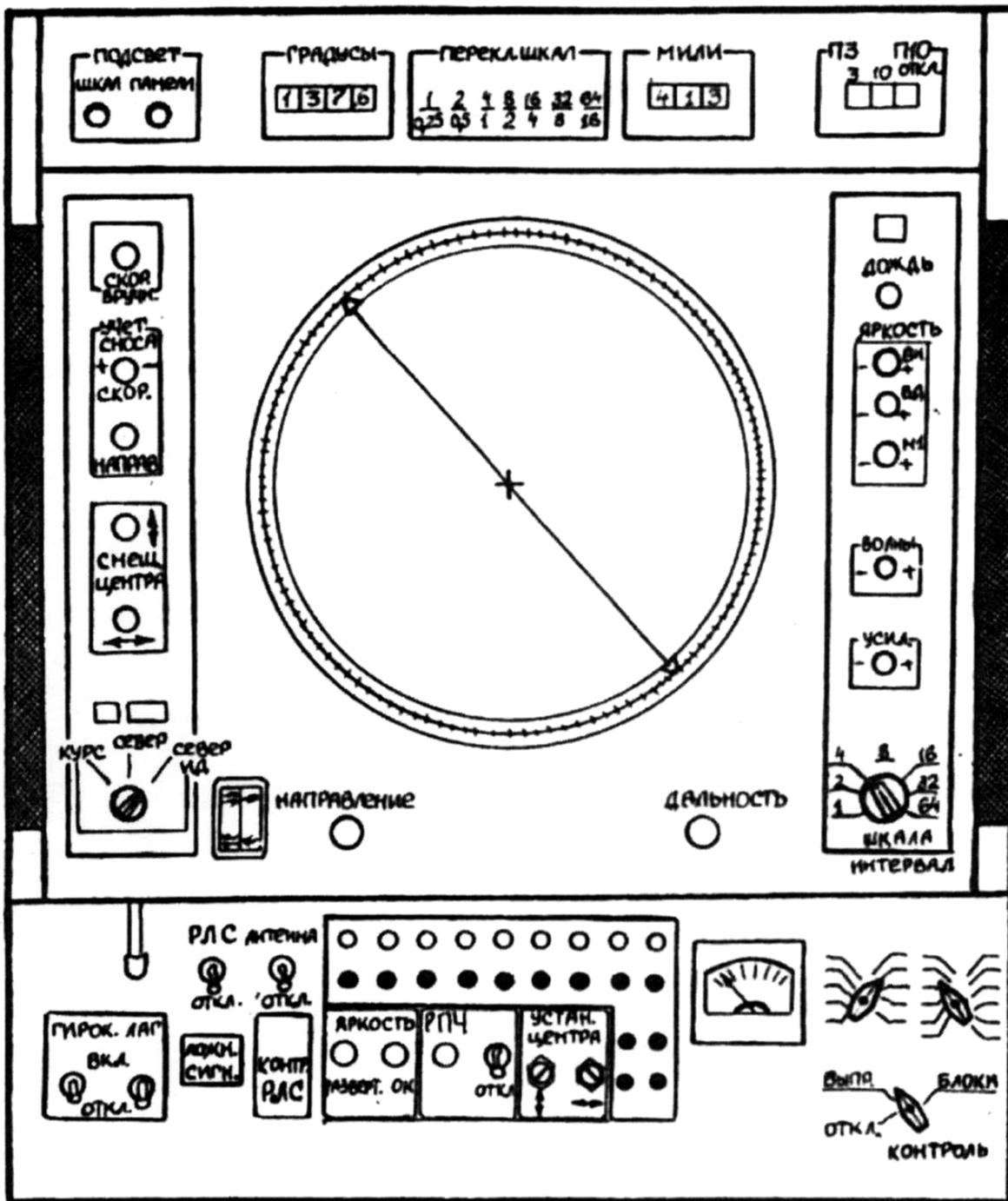


Рис. 3. Расположение органов управления

С помощью переключателя КУРС-СЕВЕР-СЕВЕР ИД осуществляется переключение ориентации изображения на экране индикатора в режиме относительного движения относительно диаметра судна или севера (соответственно, положение переключателя КУРС или СЕВЕР).

Включение переключателя в положение СЕВЕР ИД осуществляет включение режима истинного движения. Но, кроме этого, необходимым условием для режима является установка одной из рабочей шкалы дальности от 1 мили до 8 миль включительно (т.е. 1; 2; 4; 8 миль).

Для увеличения дальности действия РЛС до 2/3 шкалы, не изменяя при этом её масштаба, на шкалах 1; 2; 4; 8 миль можно использовать два резистора

СМЕЩЕНИЕ ЦЕНТРА. С помощью этих потенциометров можно смещать центр развертки, как в режиме ОД, так и в режиме ИД.

Для оперативного возврата центра развертки в центр ЭЛТ в режимах ИД и ОД используется кнопка СБРОС В ЦЕНТР, расположенная на панели управления индикатора.

В режиме ИД возврат центра развертки в исходную точку, оперативно выставленную оператором, производится автоматически при смещении центра изображения более, чем на 2/3 радиуса экрана. Однако, оператор может осуществить и ручной возврат центра изображения в первоначально выбранную точку путем нажатия кнопки СБРОС ИД.

Для обеспечения режима ИД необходимо в индикатор вводить непрерывно данные курса и скорости судна. Обычно они вводятся автоматически от гирокомпаса и лага. Кроме того, существует возможность ручного ввода скорости с помощью потенциометра СКОРОСТЬ ВРУЧНУЮ.

Учет сноса судна за счет течения обеспечивается вводом поправок:

- по скорости - при помощи потенциометра УЧЕТ СНОСА - СКОРОСТЬ;
- по направлению - при помощи потенциометра УЧЕТ СНОСА - направление. Измерение расстояния до целей производится при помощи визира дальности (потенциометр ДАЛЬНОСТЬ). Цифровая индикация величины расстояния до цели осуществляется на цифровом табло.

Измерение направлений на цель производится при помощи электронного визира направления - клавишами быстрого и медленного перемещения электронного визира НАГПРАВЛЕНИЕ. Отсчет углового положения визира направления производится с цифрового табло.

Для приближенной оценки расстояния до целей и их направлений можно использовать ШЭД и механический визир направления.

Кратковременное отключение отметки курса судна (просмотреть, нет ли отметок целей по курсу) осуществляется с помощью белой кнопки с самовозвратом ОТМЕТКА КУРСА (ОК).

Управление различимостью радиолокационных сигналов на фоне шумов и помех осуществляется регулировкой амплитудной характеристики видеосуилителя с помощью потенциометра УСИЛЕНИЕ.

Управление ослаблением влияния помех от моря и дождя на наблюдаемость объектов осуществляется с помощью потенциометра ВОЛНЫ, регулирующего глубину и длительность временной регулировки усиления (ВРУ) и потенциометром ДОЖДЬ, осуществляющего включение дифференцирования и плавное изменение постоянной времени дифференцирующей цепи на входе блока смесителя видеосигналов.

Явление свехрефракции устраняется с помощью кнопки ЛОЖНЫЕ СИГНАЛЫ, расположенной на панели контроля работоспособности РЛС. С панели управления индикатора устанавливается яркость меток дальности (ЯРКОСТЬ МД), яркость визира дальности (ЯРКОСТЬ ВД), яркость визира

направления (ЯРКОСТЬ ВН). Причем, потенциометр ЯРКОСТЬ ВН совмещен с выключателем визира направления.

Потенциометром ПОДСВЕТ ПАНЕЛИ устанавливается яркость подсвета панели, яркость индикации СБРОС В ЦЕНТР, ЛОЖНЫЕ СИГНАЛЫ, МИЛИ, ГРАДУСЫ; потенциометром ПОДСВЕТ ШКАЛ устанавливается яркость подсвета шкал и яркость индикации надписи ШКАЛА И ИНТЕРВАЛ.

Включение связи с лагом осуществляется с помощью тумблера ЛАГ-ОТКЛ при установке его в положение ЛАГ. Включение связи с гироскопом - при помощи тумблера ГИРОКОМПАС - ОТКЛ при установке его в положение ГИРОКОМПАС.

Согласование отметки курса с показанием ГК в режиме ориентации "СЕВЕР" производится рукояткой КУРС. Точный отсчет ОК можно установить, глядя на цифровую шкалу сельсин-приемника ГК. Её можно увидеть через отверстие, расположенное над тумблером РЛС-ОТКЛ.

Включение подогрева поворотного устройства антенны осуществляется при помощи тумблера ПОДОГРЕВ-ОТКЛ., расположенного внутри индикатора, путем установки его в положение ПОДОГРЕВ.

Тумблером АНТЕННА-ОТКЛ., подается питание на двигатель антенны, при этом автоматически отключается питание подогрева. При недопустимых перегрузках двигателя антенны происходит автоматическое его отключение. Регулировка яркости развертки и яркости отметки курса производится при помощи потенциометров ЯРКОСТЬ РАЗВЕРТКИ и ЯРКОСТЬ ОК.

При выходе из строя блока автоматической подстройки частоты предусмотрена ручная подстройка частоты, осуществляемая потенциометром РПЧ. Включение РПЧ производится с помощью тумблера РПЧ-ОТКЛ. Яркость свечения экрана ЭЛТ регулируется с помощью потенциометра УСТАНОВКА ЯРКОСТИ.

Совмещение центра вращения развертки с геометрическим центром визира направления осуществляется с помощью подстроечных резисторов УСТАНОВКА ЦЕНТРА.

Переключение РЛС из рабочего режима в режим контроля общей работоспособности производится на шкале 1 миля с помощью кнопочного переключателя КОНТРОЛЬ РЛС.

ВКЛЮЧЕНИЕ СТАНЦИИ

Перед включением станции (из полностью обесточенного состояния) необходимо установить органы управления прибора И в положения, рекомендованные в таблице 1

Таблица 1

Наименование органа управления	Положение органа управления перед включением станции
Тумблер РЛС-ОТКЛ.	ОТКЛ
Регулятор ДОЖДЬ	Левое крайнее (выключен)

Регулятор ЯРКОСТЬ ВН	Среднее
Регулятор ЯРКОСТЬ ВД	Среднее
Регулятор ЯРКОСТЬ МД	Среднее
Регулятор ВОЛНЫ	Крайнее левое
Регулятор УСИЛЕНИЕ	Среднее
Регулятор ПОДСВЕТ ШКАЛ	Среднее
Регулятор ЯРКОСТЬ РАЗВЕРТКИ, ОК	В положении, установленном на предприятии-изготовителе индикатора
Переключатель КУРС-СЕВЕР- СЕВЕР ИД	КУРС
Кнопка ПЗ	ОТКЛ.
Кнопка СБРОС В ЦЕНТР	Включена
Регуляторы УЧЕТ СНОСА: СКОРОСТЬ, НАПРАВЛЕНИЕ	"0" по оцифрованной шкале
Регулятор СКОРОСТЬ ВРУЧНУЮ	"0" по оцифрованной шкале
Кнопка ЛОЖНЫЕ СИПТАЛЫ	Выключена
Тумблер ГИРОКОМПАС-ОТКЛ	ОТКЛ.
Тумблер ЛАГ-ОТКЛ.	ОТКЛ.
Тумблер АНТЕННА-ОТКЛ.	ОТКЛ.

Только после этого можно приступить к включению станции. Для этого установить выключатель напряжения бортовой сети в положение ВКЛ. О подаче на станцию напряжения сети свидетельствует свечение соответствующей сигнальной лампы на панели прибора КУ.

Включить машинный преобразователь кнопкой управления.

Тумблеры РЛС-ОТКЛ. и АНТЕННА-ОТКЛ. установить в положение РЛС и АНТЕННА. При этом должны включиться все приборы станции, за исключением устройства "Альфа" ("Ольха"). На экране прибора И должна наблюдаться развертка, подсвеченная шумами, отметка курса, визир дальности, метки дальности и линия электронного визира направления

Приблизительно через 4 мин. после включения РЛС на приборе И нажать кнопку ПЗ и по свечению сигнальной лампы ПЗ убедиться о включении передатчика ПЗ. На экране ЭЛТ при этом должны появиться в центре отметка зондирующего импульса передатчика и отметки объектов в зоне обзора станции. Регулированием напряжения ВРУ - при вращении регулятора ВОЛНЫ из крайнего левого в крайнее правое положение должно наблюдаться на экране ЭЛТ уменьшение засветки экрана в ближней зоне отражениями от волн при их наличии, или подавление шумов приемника в ближней зоне при отсутствии волнения. Проверить общую работоспособность станции, для чего нажать на пульте управления кнопку КОНТРОЛЬ РЛС на шкале дальности 1 миля. При этом на экране должна появиться отметка видеосигнала на КУ 180°.

ВНИМАНИЕ! При переключении шкал дальности рекомендуется отключать передатчик.

РЕЖИМЫ РАБОТЫ НРЛС "НАЯДА-5"

В зависимости от условий плавания оператор имеет возможность наблюдать изображение в одном из следующих режимов:

- режим индикации относительного движения (ОД) с ориентацией радиолокационного изображения по курсу;
- режим индикации относительного движения с ориентацией изображения по северу;
- режим индикации относительного движения со смещенным центром развертки при ориентации по курсу или по северу;
- режим индикации истинного движения (ИД) при ориентации по северу.

Указанные выше первые два режима работают на всех шкалах дальности.

Для выполнения первого режима необходимо переключатель КУРС-СЕВЕР-СЕВЕР ИД переключить в положение КУРС. В этом режиме отметка курса на экране индикатора направлена прямо вверх на нуль неподвижной азимутной шкалы. Положение отметки курса остается неизменным при изменении курса судна (маневр, рыскание), а отметки надводных целей могут перемещаться по экрану со скоростью движения собственного судна и при изменениях курса. При качке судна изображение вследствие этого оказывается несколько размытым.

Преимуществом данного режима является то, что изображение на экране индикатора ориентировано относительно направления движения судна в соответствии с реальной обстановкой, наблюдаемой с мостика.

Для включения второго режима - относительного движения с ориентацией на север, необходимо переключатель КУРС-СЕВЕР-СЕВЕР ИД переключить в положение СЕВЕР. В этом случае отметка курса устанавливается в соответствии с курсом судна. Нуль неподвижной шкалы указывает направление на север. В этом режиме при изменениях курса судна положение отметок целей на экране индикатора не изменяется, хотя изображение курсовой черты при рысканиях оказывается несколько размазанным.

При ориентации по северу облегчается сопоставление радиолокационного изображения с картой местности (привязка к карте), однако, сопоставление с реальной картиной, наблюдаемой с мостика, оказывается затрудненным. Использование режима ОД (при ориентации по курсу или северу) со смещенным центром развертки (возможно только на шкалах 1; 2; 4; 8 миль) позволяет оператору увеличить дальность действия обзора в интересующем его секторе. Смещение центра развертки осуществляется с помощью двух потенциометров СМЕЩЕНИЕ ЦЕНТРА. Центр вращения развертки может быть смещен в любую точку экрана

индикатора в пределах $2/3$ его радиуса. Для возвращения центра вращения развертки в центр экрана необходимо нажать кнопку СБРОС В ЦЕНТР.

Режим истинного движения (ИД) выполняется на шкалах 1; 2; 4; 8 миль, при этом переключатель КУРС-СЕВЕР-СЕВЕР ИД устанавливается в положение СЕВЕР ИД. Кроме того, необходимо добиться согласования шкалы КУРС с показаниями репитера ГК и включить лаг. Начальное положение центра вращения развертки (положение собственного судна) целесообразно сместить в направлении, противоположном направлению движения судна. Положение собственного судна смещается оператором с помощью потенциометров СМЕЩЕНИЕ ЦЕНТРА в пределах $2/3$ радиуса экрана.

В режиме ИД центр вращения развертки перемещается по направлению и со скоростью по данным, поступающим от датчиков гирокомпаса и лага. Отметки, соответствующие неподвижным объектам, при этом остаются неподвижными, а отметки, соответствующие подвижным объектам, перемещаются в соответствии с истинными траекториями их движения. Возврат начальной точки, изображающей собственное судно, в исходное положение (сброс центра) осуществляется автоматически после удаления её от центра экрана больше, чем на $2/3$ его радиуса. Возможен ручной сброс в исходное положение. Он осуществляется нажатием кнопки СБРОС ИД в любой момент времени.

Из-за погрешности лага, а также неучтенных сносов судна за счет течения и дрейфа истинное движение воспроизводится на экране индикатора - с определенными погрешностями. Для устранения указанной погрешности необходимо произвести коррекцию с помощью потенциометров УЧЕТ СНОСА (по скорости или же по курсу). Коррекция производится визуально по характеру изображения на экране отметок от заведомо неподвижных целей на шкалах крупного масштаба.

КОНТРОЛЬ РАБОТОСПОСОБНОСТИ НРЛС "НАЯДА-5"

Для контроля работоспособности станции используется встроенная система контроля, которая позволяет производить контроль общей работоспособности (КОР) станции и поиск неисправности.

Кроме того, система контроля позволяет производить контроль токов: кристаллов АПЧ и УПЧ, разрядника, магнетрона и гетеродина; проверку правильности настройки гетеродина и исправности системы АПЧ. Функционально система контроля станции состоит из КОР и системы поиска неисправности, а конструктивно устройство КОР состоит из элементов, входящих отдельными узлами в приборы и блоки станции.

Работоспособность блоков (узлов) проверяется по допусковому принципу: показания стрелочных индикаторов устройств контроля в приборах И и ПЗ в секторе - "ИСПРАВЕН", не в секторе - "НЕИСПРАВЕН". Значения допустимых секторов, адреса и наименования неисправных блоков нанесены против соответствующих положений переключателей.

Контроль работоспособности прибора ПЗ осуществляется встроенным в него блоком НК-3 (блок настройки и контроля прибора ПЗ), с помощью которого проверяется исправность источников питания, функциональных блоков (узлов): магнетрона, гетеродина, разрядника, кристаллов УПЧ и АПЧ, а также системы АПЧ.

Кроме того в блоке НК-3, на передней панели, расположены сигнальные лампы контроля исправности предохранителей, установленных во входных цепях источников питания прибора.

При контроле работоспособности прибора И поиск неисправного источника питания или функционального блока осуществляется с помощью встроенного блока К (блок контроля), расположенного с правой стороны на панели управления прибора И. На левой её части расположены сигнальные лампы для контроля исправности предохранителей, установленных во входных цепях источников питания.

Устройство КОР осуществляет контроль общей работоспособности станции путем имитации точечного эквивалента цели, фиксированного по дальности и направлению. Устройство КОР конструктивно состоит из контрольной антенны, входящей в прибор А, кабеля задержки и волноводно-коаксиального перехода, входящих в монтажный комплект станции, канала контроля в блоке СВЧ-3. Контрольная антенна расположена на фиксированном расстоянии от антенны станции на курсовом угле 180° и служит для приема части энергии зондирующего импульса. Принятый сигнал задерживается в кабеле задержки, на время, превышающее длительность зондирующего импульса и поступает в блок СВЧ-3. Затем контрольный сигнал усиливается приемником и поступает на индикатор аналогично сигналам, принимаемым от объектов. Критерием нормальной работоспособности станции является наличие яркостей отметки на экране ЭЛТ в виде дуги (шириной около 120°), отстоящей от кольца зондирующего импульса на 1-3 мм и расположенный на КУ 180° . С помощью аттенюатора, расположенного в блоке СВЧ-3, ослабление контрольного сигнала калибруется при изготовлении станции таким образом, чтобы яркостная отметка была видна на экране ЭЛТ до тех пор, пока энергетическая характеристика имеет допустимую величину, и исчезала при ухудшении её ниже допустимого предела. Контроль общей работоспособности станции производится на шкале дальности 1 миля. Для этого регулятором УСИЛЕНИЕ устанавливается максимальное усиление и нажимается кнопка КОНТРОЛЬ РЛС в приборе И.

Кроме информации, получаемой непосредственно от устройства КОР, о правильности функционирования НРЛС используется также информация, получаемая с экрана ИКО, а именно:

- наличие круговой развертки;
- наличие отметки курса;
- наличие подвижного визира дальности и меток дальности;
- наличие яркостной отметки зондирующего импульса в центре экрана;
- наличие подсвета экрана собственными шумами приемника;

- наличие на экране четких отметок целей или отражений от морских волн на фоне собственных шумов при работе станции на излучение в режиме максимального усиления.

Отсутствие хотя бы одного из вышеуказанных признаков нормальной работы РЛС свидетельствует о наличии неисправности в ней.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. НРЛС "Наяда-5" - Техническое описание.
2. Коновалов В.В., Причкин О.Б. Судовые радиолокационные станции "Наяда-5" и "Енисей-Р": Учебное пособие"-М: В/О "Мортехинформ-реклама", 1984, 32с.
3. Байрашевский А.М., Ничипоренко Н.Т. Судовые радиолокационные системы: Учебник для морских ВУЗов,- 2-е изд., перераб. и доп.. - М.: Транспорт, 1982,317с.
4. Судовые радиолокационные станции: Атлас /А.М.Байрашевский, В.Ф.Волынец, О.В.Кононов и др.; Под ред. А.М.Байрашевского. -2-е изд. перераб. и доп. - М.: Транспорт, 1986. 144 с.
5. Широких И.П. Ремонт судовых навигационных приборов: Справочник. - М." Транспорт, 1985. 144 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2.
СИНХРОНИЗАТОР НРЛС «НАЯДА-5»
СИСТЕМА РАЗВЕРТКИ НРЛС «НАЯДА-5»

СИНХРОНИЗАТОР НРЛС «НАЯДА-5»

ПЕРЕЧЕНЬ ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ

РЛС	- радиолокационная станция
НРЛС	- навигационная радиолокационная станция
ЗГ	- задающий генератор
ФС	- формирователь синхроимпульсов
ДЧ	- делитель частоты
И	- индикатор РЛС - иногда обозначают ИКО
П	- приемопередатчик РЛС
СК	- синхронный коммутатор
ГР	- генератор развертки
КРВ	- коммутатор развертки и визира
МВ	- мультивибратор
ЭП	- эмиттерный повторитель
УС-1, УС-2	- усилитель первый, усилитель второй
Д1, Д2, Д3	- делители частоты первый, второй, третий
ФИ	- формирователь импульсов
Инв	- инвертор
К	- коммутатор
АСУ	- блок автоматической стабилизации временной задержки и управления режимами передатчика
ВРУ	- временная регулировка усиления

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью работы является:

- а) ознакомиться с работой синхронизатора в составе НРЛС;
- б) изучить принцип формирования синхронизирующих импульсов;
- в) изучение основных параметров синхроимпульсов;
- г) освоение структурной схемы формирования синхроимпульсов.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Для чего необходимо синхронизировать работу устройств, блоков НРЛС?
2. В каком временном соотношении находятся между собой индикатор и передатчик?

3. Какие способы синхронизации НРЛС известны Вам?
Как работает задающий генератор?
4. Для чего предназначен формирователь синхроимпульсов?
5. Для чего предназначен делитель частот?
6. Одинакова ли частота следования синхроимпульсов в зависимости от шкал дальности НРЛС?
8. Почему в НРЛС "Наяда-5" запуск индикатора (при работе передатчика) осуществляется из передатчика?
9. Для чего в НРЛС "Наяда-5" используется режим изменения частоты следования запускающих импульсов (т. наз. режим вобуляции) и чему равно изменение частота?
10. С помощью какого органа управления осуществляется режим вобуляции?
11. Рассчитать длительность, импульса подсвета и частоту запускающих импульсов на шкале 1 миля.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Назначение синхронизатора.
2. Структурная схема синхронизатора.
3. Зарисовать все исследуемые импульсы с выхода ЗГ и ДЧ (снятые при работе НРЛС на шкалах: 1,2 мили; 4,8 миль; 16,32 мили и 64 мили).
4. По заданию преподавателя рассчитать период (частоту) следования запускающих импульсов.
5. Выводы по работе.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Порядок выполнения работы

После ответов на поставленные преподавателем вопросы и допуска к работе необходимо выполнить практическую часть (При этом обязательно необходимо соблюдать технику безопасности!).

Для выполнения практической части работы необходимо включить НРЛС "Наяда-5". Для этого необходимо:

1. Включить пакетник – переключатель судовой сети, расположенный на стене слева от ИКО, там же нажать черную кнопку ПУСК, тем самым запустив электромашинный преобразователь судовой сети, расположенный в агрегатной и, убедившись, что горят индикаторные лампочки БОРТ СЕТЬ и 220 В 400 Гц на приборе НУ, расположенном выше пакетного переключателя, включить индикатор НРЛС "Наяда-5" тумблером РЛС-ОТКЛ. Этот тумблер находится слева вверху под откидной крышкой панели управления ИКО.

Установить с помощью потенциометров ЯРКОСТЬ ВН (визир направления) и ЯРКОСТЬ РАЗВЕРТКИ слабое свечение электронного визира и развертки. Кнопка ПЗ, расположенная на индикаторе справа вверху, должна

быть отжата, т.е. приемопередатчик должен быть выключен. Антенну включать не обязательно.

Открыть, отвинтив два винта, защитную крышку индикатора, найти гнездо ~ 400 Гц 220 В на блоке ВП -12,6/ 12,6-3 и подсоединить к нему шнур питания осциллографа. Для уяснения временного соотношения между изучаемыми импульсами осциллограф необходимо синхронизировать с помощью внешней синхронизации, подавая на внешний запуск осциллографа выходные импульсы задающего генератора (ЗГ, контрольное гнездо К-1 на дополнительной текстолитовой панели слева вверху около задающего генератора).

Дальнейшая практическая работа заключается в следующем:

1. С гнезда К-1 «снять» эпюры синхроимпульсов с помощью осциллографа (определив при этом длительность импульса $T_{и}$, период их повторения $T_{п}$, полярность и их размах на всех шкалах.)

2. Увеличив чувствительность вертикального усилителя (вход У осциллографа), добиться устойчивого изображения, а затем зарисовать синхроимпульсы с выхода делителя частот Д (контрольное гнездо К-2) особо обратив внимание на величину временной задержки T_3 между импульсом с выхода ЗГ и импульсом ДЧ. (Для этого необходимо включить приемопередатчик П-3).

Определить те же параметры синхроимпульсов, как в предыдущем пункте. Просмотреть, оценить и зарисовать эти же импульсы в режиме "ЛОЖНЫЕ СИГНАЛЫ" (на шкале 16 миль), нажав кнопку с этим же названием (находится ниже тумблера РЛС-ОТКЛ.).

3. Все изучаемые импульсы с соблюдением масштаба, зарисовать в отчете по работе.

НАЗНАЧЕНИЕ СИНХРОНИЗАТОРА

Синхронизатор РЛС "Наяда-5" предназначен для согласования во времени (синхронизации) совместной работы индикатора, передатчика и приемника.

Синхронизатор вырабатывает кратковременные импульсы с различной частотой повторения (в зависимости от шкал дальности), которые обеспечивают синхронную работу модулятора передатчика, схемы временной регулировки усиления приемника, получения развертки сигнала и электронного визира, правильное положение меток неподвижных кругов дальности, подвижного круга дальности на электронно-лучевой трубке индикатора.

Синхронизатор РЛС "Наяда-5" состоит из трех основных устройств:

- 1) задающего генератора (ЗГ);
- 2) субблока формирователя синхроимпульсов (ФС);
- 3) делителя частоты (ДЧ).

Задающий генератор и делитель частоты конструктивно расположены в индикаторе (И), а формирователь синхроимпульсов в приемопередатчике (П) РЛС.

Синхронизатор вырабатывает синхронизирующие импульсы с частотой повторения:

- 3000 Гц - на шкалах 1,2 мили;
- 1500 Гц - на шкалах 4,8 мили;
- 750 Гц - на шкалах 16,32 мили;
- 500 Гц - на шкале 64 мили.

Упрощенная структурная схема синхронизатора приведена на рис.4.

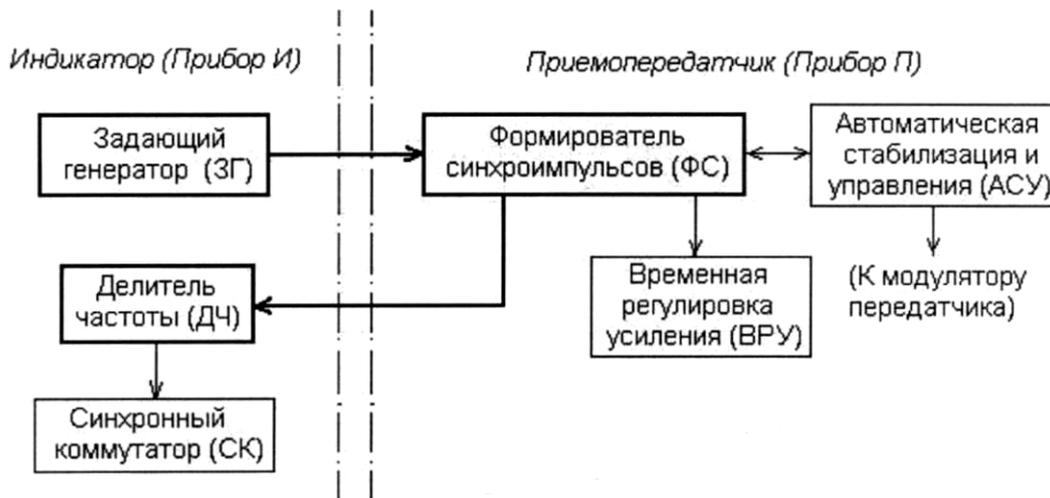


Рис. 4. Структурная схема синхронизатора

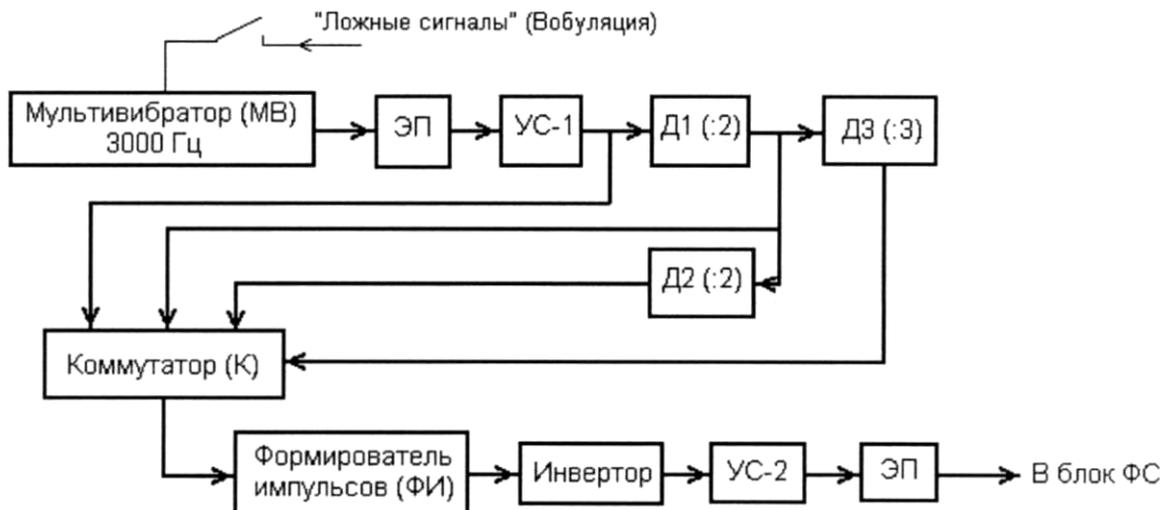


Рис. 5. Структурная схема задающего генератора

Задающий генератор (рис. 5.) состоит из: мультивибратора (МВ), работающего в автоколебательном режиме; эмиттерного повторителя (ЭП), усилителя (УС-1), трех делителей частоты с коэффициентами деления 2 и 3 (соответственно Д1, Д2 и Д3); коммутатора (К), формирователя импульсов (ФИ), инвертора *Инв*, второго усилителя (УС-2) и окончательного эмиттерного повторителя.

Мультивибратор вырабатывает импульсы отрицательной полярности частотой 3000 Гц, которые через эмиттерный повторитель (ЭП) поступают на усилитель (УС-1). УС-1 согласовывает входные уровни транзисторных схем

(ЭП) с выходными уровнями делителей Д1 ... Д3 (триггеров), выполненных на микросхемах.

Полученные после делителей сигналы поступают на коммутатор (К). С его выхода импульсы с выбранной частотой повторения поступают на формирователь импульсов (ФИ), представляющий собой ждущий мультивибратор, формирующий импульсы длительностью 0,6 ... 2 МКС (см. рис.6) соответствующей частоты повторения

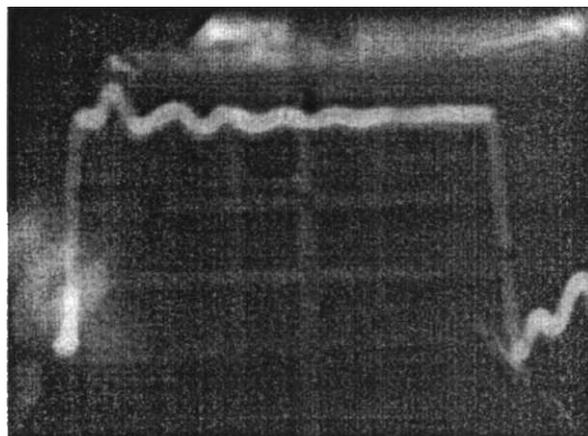


Рис. 6. Оциллограмма синхроимпульса

Сформированные импульсы через инвертор и усилитель (УС-2) поступают на вход оконечного эмиттерного повторителя (ЭП), предназначенного для согласования выхода УС-2 с низкоомной нагрузкой.

Для обеспечения режима вобуляции (работы блока ЗГ с переменной - "качающейся" частотой посылки зондирующих импульсов - этот режим применяется для подавления отраженных ложных сигналов), частоту мультивибратора (МВ) модулируют, подавая на базу одного из транзисторов МВ напряжение 8 В частотой 400 Гц. Осуществляется это нажатием кнопки "Ложные сигналы" на пульте управления индикатора.

Как известно, в навигационных радиолокационных станциях любой модели, синхронизирующие (иногда их называют - запускающие) импульсы используются для синхронизации работы индикатора, передатчика, приемника (в схеме ВРУ).

В индикаторе синхроимпульсы обеспечивают работу схем (формирование) разверток сигнала, электронного визира и других вспомогательных меток, а в передатчике - формируют в модуляторе импульсы, воздействующие на высокочастотный генератор (магнетрон). В приемнике с помощью синхроимпульсов запускается схема формирования сигнала ВРУ (временной регулировки усиления).

Следует отметить одну особенность формирования синхроимпульса при включении передатчика, а именно - необходимо учитывать время задержки импульса запуска магнетрона относительно импульса, сформированного в ЗГ. Это время задержки возникает из-за конечного времени распространения синхроимпульса от ЗГ к модулятору передатчика по проводу, из-за задержки

времени переключения и срабатывания звеньев магнитного модулятора, из-за инерционности антенного переключателя и т.д.

Поэтому, начало развертки луча на электронно-лучевой трубке индикатора должно быть задержано на суммарное время всех задержек синхроимпульса, происходящих в приемопередатчике.

Все эти задачи решает субблок формирователя синхроимпульсов (ФС) и блок автоматической стабилизации временной задержки и управления режимами передатчика (АСУ) приемопередатчика (см. рис. 3).

Субблок ФС формирует с помощью блока АСУ управляющий импульс для модулятора передатчика; управляющий импульс в приемное устройство - в схему формирования временной регулировки усиления (ВРУ).

Только после того, когда сформированы указанные выше импульсы, из субблока ФС поступают на делитель частот (ДЧ) (см. рис. 3).

Так как индикатор РЛС "Наяда-5" является унифицированным, (например, два таких индикатора используются в РЛС "Енисей-Р"), в нем существует возможность внешней синхронизации - или, так называемый режим "Ведущий" и "Ведомый".

Синхронизирующий импульс, возвращающийся из субблока ФС при работе индикатора в режиме "Ведущий" проходит блок ДЧ без деления частоты, но с определенной временной задержкой, благодаря которой выходной импульс с ДЧ будет совпадать с моментом излучения сверхвысокочастотного колебания передатчиком. Если же индикатор используется в режиме "Ведомый", то задающий генератор (ЗГ) отключается и на блок ДЧ поступают импульсы от "Ведущего" (внешнего) индикатора, который запускает при этом и приемопередатчик. Блок ДЧ делит частоту повторения, импульсов "Ведущего" индикатора таким образом, чтобы она соответствовала шкале дальности "ведомого" индикатора. Если частота запуска существенно отличается от шкалы дальности "ведущего" индикатора, то развертка на экране "ведомого" индикатора будет отсутствовать и на панели управления засветится табло "ПЕРЕКЛЮЧИТЬ ШКАЛУ".

Поступая на синхронный коммутатор (СК) (см. рис. 3.1) синхронизирующие импульсы обеспечивают выработку им прямоугольных импульсов запуска генератора развертки (ГР), импульсов запуска коммутатора развертки и визира (КРВ), а также положительных импульсов подсвета развертки и визира.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Прибор «И», техническое описание Л.А.2.943.019 ТО.
2. Судовые радиолокационные станции: Атлас /А.М.Байрашевский, В.Ф.Волынец, О.В. Кононов, и др. Под ред. А.М. Байрашевского, 2-е изд. перераб. и доп. - М.: Транспорт, 1986, 144 с.
3. Демиденко П.П. Судовые навигационные радиолокационные станции. Учебное пособие. Одесса, 2004. 163 с.
4. Коновалов В.В., Причкин О.Б. Судовые радиолокационные станции "Наяда-5" и "Енисей-Р". - М.: В/о "Мортехинформреклама", 1984, 30 с.

6. Широких И.П. Ремонт судовых радионавигационных приборов. М.: Транспорт, 1985, 142 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3. СИСТЕМА РАЗВЕРТКИ НРЛС «НАЯДА-5»

ПЕРЕЧЕНЬ ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ

ВТ - вращающийся трансформатор
ЗГ - задающий генератор
ДЧ - делитель частот
СК - синхронный коммутатор
ОК - отметка курса
ГР - генератор развертки
КРВ - коммутатор развертки и визира
КР - координатор развертки
ДУ - датчик угла
ЭЛТ - электронно-лучевая трубка
ИКО - индикатор кругового обзора
НРЛС - навигационная радиолокационная станция
СКВТ- синусно-косинусный вращающийся трансформатор
ЭВН - электронный визир направления
УПТ - усилитель постоянного тока
КОИ - блок курса и ориентации изображения
ВК - мощный выходной каскад
УР - усилитель рассогласования
ВТД - вращающийся трансформатор-датчик
ВТП - вращающийся трансформатор-приемник
ВТК - вращающийся трансформатор курса
ВТС - вращающийся трансформатор - по "Северу"
СПГ - сельсин-приемник от гирокомпаса
СКП - синусно-косинусный потенциометр
М(М1)- электродвигатель
ВТР - вращающийся трансформатор развертки
ВТВ - вращающийся трансформатор визира
Р(Р1)- редуктор
ОК-Х (ОК-У) - отклоняющая катушка по Х (по У)
СК-Х (СК-У) - смещающая катушка по Х (по У)
ПЗ (ПЗО) - приемопередатчик 3-х (10-ти) см диапазона

НАЗНАЧЕНИЕ СИСТЕМЫ РАЗВЕРТКИ

Блок развертки НРЛС "Наяда-5" предназначен для формирования и отображения на электроннолучевой трубке радиально-круговой развертки, электронного визира направления. В блоке развертки осуществляется изменение ориентации изображения - по КУРСУ или по СЕВЕРУ.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью работы является изучение принципа работы блока развертки, его структурной схемы и назначение основных функциональных узлов.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

До прихода в лабораторию курсанту необходимо ознакомиться с теоретической частью настоящего пособия и соответствующей рекомендуемой дополнительной литературой.

ВНИМАНИЕ! Включение НРЛС, осциллографа, съем информации необходимо выполнять только с разрешения и под контролем преподавателя.

Порядок выполнения работы

После ответа на поставленные вопросы курсанты должны, используя осциллограф, зарисовать в отчет по работе основные импульсы, которые поступают в блок развертки и формируются в нем. При этом необходимо соблюдать временные соотношения между этими импульсами.

Перед выполнением работы НРЛС "Наяда-5" должна быть выключена!

Включить пакетник судовой сети, запустить электромашинный преобразователь судовой сети (нажав кнопку- ПУСК пускателя) и убедившись, что горят индикаторные лампочки БОРТ СЕТЬ и 220 В 400 Гц на приборе КУ, включить тумблером "РЛС-ОТКЛ" индикатор НРЛС "Наяда-5".

Установить с помощью потенциометров ЯРКОСТЬ ВН (визир направления) и ЯРКОСТЬ РАЗВЕРТКИ слабое свечение разверток. Кнопки ПЗ (П10) должны быть отжаты (передатчики ПЗ или П10 выключены). Включить антенну тумблером АНТЕННА-ОТКЛ.

Включить осциллограф в розетку (бортовая сеть -220 В 50 Гц). Вход осциллографа по вертикальному усилению переключить для переменной составляющей сигнала. Для соблюдения временного соотношения между исследуемыми импульсами включить в осциллографе внешнюю синхронизацию, подав на вход горизонтального усилителя X импульс с гнезда Кб (импульс подсвета визира).

Добиться на осциллографе, затем зарисовать в отчет эпюры сигналов (отметив, при этом, их амплитуду, длительность и период следования) таких функциональных узлов:

- а) выход задающего генератора (ЗГ) - на всех шкалах дальности - К1
- б) выходы синхронного коммутатора (СК) на шкалах 2 и 4 мили:
 - импульс дистанции генератора развертки - К3
 - импульс ключа развертки - К7
 - импульс ключа визира - К6
 - импульс подсвета развертки - К4
 - импульс подсвета-визира - К5

- импульс отметки курса (ОК) - К8
- в) выход генератора развертки (ГР) на шкалах 2 и 4 мили - К11
- г) выход блока координатора развертки -К12
- д) выход блока датчика угла положения визира (ДУ) - К13.

При этом, для того, чтобы изменялась синусоидальная составляющая, на индикаторе нужно нажимать кнопки изменения углового положения визира
НАПРАВЛЕНИЕ.

Примечание: К1.К2,...контакты 1,2,...указаны на рис. 4.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Для чего предназначен блока развертки НРЛС "Наяда-5"?
2. Какого типа бывают развертки в индикаторах?
3. Какие типы разверток используются в современных НРЛС? .
4. Как образуется радиальная развертка в НРЛС "Наяда-5"?
5. Как и какими способами осуществляется круговая развертка?
6. Какие существуют методы формирования пилообразных токов для питания катушек ЭЛТ?
7. Какое назначение вращающегося трансформатора (СКВТ)?
8. Почему в НРЛС "Наяда-5" для получения развертки используются трапецеидальные импульсы?
9. Для чего используются импульсы подсвета развертки и визира, импульсы ключа развертки и ключа визира?
10. Как способом формируется электронный визир направления в НРЛС "Наяда-5"?
11. Из каких основных узлов состоит структурная схема формирования радиально-круговой развертки НРЛС "Наяда-5"?
12. Какое назначение узлов СК, ГР, КР, КРВ, ДУ, КОИ?
13. Почему амплитуда трапецеидальных импульсов на шкалах 1-8 миль отличается от амплитуды на остальных шкалах?
14. Какие существуют виды ориентации изображения у НРЛС "Наяда-5". Как они осуществляются?

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Назначение блока развертки.
2. Структурная схема блока развертки.
3. Зарисовать основные сигналы блока развертки (их временные и амплитудные соотношения)- на шкалах 2 и 4 мили (или на шкалах, которые укажет преподаватель):
 - а) импульс задающего генератора;
 - б) выходные импульсы синхронного коммутатора, подсвета развертки, визира, импульсы ключей развертки и визира, импульсы запуска генератора развертки, импульсы генератора развертки; г) импульсы коммутатора развертки и визира;

д) входы УПТ- X (выходы статоров обмоток вращающихся трансформаторов развертки и визира),

4. Выводы по работе.

СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ РАДИАЛЬНО-КРУГОВОЙ РАЗВЕРТКИ

По типу применяемой развертки на электронно-лучевой трубке (ЭЛТ) различают индикаторы с линейной, круговой, радиально-круговой, спиральной, а также с разверткой в прямоугольных координатах.

В судовых НРЛС наибольшее применение получили индикаторы кругового обзора (ИКО) с радиально-круговой разверткой. При этом радиальная развертка достигается за счет изменения электромагнитного поля в отклоняющих катушках ИКО по пилообразному закону. А по способу создания вращающегося, кругового, электромагнитного поля, ИКО делятся на индикаторы с вращающейся отклоняющей катушкой и на индикаторы с двумя неподвижными взаимно перпендикулярными катушками.

ИКО С НЕПОДВИЖНЫМИ ВЗАИМНО ПЕРПЕНДИКУЛЯРНЫМИ ОТКЛОНЯЮЩИМИ КАТУШКАМИ

Такой способ получения радиально-круговой развертки (использование двух взаимно перпендикулярных неподвижных отклоняющих катушек, через которые протекает сдвинутый по фазе на 90° друг относительно друга пилообразный ток, (промодулированный по закону вращения антенны) используется в ИКО современных НРЛС серии "Океан", "Наяда", НРЛС "Енисей", НРЛС "Трот", "Лоция", "Печера".

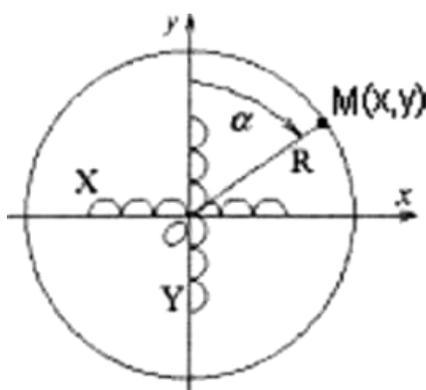


Рис. 7

Рассмотрим принцип формирования радиально-круговой развертки с помощью неподвижных отклоняющих катушек [2,3].

Обозначив условно одну катушку за X, а вторую - за Y, расположим их в системе координат xOy , соответственно по оси Ox и по оси Oy (см. рис. 7).

Так как радиус ЭЛТ постоянен, то и длина развертки на всех шкалах (дистанциях) должна быть постоянной, а угловое положение развертки в каждый момент времени t излучения передатчиком зондирующего импульса в эфир определяется углом α (угол поворота антенны в этот момент времени $\alpha = \Omega t$, где Ω - угловая скорость вращения антенны). Тогда положение точки M, лежащей на окружности с радиусом R (см. рис. 7) используя уравнение положения вектора R в полярной системе координат, можно охарактеризовать как:

$$x_m = R \sin \alpha; \quad y_m = R \cos \alpha$$

Таким образом, изменяя угол α , можно, подавая в катушки X и Y напряжение пилообразной формы, в любой момент времени создавать радиально - круговую развертку в ортогональных катушках.

Возникающие в катушках X и Y токи зависят от чувствительности ЭЛТ - k , числа витков каждой катушки - ω . Поэтому токи в катушках соответственно равны:

$$I_{mX} = \frac{R}{k\omega} \cdot \sin \Omega t, \quad I_{mY} = \frac{R}{k\omega} \cdot \cos \Omega t$$

При пропускании через ортогональные катушки пилообразных токов, промодулированных вращением антенны по синусоидальному и косинусоидальному законам, вектор результирующего магнитного поля Φ_p , являющийся суммой магнитных потоков катушек X и Y ($\Phi_p = \Phi_X + \Phi_Y$), будет вращаться с постоянной частотой, равной частоте вращения антенны.

При этом мгновенное значение направления радиальной развертки должно совпадать с направлением максимума диаграммы направленности в пространстве (т.е. азимутальным положением антенны). Радиальное же отклонение луча ЭЛТ определяется мгновенным значением пилообразных токов в катушках.

Принцип получения радиально-круговой развертки с помощью двух взаимно перпендикулярных катушек отклонения показан на рис. 8.

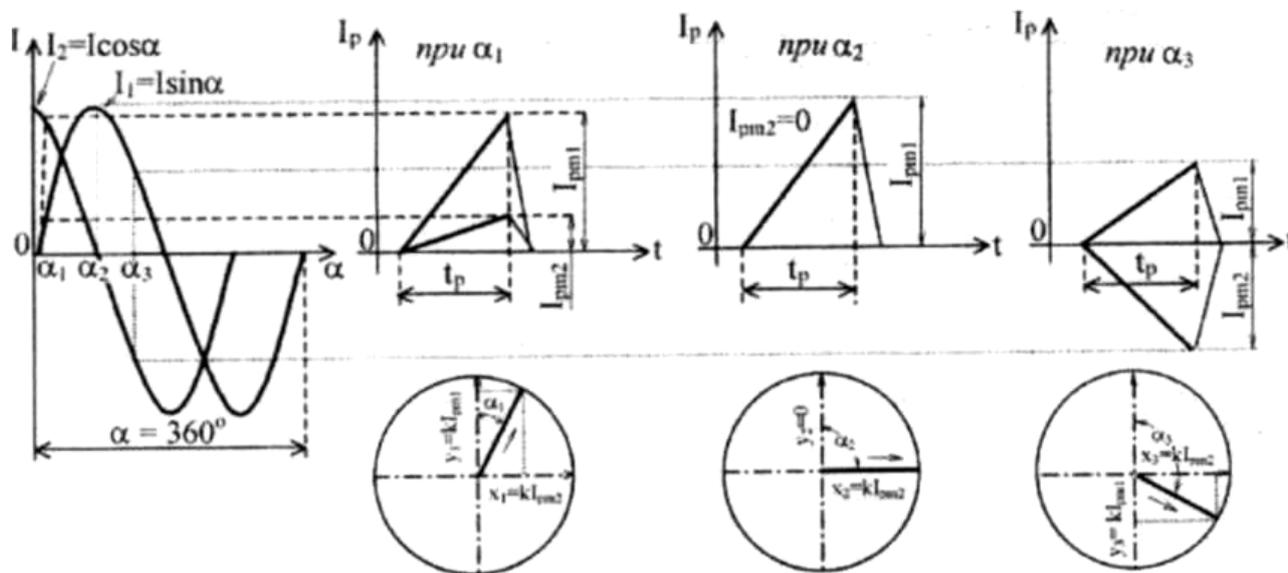


Рис. 8.

Синфазность вращения развертки и антенны, (т.е. угловое положение развертки и максимума диаграммы направленности антенны, например, относительно диаметра судна или меридиана) можно реализовать:

1) С помощью специальных устройств (СКВТ, ВТ) производится преобразование полярных координат в прямоугольные, т.е. получают

синусоидальные ($\sin Qt$) и косинусоидальные ($\cos Qt$) составляющие вращения антенны.

2) Полученными составляющими модулируют пилообразное напряжение, поступающее из генератора пилообразного (трапецеидального) напряжения.

3) С помощью неподвижных взаимоперпендикулярных катушек сигналы прямоугольных координат преобразуются результирующим магнитным полем отклоняющей катушки, расположенной на горловине ЭЛТ, в сигнал в полярной системе координат.

В зависимости от способа модуляции тока (или напряжения) развертки вращением антенны различают два метода формирования пилообразных импульсов тока для питания катушек: с расщеплением фазы огибающей вращения антенны до генератора развертки (например - НРЛС серии "Океан") и после генератора развертки (примеры - остальные НРЛС, названные выше).

В первом случае модуляция тока или напряжения осуществляется по закону вращения антенны до генератора развертки, а во втором - после генератора развертки.

Обычно расщепление фазы и модуляция пилообразного напряжения вращением антенны осуществляется с помощью различных модулирующих устройств: синусно-косинусного вращающегося трансформатора (СКВТ), вращающегося трансформатора (ВТ), емкостных делителей напряжения, синусно-косинусного потенциометра (СКП) и др. Наиболее широкое распространение получили индуктивные фазорасщепляющие устройства в виде сельсин-трансформаторов с однофазным ротором и трехфазным статором и вращающиеся трансформаторы (ВТ).

ВТ позволяют получить два промодулированные напряжения с фазовым сдвигом огибающей на 90° в диапазоне длительностью импульсов 30-2500 мкс.

Основным недостатком индуктивных фазорасщепителей является потеря постоянной составляющей импульсного напряжения, что приводит к смещению начального положения развертки. Это явление устраняется применением восстановителей (фиксирующих схем - диодных мостов) постоянной составляющей.

СТРУКТУРНАЯ СХЕМА ФОРМИРОВАНИЯ РАДИАЛЬНО-КРУГОВОЙ РАЗВЕРТКИ СИГНАЛА И ВИЗИРА НРЛС "НАЯДА-5"

Структурная схема формирования радиально-круговой развертки сигнала и визира приведена на рис. 7. Она состоит из таких блоков:

- а) синхронного коммутатора (СК);
- б) генератора развертки (ГР);
- в) координатора развертки (КР);
- г) коммутатора сигналов развертки и визира (КРВ);
- д) датчика угла положения визира (ДУ);
- е) двух усилителей постоянного тока (УПТ);
- ж) двух мощных выходных каскадов (ВК);
- з) блока курса и ориентации изображений (КОИ):

Синхронный коммутатор (СК) предназначен для синхронизации во времени импульсов запуска основной развертки (развертки сигнала), развертки визира направления, формирования сигналов отметки курса (ОК), импульсов подсвета развертки и визира.

Генератор развертки (ГР) предназначен для формирования импульсов трапецеидального напряжения с длительностью по шкалам соответственно:

1 миля - 26 мкс;	16 миль - 235 мкс;
2 мили - 50 мкс;	32 мили - 460 мкс;
4 мили - 100 мкс;	64 мили - 900 мкс.
8 миль - 195 мкс;	

В НРЛС "Наяда-5" для получения линейно изменяющегося тока на отклоняющие катушки необходимо подавать трапецеидальное напряжение. Это напряжение получается в схеме, состоящей из генератора прямоугольных импульсов (пьедестала), которые по длительности соответствуют длительности шкалы и генератора пилообразного напряжения, длительность которого равна длительности пьедестала. Затем эти два импульса складываются, образуя, таким образом, импульс трапецеидальной формы.

Амплитуда трапецеидальных импульсов на шкалах 1-8 миль увеличена по сравнению с амплитудой импульсов на шкалах 16-64 миль. Делается это для того, чтобы была возможность осуществить смещение центра развертки не более чем на $2/3$ радиуса экрана в режиме смещения развертки или в режиме "Истинное движение".

Координатор развертки (КР) антенны предназначен для обеспечения синхронного и синфазного вращения оси расщепителя фазы тока развертки (ротора ВТР) с антенной станции.

Коммутатор сигналов развертки и визира (КРВ) предназначен для коммутации роторов вращающегося трансформатора развертки ВТР и визира-ВТВ, т.е. основной развертки и развертки визира направления. Подает 15 импульсов развертки на ВТР и один (16-й) на ВТВ.

Датчик угла (ДУ) положения визира предназначен для управления ВТВ, т.е. для изменения углового положения электронного визира направления.

Усилитель постоянного тока (УПТ) предназначен для усиления по мощности разнополярных трапецеидальных импульсов основной развертки и развертки электронного визира направления.

Выходные каскады (ВК) подают усиленные сигналы из УПТ на отклоняющие катушки ОК-Х и ОК-У.

Последовательно с отклоняющими катушками включаются, резисторы отрицательной обратной связи (Roc). С Roc напряжение поступает на вход УПТ. Введение этой отрицательной обратной связи улучшает линейность отклоняющего тока, а, следовательно, линейность развертки на экране ЭЛТ. Кроме того, отрицательная обратная связь стабилизирует положение начала развертки на экране.

Блок курса и ориентации изображения (КОИ) осуществляет ввод данных курса от гирокомпас; обеспечивает режим ориентации по меридиану.

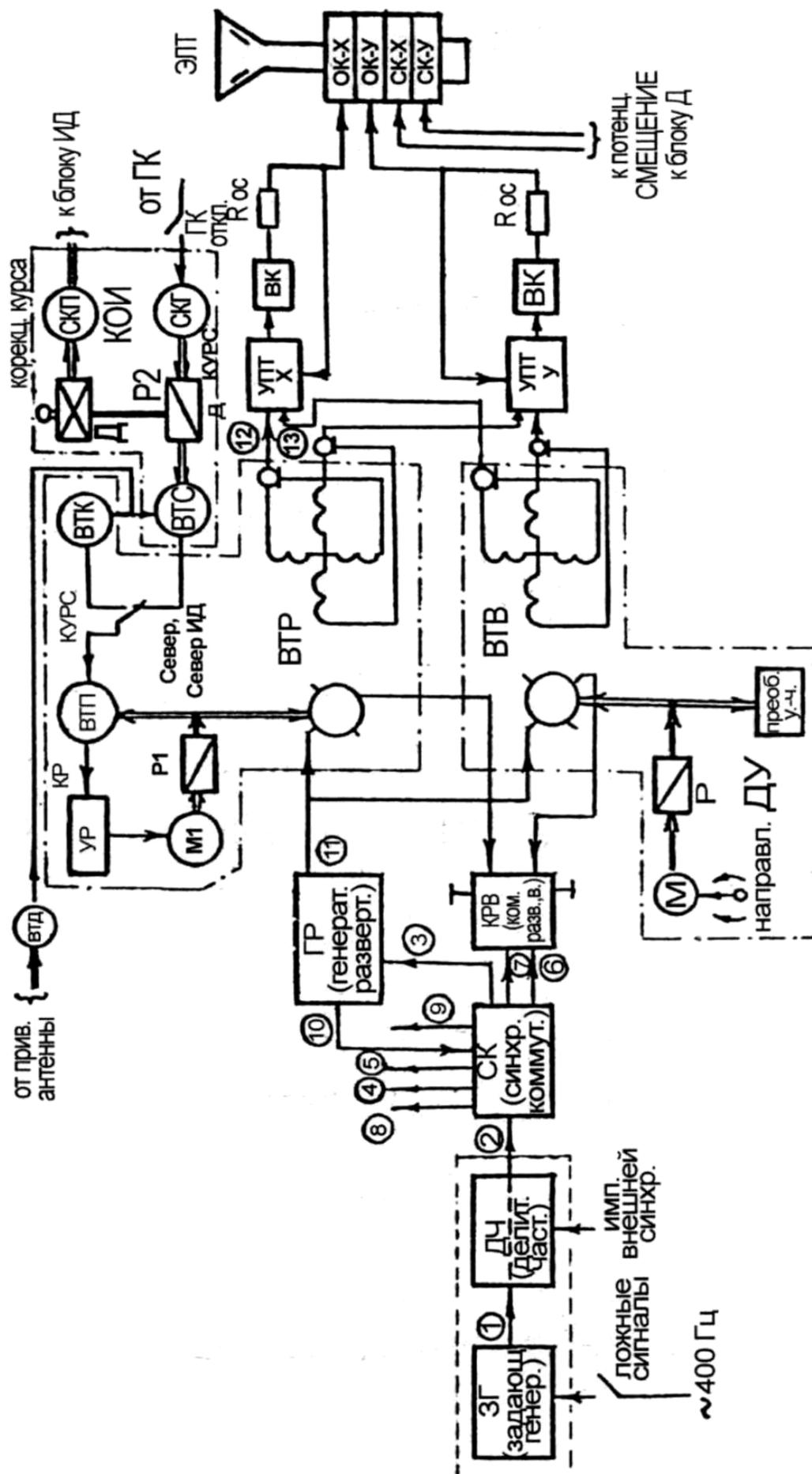


Рис. 9

ПРИНЦИП ПОЛУЧЕНИЯ РАДИАЛЬНО-КРУГОВОЙ РАЗВЕРТКИ НРЛС "НАЯДА-5"

Принцип получения радиально-круговой развертки НРЛС "Наяда-5" заключается в следующем.

Импульсы синхронизации положительной полярности поступают из задающего генератора (ЗГ) (см. рис. 9) через блок делителя частоты (ДЧ) на синхронный коммутатор. Частота следования импульсов синхронизации следующая.

- на шкалах 1 и 2 мили - 3000 имп /с;
- на шкалах 4 и 8 миль - 1500 имп/с;
- на шкалах 16 и 32 мили - 750 имп/с;
- на шкале 64 мили - 500 имп/с.

Индикатор может работать в режиме "Ведущий" или в режиме "Ведомый". В режиме "Ведущий" импульсы из ЗГ блоком ДЧ не делятся, а "транзитом" поступают в блок СК. (В режиме "Ведомый" блок ДЧ обеспечивает деление частоты поступающих синхронизирующих импульсов от внешнего синхронизатора).

Синхронный коммутатор формирует отрицательные прямоугольные импульсы дальности с частотой следования запускающих импульсов, которые запускают генератор развертки (генератор импульсов трапецеидальной формы).

Длительность поступающих импульсов из СК на ГР соответствует шкалам дальности соответственно от 1 до 64 миль.

Одновременно такие же импульсы, только положительной полярности, поступают из СК на коммутатор развертки и визира (КРВ) и на подсвет прямого хода развертки сигнала и визира. Причем, для подсвета развертки сигнала СК выдает подряд 15 импульсов, а 16-й импульс выдает на подсвет визира (То же поступает и на КРВ).

При поступлении запуска на ГР, он начинает формировать линейно нарастающее напряжение, скорость нарастания которого определяется выбранной шкалой дальности. Это же напряжение поступает на компаратор блока СК и в момент достижения заданного уровня последний срабатывает, обрывая импульс запуска ГР (по длительности), что формирует задний фронт импульса трапецеидальной формы (пилообразное напряжение на пьедестале).

Сформированные импульсы трапецеидальной формы поступают в блоки КР и ДУ - соответственно на вход ротора ВТР и вход ротора ВІВ. Выход этих роторов коммутирует на корпус блок КРВ с помощью 15 импульсов ключа развертки и 16-го импульса ключа визира. Эти импульсы, поступая на ротор ВТ, индуцируют в его двух взаимно-перпендикулярных статорных обмотках трапецеидальные импульсы напряжения с амплитудными значениями и полярностью пропорциональными синусу и косинусу угла разворота ротора относительно статоров.

Статорные обмотки ВТР и ВТВ подключены к двум усилителям постоянного тока (УПТ) с мощными выходными каскадами (ВК). Поэтому в

двух взаимно перпендикулярных катушках отклонения ОК-Х и ОК-У формируются пилообразные импульсы тока развертки. Отрицательная обратная связь (снимается с резистора R ос), которой охвачен усилительный тракт от катушек отклонения до входа УПТ, обеспечивает линейный фронт нарастания импульсов тока развертки и фиксацию начала развертки на экране ЭЛТ. Амплитуда импульса тока развертки выбирается такой, чтобы можно достичь отклонения луча на весь экран ЭЛТ даже при смещении центра развертки на 2/3 радиуса от центра экрана на шкалах дальности от I до 8 миль включительно.

Смещение центра развертки - осуществляется с помощью двух взаимно перпендикулярных катушек СК-х и СК-у . В режиме относительного движения сигналы на СК-х и СК-у поступают от двух потенциометров "СМЕЩЕНИЕ", а в режиме истинного движения - от тракта истинного движения (ИД).

Ротор ВТР вращается по сигналу управления блока КР, который состоит из ВТП (вращающийся трансформатор-приемник угла поворота антенны), ВТК (вращающийся трансформатор курса), редуктора Р1, усилителя рассогласования УР. Ротор ВТР вращается синхронно и синфазно с антенной за счет работы электромеханической следящей системы. Эта система состоит из вращающегося трансформатора-датчика (ВТД) антенны, ВТП, УР и исполнительного двигателя М1. ВТР и ВТП находятся на одной оси и приводятся во вращение двигателем М1 через редуктор Р1. Если угол разворота ВТП и ВТР отличаются от угла разворота ВТД антенны, то на выходе ВТП появляется сигнал рассогласования, усиливаемый в УР и заставляющий двигатель М1 развернуть ВТП и ВТР так, чтобы устранить угол рассогласования.

Вращение ЭВН на ЭЛТ обеспечивает вращающийся трансформатор визира (ВТВ) имеющий механическую связь с датчиком угла (ДУ). Изменение положения ЭВН осуществляется разворотом ротора ВТВ через редуктор Р от двигателя М. Направление вращения визира на экране ЭЛТ задается клавишами НАПРАВЛЕНИЕ, изменяющими направление вращения двигателя М(предусмотрено две скорости вращения ЭВН в обе стороны).

ПРИНЦИП СОЗДАНИЯ ЭЛЕКТРОННОГО ВИЗИРА НАПРАВЛЕНИЯ

В НРЛС с неподвижными взаимоперпендикулярными катушками существует два метода формирования электронного визира направления (ЭВН):

а) метод формирования ЭВН в период между рабочим ходом основной развертки [4]. Этот метод используется в НРЛС серии "Океан".

Для его реализации импульсы подсвета визира смещены на половина периода относительно импульсов подсвета основной развертки (рис. 10).

Это позволяет для основной и визирной разверток использовать одни и те же отклоняющие катушки, осуществляя чередующуюся развертку путем поочередного подключения фазочувствительных выпрямителей развертки и визира через соответствующие ключи на отклоняющие катушки.

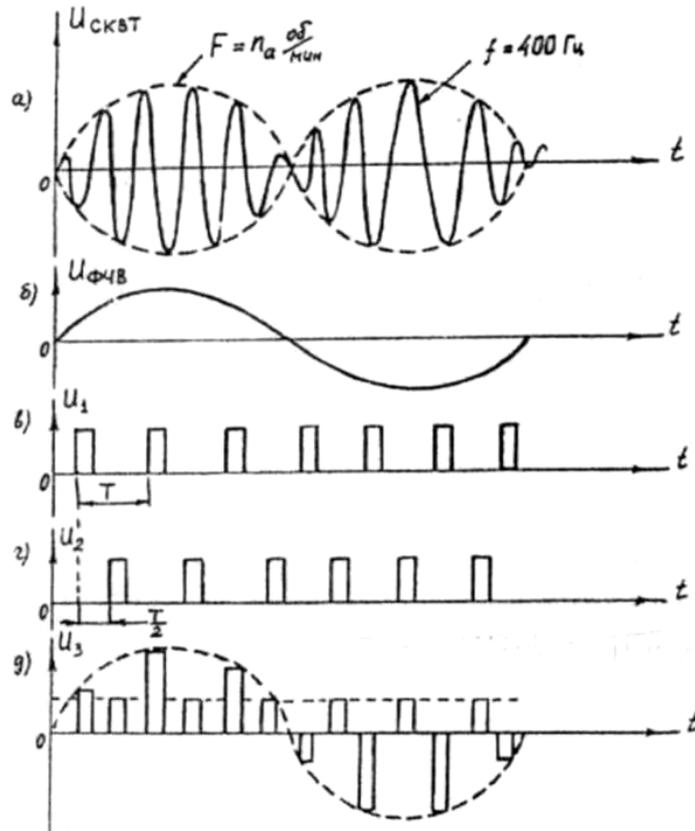


Рис. 10.

б) второй метод формирования ЭВН заключается в том, что когда после N ходов основной развертки следует развертка визира [4]. Этот метод используется в получении ЭВН НРЛС "Наяда-5", "Енисей-Р" (рис. 11). (В Приложении, на рис. 10 и рис. 11 показаны осциллограммы прямоугольных импульсов, с помощью которых формируются пилообразные напряжения разверток сигнала и электронного визира. На рис. 11 это эпюры б) и в))

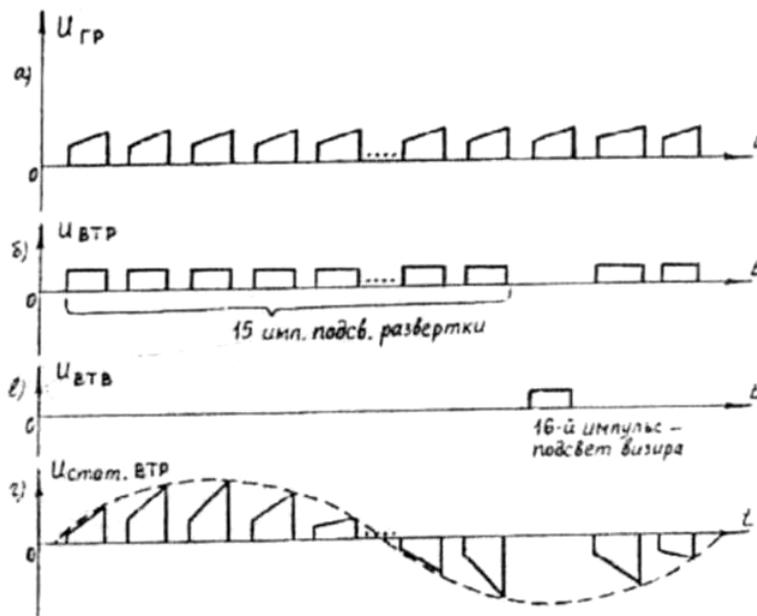


Рис. 11. Формирование видов ориентации изображения на ЭЛТ

В тракте развертки сигнала формируются три вида ориентации; "КУРС" - "СЕВЕР" - "СЕВЕР ИД".

Ориентация по курсу достигается за счет включения вращающегося трансформатора курса (ВТК) между ВТД и ВТП (блок КР).

ВТК используется в заторможенном режиме и позволяет выставить отметку курса на нуль азимутального круга при ориентировке изображения по курсу.

Ориентация по СЕВЕРу или СЕВЕР ИД достигается с помощью вращающегося трансформатора севера (ВТС) блока КОИ. ВТС механически связан через редуктор Р2 с сельсин-приемником гирокомпаса (СПГ).

ВТС также связан с синусно-косинусным потенциометром (СКП), необходимый для работы тракта ИД. Включение и отключение СПГ осуществляется тумблером ГК-Откл. Согласование изображения по северу производится в индикаторе ручкой КУРС, расположенной выше тумблера ГК-ОТКЛ.

Дополнительный разворот потенциометра СКП осуществляется через механический дифференциал Д ручкой КОРРЕКЦИЯ КУРСА, позволяющей учесть снос судна с курса в режиме истинного движения.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧАСТОТЫ СЛЕДОВАНИЯ ЗАПУСКАЮЩИХ ИМПУЛЬСОВ

Частота следования запускающих импульсов (синхронизирующих импульсов) НРЛС определяется, исходя из уравнения:

$$F_n = \frac{1}{T_n}, \text{ где } T_n = \frac{2D}{C} \quad (1)$$

где D - шкала дальности действия НРЛС;

T_n – период следования запускающих импульсов;

C - скорость распространения радиоволн (в практических расчетах принимается $C = 3 \cdot 10^8$ м/с). Частота следования запускающих импульсов F_n исходя из уравнения (1) определяется уравнением (2).

$$F_n = \frac{C}{2D} \quad (2)$$

Однако, на практике $F_n = (0,1...0,2) \frac{C}{2D}$. (3)

Например, на шкале 4 мили, из (2) $F_n = 20245$ Гц, однако, согласно уравнению (3) $F_n = (2024,5 \dots 4049)$ Гц.

Необходимость понижения частоты следования синхроимпульсов относительно теоретических расчетов можно проиллюстрировать рисунком 12. На рис. 12, а приведен пример формирования запускающих (синхронизирующих) импульсов согласно теоретическому расчету, например $O_{иск} = 4$ мили, тогда, согласно (1), $T_n = 49,5$ мкс. На рис. 12, б показаны пилообразные импульсы, создающие развертку на экране РЛС, а на рис. 12, в видеоимпульсы целей, полученных на выходе видеоусилителя в результате облучения этих целей СВЧ колебаниями данной РЛС. Из рис. 12, в видно, что 1-я и 2-я цели находятся в пределах шкалы 4 мили, а 3-я цель - находится далее

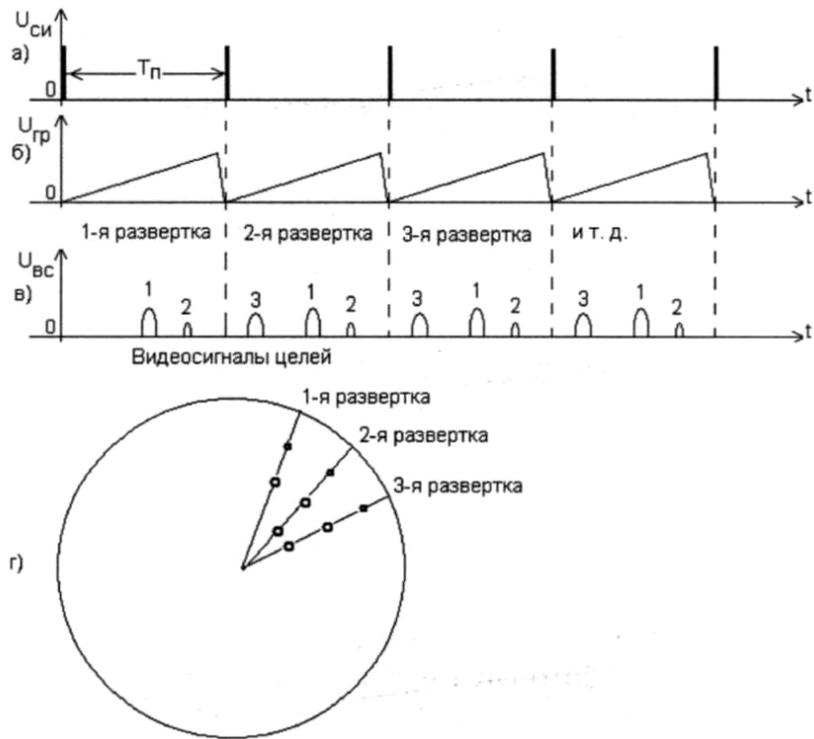


Рис. 12.

Для того, чтобы избавиться от ложных целей частоту повторения СИ уменьшают (период следования T_n увеличивают в 5...8 раз. Т.е., для нашего примера, $T_n = (247,5...396)$ мкс. В таком случае эюры (аналогично рис. 12) будут выглядеть так (см. рис. 13).

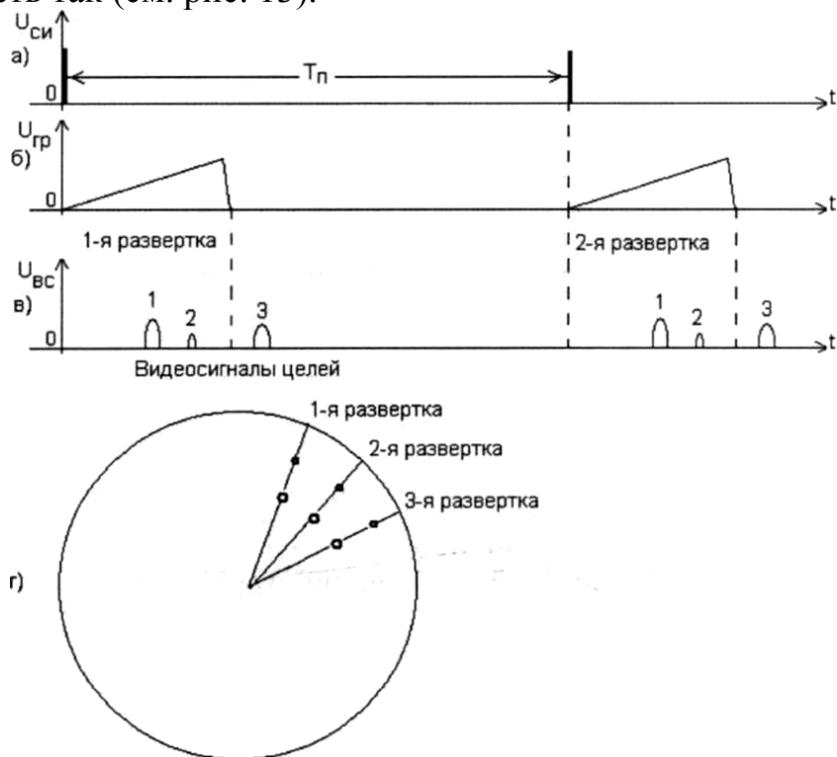


Рис. 13.

На приведенных ниже рисунках приведены фото импульсов, снятых с осциллографа с некоторых контрольных точек.

А) Запускающий импульс.



Рис. 14. Запускающий импульс Б) Импульсы шкал дальности 2 мили и 4 мили.

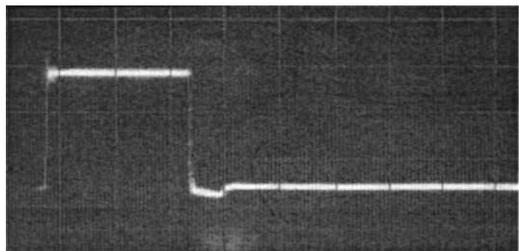


Рис. 15. Импульс шкалы дальности 2 мили.

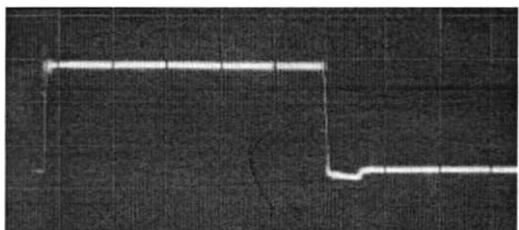


Рис. 16. Импульс шкалы дальности 4 мили.

Б) Импульсы подсвета шкал дальности и пилообразные напряжения шкал дальности соответственно 2 мили и 4 мили.

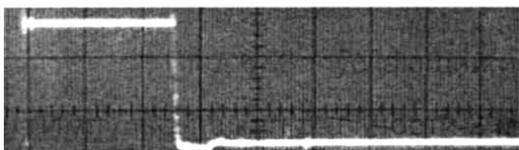


Рис. 17. Импульс шкалы дальности 2 мили.

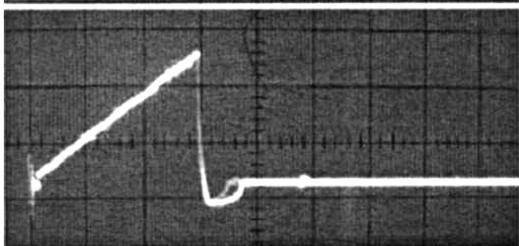


Рис. 18. Пилообразное напряжение шкалы дальности 2 мили.

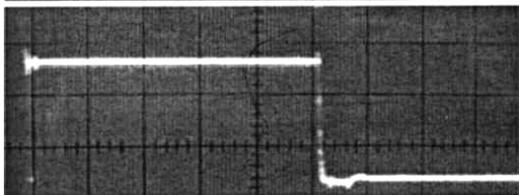


Рис. 19. Импульс шкалы дальности 4.

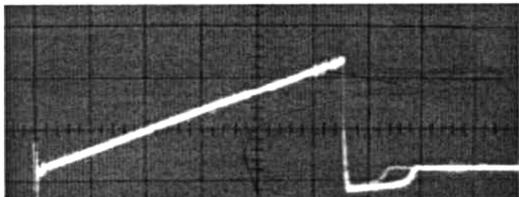


Рис. 20. Пилообразное напряжение шкалы дальности 4 мили.

В) Прямоугольные импульсы, формирующие пилообразное напряжение развертки сигнала и электронного визира.

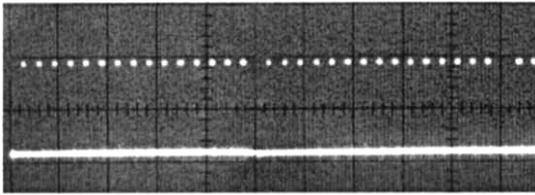


Рис. 21. 15 импульсов, формирующих развертку сигнала.

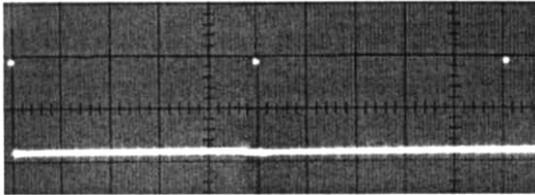


Рис. 22. 16-й импульс, формирующий развертку электронного визира.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Конспект лекций.
2. Демиденко П.П. Судовые навигационные радиолокационные станции. Учебн. пособие.- Одесса, 2004. 163 с.
3. Судовые радиолокационные станции: Атлас / А.М.Байрашевский, В.Ф.Волынец, О.В.Кононов и др. Под ред. А.М.Байрашевского.-2-е изд. перераб. и доп. - М.: Транспорт, 1986, 144 с.
4. Байрашевский А.М., Ничипоренко Н.Т. Судовые радиолокационные системы: Учебник для морских вузов. - 2-е изд., перераб. и доп.-М.: Транспорт, 1982. 317 с.
5. Широких И.П. Ремонт судовых радионавигационных приборов.- М.: Транспорт, 1985. 142 с.

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4.
ПЕРЕДАТЧИК НРЛС «НАЯДА-5».
АНТЕННО-ВОЛНОВОДНОЕ УСТРОЙСТВО НРЛС «НАЯДА-5»**

ПЕРЕДАТЧИК НРЛС «НАЯДА-5»

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Ознакомиться с устройством и принципом работы передатчика и антенно-волноводного тракта НРЛС "Наяда-5".

Осуществить измерение с помощью осциллографа запускающих импульсов в модуляторе передатчика; измерить токи магнетрона и блока ВК-50/570-1 на различных шкалах с помощью блока настройки и контроля (НК-3).

Порядок выполнения работы

Перед выполнением лабораторной работы необходимо ознакомиться по данному методическому пособию с устройством и принципом работы передатчика и антенно-волноводного тракта (кроме методического пособия можно использовать конспект лекций, учебники и другие пособия, приведенные в списке используемой литературы).

После ответов на вопросы преподавателя определить, где находится передатчик, открыть крышку прибора П-3 и, не включая НРЛС "Наяда-5", рассмотреть состав и расположение блоков передатчика.

Заблокировав крышкой блока настройки и контроля (НК-3) блокирующий контакт (см. рис. 12), включить в режим "Подготовка" НРЛС "Наяда-5".

До включения на индикаторе клавиши П-3 проверить с помощью головки микроамперметра блока НК-3 наличие токов на магнетроне и напряжения источников питания блока ВК-50/570-1. Результаты наблюдений записать в отчет.

Нажать на индикаторе клавишу П-3 для того, чтобы заработал передатчик. Измерить токи магнетрона и токи источников питания блока ВК-50/570-1 с помощью головки микроамперметра блока НК-3. Значения токов занести в отчет. (Измерения осуществлять на шкалах 1, 8 и 32 мили).

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

В отчете должно быть отражено:

- Назначение передатчика НРЛС "Наяда-5".
- Структурная схема и назначение блоков передатчика.
- Токи магнетрона и источников питания блока ВК-50/ /570-1.
- Назначение и устройство антенно-волноводного тракта НРЛС "Наяда-5".
- Конструкция антенно-волноводного тракта НРЛС "Наяда-5".

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Для чего предназначен передатчик РЛС?

2. Какие основные технические характеристики передатчика РЛС "Наяда-5"?
3. Из каких основных блоков состоит передатчик РЛС?
4. С какой частотой и каким блоком осуществляется запуск передатчика?
5. Какая длительность и частота повторения излучаемых (зондирующих) импульсов и на разных шкалах дальности?
6. Какое устройство в передатчике используется в качестве генератора сверхвысокочастотных колебаний?
7. Какие условия необходимо выполнить, чтобы генератор мощных сверхвысокочастотных колебаний работал в импульсном режиме?
8. На каких частотах работают генераторы СВЧ морских НРЛС?
9. Какие существуют разновидности передатчиков морских НРЛС?
10. Какие существуют типы модуляторов?
11. Какой тип модулятора используется в НРЛС "Наяда-5"?
12. Какие элементы формируют длительность зондирующих импульсов в тиристорно-магнитном модуляторе?
13. Почему изменяют величину питающего напряжения в магнитном модуляторе?
14. Из каких основных деталей состоит тиристорно-магнитный модулятор?
15. Для чего и как изменяется накал магнетрона?
16. Почему модулирующее импульсное напряжение подается на катод магнетрона? Какой, в этом случае, потенциал анода?
17. Почему высокое напряжение на катод магнетрона включают не ранее чем через 3 мин?
18. Для чего предназначен волноводный тракт?
19. Из каких основных секций состоит волноводный тракт?
20. Чем определяются размеры широкой и узкой стенок волновода?
21. Для чего предназначена и как устроена антенна НРЛС?
22. Какими параметрами определяется ширина диаграммы направленности антенны в горизонтальной и вертикальной плоскостях?

НАЗНАЧЕНИЕ ПЕРЕДАТЧИКА НРЛС "НАЯДА-5" (П-3).

Передатчик НРЛС "Наяда-5" (П-3) (рис. 23) предназначен для формирования зондирующих импульсов сверхвысокочастотных (СВЧ) колебаний ($f=9400$ МГц, $\lambda=3,2$ см в X диапазоне).

Технические данные.

Рабочий диапазон излучаемых СВЧ – 9400...9460 МГц.

Длительность генерирующих зондирующих импульсов ($\tau_{зи}$) :

	Пределы:
На шкалах 1 и 2 мили $\tau_{зи} = 0,07$ мкс	0,06-0,08;
На шкалах 4 и 8 миль $\tau_{зи} = 0,25$ мкс	0,2-0,35;
На шкалах 16, 32 и 64 мили $\tau_{зи} = 0,7$ мкс	0,6 -1,0.

Импульсная мощность передатчика не менее 12 кВт.

В передатчике вырабатываются импульсы синхронизации работы индикатора со следующими параметрами:

амплитуда 12,5... 21 В, полярность - положительная;

длительность 0,6...1,2 мкс

Интенсивность внешнего СВЧ излучения передатчика при закрытой крышке не превышает 10 мкВт/см.

Напряжение питания $\sim(400\pm 20)$ Гц, (220 ± 11) В при потребляемой мощности не более 260 Вт.

КОНСТРУКЦИЯ ПЕРЕДАТЧИКА И СОСТАВ ПЕРЕДАТЧИКА

Расположение всех блоков и узлов передатчика показано на рис. 23.

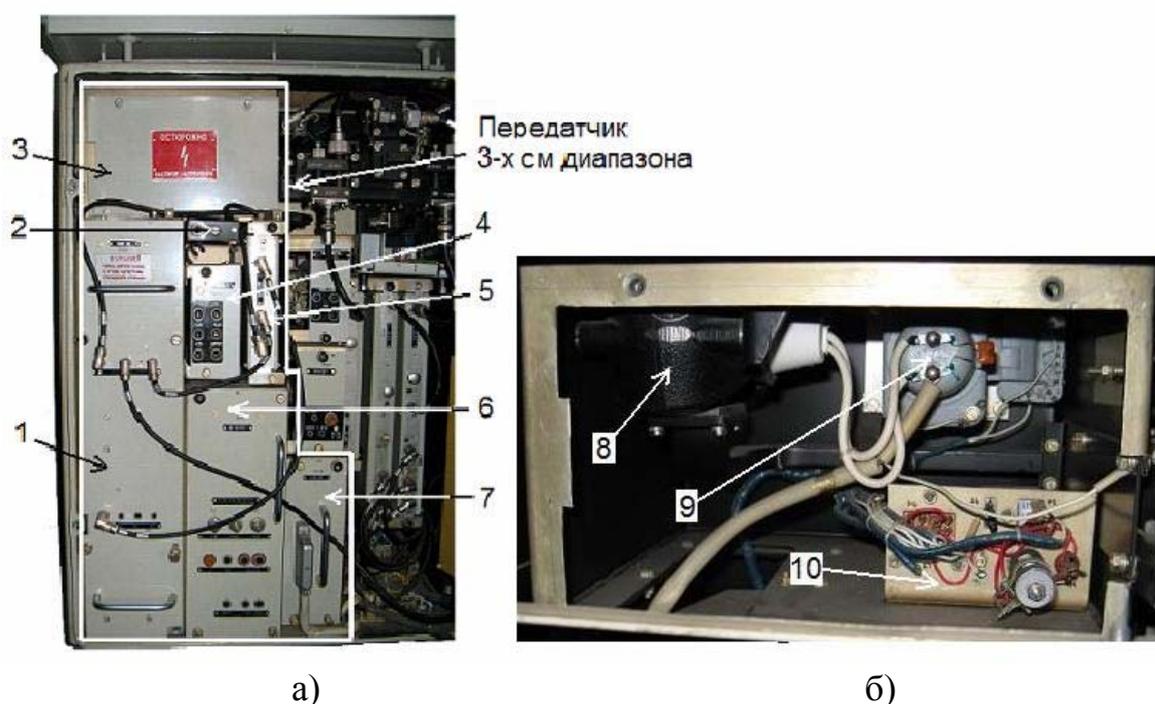


Рис.23. Расположение передатчика в приборе П-3.

а)- расположение блоков и узлов передатчика в приборе П-3;

б)- расположение магнетрона (8) под защитной крышкой (3).

Передатчик состоит из блока тиристорно - магнитного модулятора передатчика (МП) - 1; магнетрона - 8, находящегося под крышкой - 3; трансформатора накала катода магнетрона - 9; реле защиты и схема включения и переключения накала магнетрона - 10; блока автоматической стабилизации и управления (АСУ) - 5; субблока фильтра модулятора (ФМ) -7; выпрямителей ВП-6,3/12,6-1-(4), ВК-50/570-1 -(6); кнопки блокирования питающего напряжения приемопередатчика -2.

Передатчик совместно с приемником расположен в корпусе (см. рис. 23), выполненном в виде настенного шкафа из листового алюминиевого сплава брызгозащищенного исполнения. Приемник и передатчик разделены между

собой экранирующим вкладышем.

Кроме того, в качестве экранировки элементов используются металлические сетки и контактные пружины (на крыше отсека магнетрона и лицевой панели блока модулятора передатчика).

Внешняя крышка приемопередатчика 5 обеспечивает защиту окружающего персонала от СВЧ излучений и должна быть закрытой в рабочем состоянии НРЛС.

Слева (см. рис. 23), в верхней части прибора расположен отсек магнетрона, в котором расположен магнетрон, трансформатор накала магнетрона, схема переключения накала магнетрона и его включения. Слева, вдоль стенки корпуса, вертикально расположен блок модулятора передатчика. Справа от него, сверху вниз - выпрямитель ВП-6,3/12,6-1, ВК-50/570-1, блок автоматической стабилизации и управления (АСУ) и фильтр модулятора.



Рис. 24

Блоки передатчика и приемника закрыты крышкой 5 (см. рис. 24), которая своим нажатием замыкает блокирующий контакт 2 (см. рис. 23). На крышке расположен блок настройки и контроля 4 (НК-3) (см. рис. 24). В верхней части крышки закреплены моточасы 1, учитывающие время работы приемопередатчика. Вверху, с правой стороны корпуса расположены волноводные выходы 3 к антенно-волноводному тракту 2 и к устройству контроля.

В нижней части корпуса слева расположен блок вентилятора для охлаждения магнетрона во время его работы.

ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ПЕРЕДАТЧИКА

Принцип действия передатчика рассматривается по упрощенной структурной схеме приемопередатчика П-3 (см. рис. 25).

Из синхронизатора индикатора НРЛС "Наяда-5" запускающие импульсы поступают в блок формирования синхроимпульсов. Этот блок формирует синхроимпульсы для запуска развертки индикатора и запуска блока автоматической стабилизации и управления (АСУ). АСУ, в свою очередь, формирует синхроимпульсы по амплитуде и длительности, обеспечивает переключение режимов работы модулятора передатчика и стабилизирует временную задержку между запускающими и зондирующими импульсами.

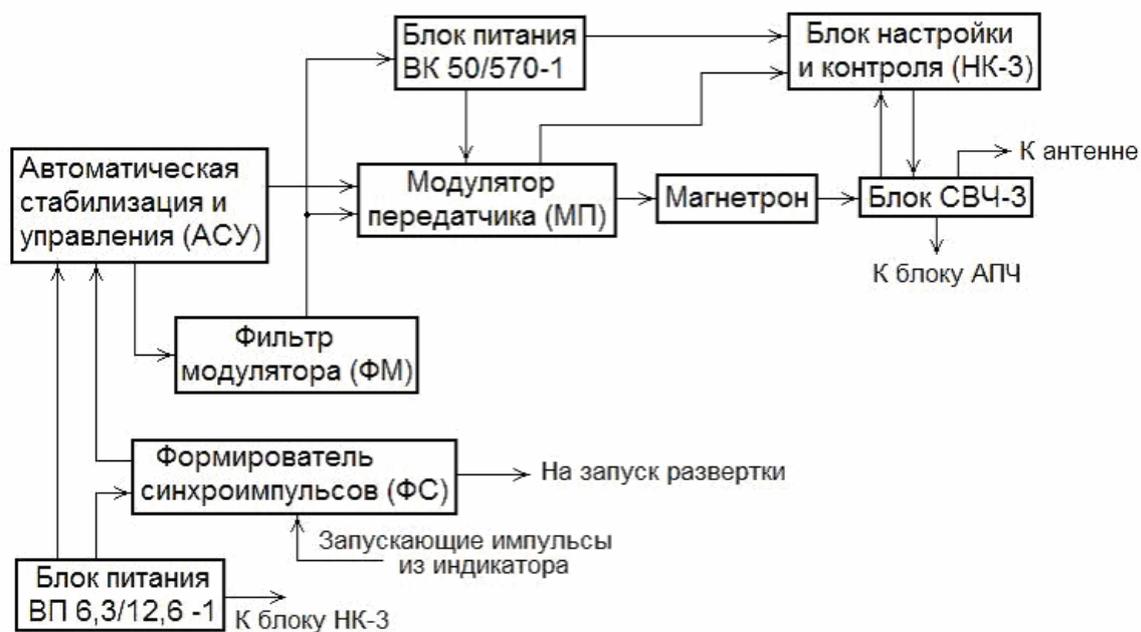


Рис. 25. Упрощенная структурная схема передатчика 3-х см диапазона

С выхода АСУ сформированные запускающие импульсы длительностью не менее 0,1 мкс и амплитудой не менее 2,4В поступают на схему запуска тиристоров модулятора передатчика. Одновременно, из блока АСУ, поступают все коммутирующие и управляющие режимами реле питания (например, +27 В "автоматика") через блок фильтр модулятора (ФМ). Уже само название этого блока говорит о его назначении. Этот блок устраняет помехи радиоприему и защиту от перегрузок приемника НРЛС за счет возникновения паразитных наводок коммутирующих и мощных импульсных напряжений передатчика.

Усиленные схемой запуска тиристоров модулятора передатчика запускающие импульсы открывают тиристоры и модулятор передатчика, в зависимости от включенной шкалы дальности НРЛС, формирует мощный модулирующий импульс амплитудой около 7,7 кВ для запуска магнетрона.

Под воздействием модулирующих импульсов магнетрон вырабатывает сверхвысокочастотные колебания (зондирующие импульсы), которые через блок СВЧ-3 (через направленный ответвитель, ферритовый циркулятор, развязывающий каналы передачи и приема) поступает в волноводный тракт и дальше – в антенну.

(Следует отметить, что часть энергии СВЧ колебаний через направленный ответвитель отводится в канал смесителя блока автоматической подстройки промежуточной частоты).

Питание передатчика автономно. Блоки питания находится в корпусе приемопередатчика (рис. 23).

Выпрямитель ВП-6,3/12,6-1 питает как передатчик, так и приемник.

Выпрямитель ВК-50/570-1 служит для питания только модулятора передатчика. Он вырабатывает +50В для питания схемы запуска тиристоров модулятора (напряжение можно проконтролировать в гнезде Г3 блока МП), а также регулируемое напряжение в пределах 320...480В с помощью

выпрямителя +570В.

Указанные выше питающие напряжения (+50В; 320...480В) можно проконтролировать также с помощью блока НК-3 только при включении передатчика на излучение. (Нажав кнопку ПЗ на индикаторе).

В связи с тем, что сформированные модулирующие импульсы должны подаваться на катод магнетрона не ранее чем через 3 мин (чтобы преждевременно не вывести из строя магнетрон), в передатчике предусмотрена схема включения модулятора, **только после достаточного прогрева катода модулятора** (осуществляется с помощью системы термореле и обычных реле). После срабатывания термореле, подается питание +27В "автоматика" на блок АСУ, ФМ, модулятор передатчика. Срабатывает реле напряжения ~ 400Гц 220В. От этого напряжения, в свою очередь, начинает работать блок ВК-50/570-1. Передатчик может работать на излучение СВЧ колебаний.

Необходимо отметить и еще одно обстоятельство. На больших и средних шкалах (длительности зондирующих импульсов 0,7мкс и 0,25 мкс) напряжение накала магнетрона понижается до 4В, а на малых шкалах (длительность 0,07 мкс) - напряжение накала нормальное - 6,3В.

КОНТРОЛЬ НАПРЯЖЕНИЙ БЛОКА ВК 50/570-1 И ТОКОВ МАГНЕТРОНА

Контроль осуществляется на блоке настройки и контроля (НК-3) с помощью головки микроамперметра и переключателей, включаемых в определенной последовательности.

Значения контрольных токов и напряжений приведены в табл. 2.

Таблица 2.

Шкалы дальности (мили)	Токи блока ВК-50/570-1 (мкА)		Токи магнетрона (мкА)
	+50В	+570В	
1,2	42	28	26
4,8	42	31	20
16,32,64	42	40	28...32

АНТЕННО-ВОЛНОВОЕ УСТРОЙСТВО НРЛС "НАЯДА-5"

Антенно-волноводный тракт (см. рис. 26) НРЛС "Наяда-5" состоит из волноводного тракта и щелевой антенны.

НАЗНАЧЕНИЕ И ПРИНЦИП РАБОТЫ

От анода магнетрона, через антенный переключатель, СВЧ энергия транслируется по волноводному тракту и поступает во вращающийся переход. Вращающийся переход обеспечивает передачу энергии от неподвижной части элементов волноводного тракта во вращающуюся часть, запитывающую излучатель антенны (рис. 26). Поступающая в излучатель антенны СВЧ-энергия формируется щелевой антенной в радиолуч необходимой формы и

излучается в пространство (радиолуч характеризуется диаграммой направленности). Отраженная от облучаемых объектов СВЧ энергия принимается антенной и по этому же волноводному тракту поступает через антенный переключатель в приемное устройство.

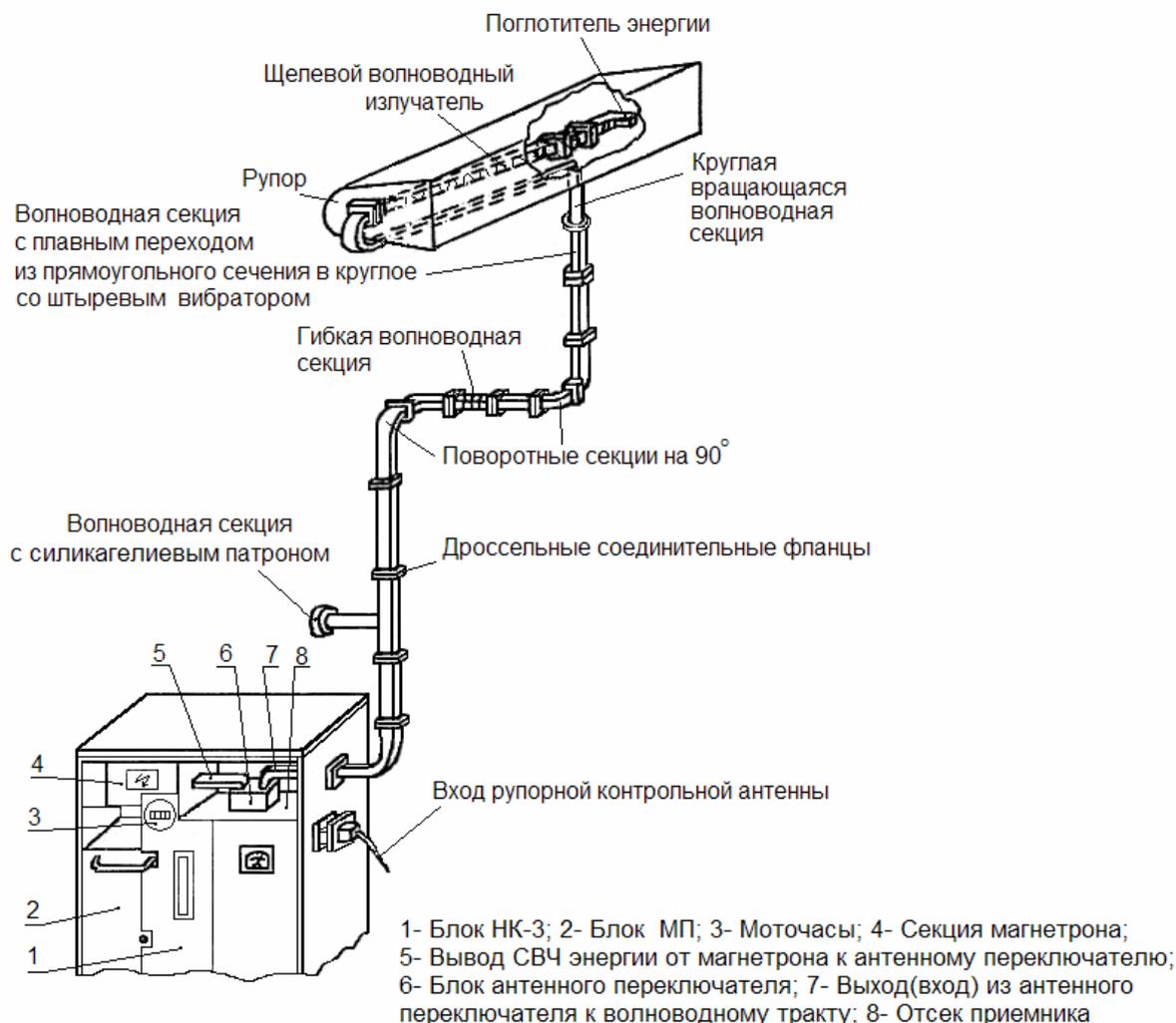


Рис. 26. Волноводный тракт с рупорной щелевой антенной

ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ЩЕЛЕВОЙ АНТЕННЫ:

Ширина диаграммы направленности, град:

в горизонтальной плоскости $0,7^\circ \pm 0,1^\circ$;

в вертикальной плоскости $20^\circ \pm 2^\circ$.

Коэффициент усиления, не менее 1800.

Уровень боковых лепестков диаграммы направленности в горизонтальной плоскости антенны РЛС меньше основной в 316 раз (- 25 дБ).

Рабочий диапазон частот, МГц - 9400 ... 9460

Поляризация излучения (вектор электрической составляющей \vec{E})-

Горизонтальная

Скорость вращения антенны РЛС, об/мин - 19 ± 4

Диапазон рабочих температур, °С от -40° до $+65^\circ$

Питание электродвигателя антенны 3~50Гц, 220 ± 22 В

ПРОХОЖДЕНИЕ СВЧ КОЛЕБАНИЙ (ЭНЕРГИИ) ОТ АНОДА МАГНЕТРОНА К АНТЕННЕ

СВЧ энергия выводится с помощью петли связи с одной из резонаторных камер анодного блока магнетрона (рис. 27).

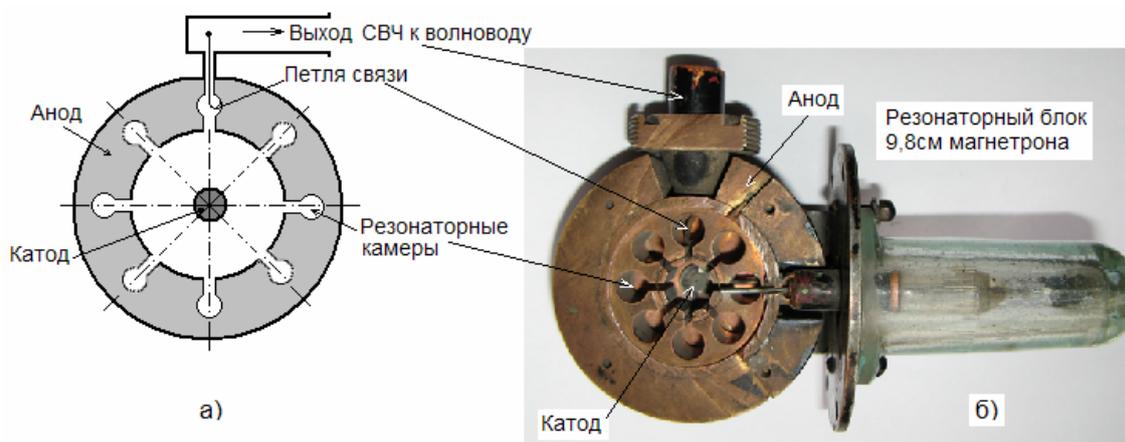


Рис. 27. Схема анодного блока магнетрона:
а) схема вывода СВЧ с анодного блока магнетрона;
б) фото анодного резонаторного блока 9,8 см магнетрона.

Далее, через антенный переключатель, состоящий из ферритового Т-образного циркулятора и вентиля, энергия поступает в волноводный тракт.

Как видно из рис. 26, волноводный тракт состоит из волноводных секций различных конструкций. Например: скрутки, поворотных секций в плоскости вектора E , в плоскости вектора H , гибкой волноводной секции (для поглощения колебательной энергии - вибрации от переборок, палубы и т.п.), секции с силикагелиевым патроном, обычных волноводных секций различной длины, секции волновода с плавным переходом из прямоугольного сечения в круглый со штырем - вибратором. Все волноводные секции соединяются между собой посредством дроссельно-фланцевых соединений. (На рис. 28 показано фото этих же элементов волноводного тракта НРЛС «Океан-01»).

Изгибы прямоугольных секций могут выполняться по широкой или узкой стенке.

Изгибы по широкой стенке волновода выполняются в плоскости электрической составляющей поля \vec{E} , изгибы по узкой стороне - в плоскости магнитной составляющей поля \vec{H} (рис. 28). Чтобы изгиб не давал значительных отражений энергии от места поворота волноводной линии, радиус закругления должен быть больше длины волны λ (в данном случае больше 3 см).

Силикагелиевый патрон осуществляет некоторое поглощение паров (конденсата) влаги и индицирует состояние волновода в части наличия влаги.

Нормальное состояние индикатора - синий, голубой цвет силикагелия. Если же есть влага в волноводе - силикагель приобретает бурый цвет.

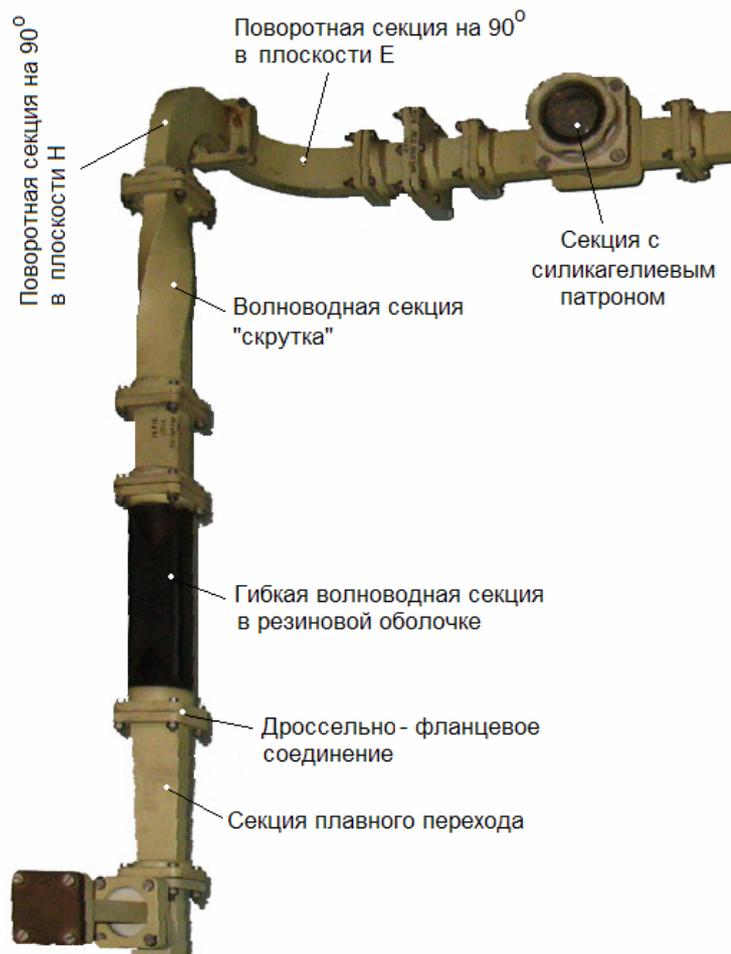


Рис.28. Фото части волноводного тракта НРЛС «Океан-01»

Гибкая секция-волновод выполняется несколькими способами. Например, из мягкой отожженной меди или посеребряной латуни, которая подвергается гофрировке (см. рис. 29).

Глубина гофрировки должна быть значительно меньше длины волны, чтобы отдельные гофры не вносили в волноводный тракт существенных неоднородностей и не вызывали заметного отражения энергии.



Рис. 29. Фото гибкой секции

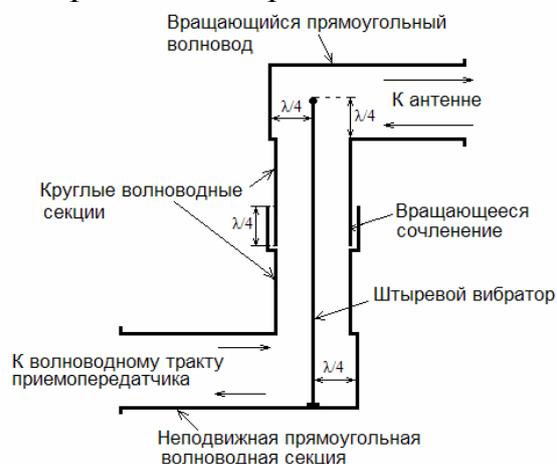


Рис.30. Схема вращающегося

Для передачи СВЧ энергии из неподвижного волновода во вращающуюся антенну применяют волноводно-коаксиальный вращающийся переход (см. рис. 30).

Электрический контакт между вращающейся и неподвижной частями волноводной линии обеспечивается за счет четверть волнового разомкнутого на конце отрезка (волновода), образованного внешним проводником коаксиальной линии. Так как волновое сопротивление такого отрезка равно нулю, то СВЧ энергия из неподвижного волновода в подвижный передается практически без потерь.

ПОПЕРЕЧНЫЕ РАЗМЕРЫ ПРЯМОУГОЛЬНОГО ВОЛНОВОДА. РАЗМЕРЫ ДИАГРАММЫ НАПРАВЛЕННОСТИ

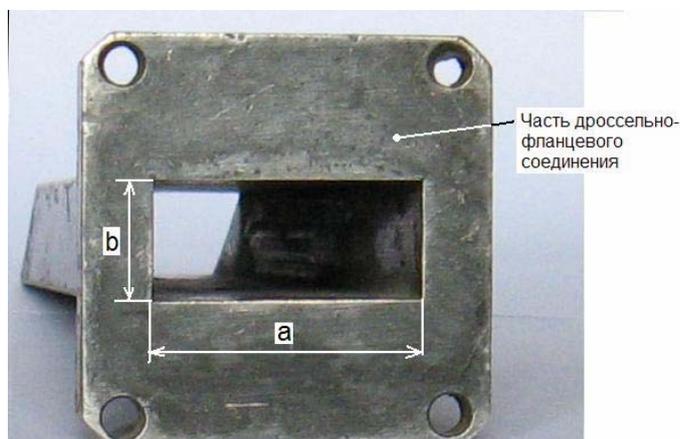


Рис. 31. Фото части волноводной секции

Волноводы прямоугольного сечения (рис. 31) просты в изготовлении, легко возбуждаются от генератора СВЧ.

Применение волны типа $TE_{1,0}$ (простейшая поперечно-электрическая волна) позволяет получить наибольшее значение критической длины волны $\lambda_{кр}$ в волноводе при данных его размерах и обеспечить минимальное затухание энергии по сравнению с другими типами волн.

В связи с тем, что при волне типа $TE_{1,0}$ электрическая составляющая поля ориентирована между широкими стенками волновода, эта волна дает наиболее устойчивую поляризацию, которая не изменяется при изгибах, поворотах и других деформациях волноводной линии.

Критическая длина волны $\lambda_{кр}$ зависит от размеров его широкой стенки « a » и равна $\lambda_{кр} = 2a$. Обычно рабочая длина волны $\lambda < \lambda_{кр}$ (существует оптимальное соотношение $\lambda = \lambda_{кр} / \sqrt{3}$) тогда $a \leq (\lambda \sqrt{3}) / 2$.

Размер « b » узкой стенки волновода на критическую длину волны не влияет, а зависит от передаваемой мощности. Эта мощность определяется допустимым напряжением между широкими стенками волновода. Для нормальных эксплуатационных условий пробивное напряжение равно 30 кВ/см.

Практически размер « b » определяется уравнением $b \leq a/2$.

Выход волновода через вращающийся переход соединяется со щелевой антенной. "Обслуживает" антенну привод антенны. Возле щелевой антенны на выносном кронштейне расположена маленькая рупорная приемная антенна для контроля общей работоспособности НРЛС.

Диаграмма направленности рупорно-щелевой антенны в *вертикальной*

плоскости θ определяется (формируется) угловым размером рупора (этот угол составляет $20^\circ \dots 22^\circ$), около вершины которого расположен волновод с прорезанными под небольшим наклоном друг к другу в узкой стенке щелями (см. рис. 26). Узкая стенка волновода расположена перпендикулярно основанию рупора. Каждая щель, при прохождении в волноводе СВЧ энергии, возбуждает снаружи вокруг себя электромагнитное поле, ширина диаграммы которого (в горизонтальной плоскости, на уровне половинной мощности) определяется выражением:

$$\alpha \text{ [град]} = 50,4 \cdot \lambda / l$$

l - длина щелевого волновода в рупоре [см];

λ - длина волны СВЧ колебания [см].

Щели расположены друг возле друга так и на таком расстоянии, что они синфазно возбуждают в пространстве СВЧ колебания, поэтому складываясь, общая мощность излучения увеличивается.

Иногда ширину диаграммы направленности в горизонтальной плоскости на уровне половинной мощности определяют также выражением:

$$\alpha \text{ [град]} = 101 / N$$

где N - количество щелей.

Следует отметить, что в реальных щелевых антеннах диаграмма направленности отклонена от нормали к раскрытию антенны на угол до 6° [5.1].

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ПОСТРОЕНИЕ ПЕРЕДАТЧИКОВ НРЛС. РАЗНОВИДНОСТИ ПОСТРОЕНИЯ МОДУЛЯТОРОВ. МАГНИТНЫЕ МОДУЛЯТОРЫ

Уже несколько десятилетий неотъемлемым прибором на мостике судна, обеспечивающим безопасность мореплавания в любое время суток, при любой погоде, является судовая навигационная радиолокационная станция (НРЛС).

Несмотря на бурный технический прогресс в их развитии, конструктивном, технологическом, эксплуатационном совершенствовании более пятидесяти лет, все НРЛС состоят из четырех основных устройств. Это - индикатор, с которого штурман снимает информацию, передатчик - обеспечивающий зондирование (облучение) окружающего пространства, приемник - принимающий отраженные сверхвысокочастотные (СВЧ) колебания (излученные передатчиком) и антенно-волноводное устройство (как правило - общее для приемника и передатчика). Естественно, для работы НРЛС необходимы источники питания для обеспечения "жизнедеятельности" указанных выше устройств.

Рассмотрим, из каких основных блоков должен состоять передатчик любой НРЛС, чтобы он выполнял возложенные на него функции.

Передатчик должен генерировать сверхвысокочастотные колебания.

Колебания, создаваемые генератором в передатчике для определения

дистанции до цели, должны излучаться не непрерывно, а в импульсном режиме [5.1,5.2,5.3].

В качестве СВЧ генераторов во всех НРЛС используются радиолампы, так называемые магнетроны. Но, для того, чтобы магнетрон загенерировал, его катод необходимо разогреть (на нить накала катода подать напряжение подогрева), а на анод подать большое напряжение - порядка $+(7\div 14)$ тысяч вольт (кВ). Чтобы обеспечить импульсный режим излучения передатчика (то есть магнетрон вырабатывал колебания порциями - импульсами определенной длительности с определенным периодом следования), на магнетрон порциями подают анодное напряжение. Для этого на анод магнетрона необходимо подавать питание от источника высокого напряжения через какой-то вентиль (коммутатор), который должен открываться и закрываться по определенному закону (с некоторой длительностью и периодичностью). Управляет этим вентилем устройство, которое называют модулятором. Итак, из выше приведенного следует, что передатчик НРЛС должен состоять из (см. рис.32):

а) генератора СВЧ - магнетрона;

б) источника постоянного высокого напряжения порядка $+(7\div 14)$ кВ;

в) вентиля (коммутатор), обеспечивающего импульсную подачу питания на анод магнетрон;

г) подмодулятора, формирующего импульсы определенной длительности, следующие с некоторой частотой, которые открывают вентиль (коммутатор) и обеспечивают тем самым подачу напряжения от высоковольтного источника постоянного напряжения на анод магнетрона.

(Обычно коммутатор и подмодулятор образуют модулятор).

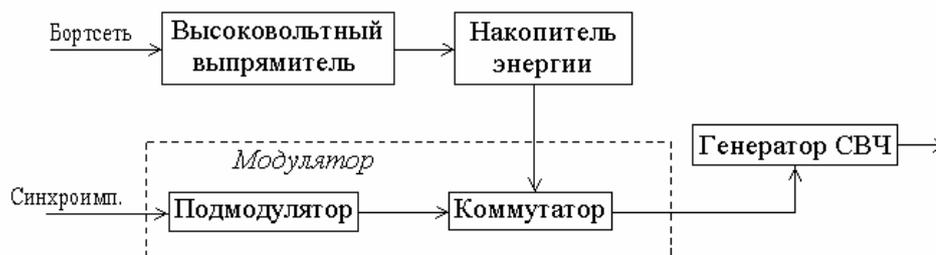


Рис. 32. Упрощенная функциональная схема радиолокационного передатчика

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ ИМПУЛЬСНЫХ МОДУЛЯТОРОВ

Одним из важных узлов передатчика является импульсный модулятор. В некоторых типах НРЛС модуляторы включают в себя формирователь видеоимпульсов (подмодулятор), управляющих вентилем (коммутатором), коммутатор и источник постоянного высокого напряжения [5.1,5.2,5.3].

Для обеспечения нормального режима работы магнетрона и устранения нежелательных колебаний в нем, длительность фронта модулирующего импульса должна составлять $t_{\phi} = (0,1\div 0,2)\tau_{и}$, где $\tau_{и}$ - длительность

модулирующего видеоимпульса.

Длительность спада допускается несколько большей - $t_c = (0,2 \div 0,3) \tau_n$.

Очень высокие требования предъявляются к стабильности амплитуды модулирующего видеоимпульса.

Принцип действия импульсных модуляторов основан на медленном накопления запаса энергии в специальном накопителе в промежутке между запускающими импульсами с последующей быстрой отдачей энергии магнетронному генератору за время, равное длительности модулирующего видеоимпульса τ_n [5.1,5.2,5.3].

В качестве накопителя энергии используют: конденсатор, разомкнутую на конце длинную линию, катушку индуктивности или замкнутую на конце длинную линию.

В зависимости от типа накопителя выбирается тип коммутирующего прибора. Если в качестве накопителя используется емкость (см. рис. 33) или же разомкнутая длинная линия (см. рис.34), в качестве коммутатора применяется мощная электронная радиолампа .

Когда же в качестве накопителя энергии используется индуктивность или замкнутая длинная линия, в качестве коммутатора применяют приборы, работающие только на замыкание (например, газоразрядные радиолампы) или же управляемые полупроводниковые диоды - тиристоры.

Модуляторы с такими накопителями и тиристорным коммутатором используются в НРЛС серии "Миус" ("Кивач"), "Грот" ("Омега"), "Лоция", серии "Наяда", "Енисей". Следует отметить, что в передатчиках с использованием модуляторов такого типа отсутствует высоковольтный выпрямитель - управляющий высоковольтный импульс заданной длительности формируется самим модулятором. Такого типа модуляторы называются импульсными тиристорно-магнитными.

В современных НРЛС используются два вида генераторов СВЧ - магнетрон, вырабатывающий колебания частотой около 9400 МГц - соответствуют длине волны $\lambda=3,2$ см (так называемый X диапазон) или магнетрон, вырабатывающий колебания частотой около 3060 МГц - соответствуют длине волны $\lambda=9,8$ см (L диапазон). (В литературе чаще всего обозначают как 3-х см и 10-ти см диапазоны).

В связи с тем, что СВЧ колебания снимаются с анода магнетрона и передаются к антенне с помощью волноводов, а для 10-ти см диапазона с помощью специального радиочастотного кабеля, для обеспечения техники безопасности анод магнетрона заземляется. Поэтому, чтобы магнетрон смог вырабатывать СВЧ колебания, на его катод подают отрицательное импульсное питание $-(7 \div 14)$ кВ (что равносильно $+7 \div 14$ кВ для анода).

Для охлаждения анодного блока магнетрона и всех других блоков, находящихся в передатчике, во всех НРЛС применяются вентиляторы.

Управление колебаниями генератора осуществляется *модуляторным* устройством, которое состоит из импульсного коммутатора и подмодулятора.

ИМПУЛЬСНЫЙ МОДУЛЯТОР С НАКОПИТЕЛЬНЫМ КОНДЕНСАТОРОМ

Упрощенная схема импульсного модулятора с накопительным конденсатором показана на рис. 33. Такого типа модулятор использовался в НРЛС «Дон» [5.3].

Принцип работы импульсного модулятора с накопительным конденсатором заключается в следующем.

Накопительный конденсатор C_H , при подаче на управляющую сетку тетрода $VL1$ большого отрицательного напряжения (порядка $-800B$), заряжается по цепи $+E_a \rightarrow C_H \rightarrow L \rightarrow R1 \rightarrow R2$ до напряжения $+(14+16) kB$. (Этому значению соответствует $+E_a$). Одновременно подмодулятор формирует импульсы положительной полярности, близкие к прямоугольной форме, длительностью $\tau_{зи}$.

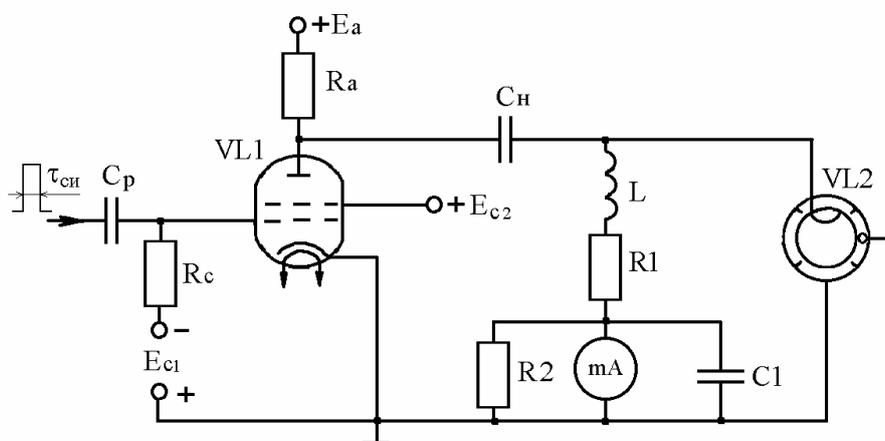


Рис.33. Упрощенная схема импульсного модулятора с накопительным конденсатором

При их поступлении на управляющую сетку $VL1$ (при этом положительная амплитуда $\tau_{зи}$ должна быть больше отрицательного напряжения на управляющей сетке), радиолампа открывается, и накопительный конденсатор C_H разряжается на магнетрон по цепи: $VL1 \rightarrow C_H \rightarrow VL2 \rightarrow$ корпус. На зажимах магнетрона ($VL2$) «анод-катод» создается отрицательный модулирующий импульс высокого напряжения, под воздействием которого магнетрон генерирует СВЧ колебания.

Для измерения тока магнетрона последовательно с индуктивностью L и резистором $R1$ включен миллиамперметр, шунтированный резистором $R2$ и конденсатором $C2$.

ИМПУЛЬСНЫЕ МОДУЛЯТОРЫ С НАКОПИТЕЛЬНОЙ ЛИНИЕЙ

Другим типом импульсного модулятора, применяемого в НРЛС, является модулятор с накопительной линией.

Накопительная линия выполняет в таком модуляторе следующее:

- служит накопителем энергии;

- является цепью, формирующей прямоугольные импульсы требуемой длительности.

В качестве накопительной линии (длинной линии) применяются: отрезки разомкнутого на конце коаксиального кабеля с емкостными свойствами, искусственные длинные линии цепочечного типа, искусственные длинные линии из последовательно соединенных параллельных контуров [1].

В модуляторах с накопительной линией коммутирующие приборы работают только на замыкание, поэтому в модуляторах данного типа применялись газоразрядные приборы (водородные тиратроны), а позже - полупроводниковые приборы (тиристоры).

Модуляторы с накопительной линией с зарядом от источника переменного тока применяются в тех случаях, когда необходимо, чтобы частота следования ($F_{зи}$) импульсов НРЛС соответствовала частоте источника питания переменного напряжения и сами модуляторы выполняли роль синхронизатора НРЛС.

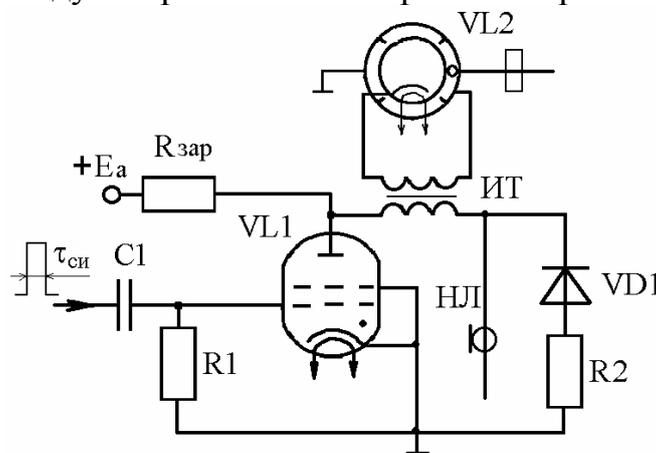


Рис. 34. Упрощенная схема модулятора с накопительной линией

Однако на практике значительно большее распространение получили схемы модуляторов с питанием от источника постоянного напряжения.

Ее схема представлена на рис.34. Модулятор содержит коммутационную лампу – водородный тиратрон VL1, накопительную линию НЛ (разомкнутую на конце), импульсный трансформатор ИТ, магнетрон VL2, зарядное сопротивление $R_{зар}$ [5.3]. Анод тиратрона включен в цепь $+E_a \rightarrow R_{зар} \rightarrow$ первичная обмотка ИТ \rightarrow накопительная линия НЛ. Вторичная обмотка ИТ подключена к катоду магнетрона.

При отсутствии управляющих сигналов (синхроимпульсов длительностью $\tau_{си}$), тиратрон заперт, так как напряжение на его управляющей сетке равно нулю.

Условно схему, приведенной на рис.34 можно представить рисунком 35.

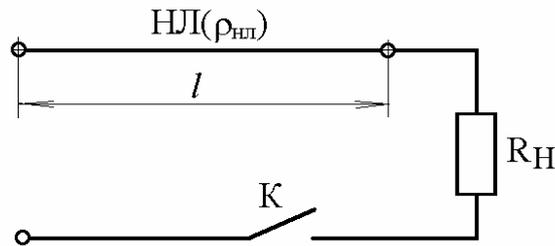


Рис. 35.

На этом рисунке К – коммутатор, выполняет роль разомкнутого тиратрона, так как коммутатор не замкнут; R_H – сопротивление нагрузки.

Из-за того, что магнетрон включен в схему (см. рис. 34) через ИТ,

сопротивление нагрузки $R_H = \frac{R_M}{n^2}$,

где: R_M - статическое сопротивление магнетрона;

n - коэффициент трансформации ИТ.

Накопительная линия (НЛ) через $R_{зар}$ заряжается от источника питания до величины E (см. рис. 36, а).

При подаче на сетку тиратрона поджигающего импульса длительностью $\tau_{си}$, тиратрон поджигается, его сопротивление резко уменьшается и начинается разряд НЛ на нагрузку (первичную обмотку ИТ), величина которой $R_H = \rho$, где ρ – волновое сопротивление НЛ.

Разрядный ток НЛ (см. рис.25,б), при $R_H = \rho$ равен

$$i_p = \frac{E}{(\rho + R_H)} = \frac{E}{2\rho} = \frac{E}{2R_H}.$$

Этот ток создает на нагрузке напряжение $U_H = i_p \cdot R_H = \frac{R_H \cdot E}{2R_H} = \frac{E}{2}$ (см. рис. 36, б).

По мере разряда последующих распределенных емкостей длинной линии НЛ, разрядная волна будет перемещаться вдоль НЛ от ее начала к разомкнутому концу.

В момент времени $t_1 = \frac{l}{V_p}$ (где V_p - скорость распространения радиоволны вдоль

НЛ), волна достигает разомкнутого конца НЛ (см. рис. 36, в), отражается без изменения величины и знака и начинает распространяться к нагрузке (рис. 36,

г). Через время $t_2 = \frac{2l}{V_p}$ волна напряжением $-\frac{E}{2}$ доходит до нагрузки (первичная

обмотка трансформатора ИТ).

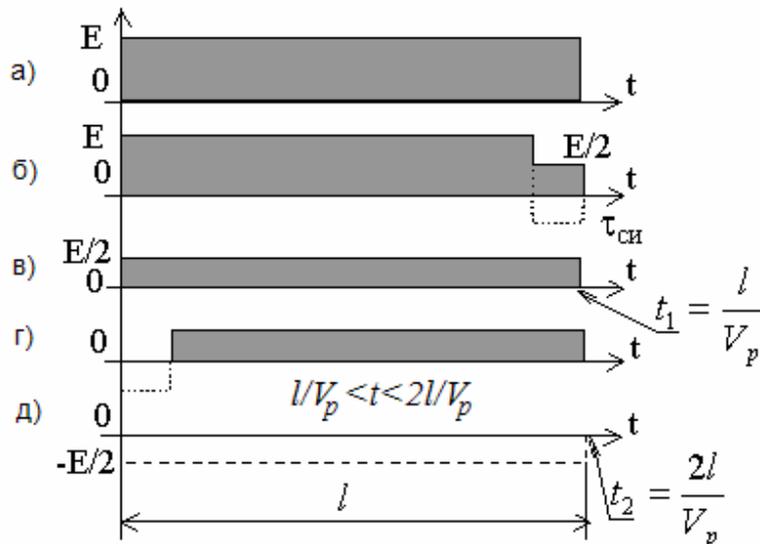


Рис. 36.

Так как сопротивление нагрузки согласовано с формирующей линией, то волна напряжения не должна отражаться от нагрузки НЛ и линия оказывается разряженной (рис. 36, д). В этом случае на зажимах первичной обмотки ИТ формируется прямоугольный импульс напряжения амплитудой $-\frac{E}{2}$

длительностью $t_{и} = \frac{2l}{V_p}$.

Этот импульс передается вторичной обмоткой ИТ на магнетрон.

Из приведенного выше следует, что *требуемая длительность $t_{и} = \tau_{зи}$ обеспечивается путем соответствующего выбора длины НЛ*. Например, для формирования $\tau_{зи} = 0,1 \mu\text{с}$, необходима длина НЛ $l = 15$ метров.

Для получения импульсов большей длительности, в качестве НЛ используют искусственные длинные линии, состоящие из сосредоточенных элементов L и C (см. рис. 37).

Длительность импульсов, формируемая такой линией равна $\tau_{зи} = 2n\sqrt{LC}$, где n - количество звеньев (обычно $n = 5 \dots 6$), а L и C - соответственно индуктивность и емкость звена.

(Такой тип модулятора применялся в НРЛС серии “Океан”).

Для защиты модулятора от перенапряжений, к НЛ подключен защитный диод $VD1$ с нагрузочным сопротивлением $R2$, которое снимает возможное остаточное отрицательное напряжение с НЛ.

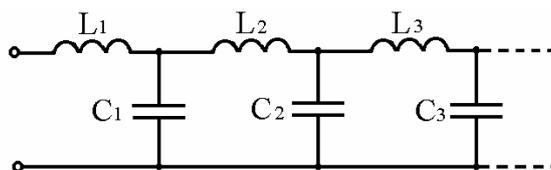


Рис. 37. Схема искусственной длинной линии

ИМПУЛЬСНЫЙ ЛИНЕЙНЫЙ МОДУЛЯТОР

Упрощенная схема импульсного линейного модулятора приведена на рис. 38.

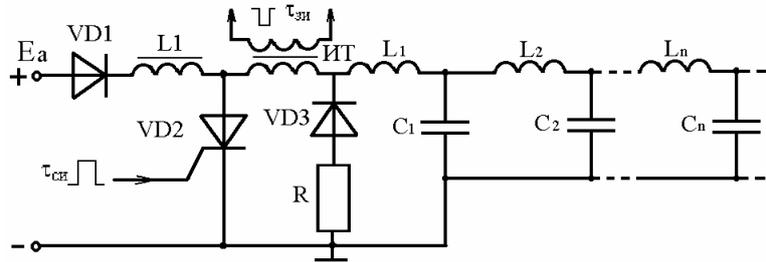


Рис. 38. Упрощенная схема импульсного линейного модулятора

Импульсный линейный модулятор состоит из зарядного диода $VD1$, катушки зарядной индуктивности $L1$, накопительной линии $L_n C_n$, импульсного трансформатора ИТ, тиристора $VD2$ и защитной цепочки $VD3-R$.

Принцип работы импульсного линейного модулятора заключается в следующем: в исходном состоянии тиристор $VD2$ заперт [5.1,5.3]. В этом случае от высоковольтного источника питания $+E_a$, через диод $VD1$, зарядной индуктивности $L1$ происходит *заряд* накопительной линии (цепочки) $L_n C_n$ до напряжения $+E_a$. При подаче положительного $\tau_{си}$ отпирается тиристор $VD2$. Протекающий через него ток разряда уменьшает сопротивление тиристора $VD2$ и происходит *разряд* накопительной линии $L_n C_n$ через первичную обмотку импульсного трансформатора ИТ.

Модулирующий импульс напряжения длительностью $\tau_{зи}$, снимаемый со вторичной обмотки ИТ, подается на магнетрон. Длительность формируемого импульса зависит от параметров n - звеньев накопительной линии $L_n C_n$, то есть $\tau_{зи} = 2n\sqrt{LC}$.

ИМПУЛЬСНЫЙ МАГНИТНЫЙ МОДУЛЯТОР

В этом модуляторе (схема на рис.39) в качестве коммутирующего элемента используется катушка нелинейной индуктивности.

Такие модуляторы называются импульсными магнитными модуляторами. Импульсный магнитный модулятор состоит из катушки нелинейной индуктивности (дроссель) $L1$, накопительной емкости $C1$, нелинейного трансформатора $T1$, накопительного конденсатора $C2$ и импульсного трансформатора $T2$.

Эта схема является развитием линейного импульсного модулятора, только длительность и амплитуда управляющего импульса, воздействующего на магнетрон, формируется постепенно, а именно – последовательно. В этой схеме используется свойство нелинейной индуктивности. (Если сердечник индуктивности $L1$ насыщен, его магнитная проницаемость мала и тогда его

индуктивное сопротивление минимально. И – наоборот, при ненасыщенном состоянии, магнитная проницаемость имеет большую величину, индуктивность в этом случае увеличивается, то есть увеличивается индуктивное сопротивление).

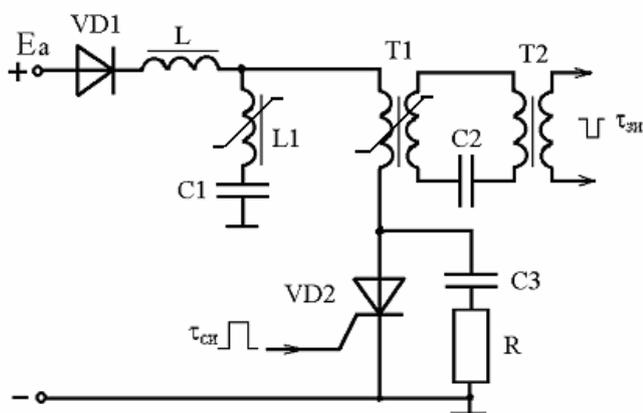


Рис.39. Схема импульсного магнитного модулятора

Принцип работы заключается в следующем. В исходном состоянии тиристор $VD2$ заперт. В этом случае накопительный конденсатор $C1$ через *нелинейный* дроссель $L1$ заряжается до напряжения $+E_a$. Если открыть $VD2$, емкость $C1$ через насыщенный дроссель $L1$, открытый $VD2$ разряжается на первичную обмотку *нелинейного* трансформатора $T1$. Индуцируемое во вторичной обмотке $T1$ импульсное напряжение заряжает накопительный конденсатор $C2$. К концу его заряда сердечник трансформатора $T1$ насыщается (то есть сопротивление вторичной обмотки $T1$ становится минимальным) и конденсатор $C2$ начинает разряжаться на первичную обмотку *импульсного* трансформатора $T2$. Во вторичной (повышающей) обмотке этого трансформатора возникает управляющий импульс $\tau_{зи}$, воздействующий на катод магнетрона.

Длительность $\tau_{зи}$ определяется временем разряда $C2$ через первичную обмотку $T2$ или $\tau_{зи} \approx 0,7C2R_{(первич.обмотки\ T2)}$.

$C2$ включают в схему, если необходимо сформировать $\tau_{зи} \leq 0,1\text{ мкс}$. Если же $\tau_{зи} > 0,1\text{ мкс}$, тогда вместо $C2$ в схеме используют формирующую линию, аналогичной схеме, приведенной на рис.37.

(Такие типы модуляторов применяются в НРЛС серии “Наяда”, “Миус”) [5.3,5.5,5.6].

ПРИНЦИП РАБОТЫ ИМПУЛЬСНОГО МАГНИТНОГО МОДУЛЯТОРА ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ПЕРЕДАТЧИКУ НРЛС "НАЯДА-5"

Чтобы понять принцип работы такого модулятора, рассмотрим теорию его построения [5.1,5.3,5.5].

Как было сказано выше, в качестве ключа раньше использовали электронную лампу (рис. 33) или ионную газоразрядную лампу (рис. 34). В последнее время, в качестве ключа используются катушки **нелинейной** индуктивности. Такие модуляторы называются магнитными.

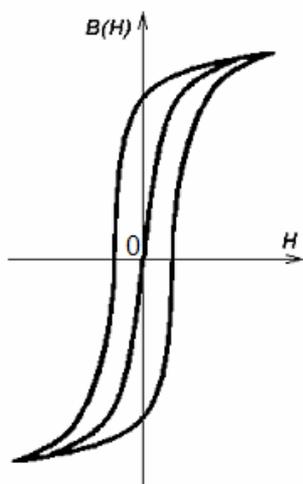


Рис.40.

Катушка **нелинейной** индуктивности содержит железный сердечник из специального ферромагнитного материала, обладающий весьма узкой и почти прямоугольной петлей гистерезиса (рис. 40).

Таким свойством обладает молибденовый пермаллой, суперпермаллой и др. Участки *верхнего* и *нижнего* загиба характеризуют состояние соответственно положительного и отрицательного магнитного **насыщения**.

А участок с большой крутизной (*линейный участок*) характеризует **ненасыщенное** состояние сердечника.

Из курса физики известно, что магнитная проницаемость ферромагнитного материала

$$\mu = dB/dH \quad (1)$$

где H - напряженность намагничиваемого поля (магнитного поля); B – намагниченность ферромагнетика от напряженности намагничиваемого поля.

Индуктивность катушки (в генри) с ферромагнитным материалом (т.е. катушка нелинейной индуктивности), в зависимости от состояния ферромагнетика, определяется в ненасыщенном состоянии:

$$L_{\text{нн}} = (N^2 S/l) \mu_{\text{нн}} \quad (2)$$

где N - число витков катушки;
 S - площадь поперечного сечения сердечника ферроматериала ;
 l - длина средней магнитной линии,

а в насыщенном состоянии - $L_{\text{нс}} = (N^2 S/l) \mu_{\text{нс}}$. (3)

Исходя из уравнения (1) видно, что $\mu_{\text{нс}} \ll \mu_{\text{нн}}$. Тогда, согласно уравнений (2) и (3) следует, что индуктивность катушки при насыщенном состоянии сердечника во много раз меньше, чем индуктивность катушки с ненасыщенным сердечником, т. е. - ее реактивное сопротивление также значительно меньше катушки с ненасыщенным сердечником.

Это свойство катушки с ферромагнитным сердечником и дает возможность использовать ее в качестве коммутирующего прибора.

Простейшая схема магнитного модулятора с питанием от источника переменного напряжения приведена на рис.41.

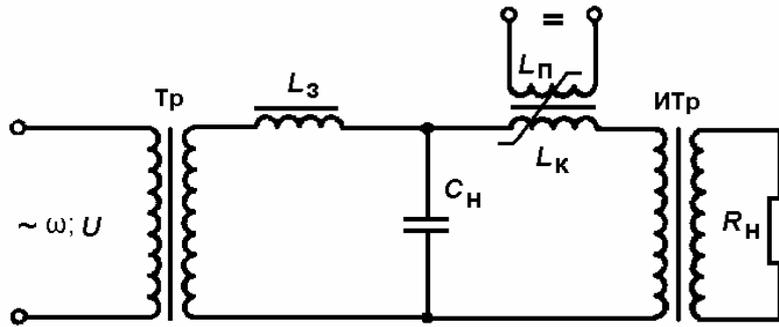


Рис.41. Схема магнитного модулятора на переменном токе

Она состоит из силового трансформатора Тр, зарядной индуктивности L_3 , накопительного конденсатора C_H , коммутирующей катушки нелинейной индуктивности L_K с обмоткой подмагничивания L_P , импульсного трансформатора ИТр с нагрузкой в виде сопротивления R_H магнетронного генератора.

Накопительный конденсатор C_H заряжается от источника переменного напряжения с частотой ω . Зарядная цепь $L_3 C_H$ настроена на частоту питающего напряжения $\omega = \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L_3 C_H}}$.

Для удобства рассмотрения работы схемы будем считать, что петля гистерезиса (кривая намагничивания) имеет вид идеализированной ломаной линии (рис. 42).

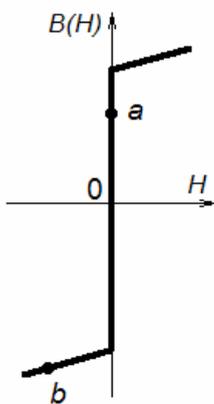


Рис.42. Идеализированная кривая намагничивания

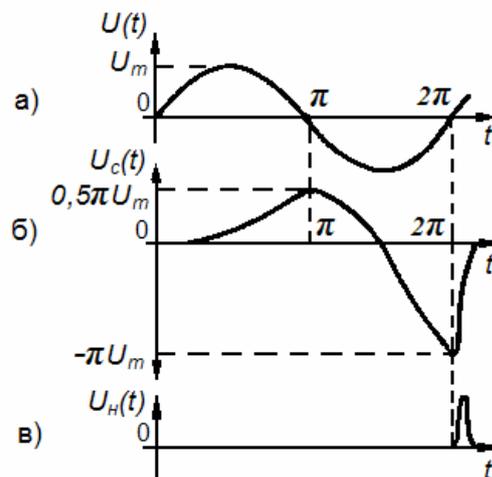


Рис.43. Графики изменения напряжений в магнитном модуляторе

Если напряжение на зажимах вторичной обмотки трансформатора Тр изменяется по закону $U(t) = U_m \sin \omega t$, то ток в зарядной цепи будет равен

$$i_3 = \frac{U_m}{R_3} \left[1 - \exp\left(-\frac{R_3}{2L_3} \cdot t\right) \right] \sin \omega t .$$

Напряжение на конденсаторе C_H в этом случае будет равно

$$U_{C_H} = \frac{1}{C_H} \int_0^t i_3 dt .$$

Согласно [5.1], т.к. $\frac{R_3}{2L_3} \ll \omega$, то можно считать, что ток заряда равен

$$i_3 = \frac{U_m}{2L_3} \cdot t \cdot \sin \omega t ,$$

а изменение напряжения на конденсаторе, согласно току заряда –

$$U_{C_H} = -\frac{U_m}{2} \omega t \cdot \cos \omega t . \quad (4)$$

Из выражения (4) следует, что при $t = \frac{\pi}{\omega}$, максимальное напряжение на

накопительном конденсаторе будет равно , $U_{C_H \max} = \frac{\pi}{2} U_m$,

$$\text{а при } t = \frac{2\pi}{\omega} \quad U_{C_H \max} = -\pi U_m .$$

Из рис. 32,б видно, что за первую половину периода колебания (рис. 43,а) напряжение на конденсаторе достигает значения $0,5\pi U_m$.

Так как относительно небольшое напряжение этого конденсатора прикладывается к катушке нелинейной индуктивности L_K , то сердечник этой катушки намагнитится до точки "а" (см. рис.42). А это точка с большой магнитной проницаемостью, то есть, согласно уравнения (2) индуктивность катушки L_K будет большая (а, значит, ее реактивное сопротивление большое) и напряжение с накопительного конденсатора C_H не сможет разрядиться на R_H .

Во второй половине (отрицательной) периода колебания, напряжение на накопительном конденсаторе достигнет отрицательной максимальной величины - πU_m .

Сердечник катушки L_K перемагнитится в отрицательном направлении и произойдет ее насыщение (точка "b", рис.42). В этом случае магнитная проницаемость минимальна, а из уравнения (3) индуктивность катушки L_K также становится минимальной; то есть, - реактивное сопротивление катушки L_K минимально и происходит разряд C_H через импульсный трансформатор ИТр на R_H (см. рис.43, в).

Таким образом, в приведенной упрощенной схеме магнитного модулятора, питаемого *переменным* источником напряжения, выходной импульс возникает через период входных колебаний - 2π .

После разряда накопительный конденсатор вновь начинает заряжаться и рабочая точка по кривой намагничивания $B(H)$ начнет перемещаться из точки насыщения "b" в точку "а".

Чтобы предотвратить преждевременный разряд C_H через L_K , индуктивность L_K должна быть достаточно большой. Так как она входит в последовательную цепь разряда, в такой схеме невозможно получить на нагрузке импульс малой длительности.

Для получения более коротких выходных импульсов применяют многозвенные схемы магнитных импульсных модуляторов.

Они представляют собой цепочечное соединение накопительных конденсаторов $C_{H1} = C_{H2} = C_{H3} = \dots$, энергия разряда от одного к другому передается через катушки нелинейной индуктивности L_{K_n} .

Обычно, для того, чтобы уменьшалась длительность выходного импульса, $L_{K1} > L_{K2} > L_{K3} > \dots$

К достоинству магнитного импульсного модулятора, питаемого от источника *переменного* напряжения, относится возможность использования нелинейных индуктивностей во всех коммутирующих устройствах. Однако - его *недостаток* - **зависимость** частоты следования сформированных импульсов на нагрузке от частоты питающего напряжения.

Поэтому, в передатчиках НРЛС большее применение нашли магнитные импульсные модуляторы с питанием от источника *постоянного* напряжения.

К достоинствам магнитных импульсных модуляторов с питанием от источника постоянного напряжения следует отнести: возможность произвольного выбора и изменение частоты следования импульсов; использование **низковольтных** источников питания; возможность применения **внешней синхронизации** работы модулятора.

Особенностью магнитного импульсного модулятора с питанием от источника постоянного напряжения является то, что его схема, помимо магнитных коммутирующих элементов, должна содержать преобразователь энергии постоянного тока в энергию переменного тока.

В качестве преобразовательного элемента можно использовать электронную лампу, тиратрон, транзистор, но чаще всего используют управляемый полупроводниковый диод - тиристор.

В зависимости от места включения преобразовательного элемента различают: схемы с преобразовательным элементом во входном контуре (рис.45) и в первом звене (каскаде сжатия).

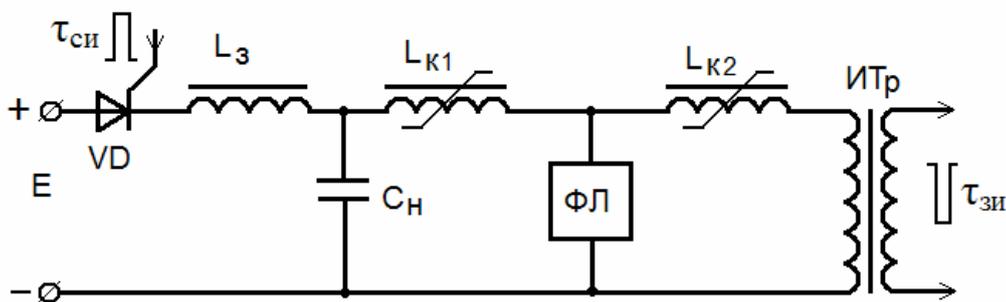


Рис.45. Схема с преобразовательным элементом во входном контуре

Причем, во втором случае преобразовательный элемент может быть включен последовательно и параллельно (рис. 45).

При отпирании VD синхронизирующим импульсами ($\tau_{сн}$) положительной полярности происходит резонансный заряд накопительного конденсатора C_H от источника постоянного напряжения E. Для этого входной линейный контур L_3 , C_H настраивается на частоту, примерно равную *половине* частоты следования F_H

синхроимпульсов $\tau_{\text{си}}$, т.е.

$$F_{\text{И}} = \frac{1}{\pi\sqrt{L_3 C_{\text{Н}}}}$$

Работа схем, приведенных на рис. 45 заключается в следующем.

Так как тиристоры работают при малых напряжениях, для получения больших выходных напряжений от модулятора (с выходной обмотки ИТр) и разделения схемы по постоянному току в каскадах сжатия применяют коммутирующие нелинейные трансформаторы (НТр).

При запертых тиристорах $VD2$ в обеих схемах конденсатор $C_{\text{Н1}}$ заряжается через L_3 , $VD1$ до удвоенного напряжения E . Под воздействием $\tau_{\text{си}}$ $VD2$ открывается и конденсатор $C_{\text{Н1}}$ разряжается через линейную индуктивность L_0 , первичную обмотку нелинейного трансформатора НТр на конденсатор $C_{\text{Н2}}$. Когда разрядный ток конденсатора $C_{\text{Н1}}$ проходит через нуль, тиристор выключается.

Заряд накопительного конденсатора $C_{\text{Н2}}$ осуществляется по цепи: вторичная обмотка НТр, дроссель $L_{\text{к}}$, первичная обмотка импульсного трансформатора ИТр. Когда напряжение на конденсаторе $C_{\text{Н2}}$ достигнет максимума, сердечник НТр насыщается в противоположном направлении и конденсатор $C_{\text{Н2}}$ будет разряжаться на формирующую линию ФЛ через вторичную обмотку НТр (в качестве ФЛ используется искусственная длинная линия, показанной на рис.37). По мере заряда ФЛ происходит намагничивание сердечника нелинейной индуктивности $L_{\text{к}}$, и когда напряжение на ФЛ достигнет максимума, сердечник $L_{\text{к}}$ насыщается, то есть реактивное сопротивление катушки $L_{\text{к}}$ становится минимальным. В таком, случае происходит разряд ФЛ на первичную обмотку ИТр.

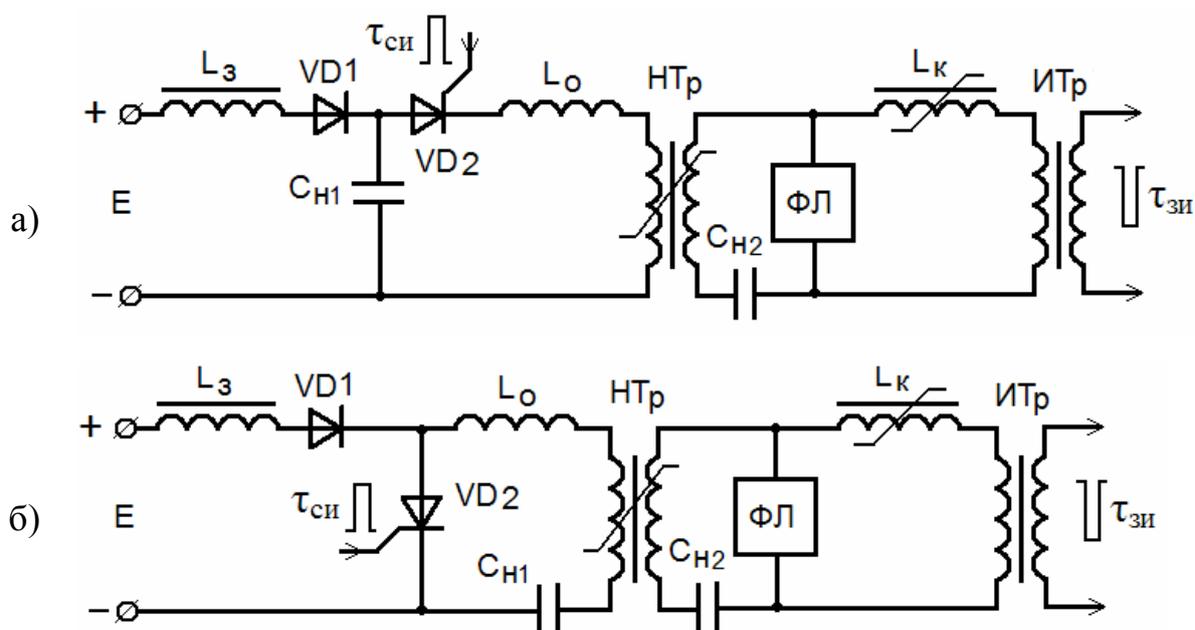


Рис. 45. Схема включения тиристора в первый каскад сжатия:

- а) последовательное включение;
- б) параллельное включение.

Линейная индуктивность. L_0 обеспечивает необходимую длительность разряда конденсатора $C_{н1}$. Диод $VD1$ предотвращает разряд $C_{н1}$ через катушку зарядной индуктивности L_3 на источник питания E .

В современных тиристорно-магнитных модуляторах во вторичной обмотке ИТр можно создать импульсы отрицательной полярности амплитудой $+(6...8)$ кВ, длительностью $\tau_{зи} = 0,1$ мкс.

Для формирования больших длительностей выходных импульсов меняют режим работы нелинейной катушки индуктивности L_k -вводится ее внешняя, дополнительная, подпитка постоянным напряжением.

Так как увеличение длительности выходных импульсов требует большого запаса энергии электрического поля накопительных конденсаторов, изменяется (увеличивается) внешнее постоянное напряжение питания E .

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Судовая радиоэлектроника и радионавигационные приборы: Учебник для высших инженерных морских училищ /А.М.Байрашевский, А.В.Жерлаков и др. - М.: Транспорт, 1988. - 271 с.

2. Байрашевский А.М., Ничипоренко Н.Т. Судовые радиолокационные системы; Учебник для морских ВУЗов. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Транспорт, 1982. - 317 с.

3. Судовые радиолокационные станции: Атлас /А.М.Байрашевский, В.Ф. Волынец, О.В. Кононов и др. Под ред. А.М. Байрашевского. 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Транспорт, 1986. - 144 с.

4. Демиденко П.П. Судовые навигационные радиолокационные станции. Учебное пособие. Одесса, 2004.- 163 с.

5. Прибор П-3. Техническое описание ЛА2.000.012ТО.

6. Прибор П-3. Схемы. ЛА2.000.012. Альбом №1 Прибор А. Техническое описание. ЛА2.092.032ТО.

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5.
ПРИЕМНОЕ УСТРОЙСТВО НРЛС «НАЯДА-5»**

ПЕРЕЧЕНЬ ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ

УПЧ - усилитель промежуточной частоты;
АПЧ - автоматическая;
СВЧ - сверхвысокая частота;
ВРУ- временная регулировка управления;
ПЧ - промежуточная частота;
РРУ - ручная регулировка усиления;
ГГ-ЭП - генератор Ганна с электронной подстройкой;
ЗИ - зондирующий импульс;
РУПЧ - регулируемый усилитель промежуточной частоты;
ГУПЧ - главный усилитель промежуточной частоты;
УВ - видеоусилитель;
РПЧ - ручная подстройка частоты;
УР - усилитель регулируемый;
УГ - усилитель главный;
НК - блок настройки и контроля;
АСУ - устройство автоматической стабилизации и управления;
ПП - переключение полосы пропускания;
РВ - регулировка "Волны";
РД - регулировка "Дождь";
УТ - регулировка усиления технологическая;
КОР - контроль общей работоспособности
МГ - магнетронный генератор;
МП - модулятор передатчика;
О - ответвитель;
АТ - аттенюатор (ослабитель);
ФЦ - ферритовый циркулятор;
А - антенное устройство;
РЗП - разрядник защиты приемника;
ЭМЗ - электромагнитная заслонка;
САПЧ - смеситель АПЧ;
(УПЧ - смеситель УПЧ;
ЧД - частотный детектор;
УУ - управляющее устройство;
СВС-смеситель видеосигналов;
ЭЛТ - электронно-лучевая трубка;
АН - антенна;
ККЗ - коаксиальный кабель задержки;
ЭО - электронный осциллограф.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1. Изучить структурную схему и работу приемного устройства, назначение основных блоков и узлов.
2. Выработать навыки по эксплуатации, настройке, обнаружению и устранению простых неисправностей.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомиться до прихода в лабораторию с приемным устройством РЛС "Наяда-5", используя предлагаемую инструкцию, техническое описание РЛС и рекомендуемую литературу.

2. В лаборатории на РЛС ознакомиться с органами управления приемного устройства и расположением основных блоков и узлов.

3. После получения разрешения под наблюдением преподавателя произвести включение РЛС и произвести измерения всех сигналов, относящихся к приемному устройству и контролируемых блоком настройки и контроля НК-3.

Провести общий контроль работоспособности станции (КОР).

Проверить работу трехтонового видеоусилителя по изображению на экране РЛС или путем включения электронного осциллографа (ЭО) в гнездо X6 блока СВЧ и установки режима внешней синхронизации от синхроимпульсов из гнезда платы 4 "Имп. синхрон" и "Корпус" прибора И.

4. В случае необходимости произвести по разрешению преподавателя настройку блоков и добиться показаний стрелочного прибора в пределах секторов, указанных против соответствующих положений переключателей.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Составить структурную схему приемного устройства РЛС.
2. Привести результаты измерений.
3. Вычислить для всех шкал дальности $\Delta f_{\text{пр}}$ и $P_{\text{пр.мин}}$ (в Вт).
4. Кратко описать порядок действий при контроле работоспособности приемного устройства и его регулировке.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Каково назначение приемного устройства РЛС и какие предъявляются к нему требования?
2. Из каких узлов и блоков состоит приемное устройство?
3. Какое преимущество балансного смесителя?
4. Как устроен блок СВЧ-3?
5. Как получается промежуточная частота и от чего зависит полоса пропускания УПЧ?

6. Для чего предназначен блок АПЧ?
7. Как производится контроль общей работоспособности РЛС?
8. Каково назначение и принцип работы регуляторов "Дождь" и "Волны"?
9. Каково назначение электромагнитной заслонки?
10. Каково назначение и устройство разрядника защиты приемника (РЗП)?
11. Как и по каким законам происходит усиление сигналов в приемнике?
12. Каково назначение логарифмического усилителя и трехтонового видеоусилителя?

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Конспект лекций
2. Техническое описание РЛС "Наяда-5".
3. Судовые радиолокационные станции. Атлас. Под ред. Байрашевского А.М. - 2-е изд. перераб. и доп. -М.; Транспорт, 1986. - 144 с.
4. Коновалов В.В., Причкин О.Б. Судовые радиолокационные станции "Наяда-5" и "Енисей-Р". М.: В/О "Мортехинфор-реклама", 1984. - 30 с.
5. Широких И.П. Ремонт судовых радионавигационных приборов. М.: "Транспорт", 1985. - 142 с.
6. Демиденко П.П. Судовые радиолокационные и радионавигационные системы: Учебное пособие. Одесса: Феникс, 2009. - 372 с.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

НАЗНАЧЕНИЕ, ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ И СОСТАВ ПРИЕМНОГО УСТРОЙСТВА РЛС "НАЯДА-5".

НАЗНАЧЕНИЕ ПРИЕМНОГО УСТРОЙСТВА.

Радиолокационный приемник супергетеродинного типа предназначен для приема слабых кратковременных отраженных импульсов СВЧ, поступающих из антенны, преобразования их в промежуточную частоту, усиления и детектирования для получения видеосигналов, подаваемых затем на индикатор РЛС - электронно-лучевую трубку.

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ:

Чувствительность приемного устройства, дБ^{х)}, не хуже:

х) Чувствительность приемников РЛС выражают в единицах мощности, например, $P_{пр.мин} = 1 \cdot 10^{-12} \text{ Вт}$, или в децибелах 120 дБ относительно условного опорного уровня мощности $P_{оп} = 1 \text{ Вт}$, т.е. $P_{пр.мин} [\text{дБ}] = 10 \lg(P_{оп} / P_{пр.мин})$

На шкалах 1,2 миль ($\tau_{и} = 0,07 \text{ мкс}$) $P_{пр.мин} = 120 \text{ дБ}$;

На шкалах 4,8 миль ($\tau_{и} = 0,25 \text{ мкс}$) и 16, 32, 64 мили

($\tau_{и} = 0,7 \text{ мкс}$) $P_{пр.мин} = 124 \text{ дБ}$.

Прибор выдает видеосигнал с параметрами:

амплитуда ограничения не менее 2,7 В

полярность - положительная

уровень шумов - 0,2 В

СОСТАВ ПРИЕМНОГО УСТРОЙСТВА.

В состав приемного устройства входят следующие блоки:

- блок СВЧ-3 (блок сверхвысокой частоты);
- блок АПЧ (блок автоматической подстройки частоты);
- блок УР (усилитель регулируемый);
- блок УГ (усилитель главный)
- блок НК-3 (блок настройки и контроля);
- блок УВ(видеоусилитель);
- субблок ВРУ (временной регулировки усиления);
- блок СВС (смеситель видеосигналов).

ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ПРИЕМНОГО УСТРОЙСТВА НРЛС

Радиолокационный приемник должен выделить слабые кратковременные отраженные импульсы СВЧ, поступающие из антенны, усилить их и после детектирования и дополнительного усиления подать на смеситель видеосигналов .

К радиолокационным приемникам предъявляют высокие требования. Они должны иметь:

- высокую чувствительность;
- достаточный коэффициент усиления;
- малую степень искажения формы импульсов сигналов;
- достаточную защиту от помех;
- автоматическую подстройку промежуточной частоты на ее номинальное значение.

Всем этим требованиям наиболее удовлетворяет приемник супергетеродинного типа. Кроме того, его применение выгодно тем, что в нем основное усиление происходит не на СВЧ, а на т.н. промежуточной частоте, на которой работают транзисторы, интегральные аналоговые микросхемы.

Упрощенная структурная схема приемного устройства РЛС "Наяда-5" показана на рис. 46.

Тракт сверхвысокой частоты приемника состоит из антенного переключателя, гетеродинной секции, балансного смесителя с применением щелевого моста.

При передаче вся энергия подается на антенну, а вход приемника защищен. При приеме потери энергии на магнетроне нет, из антенного переключателя сигналы поступают в преобразователь частоты, состоящий из смесителя – СУПЧ-1, пример которого (в разрезе, с креплением 1 полупроводникового диода 2) приведен на рис.48, полупроводниковых диодов и гетеродина Г (см. рис. 46). В результате смещения частоты отраженных сигналов и гетеродина в смесителе, при помощи полупроводниковых диодов, происходит преобразование частоты, а на выходе смесителя – благодаря колебательному контуру, настроенному на промежуточную частоту, выделяется промежуточная частота, равная разности смешиваемых частот, которая затем подается на УПЧ.

Номинальное значение промежуточной частоты $f_{пр} = 60$ МГц. Например, для НРЛС с длиной волны $\lambda = 3,2$ см

$$f_{пр} = f_{гет} - f_c = 9435 - 9375 = 60 \text{ (МГц)}.$$

Полоса пропускания УПЧ не должна быть очень узкой, чтобы не вызывать искажений импульсных сигналов. Однако слишком широкая полоса пропускания увеличивает собственные шумы и тем самым уменьшает чувствительность приемника. Чтобы отношение сигнал/шум на выходе было максимальным, ширина полосы пропускания радиолокационного приемника по промежуточной частоте выбирается из соотношения

$$\Delta f_{пр} = (0,8 \div 1,4) / \tau_{и}, \quad (1)$$

где - значение коэффициентов в числителе зависит от формы зондирующего импульса РЛС $\tau_{и}$, чтобы не происходило его искажение при последующем его усилении. Таким образом, при изменении $\tau_{и}$ приходится изменять $\Delta f_{пр}$.

Для обеспечения требуемого усиления в УПЧ применяется большое число каскадов (около 10). Усилительные каскады содержат транзисторы и интегральные микросхемы. Схемы УПЧ могут быть одноконтурными и двухконтурными с линейной амплитудной характеристикой.

Первые каскады УПЧ собраны по каскадной схеме (1-ый и 2-ой), что повышает устойчивость работы УПЧ, так как эта схема имеет низкий уровень внутренних шумов.

Для предотвращения перегрузки приемного тракта и особенно индикатора РЛС применяют УПЧ с логарифмической амплитудной характеристикой. Перегрузка приемника происходит при воздействии на его вход мощных сигналов или помех, например, от дождя или морской поверхности, при этом маскируются полезные сигналы. Часто применяется схему логарифмического УПЧ с последовательным детектированием сигналов. Напряжение на выходе такого логарифмического приемника связано с напряжением на входе зависимостью

$$U_{вых} = a \ln U_{вх} + c, \quad (2)$$

где: «а» и «с» - константы.

Формирование логарифмической амплитудной характеристики происходит следующим образом (см.рис.49).

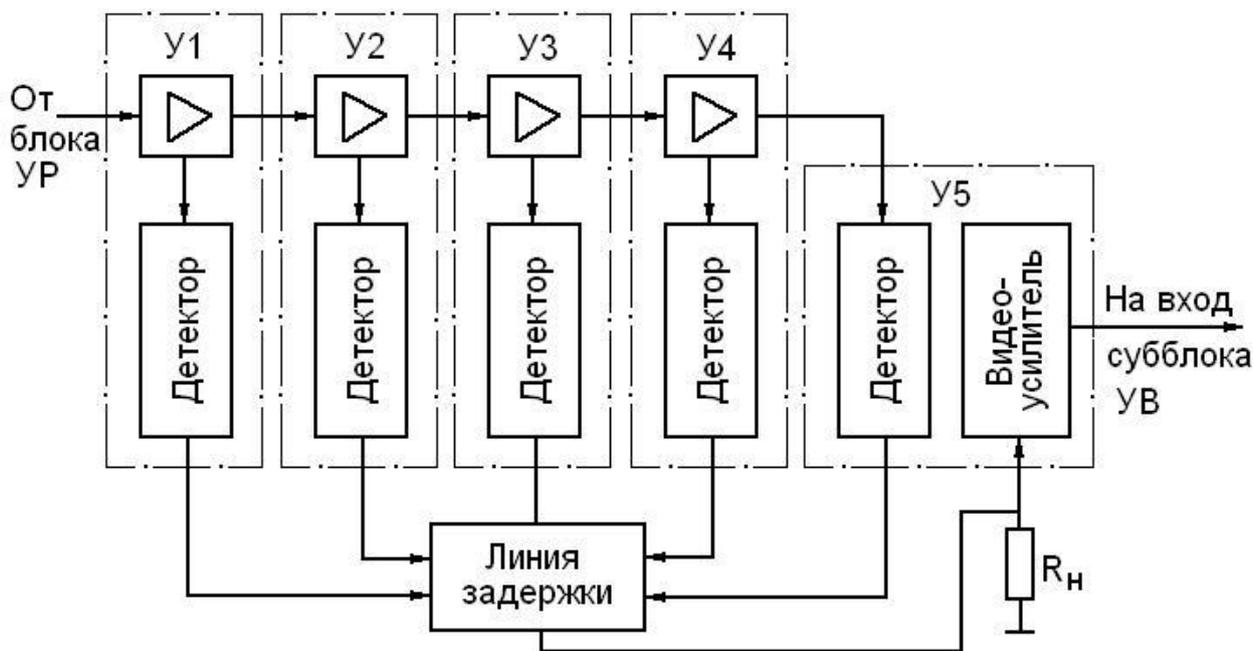


Рис.49. Схема ГУПЧ

По мере возрастания $U_{вх}$, например, сперва четвертый каскад УПЧ, затем третий и т.д. переходят в режим насыщения и амплитуда напряжения на его выходе с ростом $U_{вх}$ не увеличивается. Следовательно, больше не увеличивается и амплитуда $U_{вых}$ видеоимпульсов с выхода видеодетектора. Динамический диапазон входных сигналов логарифмических УПЧ может быть более 100 дБ, а диапазон выходных сигналов $U_{вых}$ составляет 30 дБ и менее.

После УПЧ сигнал подается на детектор, с которого снимают сигналы изображения (видеосигналы). Так как амплитуда сигнала изображения менее 1 вольта, а для управления ЭЛТ необходимо несколько десятков вольт, этот сигнал далее подают на видеопередатчик.

УПЧ с логарифмической амплитудной характеристикой ухудшают различимость радиолокационного изображения, так как нивелирует в определенной степени различие в амплитудах сигналов (т.е. ухудшается контрастность изображения из-за большого усиления слабых и меньшего усиления сильных сигналов). Для частичной компенсации этого недостатка применяют *трехтоновую* индикацию.

Трехтоновый видеопередатчик имеет два канала. Первый канал (канал выделения) имеет малое регулируемое усиление (ручка "Усиление" -) и высокий постоянный уровень ограничения. Он воспроизводит мощные сильно отражающие объекты. Во втором канале (канал фона) имеется постоянное высокое усиление и низкий регулируемый уровень ограничения, при этом выделяются сигналы средней яркости и ограничиваются мощные.

Правильная регулировка трехтонового видеоусилителя позволяет получить на экране индикатора РЛС четкое и контрастное изображение навигационной обстановки. После видеоусилителя сигналы подаются на видеосмеситель, куда еще подаются импульсы НКД, ПКД, ОК, яркость (амплитуду) этих импульсов можно регулировать. Затем все эти сигналы поступают на ЭЛТ.

РАБОТА БЛОКА АВТОМАТИЧЕСКОЙ ПОДСТРОЙКИ ЧАСТОТЫ

При изменении температуры, влажности, объема резонаторов, питающих напряжений частота гетеродина может изменяться, тогда изменится промежуточная частота, а, значит, и коэффициент усиления УПЧ станет меньше, поэтому цели могут не изображаться на ЭЛТ.

АПЧ воздействует на гетеродин так, чтобы промежуточная частота вернулась к её номинальному значению.

Блок АПЧ работает следующим образом. Часть энергии магнетрона при излучении зондирующего импульса через ослабитель подается в смеситель АПЧ. Туда же подается частота гетеродина (рис. 1). На выходе смесителя АПЧ появляется разностная частота. Этот сигнал подается на УПЧ блока АПЧ, а затем на частотный дискриминатор (частотный детектор).

Частотный дискриминатор служит для получения управляющего напряжения, пропорционального рассогласованию частоты с полярностью, зависящей от знака расстройки

$$\Delta U = \Delta f = f_{\text{пр}} - f_{\text{пр.н}},$$

где $f_{\text{пр.н}}$ - номинальное значение промежуточной частоты приемника.

Это напряжение рассогласования ΔU подается на управляющее устройство, которое воздействует на гетеродин, изменяя его частоту в нужную сторону.

УПРАВЛЕНИЕ ПРИЕМНЫМ УСТРОЙСТВОМ.

Интенсивность эхо-сигналов от ближних объектов гораздо выше, чем интенсивность эхо-сигналов от дальних объектов. Поэтому в свежую погоду эхо-сигналы от волн могут засвечивать центр экрана. Тогда применяют временную регулировку усиления (ВРУ). Эта регулировка (потенциометр "ВОЛНЫ") ослабляет эхо-сигналы от ближних объектов, а интенсивность эхо-сигналов от дальних объектов (более 5 миль) оставляет прежней. Для устранения помех от дождя используют дифференцирующие цепи (цепи с малой постоянной времени (МПВ)).

Плавное регулирование степени дифференцирования производится рукояткой "Дождь".

Использование схемы МПВ в приемниках способствует также улучшению разрешающей способности по дальности.

СТРУКТУРНАЯ СХЕМА ПРИЕМНОГО УСТРОЙСТВА И ЕГО РАБОТА.

Модулирующие импульсы от модулятора передатчика МП поступают на магнетронный генератор МГ (рис. 1). Колебания СВЧ, вырабатываемые магнетроном МГ через ферритовый циркулятор ФЦ (Э14) поступают в канал антенны А. Одновременно колебания магнетрона через ответвитель О (Э15) и аттенюатор АТ (ЭП) поступают на смеситель АПЧ САПЧ (См-2), куда подаются также колебания от гетеродина Г(ГГ-ЭП) через аттенюатор АТ (Э6) Смеситель (См-2) преобразует эти колебания в разностную (промежуточную) частоту 60 МГц, которая поступает в блок АПЧ, состоящий из УПЧ, ЧД и УУ.

В качестве гетеродина применяется блок ГГ-ЭП на генераторном диоде Ганна Д2 типа 3А703Б с механической перестройкой (винт, изменяющий емкость между стенками резонатора) и электронной перестройкой частоты. Электронная перестройка осуществляется варакторным диодом Д1 типа 1А403Д. При изменении на нем напряжения он изменяет емкость, вносимую в резонатор, где находится диод Ганна.

Балансные смесители выполнены на диодах Д3-Д6 типа Д405Б и Д405БП с последовательным включением по постоянному току (рис. 1, рис. 50).

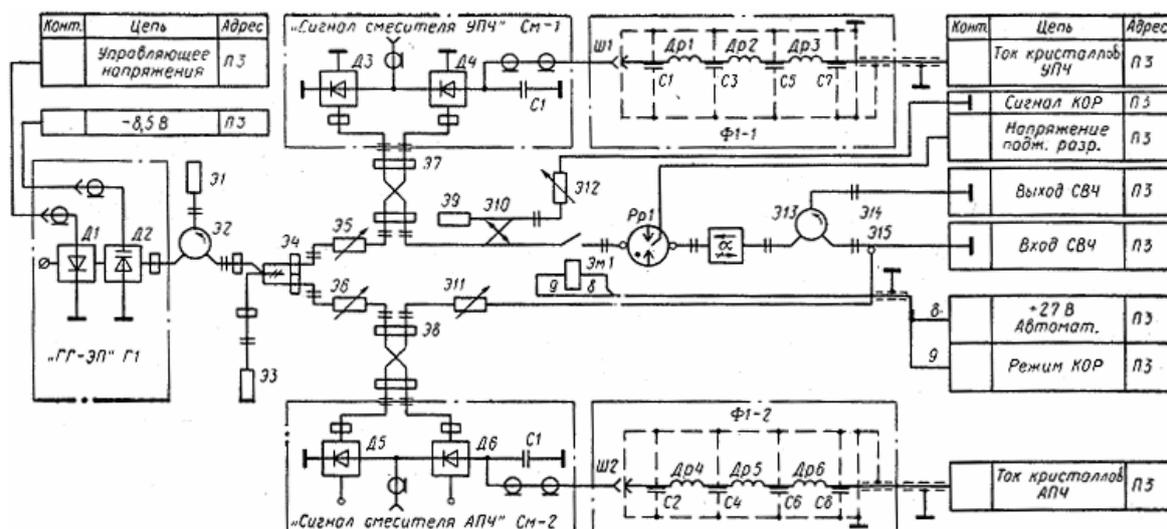


Рис.50

При передаче, колебания СВЧ от магнетронного генератора не поступают на вход приемника, так как поджигается от мощных колебаний магнетрона разрядник защиты приемника РЗП (Рр1) и замыкает его. Для ускорения поджига РЗП есть поджигающий электрод.

Принимаемые отраженные сигналы от целей из блока антенны Ан2 направляются ферритовым циркулятором ФЦ (ЭМ) -через разомкнутый разрядник РЗП (Рр1), так как слабые отраженные сигналы не могут его поджечь, и открытую электромагнитную заслонку ЭМЗ (Эм1) в смеситель УПЧ (УПЧ (См-1). Сюда же через аттенюатор АТ (Э5) поступают сигналы гетеродина. Колебания разностной (промежуточной) частоты, полученные в результате преобразования поступают на вход блока УПЧ РУПЧ (УР) с выхода См-1 (Рис. 51, 52).

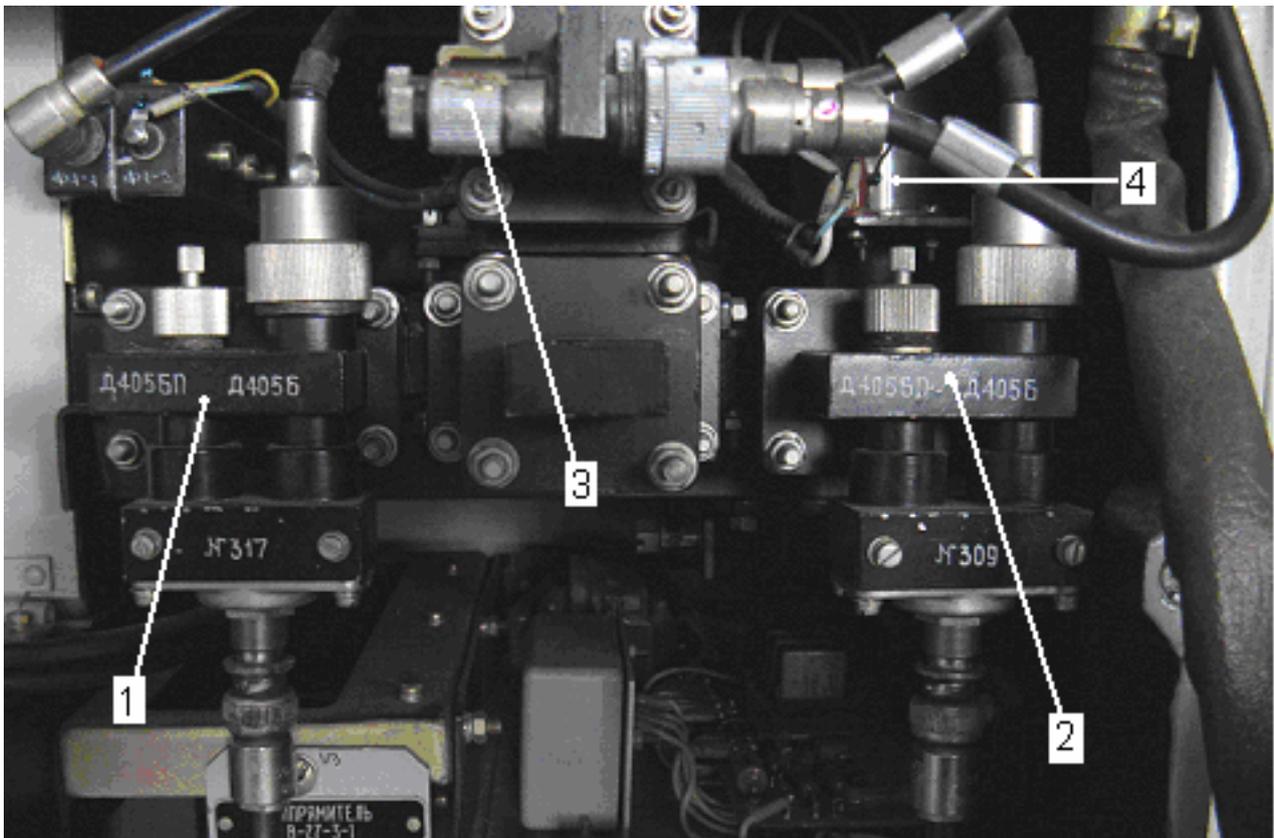


Рис.51. СВЧ блок 3-х сантиметрового приемника:

- 1 - смеситель АПЧ;
- 2 - смеситель каскадов УПЧ;
- 3 - блок гетеродина с генераторным диодом типа 3А703Б и диодом Ганна с электронной подстройкой частоты;
- 4 - электромагнитная заслонка Эм1(на заднем плане).



Рис. 52. Блок АПЧ и два усилительных блока приемника:

- 1 -АПЧ - блок автоматической подстройки частоты;
- 2 - УГ - усилитель главный приемника (РУПЧ);
- 3 - УР - усилитель регулируемый приемника (ГУПЧ).

При включении РЛС в режиме контроля (КОР) канал приемника перекрывается электромагнитной заслонкой (Эм1), исключающей попадание в смеситель (СМ-1) мощных импульсов других РЛС или отраженных принимаемых сигналов. Контрольные сигналы (сигнал КОР) проходят в смеситель УПЧ через аттенюатор АТ (ЭИ2).

Блок УР (РУПЧ) предназначен для усиления импульсных сигналов промежуточной частоты 60 МГц из СМ-1; формирования импульсов временной регулировки усиления ВРУ ("Волны") и импульсов подавления зондирующих сигналов, проникающих на вход УР, несмотря на наличие РЗП.

Блок имеет полосу пропускания $2\Delta f$:

$$\text{при } \tau_{\text{и}} = 0,07 \text{ мкс } 2\Delta f = 24 \text{ МГц,}$$

$$\text{при } \tau_{\text{и}} = 0,25 \text{ мкс, } \tau_{\text{и}} = 0,7 \text{ мкс } 2\Delta f = 4 \text{ МГц,}$$

переключаемую в зависимости от длительности импульсов на различных шкалах дальности, и неоперативную ручную регулировку усиления (РРУ).

Субблок ВРУ вырабатывает импульс сложной формы, состоящий из прямоугольного строба и экспоненциального импульса длительностью до 120 мкс. Импульс строба запирает субблок РУПЧ на время излучения зондирующего импульса.

Экспоненциальный импульс плавно уменьшаясь, повышает усиление по мере прихода отраженных импульсов от все более удаленных целей.

ВРУ действует до расстояния примерно 5...8 миль, тем самым ослабляя помехи от моря.

Главный усилитель промежуточной частоты ГУПЧ (УГ) имеет полосу пропускания 24 МГц.

Блок УГ (ГУПЧ) предназначен для усиления сигналов, поступающих из блока УР, детектирования импульсных сигналов промежуточной частоты, формирования линейно-логарифмической амплитудной характеристики УПЧ и усиления видеосигналов (рис. 1).

Импульсы промежуточной частоты с выхода блока УР усиливаются микросхемами У1...У4 субблока ГУПЧ (рис.2), одновременно детектируются и выделяются на общем сопротивлении нагрузки $R_{\text{н}}$ суммирующей линии задержки.

Коэффициент усиления ГУПЧ выбран таким образом, что на выходе линии задержки амплитуда импульсных сигналов увеличивается по линейному закону до тех пор, пока последний каскад ГУПЧ не получит ограничение. Затем, при дальнейшем увеличении силы сигнала, насыщается предпоследний каскад и т.д. Следовательно, напряжение усиливаемых сигналов на выходе суммирующей линии задержки будет изменяться пропорционально логарифму входного напряжения (2). Величина задержки такова, что импульсы от разных каскадов выделяются на нагрузке линии задержки одновременно, т.е. происходит суммирование амплитуд импульсов (рис. 4).

С выхода субблока ГУПЧ видеоимпульсы поступают на видеоусилитель УВ, из него - в прибор И на блок СВС для усиления и ввода на катод ЭЛТ.

Импульсы ОД, ВД, ОК поступает на ЭЛТ тоже через СВС (рис. 1). Яркость отметки курса (ОК), визира (ВД) и луча развертки на экране индикатора можно регулировать соответственно ручками "ЯРКОСТЬ ОК", "ЯРКОСТЬ ВД", "ЯРКОСТЬ РАЗВЕРТКИ". В цепи видеосигнала предусмотрены регулировки общего усиления "УСИЛЕНИЕ" и регулируемая дифференцирующая цепочка - регулировка "ДОЖДЬ".

Управление различимостью радиолокационных сигналов на фоне шумов и помех осуществляется регулировкой амплитудной характеристики видеоусиления (блок СВС) с помощью рукоятки "УСИЛЕНИЕ", размещенного на панели управления индикатора.

Управление ослаблением влияния помех от моря и дождя на наблюдаемость объектов осуществляется с панели управления индикатора с помощью рукоятки „ВОЛНЫ", регулирующей глубину и длительность ВРУ и рукоятки "ДОЖДЬ", осуществляющего включение дифференцирования и плавное изменение постоянной времени дифференцирующей цепи на входе блока СВС.

Резервная подстройка частоты гетеродина (на случай выхода из строя АПЧ) производится рукояткой РПЧ. Включение РПЧ осуществляется с помощью тумблера РПЧ-ОТКЛ.

КОНТРОЛЬ РАБОТЫ ПРИЕМНОГО УСТРОЙСТВА.

А). Контроль работоспособности приемного устройства осуществляется, блоком НК (см.рис.53), с помощью которого проверяется исправность источников питания, гетеродина, разрядника, кристаллов УПЧ и АПЧ, а также системы АПЧ. Контроль работоспособности блоков УГ и УР осуществляется по уровню напряжения сигнала собственных шумов приемника на выходе блока УГ, при этом на лицевой панели блока НК загорается сигнальная лампа – НЕРАБОЧИЙ РЕЖИМ РЛС.

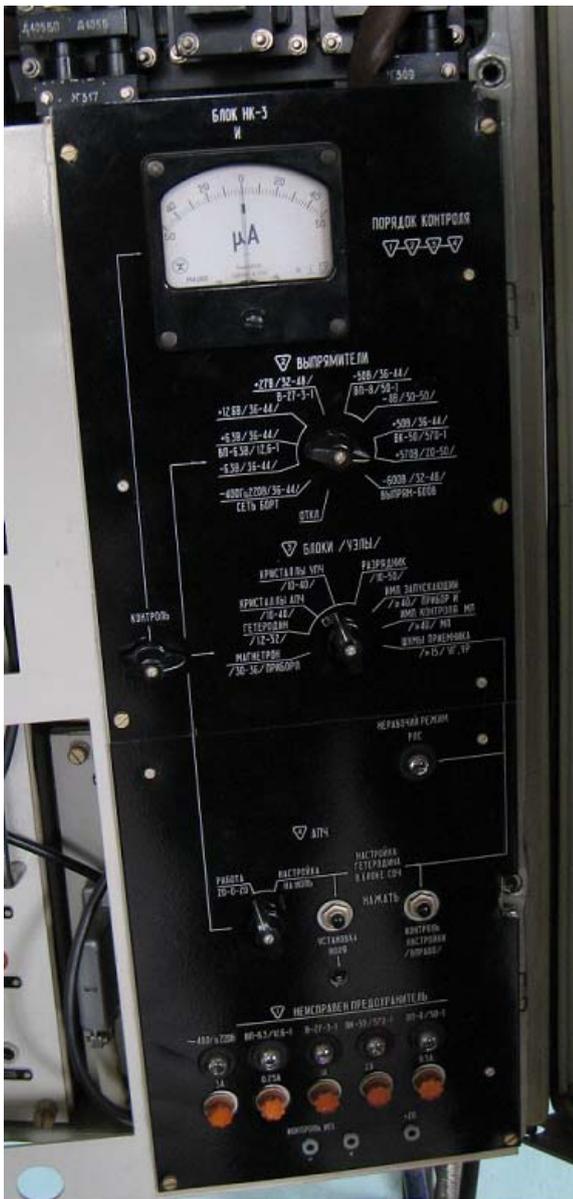
Работоспособность блоков проверяется по допусковому принципу: показание стрелочного индикатора в секторе ≥ 20 - ИСПРАВЕН, а не в секторе - НЕИСПРАВЕН.

Б). Устройство КОР осуществляет контроль общей работоспособности станций путем имитации точечного эквивалента цели, фиксированного по дальности и направлению.

Устройство КОР состоит из контрольной рупорной антенны АН1, входящей в прибор А, кабеля задержки, волноводно-коаксиального перехода и аттенюатора АТ (Э12) (рис. 46).

Контрольная антенна АМ расположена на фиксированном расстоянии от антенны станции на курсовом угле 180° и служит для приема части энергии зондирующего импульса. Принятый сигнал задерживается в кабеле задержки на время, превышающее длительность зондирующего импульса $\tau_{и}$, и поступает в приемник (рис. 1). Здесь контрольный сигнал усиливается приемником и поступает на ЭЛТ аналогично сигналам, принятым от объектов.

Критерием нормальной работоспособности станции является наличие



яркостной отметки на экране ЭЛТ в виде дуги (шириной около 120°), отстоящей от кольца зондирующего импульса на 1-3 мм и расположенной на курсовом угле 180° .

Контроль общей работоспособности станции производится на шкале дальности 1 миль. Регулятором УСИЛЕНИЕ устанавливается максимальное усиление и нажимается кнопка КОНТРОЛЬ РЛС в приборе И. При этом контролируется работоспособность передатчика, волноводного тракта, приемного устройства и индикатора.

Рис.53. Блок НК

СОДЕРЖАНИЕ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

Назначение НРЛС «НАЯДА-5». Техничко-эксплуатационные характеристики и режимы работы..... 4

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

Синхронизатор НРЛС «НАЯДА-5». Система развертки НРЛС «НАЯДА-5» 21

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

Система развертки НРЛС «НАЯДА-5»..... 28

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4

Передатчик НРЛС «НАЯДА-5». Антенно-волноводное устройство НРЛС «НАЯДА-5»..... 43

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5

Приемное устройство НРЛС «НАЯДА-5»..... 68

Учебно-методическое издание

**РАДИОНАВИГАЦИОННЫЕ
ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ**

Сборник методических указаний для выполнения лабораторных работ для
курсантов 3 курса специальности «Судовождение»

Часть 1

Составитель Демиденко Павел Петрович

Подписано в печать 25.03.2010.
Формат 60x84/16. Бумага офсетная
Тираж 100 экз. Заказ № И10-03-61

Одесская национальная морская академия
Свидетельство ДК № 1292 от 20.03.2003
65029, г. Одесса, Дидрихсона, 8, корп. 7, к. 206
тел./факс: (0482) 34-14-12
publish@ma.odessa.ua