

П-37
учебник

1. НАЗНАЧЕНИЕ РЛС, СОСТАВ И РАЗМЕЩЕНИЕ НА ПОЗИЦИИ

Подвижная радиолокационная станция П-37 в процессе совершенствования претерпела несколько модификаций, отличающихся построением некоторых устройств. В настоящем пособии основное внимание уделяется последней ее модификации – РЛС П-37Р. Ранняя модификация П-37М рассматривается в объеме особенностей построения соответствующей аппаратуры.

РЛС предназначена для ведения радиолокационной разведки воздушных целей, обеспечения наведения истребительной авиации и целеуказания зенитным ракетным комплексам. РЛС состоит на вооружении радиотехнических батальонов и радиолокационных рот и по качеству и точностным характеристикам радиолокационной информации относится к классу РЛС боевого режима.

РЛС обеспечивает:

обнаружение воздушных целей и измерение их плоскостных координат: азимута и дальности;

определение государственной принадлежности обнаруженных целей по принципу «свой - чужой» и индивидуальное опознавание своих объектов с помощью НРЗ средней мощности 1Л22, с которым сопрягается РЛС;

пеленгацию постановщиков активных помех по азимуту;

определение характеристик целей (состав, боевые порядки, курс, скорость, маневр).

Таким образом, РЛС обеспечивает измерение плоскостных координат, т.е. является дальномером. Съём радиолокационной информации осуществляется ручным способом – визуально с экранов ИКО.

Для измерения пространственных координат РЛС может сопрягаться с высотомерами ПРВ-11, ПРВ-13. Сопряжение заключается в обеспечении отображения информации РЛС на ИКО высотомера. Целеуказание на высотомер и выдача высоты целей может осуществляться как ручным способом (голосом), так и полуавтоматическим с помощью маркеров целеуказания.

Предусмотрено сопряжение РЛС П-37Р с РЛС П-12НП или П-18. При этом обеспечивается совместное отображение информации на ИКО РЛС П-37Р с разделением ее по дальности. В начале дистанции отображается информация РЛС П-12НП, П-18, на второй части дистанции – информация РЛС П-37Р. Граница отображаемой информации от обеих РЛС может плавно изменяться.

РЛС П-37Р может сопрягаться с объектами батальонного и ротного звена АСУ «Воздух-1М» («Воздух-1П»), объектами 5Н53-У («Низина - У»), 5Н55-М (АРТУ-1М) АСУ «Луч-2», «Луч-3». Сопряжение с объектами АСУ заключается в выдаче радиолокационной информации на индикаторы рабочих мест операторов АСУ по кабельным линиям.

Данные о радиолокационной обстановке могут быть выданы ручным способом (голосом) на удаленные КП радиотехнических подразделений по

проводным и радиоканалам связи. Возможна передача информации на выносные ИКО «Пикет», установленные на КП, по кабельным линиям на расстояние до 300 м либо с помощью радиотрансляционной линии РЛ-30-1М (1РЛ51М2) на расстояние до 15 км.

В состав РЛС входит 8 транспортных единиц.

Машина N1 (ППК) – платформа 52-У-415М с вращающейся кабиной 636А, в которой размещается приемо-передающая аппаратура и антенные устройства.

Машина N2 (индикаторная) на автомобиле ЗИЛ-131М с аппаратурой индикации, хронизации и управления режимами работы РЛС.

Машины N3 и 4 – прицепы МА3-8925 с основной и резервной электростанциями питания АД-60-Т230-1Р.

Машина N5 – тягач АТС-668С с подъемной стрелой и краном для развертывания и свертывания антенных устройств.

Машина N6 – прицеп 2-П5,5 для размещения агрегата повышенной частоты ВПЛ-30Д и контейнеров с имуществом РЛС при транспортировании.

Машина N7 – одноосный прицеп ТАПЗ-755 с агрегатом питания радиотрансляционной линии РЛ-30-1М.

Машина N11 – автомобиль Урал-43203 с аппаратурой НРЗ 1Л22.

РЛС П-37Р развертывается на ровной горизонтальной площадке радиусом не менее 50 м на господствующей высоте. Углы закрытия относительно высоты электрического центра антенны не должны превышать 7-8'. В горной местности допускается позиция с большими углами закрытия и с допустимыми их значениями в ответственных секторах.

Крупные лесные массивы вблизи позиции существенно влияют на условия распространения радиоволн, поэтому позицию рекомендуется выбирать не ближе 3-5 км от них. Позиция выбирается на удалении 2-3 км от населенных пунктов, крупных железобетонных сооружений, линий электропередачи и связи.

Позиция должна удовлетворять требованиям к подъездным путям, к условиям инженерного оборудования, требованиям по обеспечению условий жизни и боевой деятельности подразделения.

Машина N1 (ППК) размещается на насыпи, горке, эстакаде высотой не менее 6-8 м. Остальные машины располагаются в укрытиях или складках местности. Расстояние между ними определяется длиной соединительных кабелей.

2. ОСНОВНЫЕ ТАКТИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ РЛС

2.1. Принципы обзора пространства и измерения координат РЛС

В РЛС П-37Р осуществляется последовательный обзор пространства по азимуту путем вращения антенны с узкой диаграммой направленности вкруговую и параллельный (одновременный) обзор по углу места. Зона обнаружения в вертикальной плоскости формируется методом парциальных диаграмм и имеет косекансную форму. Для создания такой зоны в составе РЛС имеется пять независимых приемо-передающих каналов, работающих на свои антенны.

Диаграммы направленности антенн смещены по углу места и взаимно перекрываются на уровне половинной мощности для создания сплошной беспровальной зоны (рис.2.1).

Косекансная зона обнаружения характеризуется следующими параметрами: минимальным углом места ε_{\min} , максимальным углом места ε_{\max} , максимальными дальностями D_{\max} и высотой (потолком) H_{\max} обнаружения.

Значение ε_{\min} определяется характером позиции. В ряде случаев желательно иметь отрицательные значения ε_{\min} , если позиция РЛС имеет превышение относительно окружающей местности. Значение ε_{\max} определяет радиус зоны необнаружения целей на малых дальностях, так называемой «мертвой воронки». Значения D_{\max} и H_{\max} определяются энергетическими параметрами РЛС (энергией зондирующего сигнала, чувствительностью приемного устройства, коэффициентом усиления антенны) и зависят от эффективной отражающей поверхности цели σ_c .

Многоканальная зона требует усложнения приемопередающего и антенного устройств. Однако такое построение РЛС дает существенные энергетические преимущества по сравнению с одноканальной зоной. Эти энергетические преимущества связаны с тем обстоятельством, что направленность антенных устройств (их коэффициент усиления) в большей мере влияет на дальность обнаружения целей, чем другие энергетические параметры.

Действительно, из уравнения радиолокации

$$D_{\max} = 4 \sqrt{\frac{P_{\text{и}} \tau_{\text{и}} G_{\text{ант}}^2 \lambda^2 \sigma_{\text{ц}}}{(4\pi)^3 \mathcal{E}_{\text{пр min}}}} \quad (2.1)$$

видно, что уменьшение коэффициента усиления антенны $G_{\text{ант}}$ в K раз при переходе от узкого парциального луча к широкому одноканальному приходится компенсировать увеличением других энергетических параметров, например, мощности зондирующего сигнала $P_{\text{и}}$ в K^2 раз. Таким образом, для сохранения значения D_{\max} вместо пяти передатчиков с $P_{\text{и}} = 0,8 \text{ МВт}$ (суммарная мощность $0,8 \times 5 = 4 \text{ МВт}$) необходим один передатчик с мощностью $0,8 \times 5^2 = 20 \text{ МВт}$.

Многоканальная зона обеспечивает и более высокую помехозащищенность РЛС за счет работы каждого канала на своей несущей частоте, так что многоканальная зона обнаружения является многочастотной.

В составе РЛС два антенных устройства – нижнее и верхнее. Каждое антенное устройство состоит из отражателя и блока облучателей (рис.2.2).

Нижняя антенна имеет три однорупорных облучателя, формирующие три нижние, сравнительно узкие по углу места диаграммы направленности изодальностной части зоны обнаружения. Верхняя антенна формирует две более широкие диаграммы направленности – четвертую и пятую, образующие изовысотную часть зоны. Четвертая диаграмма направленности формируется двухрупорным облучателем, пятая – облучателем в виде вертикальной линейки полуволновых вибраторов.

Нижняя антенна наклонена вверх на установочный угол $3,5^{\circ}$, а верхняя – на $10,5^{\circ}$. В результате создается общая косекансная зона обнаружения по углу места в пределах от $\varepsilon_{\min} = 20-30'$ до $\varepsilon_{\max} = 28^{\circ}$ (рис.2.1).

Пределы обзора по углу места могут быть увеличены за счет наклона нижней и верхней антенн. Управление наклоном осуществляется дистанционно с индикаторной машины. Наклон нижней антенны осуществляется в пределах от $-4,5^{\circ}$ до $+4,5^{\circ}$ относительно установочного угла, а верхней антенны – в пределах от $-7,9^{\circ}$ до $+4,5^{\circ}$. Следовательно, с учетом возможностей наклона антенн значения углов места зоны обнаружения лежат в пределах от $\varepsilon_{\min} = -4^{\circ}$ до $\varepsilon_{\max} = 32,5^{\circ}$. Радиус «мертвой воронки» зоны обнаружения в РЛС составляет $R_{\text{мв}} \approx 2 N_{\text{ц}}$.

Измерение дальности целей осуществляется импульсным методом по времени запаздывания эхо-сигналов относительно зондирующих. Измерение азимута осуществляется одноканальным методом по центру пачки эхо-сигналов, полученной за счет облучения цели в нескольких периодах следования при вращении диаграммы направленности антенны (по середине отметки от цели на экране ИКО). Измерение координат осуществляется оператором ручным (визуальным) методом по экрану ИКО путем интерполяции середины отметки от цели относительно масштабных отметок дальности и азимута, отображаемых на экране.

Измерение азимута постановщиков активных помех осуществляется по середине сектора засвета индикатора помехой. Для облегчения нахождения середины сектора засвета в пеленгационной приставке П-1 осуществляется уменьшение усиления в тракте УПЧ в конце дистанции. Это уменьшение усиления осуществляется по пилообразному закону с минимумом усиления в конце дистанции. В результате на экране ИКО сектор засвета помехой к краю экрана уменьшается практически до нуля и приобретает вид стрелки (рис.2.3). По острию стрелки определяется азимут постановщика помех.

2.2. Основные технические параметры РЛС

2.2.1. Параметры передающего устройства

Зондирующий сигнал формируется магнетронным автогенератором и представляет собой некогерентную последовательность одиночных немодулированных радиоимпульсов в 10-сантиметровом диапазоне волн.

Каждое из пяти независимых передающих устройств формирует зондирующий сигнал на своей несущей частоте в пределах частот 2700-3100 МГц.

Мощность зондирующего сигнала в импульсе 800 кВт.

Передающее устройство работает в следующих режимах запуска:

редкий запуск РІ, используемый в амплитудном режиме с основной частотой повторения 375 Гц и возможностью установки одной из семи фиксированных частот в интервале 300-375 Гц;

редкий запуск РІІ, используемый в когерентном режиме. При этом реализуется шестипериодная вобуляция частоты повторения с шестью фиксированными частотами в интервале 300-375 Гц;

частый запуск Ч, используемый в когерентном режиме с реализацией двухпериодной вобуляции со средней частотой повторения 750 Гц.

длительность зондирующего импульса в режимах редкого запуска 2,7 мкс, частого запуска – 1,7 мкс.

2.2.2. Параметры антенной системы

В РЛС используются две антенны – верхняя и нижняя. Каждая антенна состоит из отражателя и блока облучателей, расположенного в фокусе отражателя.

Отражатели обеих антенн одинаковы и представляют собой несимметричную относительно фокальной оси вырезку из параболоида вращения. Размеры их 9,7х3 м, фокусное расстояние 2,5 м.

Ширина диаграммы направленности в горизонтальной плоскости обеих антенн равна $\Delta\beta_{0,5p} = 1^\circ$ (рис.2.1).

Блок облучателей нижней антенны содержит три одинаковых однорупорных облучателя, формирующих три луча шириной в угломестной плоскости $\Delta\epsilon_{0,5p} \approx 2,5^\circ$, смещенных друг относительно друга на 2° . Этими лучами перекрывается зона углов места до 7° (рис.2.4). Коэффициент усиления антенны порядка 8000.

Блок облучателей верхней антенны содержит двухрупорный облучатель, формирующий четвертый луч шириной по углу места $\Delta\epsilon_{0,5p} \approx 5^\circ$, и вертикальную линейку из восьми дипольных излучателей, формирующую пятый луч косекансной формы шириной $\Delta\epsilon_{0,5p} = 16-18^\circ$ (рис.2.4). Коэффициент усиления антенны по четвертому каналу порядка 5000, по пятому – порядка 1500.

Поляризация электромагнитных волн нижней антенны круговая либо линейная вертикальная. Поляризация волн верхней антенны – линейная вертикальная.

Скорость вращения антенны 6 об/мин и 3 об/мин.

2.2.3. Параметры приемного устройства

В РЛС пять независимых идентичных приемных каналов, связанных с соответствующими передающими каналами, с объединением эхо-сигналов каналов перед подачей на индикаторы. Каждый канал выполнен по супергетеродинной схеме с однократным преобразованием частоты и автоподстройкой частоты местного гетеродина.

Чувствительность приемного канала не хуже 85 дБ относительно уровня 10 мкВт (задаваемого измерительным прибором ГК4-21А), что соответствует коэффициенту шума не более 8.

Промежуточная частота 30 МГц.

Полоса пропускания широкополосной части тракта (реализуемой в режиме ШОУ) 10 МГц, узкополосной части тракта не изменяется при изменении длительности зондирующего сигнала и равна 850 кГц.

Динамический диапазон тракта приема и обработки с ШАРУ не менее 40 дБ. Для расширения динамического диапазона и стабилизации уровня ложных тревог в приемных каналах используются схемы автоматических регулировок усиления ШАРУ, ВАРУ, МАРУ, а также схема дифференцирования.

2.2.4. Параметры индикаторной аппаратуры

Индикаторная аппаратура РЛС включает в себя индикаторы кругового обзора шкафов ИКО-2М и ДУС-4М.

ИКО могут работать в режиме кругового, секторного и кольцевого режимов. Масштабы ИКО: в режиме редкого запуска 100, 200 и 350 км, в частом запуске 100 и 170 км.

Секторный режим обеспечивается смещением начала развертки с центра в любую точку экрана. Кольцевой режим обеспечивается задержкой начала развертки в редком запуске на величину 40-350 км дискретно через 10 км. В режиме частого запуска задержка развертки производится на величину 30-90 км.

На экранах ИКО отображаются 10 и 50-километровые отметки дальности, 5° и 30° отметки азимута.

2.2.5. Питание РЛС осуществляется от собственной электростанции или от внешней трехфазной сети 220 В 50 Гц. Мощность, потребляемая РЛС от сети 50 Гц, составляет 50 кВт, от сети 400 Гц – 25 кВт.

Элементная база станции содержит в своем составе как электровакуумные приборы с применением навесных элементов и объемного монтажа, так и твердотельные элементы – модули и микромодули в сочетании с монтажом на основе печатных плат.

2.3. Основные тактико-технические данные РЛС

2.3.1. Параметры зоны обнаружения

Как отмечалось в п.2.1, зона обнаружения РЛС П-37Р является многоканальной. Минимальный угол места в исходном положении составляет 20-30', с учетом наклона антенн может быть понижена до -4° . Максимальный угол места составляет соответственно 28° и $32,5^{\circ}$. При этом радиус мертвой воронки составляет $R_{\text{мв}} \approx 2$ Нц.

Верхняя граница беспровальной зоны обнаружения $H_{\text{макс}}$ (рис.2.1) равна:

по бомбардировщику ($\sigma_{\text{ц}} = 10 \text{ м}^2$) – 25 км,

по истребителю ($\sigma_{\text{ц}} = 1 \text{ м}^2$) – 18 км,

по крылатым ракетам ($\sigma_{\text{ц}} = 0,3-0,5 \text{ м}^2$) – 13 км.

Дальность обнаружения $D_{\text{макс}}$ целей на различных высотах приведена в табл.2.1.

Таблица 2.1.

Высота, м	Дальность обнаружения, км		
	бомбардировщик	истребитель	крылатая ракета
200	45	35	25
500	60	50	35
8000	200	170	130
12000	250	180	135
25000	250	-	-

Многоканальное построение зоны обнаружения РЛС позволяет ориентировочно определять угол места целей по номеру канала, в диаграмме направленности которой находится цель. Определение угла места может быть обеспечено путем поочередного включения приемных каналов на пульте дистанционного управления ПДУ-4М и нахождения номера канала, в котором присутствует эхо-сигнал.

Значения углов места целей в каналах в зависимости от дальности целей представлены в таблице 2.2.

Таблица 2.2

Номер канала	Угол места цели (град)		
	$D_{\text{ц}} = 200 \text{ км}$	$D_{\text{ц}} = 100 \text{ км}$	$D_{\text{ц}} = 50 \text{ км}$
1	0,4-2,6	0-3,1	0-5,4
2	2,4-4,6	1,7-5,3	1,4-5,6
3	4,4-6,5	3,8-7,1	3,5-7,3
4	6,3-8,4	6,6-9,1	5,8-9,5
5	-	12-20	12-28

Указанные в таблице диапазоны углов места цели справедливы лишь при нулевых углах наклона верхней и нижней антенны.

По измеренным дальности и углу места возможно ориентировочное измерение высоты целей, определение эшелона высот.

2.3.2. Дискретность выдачи информации определяется скоростью вращения антенны. При скорости вращения 6 об/мин и 3 об/мин дискретность выдачи информации составляет 10 с и 20 с соответственно.

2.3.3. Точностные характеристики

Причинами ошибок измерения координат могут быть:

а) ошибки за счет влияния собственных шумов. При этом оценивается потенциальная точность измерения координат – теоретический предел, которого можно добиться при полностью оптимальной обработке сигналов;

б) ошибки за счет факторов, определяющих обработку сигналов и съем информации конкретной РЛС как измерительного инструмента. Это инструментальные ошибки.

Из теории радиолокации известно, что при измерении дальности по пачке отраженных сигналов, содержащей N импульсов прямоугольной формы длительностью τ_n при отношении сигнал/шум q потенциальная точность определяется среднеквадратической ошибкой

$$\sigma_{D \min} = \frac{c\tau_n}{2q\sqrt{\pi N}} \quad (2.1)$$

Для РЛС П-37 $\tau_n=2,7\text{мкс}$, $N\approx 10$, тогда при $q = 5$ получим $\sigma_{D \min} = 15\text{м}$.

Потенциальная точность измерения азимута определяется формой диаграммы направленности антенны и отношением сигнал-шум. Приближенное выражение среднеквадратической ошибки измерения азимута для колокольной аппроксимации диаграммы направленности имеет вид

$$\sigma_{\beta \min} = 0,57 \frac{\Delta\beta_{0,5\rho}}{q\sqrt{N}} \quad (2.2.)$$

и при $\Delta\beta_{0,5\rho}=1^\circ$ значение $\sigma_{\beta \min} \approx 3'$.

Таким образом, потенциальная точность измерения координат РЛС П-37 высока.

Основной вклад в точностные характеристики РЛС вносят инструментальные погрешности. Составляющие инструментальных погрешностей вызваны влиянием разных факторов, как правило, статистически независимых. Поэтому среднеквадратическая ошибка измерения любой координаты X рассчитывается по формуле:

$$\sigma_x = \left(\sum_i \sigma_{xi}^2 \right)^{\frac{1}{2}} \quad (2.3.)$$

где σ_{xi} – составляющая ошибки за счет определенного фактора.

Инструментальные ошибки измерения дальности обусловлены следующими основными факторами:

а) влиянием неучтенных запаздываний при прохождении зондирующего и эхо-сигналов,

б) нестабильностью формирования масштабных отметок дальности,

в) ошибками оператора при визуальном съеме дальности.

Рассмотрим влияние каждого из этих факторов.

Запаздывание сигналов в трактах достаточного велико. Оно составляет 6-8 мкс или 0,9 – 1,2 км по дальности. Компенсация запаздывания осуществляется путем формирования упрежденного относительно нуля дистанции запуска приемо-передающей аппаратуры. Это упреждение учитывается с весьма малой систематической ошибкой $\sigma_{д1} = 15-20$ м, которую можно не учитывать.

Масштабные отметки дальности (10 и 50 км) формируются в РЛС П-37Р путем деления частоты колебаний кварцевого генератора, работающего на частоте 7,5 МГц и создающего опорные импульсы с периодом, соответствующим 20 м по дальности. За счет нестабильности кварцевого генератора эти ошибки имеют ничтожно малую величину.

Ошибки оператора при съеме дальности складываются из:

- ошибки в определении центра отметки на экране индикатора. При оптимальной фокусировке и яркости луча и наиболее крупном масштабе (100 км) эта ошибка может составлять $\sigma_{д2} = 75-100$ м;

- ошибки в интерполяции положения отметки относительно 10-км отметок дальности. При тех же условиях эти ошибки составляют $\sigma_{д3} = 330$ м,

- ошибки за счет запаздывания информации при конечном времени съема. При визуальном съеме время съема координат составляет 1-2 с, что приведет к ошибке в положении цели на момент съема. Оператор может производить отсчет с учетом движения цели, однако при этом возникают случайные погрешности, значения которых могут составлять $\sigma_{д4} \approx 300$ м.

С учетом изложенного суммарная среднеквадратическая ошибка измерения дальности по формуле (2.3) составит $\sigma_{д} \approx 430$ м.

Инструментальные ошибки измерения азимута обусловлены следующими факторами:

- а) неточностью ориентирования антенны,
- б) погрешностью синхронно-следающей системы вращения отклоняющих катушек индикаторов (ССП),
- в) погрешностью формирования масштабных отметок азимута,
- г) ошибками оператора при визуальном съеме азимута.

Погрешность ориентирования определяется неточностью определения ориентирных направлений, неточностью юстировки антенны и погрешностями теодолита. Можно принять значение этой ошибки $\sigma_{\beta1} = 4-5'$.

Погрешность СПП характеризуется ошибкой $\sigma_{\beta2} = 6'$.

Масштабные отметки азимута (5° и 30°) формируются в РЛС П-37Р из масштабных азимутальных импульсов с ценой деления (максимальной ошибкой) $5,27'$. Следовательно, среднеквадратическая ошибка формирования отметок азимута $\sigma_{\beta3} = 3'$.

Ошибки оператора при измерении азимута имеют те же составляющие, как и при измерении дальности. Следует отметить, что на малых дальностях вследствие схождения азимутальных отметок эти ошибки резко возрастают. Ниже приводятся значения ошибок на средних (более 100-120 км) дальностях.

Ошибка в определении центра отметки $\sigma_{\beta4} \approx 10'$.

Ошибка в интерполяции положения центра отметки относительно 5° отметок азимута $\sigma_{\beta 5} = 15'$.

Ошибка за счет запаздывания информации при конечном времени съема $\sigma_{\beta 5} = 15'$.

Тогда суммарная СКО измерения азимута, вычисленная по формуле (2.3) составит $\sigma_{\beta 1} \approx 25'$.

Из проведенного анализа следует, что при визуальном съеме координат основной вклад в погрешность измерений вносится оператором.

В формуляре РЛС точностные характеристики приведены в виде ошибок в 80% измерений. Они составляют:

дальности $\delta D_{80\%} = 500\text{м}$ на масштабе 100км,

азимута $\delta \beta_{80\%} = 0,5^\circ$ на дальностях более 100км.

В предположении нормального закона распределения ошибок связь ошибок в 80% измерений и СКО определяется выражением

$$\delta X_{80\%} = 1,28\sigma_x. \quad (2.4)$$

Тогда полученные при анализе СКО ошибки измерения дальности и азимута примерно соответствуют паспортным.

2.3.4. Разрешающая способность

Разрешающая способность по дальности тем выше, чем меньше длительность зондирующего импульса, крупнее масштаб индикатора и лучше качество фокусировки луча индикатора. При наилучших условиях разрешающая способность по дальности равна $\delta_d = 500$ м.

Разрешающая способность по азимуту тем выше, чем уже диаграмма направленности антенны, крупнее масштаб и лучше качество фокусировки луча и составляет $\delta_\beta = 1-1,5^\circ$. Разрешающая способность по азимуту резко ухудшается на малых дальностях, где имеет место схождение линий азимутальных отметок.

2.3.5. Помехозащищенность

РЛС П-37Р обладает достаточно высокой помехозащищенностью, что повышает возможности ее по боевому применению в сложной помеховой обстановке.

Защита от активных помех обеспечивается следующими мерами:

достаточно высоким энергетическим потенциалом (средняя мощность зондирующего сигнала составляет 0,7-0,8 кВт) и сосредоточением энергии в узких нижних лучах антенны;

использованием многоканальной многочастотной зоны обнаружения. Каждый из пяти приемо-передающих каналов работает на своей несущей частоте с достаточно большим разносом частот между каналами. Возможность дистанционного выключения приемо-передающих каналов, забитых помехой, и изменения наклона антенн в широких пределах позволяет заполнить

угломестную зону выключенного канала зоной другого канала и обеспечить проводку целей;

применением аппаратуры защиты от несинхронных помех, которая обеспечивает подавление помех, как в амплитудном, так и в когерентном режимах работы РЛС. Коэффициент подавления несинхронных помех в амплитудном канале равен 26 дБ, в когерентном – 20 дБ;

для защиты от короткоимпульсных и нестационарных шумовых помех - использованием схемы широкая полоса – ограничение - узкая полоса (ШОУ);

улучшению наблюдаемости сигналов на фоне протяженных по дальности помех способствуют схемы МАРУ и дифференцирования;

при наличии непреодолимых активных шумовых помех – применением устройства пеленгации постановщиков помех по азимуту.

От пассивных помех защита обеспечивается:

использованием когерентно-компенсационной аппаратуры СДЦ с двукратным череспериодным вычитанием на видеочастоте. Аппаратура установлена в каждом приемном канале с объединением сигналов каналов после череспериодного вычитания. В аппаратуре реализуется фазирование когерентного гетеродина зондирующим импульсом (режим эквивалентной внутренней когерентности) или помехой (режим внешней когерентности). Череспериодное вычитание осуществляется в цифровом устройстве (ЦСДЦ). Коэффициент подавления отражений от местных предметов не менее 35 дБ. В силу того, что дальность обнаружения в когерентном режиме в среднем меньше, чем в амплитудном, предусмотрено стробирование режимов работы приемных трактов по дистанции. В ближней зоне реализуется когерентный режим, в дальней – амплитудный режим. Плавное управление границей зон когерентного и амплитудного режимов осуществляется в пределах от 10 до 250 км с рабочего места оператора;

применением поляризационной селекции для защиты от метеорообразований в трех нижних угломестных каналах. Для этого в трех каналах нижней антенны реализуется режим круговой поляризации излучаемой электромагнитной энергии. Коэффициент подавления отражений от метеорообразований составляет 10-15 дБ.

2.3.6. Живучесть

Повышение живучести достигается инженерным оборудованием позиции, маскировкой, мерами по защите от самонаводящихся на излучение снарядов (СНС).

Для защиты от СНС используется аппаратура формирования специальных режимов работы. При этом реализуются следующие режимы:

мерцание (М) – циклическое включение и выключение излучения с циклом 10/10 с при скорости вращения антенны 6 об/мин и с циклом 20/20 с при скорости вращения 3 об/мин. Начало цикла может устанавливаться на любом азимуте;

секторный (С) – излучение в секторе с плавной регулировкой его величины в пределах $30-330^{\circ}$ и произвольной установкой его начала;

секторный с мерцанием (СМ) – сочетание режимов секторного и мерцания;

мерцание по запуску (ПОЗ) – при котором переключается частота повторения зондирующих импульсов (без выключения передатчика) с циклом 10/10 с, 20/20 с или через 2-3 с.

2.3.7. Мобильность

Мобильность определяется возможностями перебазирования РЛС на новую позицию, условиями транспортирования, временем развертывания (свертывания) и готовности к боевой работе.

При перебазировании РЛС автомобильным транспортом допустимая скорость транспортирования по шоссейным дорогам до 35 км/час, по бездорожью 7-10 км/час. При транспортировании железнодорожным транспортом необходимы 4 четырехосных платформы и один четырехосный вагон.

Время развертывания и свертывания РЛС подготовленным расчетом составляет 8 часов.

Время готовности к боевой работе на заранее подготовленной позиции, включая и время развертывания, составляет летом 24 часа, зимой 36 часов.

Время включения РЛС при прогретых агрегатах питания 5 мин, экстренного включения – 3,5 мин.

РЛС сохраняет работоспособность при следующих климатических условиях:

температура воздуха -40°C - $+50^{\circ}\text{C}$,

относительная влажность 95 % при температуре воздуха $+20^{\circ}\text{C}$,

скорость ветра до 25 м/с,

высота позиции над уровнем моря до 1000 м.

3. СТРУКТУРНАЯ СХЕМА РЛС

РЛС П-37Р является дальномером. Общие принципы построения РЛС аналогичны принципам построения других РЛС боевого режима.

Основными особенностями построения РЛС П-37Р являются:

а) многоканальное построение приемо-передающей аппаратуры, наличие пяти независимых каналов с объединением их сигналов перед подачей на индикаторы;

б) применение цифрового устройства череспериодного вычитания в системе СДЦ – цифровой СДЦ. Применение ЦСДЦ обеспечивает существенное повышение коэффициента подавления пассивных помех (35 дБ против 15-20 дБ в РЛС П-37М);

в) использование поляризационной селекции в трех нижних лучах зоны обнаружения для подавления отражений от метеообразований;

г) обеспечение возможности сопряжения с РЛС П-12НП, П-18 с совместным отображением информации на экранах ИКО РЛС П-37Р.

Рассмотрим принципы функционирования РЛС по структурной схеме, представленной на рис.3.1. Для более полного общего представления принципы функционирования РЛС будем рассматривать по трактам, характеризующим основные связи в аппаратуре.

РЛС включает в себя пять независимых радиолокационных каналов (каналы 1-5), идентичных по построению, синхронизированных по запуску и имеющих индексы Г, Ж, В, Б, Д соответственно номеру канала. Функционирование аппаратуры будем рассматривать на примере одного канала, подробно представленного на структурной схеме.

3.1. Тракт формирования и канализации зондирующих сигналов

Аппаратура передающего устройства размещена в шкафу передатчика ПС-4 машины N1 (ППК).

Мощные зондирующие радиоимпульсы формируются на фиксированной несущей частоте автогенератором на магнетроне МИ-29. При этом радиолокационные каналы работают на различных несущих частотах.

Импульсный режим работы магнетрона задается импульсным модулятором. Модулятор выполнен по классической схеме с резонансным зарядом накопителя в виде искусственной линии ИДЛ от высоковольтного выпрямителя ВВС-3 и полным разрядом ее (с приходом импульса запуска) через тиратронный коммутатор ТС и импульсный трансформатор. Импульсный трансформатор обеспечивает согласование волнового сопротивления ИДЛ с сопротивлением магнетрона и повышение амплитуды модулирующих импульсов, подаваемых на катод магнетрона.

Канализация зондирующего сигнала к облучателю антенны осуществляется по волноводному тракту, включающему в себя элемент сопряжения с магнетроном СМС, антенный переключатель АПС и отрезки жестких и гибких волноводов. Первые три канала подключаются к однорупорным облучателям

блока облучателей ОВН-АМ-1 нижней антенны, четвертый и пятый каналы – к облучателям блока облучателей ОВВ-АР верхней антенны.

Элемент сопряжения с магнетроном обеспечивает переход от коаксиального выхода магнетрона к волноводному тракту.

Антенный переключатель обеспечивает подключение антенны к передающему устройству на время зондирующего сигнала и к приемному устройству на остальной части периода следования. Антенный переключатель выполнен на отрезке волновода с разрядниками.

В блоке облучателей нижней антенны ОВН-АМ-1 реализовано формирование круговой поляризации электромагнитной энергии на передачу и прием. Достигается это применением поляризаторов в виде специальных волноводных скруток, делителей мощности и фазовращателей. Управление видами поляризации осуществляется дистанционно с блока управления поляризацией УП-01, расположенного в индикаторной машине.

Излучение энергии зондирующего сигнала в пространство осуществляется нижней и верхней антеннами, каждая из которых состоит из отражателя и блока облучателей. Изменение угла наклона антенны с индикацией устанавливаемых углов осуществляется механизмами качания МК-I и МК-II. Управление механизмами осуществляется дистанционно со шкафа дистанционного управления ДУС-4М и шкафа ИКО-2М индикаторной машины.

3.2. Тракт приема и обработки эхо-сигналов

Приемное устройство каждого канала выполнено по супергетеродинной схеме с однократным преобразованием частоты, автоматической подстройкой частоты местного гетеродина и обеспечивает работу с амплитудной и когерентной обработкой эхо-сигналов.

Принятые антенной сигналы по волноводному тракту проходят от облучателя через антенный переключатель АПС на вход приемного канала. Приемный канал включает в себя усилитель высокой частоты УВЧ, блок смесителя сигнала ВСС-1 и блок приемника ПРС-5М.

Принятые сигналы усиливаются в УВЧ, выполненном на ЛБВ. Волноводно-коаксиальный переход обеспечивает передачу сигналов от волновода на коаксиальный вход ЛБВ. Усиленные на высокой частоте сигналы поступают в блок смесителя сигналов ВСС-1, включающий в себя смеситель сигнала с преселектором и предварительный УПЧ. Смеситель с преселектором выполнен на отрезке волновода, в связи с чем необходим коаксиально-волноводный переход с выхода ЛБВ на преселектор.

Преселектор представляет собой полосовой фильтр на волноводном резонаторе и предназначен для обеспечения требуемой избирательности по зеркальному каналу.

В смесителе с помощью напряжения местного гетеродина (субблок СГ-01-01) осуществляется преобразование сигналов на промежуточную частоту. Смеситель выполнен на кристаллическом СВЧ диоде, помещенном в волновод.

Местный гетеродин – высокостабильный автогенератор, выполненный на СВЧ триоде с колебательной системой в виде коаксиальных резонаторов. Напряжение местного гетеродина подается через делитель мощности ДМ, обеспечивающий разделение напряжения на смеситель сигналов и смеситель АПЧ.

Предварительный УПЧ обеспечивает усиление сигналов и согласование выхода блока смесителя с входом блока приемника ПРС-5М.

Блок приемника включает в себя субблоки ШОУ, УПЧ-А, УПЧ-К1, АПЧ и местного гетеродина СГ-01-01.

Субблок ШОУ предназначен для защиты РЛС от импульсных помех малой длительности и включает в себя широкополосный УПЧ, ограничитель и узкополосный УПЧ. В субблоке реализована схема ВАРУ, обеспечивающая уменьшение усиления тракта в начале дистанции. Схема ВАРУ управляется импульсами запуска РЛС.

В субблоке УПЧ-А осуществляется основное усиление на промежуточной частоте, шумовая (ШАРУ) и мгновенная (МАРУ) автоматические регулировки усиления, амплитудное детектирование и выдача сигналов амплитудного канала ЭА на аппаратуру цифровой СДЦ в канал защиты от несинхронных помех. Кроме того, с субблока УПЧ-А сигналы на промежуточной частоте $f_{пч}$ выдаются на аппаратуру цифровой СДЦ на фазовые детекторы и в субблок УПЧ-К1.

Для исключения работы схемы ШАРУ в начале дистанции по интенсивным отражениям от местных предметов обеспечивается работа схемы в импульсном режиме с бланкированием ее в начале дистанции. Импульсный режим работы ШАРУ обеспечивается блоком формирования импульсов ШАРУ общим для всех пяти каналов.

Субблок УПЧ-К1 формирует опорное напряжение $f_{оп}$, используемое при фазовом детектировании. Это напряжение формируется когерентным гетеродином, работающим в двух режимах фазирования: фазирование зондирующим импульсом (эквивалентная внутренняя когерентность) и фазирование помехой (внешняя когерентность). Зондирующие импульсы для фазирования когерентного гетеродина подаются на промежуточной частоте с субблока АПЧ, а помеха $f_{пч}$ – с субблока УПЧ-А. Напряжение когерентного гетеродина $f_{оп}$ подается на аппаратуру цифровой СДЦ на фазовые детекторы.

В приемном устройстве осуществляется автоматическая подстройка частоты колебаний местного гетеродина под частоту зондирующего сигнала. Входными напряжениями системы АПЧ являются зондирующие импульсы, поступающие от антенного переключателя через направленный ответвитель, и колебания местного гетеродина, поступающие через делитель мощности. В смесителе АПЧ выделяется напряжение разностной частоты и в субблоке АПЧ с помощью частотного дискриминатора осуществляется сравнение разностной частоты с промежуточной и выработка управляющего напряжения, пропорциональное рассогласованию частот зондирующего сигнала и местного гетеродина. Это напряжение управляет механизмом перестройки местного гетеродина, который выполнен на шаговом двигателе. При этом

осуществляется механическая подстройка колебательной системы местного гетеродина.

Для повышения стабильности работы системы АПЧ в различных режимах запуска система АПЧ стробируется импульсом, поступающим с тиратронного блока ТС передающего устройства.

Аппаратура ЦСДЦ обеспечивает обработку сигналов амплитудного и когерентного режимов и объединение сигналов пяти приемных каналов амплитудного и когерентного режимов отдельно. Аппаратура размещена в шкафу ЦСДЦ 39КО2 и включает в себя пять блоков вычитания 39КМ01 по числу приемных каналов и блок объединения сигналов 39КМ02.

Сигналы амплитудного выхода приемника каждого канала ЭА подвергаются обработке в фильтре несинхронных помех блока 39КМ01 с целью подавления этого вида помех и поступают в блок объединения сигналов 39КМ02. В фильтре несинхронных помех вырабатывается также бланк НИП, подаваемый на устройство двукратного череспериодного вычитания для подавления НИП в когерентном канале.

Сигналы когерентного выхода приемника на промежуточной частоте $f_{пр}$ поступают на два квадратурных фазовых детектора, на вторые входы которых подается опорное напряжение $f_{оп}$ в квадратуре (со сдвигом по фазе на 90^0). Применение квадратурных каналов исключает влияние слепых фаз при обработке эхо-сигналов.

Сигналы с выходов фазовых детекторов подвергаются дискретизации по времени на 1024 дискреты в частом запуске и 2048 дискрет в редком с длительностью дискреты порядка 1мкс и амплитудному квантованию цифровым 7-разрядным двоичным кодом. Далее в цифровом устройстве обеспечивается двукратное череспериодное вычитание в каждом квадратурном канале, объединение квадратур и цифроаналоговое преобразование.

Для снижения влияния слепых скоростей в режиме редкого запуска РП используется шестипериодная вобуляция частоты повторения на 6 значений частот, в частом запуске – двухпериодная вобуляция на 2 частоты.

В блоке объединения сигналов 39КМ02 производится объединение сигналов пяти приемных каналов в амплитудные ЭА и когерентные ЭК сигналы отдельно. Кроме того, амплитудные сигналы пяти каналов объединяются в контрольный сигнал $\mathcal{E}_{контр}$, представляющий собой эхо-сигналы пяти амплитудных каналов с расстановкой их по дистанции.

С выхода блока 39КМ02 сигналы ЭА, ЭК и $\mathcal{E}_{контр}$ подаются в индикаторную машину на шкафы ДУС-4М и ИКО-2М. В этих шкафах сигналы поступают на блоки ЗР-3М для отображения на контрольных осциллографах и на блоки видеосигналов ВС-3М. Сигналы $\mathcal{E}_{контр}$ подаются только на шкаф ДУС-4М.

Сигналы ЭА и ЭК через коммутирующие цепи блоков ВС-3М поступают на блоки формирования комплексных сигналов и питания БП-300-2. В этих блоках амплитудные и когерентные сигналы объединяются в один комплексный сигнал ЭАК путем стробирования сигналов ЭА и ЭК по дистанции. В ближней зоне, в которой имеют место интенсивные отражения от местных предметов, выдаются сигналы когерентного канала ЭК, в дальней зоне

– амплитудного канала ЭА. Управление границей разделения зон когерентного и амплитудного каналов осуществляется независимо в индикаторах шкафов ДУС-4М и ИКО-2М в пределах 10-250 км в редком запуске и 10-130 км в частом.

Комплексные эхо-сигналы ЭАК с блоков БП-300-2 поступают на блоки ВС-3М и с цепей коммутирования и усиления этих блоков – на индикаторы – блоки ТИ-1М, для отображения.

Сигналы ЭАК шкафа ДУС-4М и сигналы ЭА подаются также на передающий шкаф радиотрансляционной линии РЛ-30-1М и по кабельным линиям – на индикаторы аппаратуры КП. Кроме того, сигналы амплитудного канала ЭА поступают в блок хронизации 39УФ02 на устройство объединения и коммутации сигналов. На это устройство поступают также эхо - сигналы от РЛС П-12НП (П-18) по каналу «эхо РЛС-2». В устройстве производится стробирование по дистанции и объединение эхо-сигналов РЛС-1 (П-37) и РЛС-2 (П-12НП или П-18) в один канал ЭИ-П. При этом в ближней зоне передаются эхо-сигналы РЛС-2, в дальней зоне – РЛС-1. Граница раздела сигналов этих двух РЛС регулируется в пределах от 20 до 250 км. Комплексный эхо-сигнал ЭИ-П подается на индикаторные шкафы ИКО-2М и ДУС-4М, передающий шкаф П-11-4 радиотрансляционной линии РЛ-30-1М и выносные индикаторы КП.

В РЛС П-37Р имеется возможность определения азимута одиночного постановщика активных помех всеми приемными каналами с использованием пеленгационной приставки П-1. Это устройство синхронизируется импульсами запуска и формирует импульсы подавления (понижения коэффициента усиления УПЧ) пилообразной формы, поступающие через токосъемник на все приемники ПРС-5М. Под воздействием импульсов подавления приемные устройства подзапираются, начиная с дистанции примерно 200 км, так чтобы через них могли проходить лишь мощные шумовые помехи по максимуму главного лепестка диаграммы направленности антенны. В результате на экране индикатора в направлении постановщика помех образуется засвет в виде стрелки (рис.2.3). По положению острия этой стрелки определяется направление на постановщик активных шумовых помех.

3.3 Тракт индикации, хронизации и формирования масштабных отметок

Индикаторная аппаратура РЛС включает в себя индикаторы кругового обзора (ИКО) шкафов ДУС-4М и ИКО-2М. Индикаторная аппаратура предназначена для визуального наблюдения за целями в зоне обнаружения РЛС и измерения их координат – азимута и наклонной дальности.

На экране ИКО формируется радиально-круговая развертка путем вращения развертки, формируемой в каждом периоде следования от импульса запуска до импульса конца дистанции, со скоростью вращения антенны. Для повышения точности измерения дальности и разрешающей способности используются также секторный и кольцевой режимы. Секторный режим заключается в смещении начала развертки от центра к краю экрана в любую

его точку. Это обеспечивает возможность просматривать большие дальности на укрупненном масштабе. Кольцевой режим заключается в задержке начала дистанции на время, кратное 10 км. В этом режиме развертка начинается в центре экрана, но не с нуля дистанции. При этом обеспечивается просмотр участка с меньшими пределами дальностей на укрупненном масштабе.

Отметки целей на экране индикатора наблюдаются в виде яркостных отметок (дужек). Измерение координат осуществляется путем интерполяции середины отметки от цели относительно масштабных отметок дальности и азимута.

Определение государственной принадлежности обнаруженных целей осуществляется на экранах ИКО по отметкам опознавания, получаемым от НРЗ.

В соответствии с задачами, выполняемыми ИКО, на них через тракт видеосигналов поступает эхо-сигналы, сигналы опознавания, пеленга, 10 и 50 км отметки дальности, 5^0 и 30^0 отметки азимута.

Синхронизация работы индикатора с приемо-передающей аппаратурой осуществляется с помощью импульсов запуска, формируемых в устройстве хронизации блока хронизации и специальных режимов 39УФ02. Устройство хронизации обеспечивает формирование синхроимпульсов в одном из режимов запуска: редкий Р1, РП или частый Ч, формируя необходимые последовательности синхроимпульсов, подаваемые на различные системы и устройства РЛС и сопрягаемые системы с соответствующими временными задержками. Частота повторения импульсов контролируется на индикаторном табло блока 39УФ02.

Предусмотрен режим внешней синхронизации от объекта АСУ. При пропадании внешнего запуска происходит автоматический переход на внутренний запуск РЛС. При сопряжении с другими РЛС на них подаются импульсы запуска РЛС от П-37Р.

Система синхронизации содержит опорный кварцевый генератор, работающий на частоте 7,4948 МГц. Последующим делением частоты и дешифрацией разрядов делителей формируются импульсы запуска с требуемыми временными расстановками и масштабные отметки дальности 10 и 50 км.

Вращение разверток на экранах ИКО обеспечивается вращением отклоняющих катушек электронно-лучевых трубок. Синхронное и синфазное вращение отклоняющих катушек с антеннами РЛС обеспечивается синхронно-следящей передачей (ССП).

ССП представляет собой систему автоматического регулирования вращения отклоняющих катушек ИКО относительно вращения ППК. Измерительным элементом системы является пара сельсин-датчик и сельсин-приемник. Сельсин-датчики расположены в блоке главных датчиков 39РД05М, их роторы вращаются со скоростью вращения ППК и запитываются напряжением частоты 50 Гц. Статорные обмотки сельсин-датчиков и сельсин-приемников электрически связаны между собой. Сельсин-приемники расположены в устройстве вращения отклоняющих катушек.

С целью повышения точности слежения за углом поворота антенны система ССП выполнена двухканальной, содержащей две сельсинные пары – грубого и точного отсчета с передаточным отношением вращения их осей относительно оси ППК 1:1 и 36:1 соответственно.

Синхронно-следающая передача вырабатывает управляющее напряжение, пропорциональное угловому рассогласованию между ППК и отклоняющими катушками ИКО. Это управляющее напряжение преобразуется и усиливается в блоках сервоусилителя УС шкафов ДУС-4М и ИКО-2М до величины, необходимой для привода серводвигателя. Последний поворачивает отклоняющую катушку ИКО на угол, соответствующий углу поворота ППК.

Для передачи вращения на ИКО «Пикет» аппаратуры КП через радиотрансляционную линию РЛ-30-1М в шкафу ССП установлены датчики грубого и точного отсчетов с передаточным отношением их осей 1:1 и 13:1 соответственно. Их роторы запитываются опорным напряжением частоты 43Гц, которое вырабатывается в передающем шкафу РТЛ П-11-4.

Передача вращения антенны НРЗ синхронно с антенной системой РЛС обеспечивается с помощью ССП, отличающейся от ССП РЛС напряжением запитки роторов сельсин-датчиков (частота 400 Гц вместо 50 Гц) и передаточным отношением роторов сельсинов точного и грубого отсчетов (23:1 вместо 36:1). В блоке главных датчиков 39РД05М имеется отдельная пара сельсин-датчиков ССП НРЗ 1Л22.

В шкафу ССП имеются электромеханические датчики отметок «Север» (одна отметка за оборот антенны) и масштабных азимутальных импульсов (МАИ) – 4096 отметок, за оборот антенны с ценой азимутального деления 5,27'. Из импульсов МАИ и «Север» в устройстве формирования отметок азимута и специальных режимов блока хронизации 39УФ02 формируются 5° и 30° отметки азимута. Формирование 5° отметок осуществляется дешифратором путем деления частоты следования МАИ на 57, а 30° отметки – делением 5° отметок на 6. Длительность отметок азимута равна периоду следования РЛС. Отметки азимута подаются на индикаторы кругового обзора РЛС, на передающий шкаф П-11-4 и на выносные индикаторы КП.

В этом же устройстве обеспечивается формирование специальных режимов работы РЛС для защиты от СНС. Режимы были перечислены в п.2.3. Снятие излучения осуществляется путем отключения запуска передающих устройств. При этом запуск индикаторной аппаратуры не выключается. На время снятия излучения осуществляется бланкирование приемной аппаратуры РЛС подачей на блок ПДУ-4М команды «Бланк 1».

Сигналы опознавания от НРЗ 1Л22 перед подачей на ИКО для отображения проходят через фильтр подавления НИП опознавания в блоке хронизации 39УФ02. С выхода фильтра сигналы опознавания поступают на ИКО РЛС, на передающий шкаф П-11-4 РЛ-30-1М и на выносные ИКО КП.

Для отображения на экранах индикаторов электронной карты, трасс полетов авиации, государственных границ, сетки ПВО и др. РЛС может сопрягаться с аппаратурой 14И6М. На шкаф 14И6М подаются импульсы

запуска, отметки дальности, МАИ и отметка «Север». Со шкафа 14И6М информация выдается на ИКО РЛС, шкаф П-11-4 и выносные ИКО КП.

3.4. Радиотрансляционная линия РЛ-30-1М

Радиотрансляционная линия служит для передачи изображения с ИКО РЛС П-37Р на ИКО КП, расположенных на удалении до 15 км от позиции РЛС. Это дает возможность оценивать на КП воздушную обстановку в зоне обнаружения РЛС, принимать решение на организацию боевых действий, обеспечивать штурманов наведения радиолокационной информацией и КП ЗРВ – целеуказанием для ЗРК.

В состав РТЛ входят передающий и приемный пункты с антеннами.

В состав передающего пункта входит шкаф П-11-4, размещенный в машине N2 и передающая антенна АТ-11-4, устанавливаемая на удалении 6-8 м от машины. Все сигналы, необходимые для передачи радиолокационного изображения (импульсы запуска, ССП, эхо-сигналы ЭА, ЭАК, ЭИ-П, сигналы опознавания, масштабные отметки дальности и азимута) подаются на передающий шкаф П-11-4. В нем сигналы преобразуются к виду, удобному для передачи и по двум высокочастотным каналам в дециметровом диапазоне волн с помощью передающей антенны излучаются на приемный пункт.

В состав приемного пункта входят:

- приемная антенна АР-11-4, располагающаяся на удалении до 90 м от КП;
- шкаф приемной аппаратуры В-11-4;
- шкаф разверток индикаторов СМ-М;
- индикаторы кругового обзора «Пикет» – до 4шт;
- агрегат питания АД-10-Т.

Принятые антенной высокочастотные сигналы радиолокационного изображения поступают в шкаф В-11-4, где они усиливаются, преобразуются к первоначальному виду и подаются на индикаторы для отображения. Для создания радиально-круговой развертки на экранах индикаторов используется шкаф СМ-М, на который поступают импульсы запуска, импульсы конца дистанции и напряжение ССП.

4. ПЕРЕДАЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО

4.1. Назначение и общая характеристика передающего устройства

Передающее устройство предназначено для генерирования мощных СВЧ зондирующих радиоимпульсов на рабочих частотах РЛС.

В состав РЛС входят пять идентичных передатчиков сантиметрового диапазона волн, отличающихся друг от друга частотой генерируемых колебаний и имеют буквенные индексы в соответствии с номером канала Г, Ж, В, Б, Д. При этом частота колебаний наивысшая для канала Б и наименьшая для канала Ж.

Технические характеристики передающего устройства приведены в п.2.2.

Передающее устройство выполнено по однокаскадной схеме, представляет собой мощный магнетронный автогенератор. Достоинством такой схемы по сравнению с многокаскадной (маломощный возбудитель-усилитель мощности) является простота построения передающего устройства. Однако недостатком ее является некогерентность последовательности зондирующих радиоимпульсов и недостаточная стабильность их несущей частоты, что приводит к снижению эффективности аппаратуры защиты от пассивных помех.

Формирование зондирующих импульсов происходит одновременно всеми передатчиками при подаче импульса запуска от аппаратуры хронизации, расположенной в индикаторной машине.

Импульсный режим работы магнетронного генератора обеспечивается модулятором, собранным по схеме с полным разрядом накопителя в виде искусственной линии и резонансным его зарядом от источника постоянного напряжения.

Применение накопителя энергии обеспечивает значительное повышение КПД передатчика и снижение высоковольтного напряжения, которым запитывается передатчик.

Накопитель в течение периода следования накапливает энергию постоянного тока и с приходом импульса запуска быстро разряжается, отдавая энергию на магнетрон в виде короткого прямоугольного импульса.

Разряд накопителя осуществляется через коммутатор. В качестве коммутатора целесообразно использовать тиратрон, имеющий малое внутреннее сопротивление и, следовательно, обеспечивающий малые потери энергии модулирующего импульса. Тиратрон может открываться (т.е. возникает ионизация в нем) положительными импульсами на его сетке. Но закрываться по сетке он не может. Ионизация прекратится в случае, если на аноде тиратрона напряжение уменьшится до нуля, т.е. когда осуществится полный разряд накопителя.

Емкостный накопитель неприменим, т.к. разряд его осуществляется по экспоненциальному закону и модулирующий импульс не будет прямоугольным. В качестве накопителя целесообразно использовать длинную линию. Рассмотрим процессы заряда и разряда длинной линии.

Если отрезок разомкнутой на конце длинной линии длиной l подключить к источнику постоянного напряжения E_n , то произойдет ее заряд (заряд распределенной емкости отрезка) и вдоль линии установится напряжение E_n (рис 4.1а). При подключении к отрезку сопротивления R_n , равного волновому сопротивлению линии ρ_n в начале отрезка устанавливается напряжение, равное $\frac{E_n}{2}$, и волна разряда распространяется вдоль отрезка, снимая с линии напряжение $\frac{E_n}{2}$ (рис. 4.1б). Эта волна, отражаясь от конца отрезка, снимает вторую часть напряжения $\frac{E_n}{2}$. Отраженная волна, дойдя до начала линии, полностью разряжает ее. Таким образом, на нагрузке R_n присутствует напряжение $\frac{E_n}{2}$ в течение времени прохождения волны по отрезку в одну и другую сторону, т.е. имеет место прямоугольный импульс длительностью $\tau_n = \frac{2l}{c}$.

Однако применение реальной длинной линии привело бы к большим габаритам передатчика, т.к. для длительности импульса 1мкс потребовался бы отрезок высоковольтной линии $l=150$ м. Поэтому используется искусственная длинная линия (ИДЛ), представляющая собой набор ячеек из сосредоточенных элементов L и C . Длительность импульса, формируемого ИДЛ, равна

$$\tau_n = 2n\sqrt{L_l C_l},$$

где n – число ячеек линии, L_l, C_l – индуктивность и емкость каждой ячейки.

Для формирования импульса длительностью 2,7 мкс (в режимах редкого запуска) необходимо 8 ячеек, а 1,7 мкс (при частом запуске) – 5 ячеек. При переходе с одного на другой вид запуска осуществляется коммутация числа ячеек.

Рассмотрим схему импульсного модулятора с полным разрядом накопителя в виде ИДЛ (рис. 4.2). Основными элементами схемы являются зарядный дроссель $L_{др}$, фиксирующий диод $D_{фикс}$, ИДЛ, импульсный трансформатор и тиратронный коммутатор VL1.

В промежутках между импульсами запуска осуществляется сравнительно медленный заряд ИДЛ от высоковольтного выпрямителя по цепи: $L_{др} - D_{фикс} -$ ИДЛ – первичная обмотка импульсного трансформатора – корпус. Зарядный дроссель с емкостями линии C_l образует последовательный колебательный контур, поэтому заряд линии имеет резонансный характер. На рис. 4.3 б, в показаны графики напряжения и тока линии. В момент времени $\frac{T_0}{2}$, где T_0 – период собственных колебаний контура, напряжение на линии почти вдвое превышает значение $E_{ВВВ}$, а ток в линии равен нулю. Далее напряжение на линии уменьшается и изменяется полярность тока (пунктирные линии на графиках). Чтобы зафиксировать максимальное напряжение на линии, установлен фиксирующий диод $D_{фикс}$, прекращающий резонансный процесс

заряда. Это максимальное напряжение удерживается на линии до прихода импульса запуска.

С приходом импульса запуска на сетку тиратрона (рис. 4.3а) он открывается и осуществляется быстрый разряд линии по цепи: + ИДЛ, анод-катод тиратрона, первичная обмотка импульсного трансформатора, - ИДЛ. На линии напряжение скачком уменьшается до $\frac{U_{л}}{2}$ и остается неизменным в течение $\tau_{и}$. В результате на вторичной обмотке импульсного трансформатора выделяется прямоугольный импульс отрицательной полярности (рис. 4.3г) и подается на катод магнетрона VL2.

Аппаратура передающих устройств размещена в приемо-передающей кабине РЛС. Каждое из передающих устройств расположено в шкафу ПС-4. Дистанционное управление передатчиками производится с панели дистанционного управления (ПДУ-4М) шкафа ДУС-4М в индикаторной машине, местное управление – со шкафа ШУ-6 в приемо-передающей кабине.

Передающее устройство обеспечивает формирование зондирующих импульсов во всех режимах запуска РЛС – редком РІ и РІІ и частом Ч. При автономном включении (со шкафа ШУ-6), запуск передатчиков осуществляется от блока регулировки и стабилизации РС, расположенного в шкафу ШУ-6. При этом возможны два варианта частоты повторения: «Редкий» с частотой повторения 400 Гц и «Частый» с частотой повторения 800 Гц.

Питание каждого передатчика обеспечивается двумя напряжениями: 220В 50Гц и 220В 400Гц. Мощность, потребляемая каждым передатчиком по цепи 50Гц равна 400ВА по цепи 400Гц – 3кВА. По условиям эксплуатации номинальное значение токов магнетронов должно составлять 55-60мА. В режиме запуска РІІ токи магнетронов должны быть на 5-7мА меньше.

Предусмотрена возможность запрета работы передатчиков в специальных режимах защиты от самонаводящихся на излучение снарядов путем отключения импульсов запуска передатчиков. Одновременно на время снятия излучения фиксируется минимальное напряжение на искусственной линии подачей сигнала «Бланк» на блок РС.

Передатчики охвачены цепями управления, контроля, защиты и сигнализации. С панели дистанционного управления ПДУ-4М индикаторной машины осуществляется дистанционное управление и контроль работы каждого передатчика: включение, экстренное включение, повторное включение в случае нестойкой аварии, регулировка среднего тока магнетронного генератора, выключение.

Все пять передатчиков связаны с блоком нагрузки БН, который предназначен для рассеивания энергии, запасенной в магнитном поле зарядных дросселей.

4.2. Структурная схема передающего устройства

Принцип работы передающего устройства рассмотрим на примере одного передатчика.

Структурная схема передающего устройства одного канала представлена на рис.4.4.

Передатчик включает в себя следующие основные элементы:

блок высоковольтного выпрямителя ВВС (У3),
тиратронный блок ТС (У1),
искусственную длинную линию Д-М (У2),
высоковольтный вакуумный выключатель ВВ-20,
импульсный трансформатор (У5),
магнетронный генератор (У4),
корректирующую цепь.

В блоке высоковольтного выпрямителя ВВС размещены собственно высоковольтный выпрямитель и элементы модулятора: зарядный дроссель и фиксирующие диоды. На высоковольтный выпрямитель подается трехфазное напряжение 220 В 400 Гц. Выпрямитель вырабатывает постоянное напряжение положительной полярности 6-7кВ.

Как отмечалось ранее, ИДЛ заряжается до напряжения, почти вдвое большего, чем напряжение высоковольтного выпрямителя. Этим обеспечивается максимально возможная амплитуда модулирующего импульса, а, следовательно, максимальная генерируемая магнетроном мощность. Однако напряжение на ИДЛ может изменяться при изменении режима запуска, длительности импульса, а также при колебаниях питающей сети, напряжения на выходе высоковольтного выпрямителя и по другим причинам. Эти факторы вызывают флюктуации амплитуды модулирующих импульсов, что в свою очередь приводит к частотным и фазовым флюктуациям генерируемых радиоимпульсов. Это негативно сказывается на работе системы СДЦ. Кроме того, в процессе боевой работы и при настройке передающего устройства необходимо регулировать амплитуду модулирующего импульса с целью установки требуемого значения тока магнетрона.

Поэтому необходима, с одной стороны, стабилизация амплитуды модулирующего импульса, с другой – регулировка его амплитуды. Это достигается применением управляемого ключа-тиристора, который управляется диодно-регенеративным компаратором. Ключ-тиристор управляет напряжением на ИДЛ путем прерывания колебательного процесса его заряда в необходимый момент времени. Производится это следующим образом.

Зарядный дроссель имеет дополнительную обмотку (рис.4.5), напряжение с которой (напряжение обратной связи) сравнивается в диодно-регенеративном компараторе с опорным напряжением, поступающим с блока регулировки и стабилизации РС. При достижении напряжением обратной связи значения опорного напряжения диодно-регенеративный компаратор вырабатывает импульс, подаваемый на управляющий электрод тиристора. Тиристор открывается и подключает к дополнительной обмотке зарядного дросселя резистор R блока нагрузок БН (рис.4.5). Колебательный процесс зарядной цепи срывается, т.к. зарядная индуктивность оказывается зашунтированной цепью с малым сопротивлением (сопротивление резистора блока равно $R \approx 2 \text{ Ом}$), ток

через фиксирующие диоды спадает до нуля и последние запираются, фиксируя напряжение на ИДЛ.

Процесс управления показан на временных графиках рис. 4.6. При отсутствии управления заряд ИДЛ (рис. 4.6б) осуществлялся бы по пунктирной линии и ток заряда изменялся бы по пунктирной линии (рис. 4.6 в). Когда напряжение в диодно-регенеративном компараторе $U_{\text{компар.}}$ (рис. 4.6 г) сравнивается с $U_{\text{оп}}$, дальнейший заряд прекращается и на ИДЛ фиксируется напряжение, соответствующее моменту срабатывания тиристора t_0 .

Таким образом, наличие управляемого тиристора в цепи заряда ИДЛ позволяет:

регулировать значение среднего тока магнетрона при дистанционном управлении с индикаторной машины или местном – со шкафа ШУ-6,

стабилизировать значение среднего тока магнетрона при изменении напряжения питающей сети или нагрузки,

осуществлять программное изменение уровня заряда ИДЛ при изменении режимов запуска РЛС.

С помощью высоковольтного вакуумного выключателя ВВ-20 обеспечивается переключение числа ячеек ИДЛ при переходе из режима редкого на частый запуск. В редком запуске подключается 8 ячеек линии, в частом – 5.

Запуск модуляторов при боевой работе осуществляется импульсами запуска Зап.І с блока хронизации 39УФ02 индикаторной машины, а при местном включении приемо-передающей аппаратуры – импульсами автономного запуска с блока управления РС (рис.4.6.а). Местное включение передатчиков используется только для проверки и регулировки аппаратуры.

Импульсы запуска усиливаются в усилителе запуска до амплитуды 200-300 В и подаются в качестве импульсов поджига на сетку коммутирующего тиратрона. Усилитель включает в себя каскад усилителя, ждущий блокинг-генератор и выходной катодный повторитель. Импульсы поджига вызывают ионизацию газа в тиратроне, т.е. его открывание.

Через малое внутреннее сопротивление открытого тиратрона происходит быстрый разряд линии через первичную обмотку импульсного трансформатора, на вторичной обмотке которого формируется короткий импульс амплитудой 26-30 кВ.

Импульсный трансформатор обеспечивает согласование внутреннего сопротивления магнетрона $R_{\text{магн.}} = 450 \text{ Ом}$ с волновым сопротивлением искусственной линии $\rho_{\text{л}} = 25 \text{ Ом}$ и повышение амплитуды модулирующего импульса, подаваемого на катод магнетрона. Исходя из известного выражения для соотношения величин трансформируемых сопротивлений

$$\rho_{\text{л}} = \frac{R_{\text{магн}}}{n^2}$$

получим, что коэффициент трансформации импульсного трансформатора n равен

$$n = \sqrt{\frac{R_{\text{магн}}}{\rho_{\text{л}}}} = \sqrt{\frac{450}{25}} = 4,25$$

Подключенная параллельно первичной обмотке импульсного трансформатора РС корректирующая цепь улучшает форму модулирующего импульса путем сглаживания выброса на переднем фронте модулирующего импульса.

Магнетронный генератор обеспечивает генерирование мощных радиоимпульсов, которые передаются через коаксиальный выход магнетрона по волноводному тракту в антенное устройство. Магнетронный генератор состоит из магнетрона МИ-29 и магнитной системы. В зависимости от генерируемой частоты магнетроны имеют следующие литеры: 1 канал – МИ-29Г, 2 канал – МИ-29Ж, 3 канал – МИ-29В, 4 канал – МИ-29Б и 5 канал – МИ-29Д. Напряжения накала магнетрона переменное 12,6 В 50 Гц, амплитуда импульса анодного тока 70 А. Вывод СВЧ энергии магнетрона коаксиальный.

Магнетрон – СВЧ генераторный прибор, в котором взаимодействие электронного потока с электромагнитной волной происходит во взаимно перпендикулярных постоянных электрическом и магнитном полях.

Конструкция магнетрона показана на рис. 4.7. Он имеет цилиндрический катод в центре и кольцевой анод, совмещенный с резонансной (замедляющей) системой. Катод излучает электроны всей цилиндрической поверхностью, то есть это прибор с замкнутым электронным потоком. Вывод энергии осуществляется с одного из резонаторов резонансной системы. В целях безопасности эксплуатации анод магнетрона заземлен, а на катод подается питающее напряжение в виде модулирующего импульса отрицательной полярности амплитудой 26-30 кВ. Этим создается электрическое поле, вектор которого E направлен от анода к катоду. Магнитное поле H создается постоянным магнитом, между полюсами которого размещен магнетрон. В результате действия этих полей траектория движения электронов имеет вид циклоид.

Вдоль резонансной (замедляющей) системы распространяется электромагнитная волна с фазовой скоростью $V_{\text{ф}}$, соизмеримой со скоростью движения электронов.

При движении электронов от катода к аноду осуществляется их взаимодействие с волной, в результате которого происходит их группировка в сгустки в тормозящей фазе волны. При движении к аноду электроны в сгустках теряют потенциальную энергию, отдавая ее волне, в результате которого происходит ее усиление. Эти электроны называются благоприятными. Сгустки вращаются вместе с тормозящей фазой поля электромагнитной волны, образуя спицы пространственного заряда, показанные на рис.4.7.

Некоторая часть электронов попадает в ускоряющую фазу волны, отбирая ее энергию. Они по укороченным циклоидам возвращаются на катод, образуя электронное облако вокруг него. Это неблагоприятные электроны. Они бомбардируют катод, разогревая его. Поэтому при включении анодного питания магнетрона необходимости в накале нет и питание цепи накала отключается.

Режим работы магнетрона достаточно полно характеризуется рабочими характеристиками, которые показаны на рис. 4.8. Рабочие характеристики приводятся в формуляре на магнетрон и характеризуют зависимость анодного напряжения E_a от анодного тока I_a при различных напряженностях магнитного поля (в эрстедах). На рабочих характеристиках наносятся кривые энергетических параметров магнетрона (генерируемой мощности и КПД). Рабочие характеристики позволяют по значениям анодного тока и напряжения определить энергетические параметры магнетрона и наоборот, по требуемым энергетическим параметрам установить значения анодного тока и напряжения.

Магнитная система состоит из двух подковообразных магнитов, в воздушном зазоре, между которыми помещается магнетрон. Напряженность магнитного поля 2500 эрстед.

Охлаждение магнетрона воздушное принудительное.

4.3. Принципы управления током магнетронов

Контроль работоспособности и правильность функционирования магнетронов оценивается по величине среднего значения их анодного тока. Контроль токов магнетронов осуществляется дистанционно в процессе боевой работы с помощью миллиамперметров на панели ПДУ-4М или местно при настройке и регламентном обслуживании передающих устройств с помощью миллиамперметров на передней панели шкафов ПС-4. Приборы включены в цепь вторичных обмоток импульсных трансформаторов и измеряют среднее значение анодного тока магнетронов. Номинальное значение токов составляет 55-60мА.

Управление током магнетронов осуществляется с помощью блока регулировки и стабилизации РС, расположенного в шкафу управления ШУ-6 ППК. Блок РС предназначен для регулировки и стабилизации токов магнетронов при изменении напряжения питающей сети и тока нагрузки, а также для осуществления программного переключения передающей аппаратуры при переходе из редкого запуска в частый и наоборот.

Блок РС (рис.4.9) включает в себя следующие основные функциональные узлы:

- стабилизированный дистанционно регулируемый выпрямитель опорного напряжения $U_{оп}$,
- выпрямитель напряжения обратной связи $U_{ос}$,
- устройство управления величиной опорного напряжения,
- устройство программного переключения передающей аппаратуры (группа реле, не показанная на рис. 4.9),
- схема формирования импульсов запуска.

Рассмотрим принципы регулировки тока магнетрона одного передающего канала по схеме рис. 4.9.

Выпрямитель обратной связи включен последовательно с дополнительной обмоткой зарядного дросселя шкафа ПС-4. При этом напряжение выпрямителя обратной связи -160 В складывается с напряжением обратной связи,

создаваемым на дополнительной обмотке зарядного дросселя. Это напряжение (U_{oc} на рис. 4.6 г) сравнивается в диодно-регенеративном компараторе с отрицательным опорным напряжением $U_{оп}$, регулируемым реостатом R11. При $U_{oc} = U_{оп}$ вырабатывается импульс в диодно-регенеративном компараторе. Этим импульсом открывается тиристор Д8 и к дополнительной обмотке зарядного дросселя подключается резистор блока БН, что приводит к срыву колебательного заряда искусственной линии. Энергия, запасенная в магнитном поле зарядного дросселя за время $T_{п} - t_0$, рассеивается в резисторе блока БН.

Устройство управления опорным напряжением представляет собой реверсивный электродвигатель, с помощью которого осуществляется механическое управление движком реостата R11. Изменение направления вращения электродвигателя осуществляется дистанционно изменением полярности питающего напряжения – 27 В или + 27 В. Управление осуществляется переключателем «Ток магнетрона больше-меньше» либо с пульта ПДУ-4М в положении переключателя В1 на шкафу ШУ-6 «Дист.», либо со шкафа ШУ-6 в положении переключателя В1 «Местн».

Программное переключение передающей аппаратуры производится при изменении режима запуска, а также при включении специальных режимов защиты от самонаводящихся снарядов С, М или СМ.

При включении одного из специальных режимов на блок РС подается напряжение «Бланк», с помощью которого в цепь делителя опорного напряжения R11, R12 последовательно подключается дополнительный резистор. Это приводит к уменьшению опорного напряжения и, как следствие, к снижению высокого напряжения на искусственной линии до минимального значения, при котором магнетрон не формирует зондирующий сигнал.

При переключении передающей аппаратуры с режима редкого запуска на частый и наоборот в блоке РС обеспечивается следующий алгоритм последовательности операций:

- понижение опорного напряжения до минимального значения,
- отключение запуска от шкафов ПС-4,
- снятие напряжения питания 400 Гц со шкафов передатчиков,
- срабатывание переключателя ВВ-20 с целью коммутации числа ячеек искусственной линии,
- подключение импульсов запуска к шкафам ПС-4,
- включение напряжения 400 Гц на шкафах ПС-4,
- повышение опорного напряжения до установленного значения.

Схема формирования импульсов запуска выполнена на тиристорных генераторах и формирует импульсы запуска «редкий» с частотой 400 Гц и «частый» с частотой повторения 800 Гц. Переход на внутренний запуск осуществляется установкой переключателя В1 на шкафу управления ШУ-6 в положение «Местн». При этом на реле Р13 подается напряжение –27 В, реле срабатывает и своими контактами подключает схему внутреннего запуска.

4.4. Принципиальная схема передающего устройства (шкаф ПС-4)

Принципиальная схема передающего устройства представлена на рис. 4.10. На схеме показаны основные элементы передатчика: блок ВВС (узел У3), блок ТС (узел У1), искусственная длинная линия (узел У2), импульсный трансформатор (узел У5), магнетронный генератор (узел У4), а также цепи включения передатчика, контроля и сигнализации.

На шкаф подаются трехфазные питающие напряжения 220 В 50 Гц и 220 В 400 Гц от распределительного устройства РУ через плату П2. Напряжение 50 Гц используется для питания цепей накала и вентилятора обдува магнетрона, 400 Гц – для питания высоковольтного выпрямителя.

Напряжение 50 Гц подается на контактор Р4 при включении накала местно со шкафа ШУ-6 либо дистанционно с панели ПДУ-4М при включенном тумблере В1 «Шкаф ПС-4» на щитке управления шкафа. При этом запитывается обмотка контактора Р4 через резистор R6 и нормально замкнутые контакты 3-4 реле Р5. Через контакты 1-6 напряжение 50 Гц подается:

3 фазы через предохранители Пр1 – Пр3 на вентилятор шкафа (плата Ш2),
3 фазы на приемник ПРС-5М (контакты 1, 3, 5 платы Ш1),
фазы А и В через предохранитель Пр4 на анодно-накальный трансформатор Тр2 блока ТС.

Со вторичной обмотки 9-11 трансформатора снимается напряжение ~12,6 В накала магнетрона, с обмотки 14-15 – напряжение ~ 6,3 В накала ламп блока ТС, а в цепи обмотки 12-13 установлен выпрямитель питания анодных цепей ламп блока ТС. Выпрямитель выполнен по мостовой схеме на диодах Д1-Д4 и формирует напряжение +300В. Напряжение ~ 12,6 В подается на накал магнетрона через параллельно включенные контакты 21-22 анодного контактора Р6 и контакты 4-5 реле Р3. Лампа Л2 «Накал магнетрона» сигнализирует об исправности цепи накала.

Контактами 23-24 контактора Р4 подготавливается цепь включения реле Р8.

Включение напряжения 400 Гц для питания высоковольтного выпрямителя осуществляется контактором Р6 через 5 мин (либо 3,5 мин при экстренном включении) после срабатывания реле времени шкафа ШУ-6. Время задержки необходимо для прогрева катодов магнетрона и тиратрона перед включением высокого напряжения. При включении анодного напряжения с пульта ПДУ-4М или шкафа ШУ-6 подается питание на реле Р8, замыкаются его контакты 4-5. Через контакты 4-5 реле Р8 и 3-4 реле Р7 и резистор R8 запитывается обмотка контактора Р6. Через его контакты 1-6 и предохранители Пр7-Пр9 напряжение 220 В 400 Гц подается на трехфазный автотрансформатор Тр1, обеспечивающий регулировку напряжения в пределах $\pm 5\%$ путем перекоммутации контактов плат П4-П6. Лампа Л3 «Анод» сигнализирует о наличии напряжения 400 Гц.

Контакты 21-22 размыкают цепь накала магнетрона, однако накал остается включенным параллельно подключенными контактами реле Р3, которое полностью отключает накал при достижении номинального значения тока высоковольтного выпрямителя.

Наличие двух параллельных цепей выключения накала магнетрона связано с особенностью работы передатчика в спецрежимах защиты РЛС от самонаводящихся снарядов. В этих режимах запрет излучения обеспечивается снятием запуска передатчика без снятия напряжения 400 Гц с высоковольтного выпрямителя. При снятии запуска разряда ИДЛ не осуществляется, анодное напряжение магнетрона отсутствует, следовательно, должен быть включен накал магнетрона, а контактором Р6 накал выключен. В то же время ток высоковольтного выпрямителя близок к нулю, т.к. заряд линии не производится. Реле Р3 обесточено и нормально замкнутыми контактами включает накал магнетрона.

Напряжение 400 Гц с автотрансформатора Тр1 подается на узел У3 на трехфазный трансформатор Т_р1 высоковольтного выпрямителя, собранного на диодах Д1-Д6 по схеме Ларионова. Конденсатор С5 – фильтр выпрямителя.

Выпрямитель обеспечивает заряд ИДЛ через зарядный дроссель Др1 фиксирующие диоды Д7, Д8. ИДЛ (узел У2) включает в себя 8 ячеек ЛС. Коммутация числа ячеек осуществляется высоковольтным вакуумным выключателем ВВ-20 (Р1). В режимах редкого запуска Р1а включено, высоковольтные контакты Р1б замкнуты и включены все ячейки. При частом запуске обесточивается Р1а, контакты Р1б размыкаются, отключая 3 ячейки линии.

На выходе ИДЛ установлена корректирующая цепь R1, С3, подключенная параллельно первичной обмотке импульсного трансформатора. Принцип ее работы заключается в следующем. В начале модулирующего импульса внутреннее сопротивление невозбужденного магнетрона велико, линия не согласована с нагрузкой и возникает выброс на передней части импульса (рис. 4.11). Сопротивление R1 корректирующей цепи выбрано так, чтобы обеспечить согласование, следовательно, в начале импульса ИДЛ нагружена на согласованную нагрузку и выброса не будет. В последующем сопротивление магнетрона становится согласованным, а ток через корректирующую цепь после заряда конденсатора С3 прекращается.

Импульсный трансформатор (узел У5) имеет две вторичные обмотки. Применение двух обмоток обеспечивает выравнивание потенциалов концов нити накала магнетрона, чем исключается необходимость в высоковольтной изоляции нити. Конденсатор С2 выравнивает потенциалы нити накала по высокой частоте. Конденсаторы С1, С3 обеспечивают цепь протекания высокочастотной составляющей тока вторичных обмоток.

Разряд ИДЛ осуществляется с приходом импульса запуска, поступающего на вход блока ТС (узел У1). Блок ТС включает в себя усилитель запуска, коммутирующий тиратрон, диодно-регенеративный компаратор и управляемый ключ-тиристор Д8.

Усилитель запуска состоит из ждущего блокинг-генератора Л1б с лампой запуска Л1а и катодный повторитель Л2. В исходном состоянии Л1а и Л1б закрыты положительным напряжением на катодах, создаваемым делителями R4, R5 и R8, R9 с блокировочными емкостями С3, С5. Дополнительное

запирание Л1а на время заряда ИДЛ осуществляется напряжением обратной связи с помощью цепи С17, R20, R21, Д9.

Положительным импульсом запуска открывается лампа Л1а и обеспечивается формирование импульса поджига тиратрона, который с обмотки 5-6 трансформатора Тр1 поступает на сетку катодного повторителя Л2, являющегося усилителем мощности. С нагрузки катодного повторителя R10, R11 положительный импульс амплитудой 200-300В поступает на сетку тиратрона.

Этим импульсом осуществляется поджиг тиратрона. В процессе ионизации газа тиратрона в сеточной цепи возникает кратковременный импульс тока (сотые доли мкс) большой величины, который может быть опасным для предыдущей цепи. С целью ослабления влияния этого импульса на входе тиратрона установлен фильтр L1, С7, С8, С9, С10. Действие фильтра поясняется графиками рис 4.12. Импульс поджига длительностью несколько мкс имеет сравнительно узкий спектр $\Delta F_1 = \frac{1}{\tau_{\text{подж}}}$, а спектр импульса броска

тока $\Delta F_2 = \frac{1}{\tau_{\text{сет}}}$ - в десятки раз более широкий. Полоса фильтра $\Delta F_{\text{фил}}$ выбрана оптимальной для спектра импульса поджига и значительно ослабляет импульс сеточного тока.

Через открытый тиратрон осуществляется быстрый разряд ИДЛ. Этот разряд сопровождается быстрым нарастанием тока в тиратроне, что может быть опасными для тиратрона. Для ее ограничения в анодную цепь тиратрона включен дроссель L2.

Импульс поджига с выхода блокинг-генератора через резистор R19 поступает на выход блока (гнездо ШЗ «Запуск от ТС») и далее на систему АПЧ приемника.

Диодно-регенеративный компаратор включает в себя схему сравнения, выполненную на диодах Д5, Д6 и блокинг-генератор, выполненный на параллельно включенных транзисторах Т1, Т2. Питание блокинг-генератора осуществляется напряжением – 27В через фильтр R1, R2, С1. На катод диода Д5 поступает опорное напряжение отрицательной полярности, а диода Д6 – напряжение обратной связи $U_{\text{ос}}$, представляющее собой сумму напряжения на дополнительной обмотке зарядного дросселя и напряжения выпрямителя обратной связи в блоке РС (см. график рис. 4.6г).

При заряде линии напряжение обратной связи больше опорного напряжения, диод Д5 открыт, а диод Д6 закрыт и ток через обмотку 2-3 трансформатора Тр3 не протекает, блокинг-генератор не работает. Когда напряжение обратной связи сравняется с опорным, откроется диод Д6. Через обмотку 2-3 трансформатора Тр3 протекает ток, диод Д5 закрывается, блокинг-генератор включается и формирует импульс длительностью 8 мкс, который с обмотки 5-6 Тр3 через резистор R18 подается на управляющий электрод тиристора Д8. Тиристор открывается, замыкая цепь дополнительной обмотки зарядного дросселя на резистор блока БН (контакты 8-9 платы П1). Диод Д7

исключает влияние случайных отрицательных напряжений на работу тиристора.

Рассмотрим цепи защиты и сигнализации передающего устройства.

При увеличении тока в зарядном дросселе сверх нормального, которое может быть при длительных искрениях и пробоях магнетрона, срабатывает реле максимального тока Р2 (обмотка I). При этом замыкаются контакты I, включается реле Р7. Kontakтами 4-5 реле Р7 становится на самоблокировку и размыкает цепь анодного контактора Р6, а kontakтами 6-7 замыкает цепь сигнализации аварии. При выключении контактора Р6 его kontakтами 21-22 включается цепь накала магнетрона.

Если ток высоковольтного выпрямителя возрастает сверх нормы, которое может быть при искрениях тиратрона и авариях зарядной цепи, срабатывает реле Р2 (обмотка II). Действие этого реле аналогично предыдущему случаю.

При перегорании предохранителей Пр1-Пр3 в цепи питания вентилятора (при авариях вентилятора обдува магнетрона) срабатывает схема защиты, полностью выключающая передатчик. Схема защиты представлена узлом У7. Параллельно каждому предохранителю установлена пара резисторов R3-R8. При нормальной работе напряжение между точками 1-10, 2-8, 3-9 близко к нулю, схема защиты не работает. При перегорании хотя бы одного предохранителя на входе схемы имеет место большое напряжение 50Гц. Это напряжение выпрямляется диодом Д4 с фильтром С1, R2, выпрямленным напряжением запитывается блокинг-генератор на транзисторе Т1. Импульс блокинг-генератора открывает тиристор Д1, который замыкает цепь питания реле Р5. Kontakтами 4-5 реле становится на самоблокировку, а размыкание kontakтов 4-3 приводит к размыканию цепи накального контактора Р4 и снятию напряжения 50Гц. Kontakтами 23-24 этого контактора размыкается цепь питания реле Р8, которое kontakтами 4-3 размыкает цепь анодного контактора Р6, осуществляя снятие напряжения 400 Гц. Kontakтами 6-7 реле Р5 замыкается цепь сигнализации аварии передатчика.

В цепи вторичной обмотки импульсного трансформатора включен миллиамперметр. Он установлен на щитке управления шкафа ПС-4 и измеряет постоянную составляющую анодного тока магнетрона. Для выделения постоянной составляющей тока используется фильтр Др2, С5, Др1, С4. Резистор R2 создает цепь постоянной составляющей анодного тока. С фильтра Др1, С4 постоянная составляющая анодного тока магнетрона поступает в индикаторную машину на аналогичный измерительный прибор, расположенный на панели ПДУ-4М.

4.5. Принципиальная схема блока РС

Блок РС выполняет следующие функции:

- стабилизация напряжения заряда ИДЛ,
- регулировка опорного напряжения с целью регулировки токов магнетронов,
- программное переключение передающей аппаратуры при переходе из режима редкого запуска в частый и наоборот,
- формирование импульсов внутреннего запуска передатчиков.

В соответствии с этим блок включает следующие функциональные узлы, представленные на принципиальной схеме рис. 4.13.

стабилизированный дистанционно регулируемый выпрямитель опорного напряжения,

выпрямитель напряжения обратной связи,

устройство управления величиной опорного напряжения,

устройство программного переключения передающей аппаратуры,

устройство формирования импульсов внутреннего запуска.

Выпрямитель опорного напряжения питается однофазным напряжением 220 В 400 Гц. Он состоит из двух выпрямителей, выполненных по мостовой схеме и соединенных последовательно. Первый выпрямитель выполнен на диодах Д7-Д10, второй – на диодах Д11-Д14. Конденсаторы С1, С2 – фильтры выпрямителей. С выхода выпрямителя напряжение поступает на параметрический стабилизатор, состоящий из стабилитронов Д15-Д20 и ограничительных резисторов R6, R7. Через нормально замкнутые контакты (НЗК) 7-8 реле Р4, контакты 3-4 включенного реле Р8 и НЗК 3-4 реле Р12 опорное напряжение подается на резисторный делитель R9 (R10), R11, R12. С потенциометра R11 опорное напряжение поступает на выход блока на шкафы ПС-4. Движок потенциометра R11 механически связан с двигателем устройства управления величиной опорного напряжения.

Потенциометры R9, R10 «Уст. тока» предназначены для выравнивания токов магнетронов в режимах «Редкий» (R9) и «Частый» (R10). Этими регулировками устанавливается соответствие диапазонов регулирования опорного напряжения в различных режимах запуска.

Снижение величины опорного напряжения до минимального значения при переключении режимов запуска и в режимах защиты от СНС достигается включением дополнительного резистора R8 в цепь делителя.

Выпрямитель напряжения обратной связи запитывается трехфазным напряжением 220 В 400 Гц, собран по трехфазной схеме Ларионова на диодах Д1-Д6 с фильтром С3 и вырабатывает напряжение – 160В. Это напряжение подается на шкафы ПС-4, где оно складывается с напряжением дополнительной обмотки зарядного дросселя.

В цепях питания выпрямителей, как и в цепях управления опорным напряжением и формирования импульсов запуска, установлены предохранители Пр1-Пр6 с цепями индикации перегорания предохранителей на неоновых лампах Л1-Л6.

Основным элементом устройства регулировки опорного напряжения является однофазный электродвигатель М1. Для создания вращающегося магнитного поля в однофазном двигателе статор двигателя имеет две взаимно перпендикулярные обмотки. Одна из них называется обмоткой возбуждения, вторая – обмоткой управления. Питание обмоток должно осуществляться переменным напряжением со сдвигом по фазе на 90°.

Двигатель запитывается однофазным напряжением 220В 400Гц через трансформатор Тр5, имеющий несколько вторичных обмоток. Обмотка 7-10 трансформатора запитывает обмотку возбуждения 4-6 двигателя. За счет

индуктивности обмотки 2-5 создается сдвиг фазы напряжения примерно на 90° . Обмотка управления 1-3 запитывается от одной из вторичных обмоток трансформатора: 3-4 или 5-6. Контактными реле Р2 и Р3 подключается одна из этих обмоток, запитывая обмотку управления с взаимным сдвигом фазы 180° . Конденсатор С4, включенный в цепь этих обмоток, обеспечивает дополнительный сдвиг фаз напряжений между обмотками возбуждения и управления, доведения его до 90° .

Регулировка опорного напряжения осуществляется следующим образом. Через 120-130 с после включения приемо-передающей аппаратуры на контакт Ш1-11 блока РС поступает напряжение $-27В$, включая реле Р1. Реле своими контактами подготавливает к включению цепи регулировки токов.

Для понижения опорного напряжения (переключатель «Ток магнетрона» на шкафу ШУ-6 или панели ПДУ-4М в положении «Меньше») на контакт Ш1-17 подается напряжение $-27В$ через диод Д22. При этом срабатывает реле Р3, через контакты которого подается напряжение на обмотку управления двигателя с обмотки 3-4 Тр5. Двигатель при вращении перемещает движок потенциометра R11 в сторону уменьшения опорного напряжения. Для повышения опорного напряжения (переключатель в положении «Больше») на контакт Ш1-17 подается напряжение $+27В$ через диод Д21. При этом срабатывает реле Р2, через контакты которого подается напряжение на обмотку управления двигателя от обмотки 5-6 трансформатора. В этом случае фаза напряжения на обмотке управления меняется на 180° , двигатель вращается в другую сторону и опорное напряжение будет повышаться.

Пределы изменения опорного напряжения ограничиваются концевыми выключателями КП1 и КП2.

При переключении режимов редкого и частого запуска осуществляется переключение числа ячеек ИДЛ. Это переключение недопустимо при наличии высоких напряжений. Поэтому необходим ряд операций по переключению, выполняемых по определенной программе. Переключение передающей аппаратуры из режима редкого в частый запуск и наоборот осуществляется по алгоритму, изложенному в п.4.3.

Переключение обеспечивается последовательным срабатыванием реле Р4-Р14 с задержками, которые обусловлены зарядом емкостей С5-С8. При включении напряжения $-27В$ реле срабатывает после заряда конденсатора через время

$$\tau_{\text{зар}} = \frac{R \cdot R_{\text{обм}}}{R + R_{\text{обм}}} C,$$

а отпускание реле происходит через время

$$\tau_{\text{разр}} = R_{\text{обм}} \cdot C,$$

где $R_{\text{обм}}$ – сопротивление обмотки реле,

R – сопротивление резистора в цепи реле.

Время задержки на срабатывание реле составляет $\approx 50\text{мс}$, на отпускание $\approx 200\text{мс}$.

Рассмотрим порядок переключения с редкого на частый запуск.

В исходном состоянии реле Р4 выключено, НЗК 3-4 этого реле включено реле Р5, через контакты этого реле включено реле Р6, контактами 4-5 этого реле включено реле Р7, а его контактами 4-5 включено реле Р8. Контактными 4-5 реле Р8 совместно с НЗК реле Р4 и Р12 замкнута цепь шунтирования дополнительного резистора Р8 делителя опорного напряжения. Реле Р9 выключено, т.к. реле Р5 и Р7, его включающие, подключены противоположно. Контактными 6-7 реле отключено реле Р10, его контактами 7-8 замкнута цепь Р11 и оно подготовлено к снятию запуска. Через НЗК 1-2 реле Р10 и резистор R19 напряжение – 27В подается в шкафы ПС-4 на переключатель ВВ-20, обеспечивая включение всех 8 ячеек ИДЛ. Реле Р14 выключено.

При включении частого запуска на контакт Ш1-8 блока подается напряжение –27В, которым включаются реле Р4, Р11 и Р14. Контактными 6-7 реле Р4 размыкается цепь шунтирования резистора R8, снижается величина опорного напряжения, контактами 4-5 этого реле отключается стабилитрон Д20, что ведет к дополнительному уменьшению опорного напряжения.

Контактными 6-7 реле Р14 в делитель опорного напряжения включается потенциометр R10 «Частый», а контактами 3-4 устройство формирования внутреннего запуска переводится в режим частого запуска.

Контактными 4-5 реле Р11 отключается запуск ППА, подаваемый на шкафы ПС-4 (контакт Ш2-14). Таким образом, выполнены две операции алгоритма переключения: понижение опорного напряжения и отключение запуска от шкафов ПС-4.

Разомкнутыми контактами 3-4 включенного реле Р4 снимается питание реле Р5 и через 200 мс включаются его контакты 7-8 (при замкнутых контактах 6-7 реле Р7), включается реле Р9. Контакты 2-3 реле Р9 разрывают цепь высокого напряжения передатчиков (снимается напряжение 400 Гц). Это третья операция алгоритма переключения.

Контактными 3-4 реле Р5 разрывается цепь питания реле Р6 и оно также с задержкой 200 мс контактами 6-7 разрывает цепь питания реле Р10. Реле Р10 контактами 2-3 разрывает цепь – 27В на переключатель ВВ-20, контактами которого осуществляется следующая операция алгоритма переключения – отключение трех ячеек ИДЛ.

Контактными 3-4 реле Р6 отключается реле Р7 и через время задержки 200мс контакты его переключаются с 7-8 на 7-6. При этом разрывается цепь питания реле Р9, его контактами 1-2 включается цепь высокого напряжения (напряжения 400 Гц). При включенном реле Р10 его контактами 8-9 отключается реле Р11, замыкаются его контакты 3-4, чем обеспечивается подача импульсов запуска на шкафы ПС-4.

Последняя операция алгоритма переключения – повышение опорного напряжения, осуществляется следующим образом. Контактными 3-4 реле Р7 включается реле Р8 и через время задержки 200 мс его контактами 4-5 замыкается цепь шунтирования резистора R8.

Аналогично осуществляется программа перехода с режима частого в редкий запуск.

В режимах защиты от СНС на время выключения излучения на блок РС через контакт Ш1-19 подается напряжение «Бланк1», включающее реле Р12. Kontakтами 3-5 этого реле размыкается цепь шунтирования резистора R8 и обеспечивается снижение опорного напряжения.

При включении местного запуска от шкафа ШУ-6 подается напряжение – 27В через контакт Ш2-1 на реле Р13. Kontakтами 4-5 его на шкафы ПС-4 подаются импульсы с устройства формирования внутреннего запуска, а kontakтами 6-7 импульсы внешнего запуска «Зап I» замыкаются на согласованную нагрузку 75 Ом R26.

Схема формирования импульсов внутреннего запуска представляет собой два одинаковых тиристорных генератора, выполненных на тиристорах Д27, Д28. Питание схемы осуществляется однофазным напряжением 220В 400Гц через трансформатор Тр6. В цепи вторичной обмотки 5-8 трансформатора установлены два выпрямителя для питания каждого из тиристоров. Выпрямители выполнены на диодах Д23, Д24 с фильтрами С9, С10.

С обмоток 13-14 и 15-16, включенных встречно, напряжения подаются на управляющие электроды тиристоров. Положительные полупериоды этих напряжений отсекаются диодами Д25, Д26 (рис. 4.14 а, б). При превышении напряжения $U_{сраб\ тир}$ тиристоры открываются и шунтируют выход выпрямителей, так что напряжения на выходах выпрямителей, так что напряжение на выходах выпрямителей присутствуют только при закрытых тиристорах (рис. 4.14 в, г).

Напряжения выпрямителей далее дифференцируются цепями С11, R25 и С12, R25 (рис.4.14 д, е), сопротивление нагрузки R25 является общим для обоих генераторов.

В режиме частого запуска работают два генератора на общую нагрузку R25 и частота следования импульсов 800 Гц. В режиме редкого запуска один из генераторов отключается kontakтами реле Р14, обеспечивая частоту следования импульсов 400 Гц.

5. АНТЕННО-ФИДЕРНАЯ СИСТЕМА

5.1. Назначение, основные характеристики и состав антенно-фидерной системы

Антенно-фидерная система предназначена для:
передачи энергии зондирующего сигнала от передатчиков к антеннам;
направленного излучения энергии в пространство в пределах заданной диаграммы направленности антенн;
приема электромагнитных волн;
передачи принятых антеннами сигналов на входы приемных каналов.

Антенно-фидерная система включает в себя антенное устройство и высокочастотные волноводные тракты. Антенное устройство выполняет вторую и третью функции, волноводный тракт – первую и четвертую функцию.

Антенное устройство состоит из двух антенн – нижней и верхней. Нижняя антенна формирует диаграммы направленности 1, 2 и 3 каналов и состоит из отражателя и блока облучателей ОВН-АМ-1, обеспечивающего излучение электромагнитной энергии с круговой или линейной поляризацией волн. Верхняя антенна формирует диаграммы направленности 4 и 5 каналов и состоит из отражателя и блока облучателей ОВВ-АР, обеспечивающего излучение с линейной поляризацией волн.

Отражатели установлены таким образом, что их главные оси расположены в одной вертикальной плоскости, т.е. они совпадают по азимуту. При этом начальное положение нижнего отражателя соответствует наклону его фокальной оси на $+3,5^{\circ}$ к горизонту, а начальное положение верхнего отражателя – на $+10,5^{\circ}$.

К антенному устройству предъявляются следующие требования.

Достаточно большой коэффициент усиления $G_{\text{ант}}$ особенно по нижним лучам, обеспечиваемым максимальной дальностью обнаружения. Из (2.1) следует, что коэффициент усиления антенны является энергетической характеристикой РЛС, определяющей дальность ее обнаружения. По трем нижним лучам коэффициент усиления $\sigma_{\text{ант}} = 8000$, по четвертому лучу – $G_{\text{ант}}$ порядка 5000, по пятому лучу – порядка 1800.

2. Малая ширина диаграммы направленности в азимутальной плоскости, которая определяет разрешающую способность и точность измерения азимута. Для обеих антенн ширина диаграммы направленности по уровню половинной мощности равна $\Delta\beta_{0,5p} = 1^{\circ}$.

3. Малый уровень боковых лепестков диаграммы направленности антенны. Уровень боковых лепестков определяет помехозащищенность РЛС, а также влияет на электромагнитную совместимость РЭС. Активные шумовые и другие виды помех принимаются боковыми лепестками, ухудшая параметры обнаружения, затрудняя пеленгацию помехоносителя. Излучение РЛС по боковым лепесткам может оказывать влияние на другие РЭС, находящиеся на одной позиции. На рис 5.1. показан вид диаграммы направленности РЛС в азимутальной плоскости. Она состоит из главного лепестка шириной $\Delta\beta_{0,5p}$ с

коэффициентом усиления $G_{\text{осн}}$, первых, наиболее интенсивных боковых лепестков в секторе $\pm(15-20^\circ)$ с интенсивностью $G_{\text{бок}}$ и дальних боковых лепестков, имеющих место в круговую. Интенсивность их меньше интенсивности первых боковых лепестков, они характеризуются средним значением фона $G_{\text{ф}}$. Уровень первых боковых лепестков антенного устройства РЛС составляет $\frac{G_{\text{бок}}}{G_{\text{осн}}} = -20\text{дБ}$, уровень фона $\frac{G_{\text{ф}}}{G_{\text{осн}}} \approx -30\text{дБ}$.

Все пять высокочастотных трактов аналогичны по составу и построению и выполнены на стандартных прямоугольных волноводах сечением 72×34 мм. К высокочастотному фидерному тракту предъявляются следующие основные требования.

1. Передача необходимой мощности зондирующего сигнала.
2. Высокий КПД, определяемый отношением мощности волны, излучаемой в пространстве $P_{\text{изл}}$ к мощности зондирующего импульса передатчика $P_{\text{зонд}}$.

$$\eta = \frac{P_{\text{изл}}}{P_{\text{зонд}}}$$

3. Высокий коэффициент бегущей волны.
4. Малое затухание энергии в тракте.

Учитывая, что РЛС работает в сантиметровом диапазоне, предъявляемым требованиям удовлетворяет волноводный тракт. Волноводный тракт обладает достаточной широкополосностью для передачи сигнала в диапазоне частот РЛС.

Условие распространения волны в волноводе: длина волны, распространяющейся в волноводе λ_1 должна быть меньше критической длины волны $\lambda_{\text{кр}}$. Для основной волны в волноводе H_{10} $\lambda_{\text{кр}} = 2b$, где b – размер широкой стенки волновода. На рис. 5.2 показано сечение волновода и распределение электрического поля волны основного типа в нем. В размер b укладывается одна полуволна электрического поля.

Для минимальной частоты РЛС $f = 2700\text{МГц}$ длина волны $\lambda = \frac{c}{f} \approx 11\text{см}$, а величина $2b = 14,4$ см, что удовлетворяет условию распространения волны в волноводе. Для более высоких частот это условие тем более выполняется, следовательно, для всех длин волн РЛС выполняется условие распространения волн.

Размер сечения волновода a выбирается из условия передачи требуемой мощности зондирующего сигнала. Волновод с указанными размерами сечения обеспечивает максимальную передаваемую мощность 2МВт .

КПД волновода определяется, в основном, потерями в коаксиально-волноводном переходе от магнетрона, в антенном переключателе и волноводных сочленениях и составляет 95% .

Коэффициент бегущей волны характеризует качество согласования сопротивлений элементов тракта и составляет величину не менее $0,7$.

Затухание волны в волноводе определяется потерями за счет поверхностных токов в стенках волновода и составляет $0,024$ дБ/м.

Структурная схема волноводного тракта представлена на рис 5.3. В состав каждого тракта входят:

элемент сопряжения с магнетроном СМС, являющийся согласованным переходом от коаксиального вывода энергии магнетрона к прямоугольному волноводу;

жесткий волновод ВЖС;

антенный переключатель АПС, являющийся переключателем прием-передача;

гибкое сочленение СГС, позволяющее поворачивать часть волноводного тракта с облучателем при изменении угла наклона антенны;

отрезки прямоугольных волноводов, соединяющие волноводный тракт к облучателю.

5.2. Антенное устройство

Антенное устройство предназначено при передаче для преобразования энергии волн, подводимых по волноводному тракту, в энергию электромагнитных волн, распространяющихся в пространстве и для их направленного излучения, а при приеме выполняет обратные функции.

Отражатели нижней и верхней антенны одинаковы и представляют собой несимметричную вырезку из параболоида вращения размерами 9,7x3 м и фокусным расстоянием 2,5 м. При этом в горизонтальной плоскости формируются диаграммы направленности шириной $\Delta\beta_{0,5p}=1^\circ$.

Конструкция отражателя – каркасно-щитовая. На каркасе отражателя крепятся 11 щитов. Щиты в собранном виде представляют собой рабочую поверхность отражателя.

Рабочая поверхность отражателя образована металлической сеткой, что уменьшает ветровую нагрузку на отражатель. Наличием поверхности в виде сетки обеспечивается также отражение радиоволн ортогональных поляризации при создании круговой поляризации.

Облучатель нижней антенны ОВН-АМ-1 имеет три рупора, формирующих диаграммы направленности 1, 2 и 3 каналов шириной по углу места порядка $2,5^\circ$. Рупор 2 канала расположен на фокальной оси и формирует луч вдоль фокальной оси, остальные два рупора расположены выше и ниже рупора второго канала так, что формируют лучи под углами -2° и $+2^\circ$ относительно фокальной оси (рис. 5.4). С учетом начального угла установки антенны $+3,5^\circ$ нижними лучами перекрываются углы места от 20-30' до 7° (см. рис.2.4).

В блоке облучателей нижней антенны реализуется круговая поляризация волн для обеспечения поляризационной селекции с целью защиты от метеообразований с помощью трех поляризаторов, размещенных в блоке облучателей. Поляризаторы обеспечивают формирование волн линейной вертикальной или круговой поляризации. В связи с этим рупоры имеют раскрыв квадратной формы для обеспечения одинаковых условий передачи горизонтальной E_x и вертикальной E_y составляющих электрического поля волны.

Размеры раскрытов рупоров выбраны такими, чтобы диаграмма направленности рупора укладывалась в размеры зеркала антенны (рис.5.5) с целью уменьшения «вытекания» энергии электромагнитной волны за зеркало. При этом выполняется условие неравноамплитудного распределения на раскрыве зеркала, спадания поля к краям зеркала. Это обеспечивает выполнение условий уменьшения уровня боковых лепестков диаграммы направленности антенны.

Рассмотрим принципы поляризационной селекции сигналов целей на фоне отражений от метеообразований.

Поляризация является пространственно-временной характеристикой электромагнитной волны. Волна характеризуется взаимодействием электрического и магнитного полей. При анализе поляризации достаточно знать закон изменения ориентации одного из векторов напряженности электромагнитного поля. Обычно поляризация оценивается по ориентации вектора напряженности электрического поля E волны.

Электромагнитная волна может иметь:

линейную поляризацию, когда вектор электрического поля E не меняет ориентацию при распространении; составляющие вектора по осям $E_x = E$, $E_y = 0$ (горизонтальная поляризация) либо $E_x = 0$, $E_y = E$ (вертикальная поляризация);

круговую поляризацию, когда вектор E , имеющий постоянную величину, вращается с постоянной скоростью ω_0 вокруг направления распространения; при этом $E_x = E_y$, а конец вектора описывает круг;

эллиптическую поляризацию, при которой непрерывно изменяется величина вектора E ($E_x \neq E_y$) и конец вектора при вращении вокруг направления распространения описывает эллипс.

Следует отметить, что линейная и круговая поляризация являются частными случаями эллиптической.

Для защиты от метеообразований используется круговая поляризация электромагнитной волны. В основу поляризационной селекции на фоне метеообразований положена симметрия метеообразований (сферичность капель воды) и асимметрия конструкции воздушных целей. Волны круговой поляризации, отраженные от метеообразований, будут также иметь круговую поляризацию, изменится лишь направление вращения вектора напряженности электрического поля отраженной волны на обратное (рис.5.6). Такие волны в поляризаторе поглотятся и не пройдут в приемное устройство. Волны, отраженные от целей, будут иметь эллиптическую поляризацию. Волна эллиптической поляризации может быть разложена на две ортогональные круговые поляризации (с противоположным направлением вращения вектора E) (рис.5.7). В поляризаторе первая составляющая волны поглотится, а вторая выделится и сигнал поступит в приемник.

Для создания волны круговой поляризации необходимо:

а) создать две электромагнитные волны с одинаковой амплитудой электрического поля E ;

б) обеспечить сдвиг фаз между волнами $+\pi/2$ или $-\pi/2$ (правое или левое вращение вектора E);

в) обеспечить пространственный сдвиг векторов E на 90° .

Для решения этих задач в каждом из трех каналов блока облучателей имеется:

делитель мощности (блок ПМ), обеспечивающий разделение волны на две составляющие и установку требуемого амплитудного соотношения между ними;

фазовращатель (блок ФМ), обеспечивающий требуемый сдвиг фазы между составляющими волны;

двухволноводную секцию, один из волноводов которой имеет скрутку для обеспечения пространственного сдвига волн на 90° .

Облучатели нижней антенны обеспечивают работу в режимах линейной вертикальной или круговой поляризации излучаемой электромагнитной энергии. Установка вида поляризации осуществляется тумблерами «Круг.-Лин.» на блоке управления поляризацией УП-01 независимо в каждом из трех облучателей. Упрощенная конструкция одного облучателя нижней антенны показана на рис.5.8.

Блок делителя мощности ПМ и блок фазовращателя ФМ конструктивно одинаковы и представляют собой двухволноводные секции с соединением волноводов по узкой стенке. Блоки состоят из щелевого моста I и III и фторопластовых пластин II и IV в каждом из волноводов, образующих фазовращатели.

Работу щелевого моста поясним с помощью рис.5.9.

Мост состоит из входных плеч 1,2, выходных плеч 3,4 и щели между волноводами в общей узкой стенке.

Если в плечо 1 поступает волна E , по волноводу с размером широкой стенки b до начала щели распространяется волна основного типа H_{10} . В пределах щели широкая стенка волновода увеличивается до $2b$, следовательно, обеспечивается условие распространения как волны основного типа H_{10} , так волны высшего типа H_{20} и энергия волны E делится на две: E_{10} и E_{20} , которые распространяются далее по широкому волноводу. В плече 2 волны E_{10} и E_{20} находятся в противофазе, следовательно, в плечо 2 энергия не ответвляется.

Скорость распространения волны H_{20} в волноводе больше скорости волны H_{10} . Длина щели l выбирается так, чтобы набег фаз волн составлял 90° . В конце щели происходит сложение энергий волн, которое показано на рис.5.9 векторами. В плече 3 вектор E_{20} опережает E_{10} на 90° , а в плече 4 он сдвигается на 180° за счет противофазности волны E_{20} . Следовательно, сдвиг фаз волн E_1 и E_2 в плечах 3 и 4 оказывается равным 90° .

Таким образом, можно сформулировать свойство щелевого моста: если волна поступает в одно из плеч, то в смежное плечо она не ответвляется, а делится между двумя противоположными плечами поровну с отставанием по фазе 90° в плече, которое соответствует переходу ее через щель.

Принцип работы фазовращателя основан на различии диэлектрических постоянных фторопластовой пластины и воздуха и на этой основе изменении

скорости распространения волны в волноводе. За счет этого обеспечивается изменение фазового набега волны. Установка требуемого сдвига фаз осуществляется перемещением пластины вдоль широкой стенки волновода (рис. 5.10). Если пластина находится у стенки волновода в области минимального значения поля E , она влияния не оказывает. При перемещении ее к центру волновода, в область максимума поля E влияние ее возрастает, увеличивается фазовый сдвиг.

Управление фазовращателем блока ПМ осуществляется дистанционно с помощью электродвигателя с редуктором. При этом обеспечивается установка фторопластовых пластин в два положения. При установке переключателя в положение «Лин» пластины устанавливаются у стенки волновода, в положение «Круг» – в середине волновода. Электродвигатель реверсивный, пределы его работы при установке режимов поляризации устанавливаются концевыми выключателями. Управление фазовращателем блока ФМ осуществляется с помощью механизма ручного управления.

Работу облучателя на передачу в режиме линейной поляризации поясним векторами поля E на рис.5.8а.

Волна E от передатчика поступает на вход облучателя. После щелевого моста I она делится равноамплитудно на волны E_1 и E_2 со сдвигом фаз на $\pi/2$. Фазовращатель II в этом режиме не изменяет фаз волн, следовательно, в точках 5 и 6 фаза волн E_1 и E_2 не изменяется. После прохождения через щелевой мост III каждая из волн в каналах 5 и 6 делится поровну с отставанием по фазе на $\pi/2$ в том плече, в которое она переходит. При этом суммарный сигнал равен нулю в плече 7 и весь переходит в плечо 8. Положение фазовращателей IV не имеет значения, т.к. фаза излучаемой волны может быть произвольной.

Работу облучателя на передачу в режиме круговой поляризации поясним векторами поля E на рис.5.8б.

Энергия волны E также в щелевом мосту I делится поровну на волны E_1 и E_2 со сдвигами фаз на $\pi/2$. В фазовращателе II устанавливается дополнительное отставание по фазе на $\pi/2$ волны E_2 в плече 4. После прохождения через щелевой мост III каждая из волн плеч 5 и 6 делится поровну с отставанием фазы волны, переходящей в другое плечо, на $\pi/2$. При этом суммарные волны в плечах 7 и 8 E'_1 и E'_2 будут равны по амплитуде и сдвинуты по фазе на π . С помощью фазовращателя IV вводится дополнительный фазовый сдвиг так, чтобы волны E'_1 и E'_2 в плечах 9 и 10 отличались по фазе на $\pi/2$.

Ввиду того, что при линейной поляризации положение фазовращателей IV не имеет значения, данный фазовращатель устанавливается вручную при настройке и положение его при переключении поляризации не изменяется.

Ортогональность векторов в пространстве получается с помощью двухволноводной секции V, один из волноводов которой скручен на 90° (рис.5.11). В соответствии с этим рупор VI имеет T-образный входной фланец, плавно переходящий в квадратный раскрыв. Согласование рупоров с питающими их волноводами достигается диафрагмами в облучателях и волноводах.

Работа облучателя на прием аналогична работе на передачу. Для поглощения составляющих волн эхо-сигналов, не совпадающих по поляризации с установленной, используется поглощающая нагрузка VII.

При поляризационной селекции наряду с подавлением отражений от метеообразований имеет место потеря энергии эхо-сигналов целей. Поэтому дальность обнаружения РЛС в режиме поляризационной селекции сокращается примерно на 40 % по сравнению с линейной поляризацией. Следовательно, работа в режиме круговой поляризации излучаемых волн используется лишь в случаях, когда другие способы ослабления отражений от метеообразований (режим СДЦ, МАРУ, дифференцирование) оказываются неэффективными.

Блок облучателей верхней антенны ОВВ-АР содержит два облучателя. Облучатель четвертого канала выполнен в виде двойного рупора с прямоугольным раскрытием и располагается на фокальной оси отражателя. Он формирует диаграмму направленности шириной $\Delta\varepsilon_{0,sp} \approx 5^\circ$ и перекрывает углы места от 7° до 12° . Облучатель пятого канала расположен ниже облучателя четвертого канала и представляет собой линейку из вертикально расположенных полуволновых вибраторов установленных на широкой стенке питающего волновода. Глубиной погружения зондов питания вибраторов в волновод обеспечивается такое распределение мощности между полуволновыми вибраторами, чтобы формировалась косекансная диаграмма направленности шириной по углу места $16-18^\circ$, перекрывающая углы места от $11-12^\circ$ до 28° .

Поляризация волн облучателей верхней антенны вертикальная.

Механизмы качания нижней и верхней антенн предназначен для изменения угла наклона антенн. Механизм качания нижней антенны МК-I изменяет угол наклона в пределах от $-4,6^\circ$ до $+4,6^\circ$, верхней антенны МК-II - в пределах от $-7,9^\circ$ до $+4,6^\circ$ относительно исходного положения. Механизмы качания состоят из электродвигателя и редуктора. Редуктор представляет собой червячную пару, преобразующую вращательное движение электродвигателя в поступательное движение штока механизма качания. Для контроля положения антенны по углу места на осях механизмов качания установлены сельсин-датчики, электрически связанные с сельсин-приемниками, расположенными в шкафах ДУС-4М и ИКО-2М. На осях сельсин-приемников укреплены шкалы, по которым производится отсчет угла наклона антенн. Нулевому показанию шкал соответствуют исходные положения фокальных осей антенн.

В редукторе имеется устройство, позволяющее отключить мотор и производить установку механизма качания вручную. На ходовом винте укреплен шкала, по которой определяется угол наклона отражателя при ручной установке.

5.3. Волноводный тракт

Рассмотрим особенности конструкции основных элементов волноводного тракта, представленных на рис.5.3.

Элемент сопряжения с магнетроном СМС служит для передачи электромагнитной энергии от магнетрона в волноводный тракт и является переходом от коаксиального выхода магнетрона к волноводу. Он выполнен в виде Т-образного сочленения коаксиальной линии с волноводом (рис.5.12). Он представляет собой отрезок прямоугольного волновода 1, который через отверстие на его широкой стенке жестко скреплен с цилиндрическим отрезком (штулкой 2), являющимся внешним проводником коаксиальной линии от магнетрона. Внутренний проводник коаксиального выхода магнетрона заканчивается петлей связи в отрезке волновода.

Надежный контакт в месте соединения создает четвертьволновая короткозамкнутая полость 4. Волноводная часть элемента сопряжения с магнетроном со стороны меньшего сечения имеет фланец 6 для соединения при помощи накидных замков 7 с жестким волноводом ВЖС, с другой стороны, она закрыта.

Волновод имеет большее сечение в нижней части (38 x 88,5 мм) с плавным переходом к стандартному сечению в верхней части. Это связано с сосредоточением большой энергии волны в районе коаксиально-волноводного перехода.

Высокочастотная энергия от магнетрона распространяется по коаксиальной линии к петле связи, которая возбуждает в волноводе волну типа H_{10} .

Для охлаждения вывода магнетрона через трубу 8 нагнетается при помощи вентилятора воздух. На узких стенках волновода имеются прорези для выхода горячего воздуха.

Отрезок прямоугольного волновода ВЖС соединяет элемент СМС с антенны переключателем АПС. Элементы СМС и ВЖС находятся внутри шкафа ПС-4.

Антенный переключатель АПС выполнен на разрядниках.

В режиме передачи антенный переключатель направляет энергию от магнетрона к антенне и защищает вход приемника от мощного зондирующего импульса. В режиме приема (в промежутках между зондирующими импульсами) антенный переключатель передает энергию эхо-сигнала от антенны на вход приемника.

Конструктивно антенный переключатель выполнен в виде отрезка прямоугольного волновода, на котором укреплены два газонаполненных разрядника, направленный ответвитель и ослабитель смесителя канала АПЧ (рис.5.13).

Разрядники осуществляют автоматическое переключение тракта на передачу и прием. Нижний разрядник типа РР-7 представляет собой стеклянный баллон с двумя латунными диафрагмами, расстояние между которыми можно изменить с помощью шлица для настройки на рабочую волну. Разрядник РР-7 помещен в резонансную камеру, связанную с волноводом через щель в его узкой стенке. Этот разрядник во время приема эхо-сигналов не пропускает их к передатчику и называется переключателем блокировки магнетрона ПБМ. Второй разрядник представляет собой прямоугольный четвертьволновый резонатор с входным и выходным

отверстиями. Он установлен на входе приемника и называется переключателем прием-передача (ППП). Разрядник достаточно узкополосен, поэтому в каналах используются разрядники различных типов. Тип разрядника РР-2 для каналов Г и В, РР-4 для канала Ж, РР-3 для канала Д и РР-20 для канала Б.

В режиме передачи разрядники поджигаются (ионизируются) за счет большой энергии зондирующего импульса и высокочастотная энергия от магнетрона, не ответвляясь на вход приемника, поступает в антенну. В режиме приема разрядники не ионизируются из-за малой энергии эхо-сигнала и эхо-сигналы от антенны поступают на вход приемника. За счет настройки разрядника РР-7 и определенного расположения его относительно прямоугольного разрядника (половина длины волны) энергия эхо-сигнала в сторону передатчика не распространяется.

Выше прямоугольного разрядника находится направленный ответвитель, служащий для подключения измерительного прибора ГК4-21А для измерения частоты передатчика и чувствительности приемника. Он представляет собой отрезок волновода, связанный с волноводом антенного переключателя отверстием в общей широкой стенке и снабженный высокочастотной фишкой для подключения коаксиального кабеля от измерительного прибора. На направленном ответвителе указана величина его переходного ослабления в дБ.

Из нижней части широкой стенки волновода антенного переключателя выходит отрезок круглого волновода (ослабитель), по которому небольшая часть энергии зондирующего импульса поступает на смеситель АПЧ.

На рис. 5.14 представлена принципиальная схема антенного переключателя. Отрезок волновода представлен линией, к нижней части которой подводится энергия зондирующего сигнала от магнетрона. Верхняя часть отрезка соединена с волноводным трактом к антенне. С волноводом соединен разрядник ПБМ 1, помещенный в резонансную камеру 2. Элементы резонатора подвергаются подстройке. На расстоянии $\lambda/2$ от него волновод соединен с разрядником ППП 3, представляющим собой четвертьволновую камеру. Через разрядник ППП эхо-сигналы поступают на УВЧ приемника.

В верхней части отрезка подключен направленный ответвитель-отрезок волновода, имеющий с одной стороны волноводно-коаксиальный переход на высокочастотную фишку 5, с другой – поглощающую нагрузку 6 для повышения кбв в ответвителе.

Отверстия связи 7 служат для установки в них зондовой головки при контроле чувствительности приемного устройства.

В нижней части отрезка волновода установлен коаксиальный выход для отбора зондирующего сигнала f_m на смеситель АПЧ 4. На смеситель АПЧ подается также напряжение местного гетеродина f_r , а выходное напряжение смесителя f_{cp} подается в канал АПЧ.

Пояснение принципа работы антенного переключателя удобно провести по эквивалентной схеме переключателя, представленной на 5.15. Отрезок волновода на схеме представлен двухпроводной линией.

Разрядник ПБМ с резонатором подключен к точкам в-в линии. Резонатор представлен параллельным колебательным контуром L, C, R , а соединение

резонатора с волноводом-линией длиной $\lambda/4$. Настроенный колебательный контур имеет большое сопротивление. Это сопротивление трансформируется отрезком $\lambda/4$ в малое, т.е. точки в-в закорачиваются. При подожженном разряднике ПБМ колебательный контур закорачивается и малое его сопротивление трансформируется в точки в-в в большое, т.е. в разрыв линии. Этот разрыв линии через $\lambda/2$ трансформируется в точки б-б.

Ответвление в сторону разрядника ППП показано в виде разрыва двухпроводной линии. Разрядник подключен к линии через отрезок $\lambda/4$.

При наличии мощного зондирующего сигнала поджигаются оба разрядника. Разрядником ПБМ создается путь прохождения сигнала по линии к антенне. При поджиге разрядника ППП малое его сопротивление трансформируется в линию в разрыв и зондирующий сигнал в приемное устройство не ответвляется.

В режиме приема слабые сигналы не поджигают разрядники, сопротивление в точках в-в мало. Оно трансформируется в точки б-б. Тракт к магнетрону закрыт и сигналы проходят на приемное устройство.

Гибкое волноводное сочленение СГС-1 представляет собой отрезок гофрированного волновода, запрессованного в резиновую оболочку. Местоположение гибкого сочленения выбрано так, чтобы ось вращения его подвижного фланца, расположенного ближе к облучателю, совпала с осью наклона отражателей.

Для предотвращения потерь энергии в местах соединения отрезков волноводов используются специальные дроссельные сочленения.

В дроссельном фланце (рис.5.16) прорезана кольцевая канавка 1 глубиной a равной $\lambda/4$. Расстояние от канавки до широкой стенки волновода b также равно $\lambda/4$. Часть фланца 2, ограниченная канавкой и волноводом несколько ниже, чем его периферийная часть. Поэтому при сопряжении с гладким фланцем она вместе с канавкой образует полость, эквивалентную замкнутой на конце волноводной линии a в общей длиной $\lambda/2$. Следовательно, короткое замыкание из точки a трансформируется в точку b . Этим обеспечивается электрический контакт в промежутке между волноводами отрезков.

Для защиты внутренних полостей волноводного тракта от пыли и влаги между фланцами в специальные канавки 3 укладываются резиновые прокладки.

6. ПРИЕМНОЕ УСТРОЙСТВО

6.1. Назначение, основные характеристики и состав приемного устройства

Приемное устройство предназначено для выполнения следующих задач:

усиление принятых антеннами сигналов на высокой частоте;

преобразование сигналов на промежуточную частоту,

усиление сигналов на промежуточной частоте,

амплитудное детектирование сигналов,

выдача сигналов на промежуточной частоте на шкаф ЦСДЦ для фазового детектирования.

В состав приемного устройства входят пять независимых идентичных приемников.

Каждый приемник выполнен по супергетеродинной схеме с однократным преобразованием частоты. Преобразование сигналов на промежуточную частоту осуществляется с помощью местного гетеродина – автономного СВЧ генератора, частота которого отличается от несущей частоты на величину промежуточной частоты. Поддержание разности частот зондирующего сигнала и местного гетеродина равной промежуточной частоте осуществляется системой автоподстройки частоты (АПЧ) местного гетеродина.

Приемное устройство не перестраиваемое, обеспечивает работу в режимах редкого и частого запуска с амплитудной и когерентной обработкой эхо-сигналов. При амплитудной обработке сигналы всех пяти приемников после амплитудного детектирования и усиления на видеочастоте объединяются перед подачей на ИКО в общий амплитудный сигнал. При когерентной обработке с каждого приемника на аппаратуру ЦСДЦ выдаются эхо-сигналы на промежуточной частоте и опорное напряжение промежуточной частоты, сформированное когерентным гетеродином. Эти напряжения в блоках ЦСДЦ используются для фазового детектирования и дальнейшего череспериодного вычитания сигналов с целью подавления пассивных помех. Сигналы пяти каналов после череспериодного вычитания перед подачей на индикаторы также объединяются в общий когерентный канал.

Рассмотрим основные требования к приемному устройству и его технические характеристики.

1. Чувствительность должна быть достаточно высокой, чтобы обеспечить обнаружение целей с заданными параметрами обнаружения. Чувствительность характеризуется такой минимальной мощностью эхо-сигнала на входе приемника $P_{\text{ПРmin}}$, при которой обеспечивается его обнаружение на фоне собственных шумов с требуемым отношением сигнал/шум на выходе. Из уравнения радиолокации

$$D_{\text{max}} = 4 \sqrt{\frac{P_{\text{и}} G_{\text{ант}}^2 \lambda^2 \sigma_{\text{ц}}}{(4\pi)^3 P_{\text{ПРmin}}}} \quad (6.1)$$

следует, что $P_{\text{ПРmin}}$ является энергетическим параметром РЛС, определяющим ее дальность обнаружения.

Различают реальную $P_{\text{ПРmin}}$ и пороговую $P_{\text{ПОР}}$ чувствительность. Пороговая чувствительность характеризуется такой мощностью эхо-сигнала на входе приемника, при которой отношение сигнал/шум на выходе равно 1. Реальная чувствительность отличается от пороговой величиной отношения сигнал/шум $q > 1$.

$$P_{\text{ПРmin}} = q P_{\text{ПОР}}. \quad (6.2)$$

Другой характеристикой приема сигналов на фоне собственных шумов является коэффициент шума приемника $K_{\text{ш}}$. Он показывает, во сколько раз ухудшается отношение сигнал/шум по мощности на выходе приемника по сравнению с его входом из-за его собственных шумов.

$$K_{\text{ш}} = \frac{\left(\frac{P_{\text{с}}}{P_{\text{ш}}}\right)_{\text{ВХ}}}{\left(\frac{P_{\text{с}}}{P_{\text{ш}}}\right)_{\text{ВЫХ}}} \quad (6.3)$$

В идеальном, нешумящем приемнике $K_{\text{ш}} = 1$, в реальном $K_{\text{ш}} > 1$.

Чувствительность и коэффициент шума однозначно связаны между собой. Пороговая чувствительность равна

$$P_{\text{ПОР}} = k T K_{\text{ш}} \Delta f_{\text{ПР}}, \quad (6.4)$$

Где k – постоянная Больцмана, равна $1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/град,

T – абсолютная температура по Кельвину,

$\Delta f_{\text{ПР}}$ – полоса пропускания приемника.

В современных РЛС измеряется коэффициент шума как более общая характеристика чувствительности, не зависящая от полосы пропускания приемника.

В РЛС П-37 измеряется чувствительность $P_{\text{ПРmin}}$ при отношении сигнал/шум на выходе $q = 1,5$. Измерение осуществляется с помощью измерительного прибора ГК4-21А, который обеспечивает подачу на вход стандартного сигнала мощности 10мкВт. Чувствительность характеризуется отношением $P_{\text{ПРmin}}$ к уровню 10мкВт и должно быть не меньше -85 дБ/10мкВт. Эта величина эквивалентна величине -135 дБ/Вт, т.е величина $P_{\text{ПРmin}} = 0,3 \cdot 10^{-13}$ Вт.

Из выражений (6.4) и (6.2) при параметрах РЛС П-37 следует, что коэффициент шума составляет $K_{\text{ш}} \approx 8$.

2. Динамический диапазон приемника – это отношение максимального не ограничиваемого в тракте сигнала U_{max} к минимальному значению сигнала, определяемому собственными шумами тракта U_{min} .

$$D = 20 \lg \frac{U_{\text{max}}}{U_{\text{min}}} [\text{дБ}] \quad (6.5)$$

Он должен быть не менее динамического диапазона принимаемых сигналов.

На рис. 6.1. представлена амплитудная характеристика (АХ) приемного тракта. Если она линейна (линия 1), при приеме помехи большой интенсивности в тракте наступает ограничение и сигнал цели на фоне ее может быть потерян. Поэтому необходимо расширение динамического

диапазона. Расширить динамический диапазон можно и при сохранении линейной АХ (пунктир на рис. 6.1) за счет применения усилительных элементов с большим динамическим диапазоном. Однако при этом возникает проблема согласования динамических диапазонов приемного тракта и последующего устройства (индикаторной аппаратуры).

Если значение $U_{\text{выхmax1}}$ соответствовало динамическому диапазону последующего устройства ($U_{\text{выхmax}}$), то при $U_{\text{выхmax2}}$ будет ограничение в нем и расширение динамического диапазона таким путем не имеет смысла. Поэтому, расширяя динамический диапазон по входу, необходимо сохранить динамический диапазон по выходу $U_{\text{выхmax1}}$. Это можно выполнить с помощью схемы ШАРУ. АХ тракта при этом нелинейна (кривая 2 на рис. 6.1). Слабые сигналы усиливаются больше, чем сильные. Динамический диапазон по входу $U_{\text{вхmax2}} > U_{\text{вхmax1}}$, происходит сжатие динамического диапазона в приемном тракте и согласование его с динамическим диапазоном последующего устройства.

Динамический диапазон приемного тракта РЛС без ШАРУ 20 дБ, с ШАРУ 40 дБ.

3. Коэффициент усиления приемного устройства должен быть таким, чтобы усилить слабые сигналы, соответствующие чувствительности приемника, до значения, достаточного для отображения на индикаторах.

Амплитуда эхо-сигналов на выходе приемного тракта составляет $U_{\text{выхПР}} = 3-6$ В. Входные сигналы характеризуются значением мощности $P_{\text{ПРmin}}$. Можно пересчитать эту мощность в напряжение на согласованной нагрузке $R_{\text{вх}}$ по формуле

$$P_{\text{ПРmin}} = \frac{U_{\text{min}}^2}{R_{\text{вх}}} \quad (6.6)$$

Считая входное сопротивление ЛБВ $R_{\text{вх}} = 50$ Ом, получим

$$U_{\text{min}} = \sqrt{P_{\text{ПРmin}} R_{\text{вх}}} \approx 1,25 \text{ мкВ}$$

Тогда коэффициент усиления тракта $K_{\text{ус}} = \frac{U_{\text{выхПР}}}{U_{\text{min}}} \approx 2,4 \cdot 10^6$ (≈ 125 дБ).

4. Промежуточная частота выбирается из условия достаточного подавления помех по зеркальному каналу. В РЛС используется промежуточная частота 30 МГц. Большие частоты (60, 120 МГц) были бы целесообразны из соображений повышения защиты по зеркальному каналу, однако тракты обработки существенно усложнились бы.

5. Полоса пропускания основного тракта обработки на промежуточной частоте $\Delta f_{\text{ПР}}$ должна быть оптимальной, равной ширине спектра сигнала и обеспечивающей максимальное отношение сигнал/шум. Условие квазиоптимальной обработки немодулированного радиоимпульса длительностью $\tau_{\text{и}}$ определяется формулой Сифорова

$$\Delta f_{\text{ПР}} = \frac{1,37}{\tau_{\text{и}}} \quad (6.7)$$

В приемных каналах РЛС реализована полоса пропускания $\Delta f_{\text{ПР}} = 800$ кГц. Из (6.7) следует, что при $\tau_{\text{и}} = 1,7$ мкс $\Delta f_{\text{ПР}} = 800$ кГц. Эта полоса пропускания оптимальна для режима частого запуска, но для редкого запуска она не является оптимальной. Это приводит к некоторому ухудшению отношения сигнал/шум. Для оптимизации приема необходимо наличие трактов с широкой и узкой полосой пропускания и переключения их в режимах редкого и частого запуска. Однако это приводит к усложнению приемного устройства и в данной РЛС не используется.

Преобразование частоты осуществляется с помощью местного гетеродина. С целью уменьшения влияния каналов друг на друга в первом и втором каналах (литеры Г и Ж) частота местного гетеродина ниже, а в третьем-пятом каналах (литеры В, Б и Д) выше рабочих частот передатчика.

Точность автоподстройки частоты местного гетеродина ± 150 кГц, диапазон автоподстройки $\pm(4...6)$ МГц.

В состав каждого приемника входят.

1. Элементы высокочастотного приемного тракта:

волноводно-коаксиальный переход ВКП от антенного переключателя к УВЧ,

усилитель высокой частоты УВЧ,

коаксиально-волноводный переход от УВЧ к смесителю сигналов КВП,

блок смесителя сигналов и предварительного УПЧ ВСС-1,

делитель мощности гетеродина ДМ.

2. Блок приемника ПРС-5М, выполненный в виде двух блоков:

приемник амплитудного и когерентного трактов (блок ПАК) с субблоками ШОУ, УПЧ-А, УПЧ-К1 и АПЧ,

блок управления и питания ПРС.

3. Местный гетеродин, включающий в себя субблок генератора СГ-01-01 и субблок подстройки частоты генератора СГ-01-02.

4. Блок контроля БК.

Кроме того, в состав приемного устройства входит общий для всех каналов блок формирования импульсов ШАРУ ФИШ, а также пеленгационная приставка (блок пеленгации) П-1.

6.2. Структурная схема приемного устройства

Структурная схема приемника одного канала представлена на рис.6.2. Рассмотрение схемы будем вести по отдельным блокам и устройствам.

6.2.1. Высокочастотный приемный тракт

Эхо-сигналы, принятые антенной, из антенного переключателя АПС поступают на вход усилителя высокой частоты, выполненного на ЛБВ, и после усиления на высокой частоте – на блок смесителя сигналов ВСС-1. ЛБВ имеет коаксиальные вход и выход, поэтому для перехода от антенного переключателя к ЛБВ необходим волноводно-коаксиальный переход, а для перехода от ЛБВ к

смесителю сигналов, выполненному на отрезке волновода, необходим коаксиально-волноводный переход.

УВЧ предназначен для усиления эхо-сигналов на несущей частоте, обеспечения заданной чувствительности приемного устройства и для предохранения последующих цепей от перегрузки мощными зондирующими импульсами, просачивающимися через разрядник защиты приемника. Он выполнен на сверхмалозумящей пакетированной ЛБВ УВ-99 И или Ж.

Основными требованиями к УВЧ являются:

а) малый коэффициент шума самого усилителя $K_{шУВЧ}$, т.к. он является первым в приемном тракте и полностью определяет коэффициент шума всего приемного тракта $K_{шПР}$;

б) большой коэффициент усиления мощности $K_{рувч}$; из известной формулы коэффициента шума приемника

$$K_{шПР} = K_{шУВЧ} + \frac{K_{шсм} - 1}{K_{рувч}} + \dots \quad (6.8)$$

следует, что чем больше коэффициент усиления мощности $K_{рувч}$, тем меньше вклад смесителя (самого шумящего элемента приемника, т.к. кроме собственных шумов в его контуре выделяются шумы гетеродина) в коэффициент шума приемника;

в) ослабление проникающего в тракт зондирующего сигнала. Из амплитудной характеристики ЛБВ (рис. 6.3) видно, что в ней происходит усиление слабых эхо-сигналов, а при мощности входных сигналов более $P_{вх\ max}$ происходит ослабление их (за счет размодуляции электронного потока в поле электромагнитной волны) и обеспечивается защита кристаллического диода смесителя от выхода его из строя.

ЛБВ представляет собой СВЧ усилительный прибор, работа которого основана на взаимодействии электронного потока с электромагнитной волной, распространяющейся вдоль замедляющей системы.

Упрощенная конструкция ЛБВ показана на рис. 6.4. Основными элементами ЛБВ является электронная пушка (катод, управляющий электрод, анод), спиральная замедляющая система, коллектор и соленоид электромагнита.

Движение электронов осуществляется в продольных полях: ускоряющем электрическом E , создаваемым анодным напряжением и фокусирующем магнитном H , создаваемом соленоидом. Замедляющая система обеспечивает примерное равенство фазовой скорости волны V_ϕ и скорости электронного потока V_e .

При движении электронного потока вдоль замедляющей системы происходит модуляция потока по плотности (образование сгустков и разрежений). Электроны в сгустках, образующихся в тормозящей фазе волны, отдают волне часть кинетической энергии, что приводит к усилению волны. При отдаче энергии электроны замедляются и далее попадают на коллектор. В старых ЛБВ УВ-1Б, используемых в ранних модификациях РЛС, магнитное поле создавалось электромагнитом.

В современных малозумящих ЛБВ значительное снижение коэффициента шума достигнуто за счет:

высокой плотности пространственного заряда в плоском (ленточном) электронном луче,

снижения неоднородности электронного потока благодаря применению катода специальной формы и многоэлектродной пушки (нескольких анодов);

обеспечения хорошей фокусировки луча постоянными магнитами;

понижения рабочей температуры УВЧ за счет исключения возможного нагрева в электромагните фокусирующей системы.

Фокусирующая система на постоянных магнитах является элементом единой конструкции лампы (в этом смысл термина «пакетированная», приведенного выше). Она формирует неравномерное магнитное поле вдоль тракта распространения электронного луча. У катода напряженность его максимальна, что предотвращает расфокусировку луча. Далее напряженность магнитного поля уменьшается и у замедляющей системы оно падает вдвое, что улучшает условия прохождения луча вдоль спирали. Этим обеспечивается выигрыш в весе фокусирующей системы.

Корпус ЛБВ металлокерамический, имеет прямоугольную форму. Кожух ее является электромагнитным экраном, ослабляющим влияние внешних магнитных полей на фокусирующую систему ЛБВ.

Питание ЛБВ осуществляется анодным напряжением + (390...410)В. Распределение напряжений на аноды осуществляется делителем внутри ЛБВ. Накал лампы запитывается постоянным напряжением $\pm 2,2$ В.

Волноводно-коаксиальный переход ВКП обеспечивает переход от волновода сечением 72x34 мм к коаксиальной линии, а коаксиально-волноводный переход – от коаксиальной линии к волноводу сечением 72x10 мм. Они представляют собой короткозамкнутые отрезки волновода со штырями-зондами внутри волноводов, заканчивающимися коаксиальным выводом.

Блок смесителя сигналов включает в себя преселектор, смеситель и предварительный УПЧ. Преселектор установлен на входе блока и обеспечивает необходимую избирательность по зеркальному каналу. Смеситель сигналов предназначен для преобразования эхо-сигналов с высокой на промежуточную частоту. Сигналы промежуточной частоты поступают далее на субблок предварительного УПЧ, входящий в состав блока ВСС-1. В субблоке ПУПЧ осуществляется предварительное усиление эхо-сигналов на промежуточной частоте с целью передачи их по коаксиальному кабелю на блок приемника.

ЛБВ является широкополосной для обеспечения работы по нескольким частотным каналам (УВ-99Ж обеспечивает работу в каналах Д и Ж, УВ-99И – в каналах Б, В и Г). На рис 6.5 показаны амплитудно-частотные характеристики ЛБВ на примере УВ-99Ж $K_{УВЧЖ}$, преселекторов $K_{прес}$ каналов Д и Ж, контура смесителя $K_{смес}$ и спектров сигналов в тракте.

ЛБВ усиливает шумы и помехи в широком спектре частот, в том числе и на зеркальных частотах $f_{зерк}$. В результате преобразования в контуре смесителя выделяются напряжения частот $f_{пр} = |f_r \pm f_c|$. Однако в контуре смесителя выделяются как сигналы основной частоты f_c , отличающейся от частоты гетеродина f_r на величину $f_{пр}$, так и помехи по зеркальному каналу, частота

которых также отличается от f_r на величину $f_{пр}$. Помехи по зеркальному каналу необходимо исключить перед смесителем, чтобы они не выделялись в его контуре. Эту функцию выполняет преселектор, установленный перед смесителем. Как следует из рис. 6.5, зеркальная частота отличается от основной на величину $2f_{пр}$ и АЧХ преселектора должна быть такой, чтобы обеспечить требуемое ослабление помех по зеркальному каналу.

Внешний вид блока ВСС-1 показан на рис. 6.6, а разрез волновода смесителя – на рис. 6.7.

Ввиду того, что в РЛС используется однократное преобразование частоты с очень высокой несущей на достаточно низкую промежуточную частоту, для фильтрации помех по зеркальному каналу необходим очень узкополосный, следовательно, высокочастотный фильтр преселектора. Реализовать фильтр с требуемой узкой полосой на сверхвысоких частотах возможно только на волноводном резонаторе. Поэтому смеситель с преселектором выполнен на отрезке прямоугольного волновода 1 сечением 72×10 мм, внутри которого установлен кристаллический смесительный диод.

Волновод с одного конца закрыт перемещающимся с помощью винта 2 поршнем, положение которого устанавливается при настройке. Перемещением поршня достигается компенсация реактивного сопротивления смесительного диода. На другом конце волновода имеются две диафрагмы, отстоящие друг от друга на расстоянии $\lambda/2$ (где λ – длина волны СВЧ сигнала) и образующие резонансную камеру преселектора. Камера заканчивается прямоугольным фланцем 3 для соединения с коаксиально-волноводным переходом от ЛБВ.

На широкой стенке волновода смесителя расположена направляющая втулка кристаллодержателя с зажимной гайкой 4. Кристаллический диод ввинчивается в кристаллодержатель и устанавливается в волноводе так, что второй его электрод соединяется с центральным контактом, подключенным к входу предварительного УПЧ (8 на рис. 6.7). Контур смесителя установлен на входе ПУПЧ. Для фильтрации высокочастотных составляющих на выходе смесителя установлен четвертьволновый стакан 9.

На той же стенке волновода помещено устройство для ввода гетеродинного напряжения 5 от местного гетеродина через делитель мощности ДМ.

Резонансная камера преселектора представляет собой отрезок волновода с двумя окнами связи на концах. В волноводе камеры преселектора установлен подстроечный винт (плунжер) 6, так что зазор между его концом и противоположной стенкой волновода образует емкость C контура резонансной камеры. С помощью плунжера производится настройка резонансного контура преселектора.

Напряжение местного гетеродина вводится в волновод с помощью зонда 5 (рис. 6.7). Глубиной погружения зонда определяется ток смесителя. Для согласования выхода местного гетеродина со смесителем приняты следующие меры. На входе установлен кольцевой резистор R (рис. 6.7), представляющий согласованное сопротивление нагрузки местного гетеродина. Для компенсации емкостного сопротивления зонда длина участка линии от входа до зонда выбирается равной $\lambda_{мг}/2$. В результате этих мер в линии от гетеродина

создается бегущая волна, чем снижается влияние смесителя на стабильность частоты гетеродина.

Смеситель одноконтурный, выполненный на смесительном диоде. Эквивалентная схема смесителя показана на рис. 6.8. Недостатки одноконтурной схемы:

сильное влияние цепей сигнала и местного гетеродина, включенных последовательно, друг на друга,

ток местного гетеродина протекает через контур смесителя, увеличивая шумы смесителя.

Для уменьшения взаимного влияния цепей сигнала и гетеродина расстояние преселектора до зонда устанавливается равной $\lambda/4$, в результате малое сопротивление зонда трансформируется к резонатору преселектора в большое.

Шумовые свойства смесителя во многом определяются шумами местного гетеродина и определяются выражением

$$K_{\text{шсм}} = \frac{\gamma}{K_{\text{см}}}, \quad (6.9)$$

где γ - относительная шумовая температура смесителя,

$K_{\text{см}}$ - коэффициент передачи смесителя. Для обеспечения минимального значения $K_{\text{шсм}}$ необходима установка оптимального тока смесителя с помощью зонда 5. На графике рис. 6.9, построенном по выражению (6.9), представлена зависимость $K_{\text{шсм}}$ от величины постоянной составляющей тока смесителя I_0 , которая измеряется по стрелочному прибору блока приемника ПРС. Из графика следует, что минимальное значение $K_{\text{шсм}}$ будет при $I_{0\text{опт}}$. Оно должно устанавливаться в пределах 55-70мкА.

Субблок ПУПЧ выполнен в металлическом кожухе 7, крепящемся винтами к волноводному смесителю. Расположение ПУПЧ в непосредственной близости от смесителя снижает потери в тракте от смесителя к ПУПЧ, что приводит к повышению чувствительности приемника.

Предварительный УПЧ трехкаскадный транзисторный и конструктивно состоит из трех функциональных узлов, смонтированных на отдельных платах и разделенных перегородками. На вход первого каскада поступает напряжение со смесителя сигналов. Полоса пропускания ПУПЧ составляет порядка 15 МГц, что необходимо для реализации схемы ШОУ. Такая полоса достигается построением УПЧ на каскадах с взаимно расстроенными контурами. Входной и выходной контуры настроены на частоту, $f_{\text{пр}}$ контуры между каскадами - соответственно на $f_{\text{пр}} + 5$ МГц и на $f_{\text{пр}} - 5$ МГц, формируя АЧХ ПУПЧ формы, показанной на рис. 6.10.

В первом каскаде имеется цепь, позволяющая контролировать ток смесителя сигналов.

Делитель мощности ДМ предназначен для разделения мощности колебаний местного гетеродина поровну между смесителем сигналов и смесителем АПЧ. Он является широкополосным кольцевым делителем и выполнен на симметричной полосковой линии, размещенной в цилиндрическом корпусе. Схема делителя представлена на рис.6.11. Центральная жила делителя выполнена в виде плоского проводника кольцевой формы с тремя

ответвителями на высокочастотные разъемы. Два выхода ответвителя замкнуты на согласующий резистор $R1 = 150 \text{ Ом}$.

6.2.2. Тракт обработки сигналов на промежуточной частоте

Сигналы промежуточной частоты с выхода предварительного УПЧ поступают на вход субблока ШОУ, который включает в себя широкополосный УПЧ, ограничитель, узкополосный УПЧ и детектор. Схема ШОУ обеспечивает эффективное подавление импульсных помех, длительность которой значительно меньше длительности полезного сигнала. Она содержит три элемента, показанные на рис. 6.12: широкополосный усилитель, ограничитель и узкополосный усилитель.

Принцип работы схемы ШОУ поясним с помощью спектральных графиков (рис. 6.13). Спектр короткоимпульсной помехи $G_{\text{ИП}}$ много шире спектра полезного сигнала G_c . Через узкополосный фильтр $\Delta f_{\text{узк}}$ большая часть спектральных составляющих не проходит и происходит ослабление помехи. Однако при большой интенсивности помехи амплитуда составляющих спектра в пределах полосы узкополосного фильтра может быть достаточно велика и помеха выделится на выходе схемы.

Ограничение сигналов на уровне шумов вызывает уменьшение спектральной плотности короткоимпульсной помехи $G_{\text{ИПогр}}$ до уровня спектральной плотности шумов $G_{\text{ш}}$ и при ограничении помеха на выходе схемы не превысит уровня шума.

Необходимо иметь в виду, что поскольку ширина полосы пропускания широкополосного усилителя значительно превышает ширину спектра сигнала, уровень шумов на его выходе большой и полезный сигнал частично или полностью скрыт в шумах. Следовательно, при ограничении спектральные составляющие полезного сигнала ослабляются незначительно, и на выходе узкополосного фильтра он будет выделяться.

Работу схемы ШОУ можно пояснить и с временной точки зрения по графикам 6.14.

Импульсная помеха при ограничении лишается амплитудного преимущества перед полезным сигналом, который в значительной мере скрыт в шумах (рис. 6.14а). Сигналы после ограничения воздействуют на узкополосный фильтр, возбуждая его. Полезный сигнал большей длительности дольше возбуждает фильтр, в результате чего напряжение его на выходе превысит уровень шумов (уменьшенный по сравнению с входным уровнем шумов). Импульсная помеха воздействует на узкополосный фильтр малое время, не успеет нарасти до большей величины и не превысит уровня шумов (рис. 6.14б).

Конечно, ограничение приводит и к ослаблению полезного сигнала, однако оно незначительно, не превышает 1-2 дБ.

Сигналы усиливаются шестикаскадным широкополосным УПЧ, выполненным на транзисторах. Полоса пропускания широкополосного УПЧ составляет 10 МГц. Для обеспечения такой полосы усилитель собран на парах взаимно расстроенных каскадов. Все каскады выполнены по одинаковой схеме

с одиночным контуром. Контуров первого, третьего и пятого каскадов настроены на частоту $f_{np}-5$ МГц, контуры второго, четвертого и шестого каскадов – на частоту $f_{np}+5$ МГц. На первый каскад широкополосного усилителя, кроме эхо-сигналов подаются контрольные сигналы от блока контроля БК.

При выключенном режиме ШОУ напряжение промежуточной частоты с третьего каскада широкополосного УПЧ подается на вход субблока УПЧ-А и остальная часть схемы субблока ШОУ не используется. При включенном режиме ШОУ сигналы с шестого каскада широкополосного УПЧ подаются на ограничитель, где они ограничиваются на уровне собственных шумов. Ограничитель выполнен по схеме транзисторного усилителя с одиночным настроенным на промежуточную частоту контуром с пониженным напряжением питания транзистора.

Далее ограниченные сигналы усиливаются четырехкаскадным узкополосным транзисторным УПЧ. Полоса пропускания усилителя составляет 600кГц, что несколько меньше полосы пропускания усилителя промежуточной частоты субблока УПЧ-А. Выбор такой полосы обеспечивает надежное выделение полезных сигналов на фоне собственных шумов и подавление короткоимпульсных помех. Все каскады узкополосного УПЧ выполнены по схеме с одиночными, настроенными на промежуточную частоту каскадами. Последний каскад является выходным и выполнен на двух транзисторах, включенных параллельно. С выхода узкополосного УПЧ сигналы поступают на амплитудный детектор, выполненный на полупроводниковом диоде. С выхода детектора видеосигналы отрицательной полярности поступают в субблок УПЧ-А на коммутатор и при включенном режиме ШОУ далее на видеоусилитель.

Регулировками «Рег ШОУ» и «Рег У» осуществляется ручное регулирование коэффициентов усиления широкополосного и узкополосного УПЧ соответственно.

В состав субблока ШОУ входит схема временной АРУ. Она предназначена для уменьшения усиления мощных сигналов, принимаемых в начале дистанции с последующим плавным восстановлением усиления по дистанции.

Этим обеспечивается расширение динамического диапазона тракта (исключение перегрузки приемника) и снижение возможности приема сигналов по боковым лепесткам диаграммы направленности антенны.

Схема ВАРУ собрана на двух транзисторах и обеспечивает формирование напряжения регулирования коэффициента усиления тракта в каждом периоде следования (с импульсом запуска), уменьшающегося по дальности до нуля (рис.6.15). Длительность импульса ВАРУ может регулироваться в пределах от 250 до 750мкс (по дальности от 37,5 до 112,5 км) в соответствии с характером позиции РЛС. Напряжение регулирования ВАРУ подается на первый каскад широкополосного УПЧ. Схема ВАРУ имеет следующие регулировки (рис. 6.15):

- «ДЛИТ ВАРУ», обеспечивающая изменение длительности импульса ВАРУ;
- «УРОВ ВАРУ», устанавливающая начальное значение коэффициента усиления тракта;

«НУЛЬ ВАРУ», устанавливающая конечное значение коэффициента усиления тракта.

Включение ВАРУ осуществляется дистанционно с пульта дистанционного управления ПДУ-4М.

На субблок УПЧ-А подаются эхо-сигналы с третьего каскада широкополосного УПЧ субблока ШОУ. Субблок УПЧ-А включает в себя УПЧ, амплитудный детектор, видеоусилитель, а также схемы ШАРУ-РРУ, МАРУ и дифференцирования.

Эхо-сигналы усиливаются в семикаскадном УПЧ. Все каскады УПЧ выполнены по схеме с одиночными настроенными на промежуточную частоту контурами. Последний каскад является выходным и выполнен на двух параллельно включенных транзисторах. Результирующая полоса пропускания УПЧ составляет 800 кГц.

С шестого каскада сигналы на промежуточной частоте подаются на выход блока, на шкаф ЦСДЦ 39К02 для защиты от пассивных помех и в субблок УПЧ-К1 для фазирования когерентного гетеродина пассивной помехой.

На четвертый, пятый и шестой каскады подается управляющее напряжение регулирования усиления в конце дистанции (импульсы подавления) с пеленгационной приставки П-1.

Амплитудный детектор выполнен на полупроводниковом диоде. Видеосигналы отрицательной полярности с амплитудного детектора через коммутатор поступают на видеоусилитель. Коммутатор предназначен для подачи на вход видеоусилителя видеосигналов с детектора субблока ШОУ при включении режима ШОУ с ПДУ или с детектора субблока УПЧ-А при выключенной ШОУ. При этом оба тракта идентичны по количеству каскадов усиления и по их построению, что обеспечивает одинаковый уровень сигналов в обоих режимах и одинаковые их временные задержки.

Перед видеоусилителем установлена схема дифференцирования сигналов, предназначенная для ослабления влияния импульсных сигналов большой длительности на наблюдаемость полезных сигналов. Это достигается дроблением импульсов большой длительности, чем обеспечивается снижение уровня (порога) обнаружения целей на фоне таких импульсов. В связи с этим в технической документации РЛС схема дифференцирования названа схемой автоматической регулировки порога (АРП).

Видеоусилитель двухкаскадный. Второй каскад является эмиттерным повторителем, с которого сигналы ЭА подаются по коаксиальному кабелю в шкаф ЦСДЦ 39К02 для подавления несинхронных помех и объединения сигналов каналов в общий амплитудный канал ЭА. Эмиттерный повторитель обеспечивает согласование выхода видеоусилителя с малым волновым сопротивлением коаксиального кабеля.

В субблок УПЧ-А входят автоматические регулировки усиления – шумовая (ШАРУ) и мгновенная (МАРУ). Обе представляют собой системы автоматического регулирования с обратной связью. ШАРУ обеспечивает стабилизацию уровня собственных шумов приемника и снижение коэффициента усиления тракта при воздействии непрерывных шумовых помех.

Схема ШАРУ вырабатывает управляющее напряжение регулирования коэффициента усиления УПЧ, пропорциональное среднему уровню шумов на выходе детектора, которое воздействует на первый и второй каскады УПЧ так, чтобы уровень собственных шумов или активных шумовых помех оставался постоянным. Этим обеспечивается расширение динамического диапазона приемного тракта.

Структурная схема ШАРУ представлена на рис. 6.16, а временные графики ее работы – на рис. 6.17.

Продетектированные сигналы усиливаются в усилителе и сглаживаются фильтром, образуя медленно изменяющееся отрицательное напряжение (рис. 6.17б), управляющее коэффициентом усиления первого и второго каскадов УПЧ. В результате изменения коэффициента усиления происходит стабилизация уровня шумов. Постоянная времени фильтра достаточно велика (сотни мкс), поэтому схема ШАРУ работает по протяженным нестационарным шумам, а также по протяженным шумовым помехам, приводя их уровень на выходе тракта к постоянному значению (рис. 6.17в).

Для того чтобы управляющее напряжение ШАРУ не вырабатывалось мощными протяженными сигналами от местных предметов, метеорообразований и др., обратная связь ШАРУ в течение большей части периода следования разомкнута и замыкается в конце периода следования на 100мкс. Для этого в схеме ШАРУ предусмотрен электронный ключ, управляемый импульсами, которые формируются в блоке формирования импульсов ШАРУ (ФИИ).

Работа схемы при наличии ключа поясняется графиками рис. 6.18. Цепь ШАРУ замыкается импульсами ФИИ в каждом периоде следования на сравнительно короткое время (рис. 6.18б) и вырабатывает управляющее напряжение, которое запоминается на весь период следования в фильтре (рис. 6.18 в). Таким образом, формируется ступенчатое напряжение управления, соответствующее уровню нестационарных шумов.

Импульсы с блока ФИИ подаются параллельно на ШАРУ всех пяти каналов.

Дистанционно с ПДУ может быть вместо ШАРУ включен режим ручной регулировки усиления (РРУ). Схема коммутации (рис. 6.2) обеспечивает переключение режимов ШАРУ и РРУ.

Схема МАРУ обеспечивает ослабление импульсных помех большой амплитуды и длительности путем уменьшения коэффициента усиления тракта по таким помехам (рис. 6.19). Для ослабления импульсных помех схема МАРУ должна иметь малую постоянную времени срабатывания. Однако постоянная времени должна быть больше длительности полезного сигнала, чтобы не ослаблялись полезные сигналы. Поэтому постоянная времени МАРУ составляет $(5-10)\tau_{\text{имп}}$.

Схема МАРУ расширяет динамический диапазон тракта в зоне действия протяженных помех. Это показано на рис. 6.19 – обеспечивается выделение ЭС2 цели, который мог быть потерян в тракте без МАРУ.

Недостатком МАРУ является наличие неподавленных передних кромок помех.

Схема МАРУ охватывает два последних каскада УПЧ (шестой и седьмой). Она выполнена в виде двух каскадов, каждый из которых представляет собой замкнутое кольцо регулирования (рис. 6.20). Каждое кольцо охватывает один каскад УПЧ и содержит детектор и усилитель с фильтром. Наличие двух колец МАРУ связано с тем, что фильтр МАРУ, имея малую постоянную времени, неполностью фильтрует составляющие промежуточной частоты. Поэтому охват схемой МАРУ двух каскадов может привести к положительной обратной связи и к самовозбуждению УПЧ.

Субблок УПЧ-К1 предназначен для формирования опорного напряжения, используемого при фазовом детектировании в когерентном канале приемника. Основой субблока является когерентный гетеродин - автономный генератор колебаний частотой равной промежуточной. Фазирующее когерентное гетеродина производится либо зондирующими импульсами (режим эквивалентной внутренней когерентности), либо пассивной помехой с выхода приемника (режим внешней когерентности). Основным режимом, используемым при боевой работе, является режим внешней когерентности. Режим внутренней когерентности используется при настройке и регулировке аппаратуры во время регламентных работ.

На вход субблока (на коммутатор) поступают эхо-сигналы на промежуточной частоте с субблока УПЧ-А и фазирующие импульсы передатчика, представляющие собой преобразованные на промежуточную частоту (в смесителе АПЧ) зондирующие импульсы, с субблока АПЧ. В коммутаторе импульсы передатчика ответвляются на блок контроля БК для формирования контрольных импульсов. Коммутатор обеспечивает переключение двух режимов фазирувания.

Когерентный гетеродин должен иметь достаточно высокую стабильность частоты с целью запоминания фазы зондирующего импульса на весь период следования, в то же время обеспечивать возможность быстрого изменения фазы колебаний при фазирувании зондирующим сигналом или помехой. Когерентный гетеродин выполнен на транзисторе по емкостной трехточечной схеме. Для повышения его стабильности приняты следующие меры:

использование высокодобротного колебательного контура,
развязка когерентного гетеродина от внешних цепей с помощью фазирующего каскада на входе и буферного усилителя на выходе гетеродина,
развязка по цепям питания и стабилизация питающего напряжения с помощью стабилитрона.

Частота когерентного гетеродина регулируется шлицом «Гет» на субблоке.

При фазирувании когерентного гетеродина помехой обязательна задержка фазирующего напряжения на время, примерно равное длительности импульса с целью некомпенсации сигналов цели в устройстве череспериодного вычитания. Задержка эта обеспечивается усилителем фазирующих импульсов. Усилитель фазирующих импульсов выполнен на пяти каскадах с двумя связанными контурами в каждом. Такая схема обеспечивает необходимое время задержки фазирующего напряжения при полосе пропускания,

гарантирующей неискаженную форму импульсов на выходе фазирующего каскада.

Опорное напряжение на промежуточной частоте подается в шкаф ЦСДЦ 39К01 на фазовые детекторы. Согласующий каскад предназначен для согласования выхода субблока с коаксиальным кабелем, по которому опорное напряжение передается в шкаф 39К01.

6.2.3. Местный гетеродин

Местный гетеродин (субблок СГ-01-01) предназначен для формирования гетеродинного напряжения, используемого для преобразования эхо-сигналов в приемном тракте и зондирующих импульсов в тракте АПЧ с несущей частоты на промежуточную.

Субблок СГ-01-01 расположен вместе с субблоком шагового двигателя АПЧ СГ-01-02 на общей массивной металлической плите, которая прикреплена на амортизаторах к шасси блока приемника амплитудного и когерентного трактов ПАК.

Субблоки СГ-01-01 всех приемных каналов идентичны по конструкции и электрической схеме, отличаются только размерами коаксиальных резонаторов колебательной системы в соответствии с генерируемой частотой. Частоты, генерируемые местными гетеродинами, отличаются от частот соответствующих магнетронных генераторов на величину промежуточной частоты. В принципе не имеет значения, частота местного гетеродина выше или ниже частоты магнетрона, однако с целью увеличения взаимного разнеса частот каналов частоты местных гетеродинов каналов 1(Г) и 2(Ж) ниже частот магнетронов, f_c а каналов 3(В), 4(Б) и 5(Д) – выше частот магнетронов (рис. 6.21).

Местный гетеродин подвергается автоподстройке частоты с целью поддержания разностной частоты $|f_c - f_{мг}|$ равной промежуточной. К местному гетеродину предъявляются высокие требования по стабильности его частоты с тем, чтобы он как можно меньше влиял на межпериодную фазовую структуру эхо-сигналов. Непрерывная перестройка частоты гетеродина отрицательно сказывается на работе системы СДЦ, т.к. это приводит к непрерывному изменению фазы преобразованных на промежуточную частоту сигналов, искажению их фазовой структуры. Поэтому подстройка частоты местного гетеродина под частоту магнетронного генератора осуществляется шаговым двигателем субблока СГ-01-02, который является исполнительным элементом системы АПЧ. Система с шаговым двигателем обеспечивает дискретность перестройки частоты местного гетеродина, а также малую статическую ошибку слежения, ограниченную величиной одного шага, при высоком быстродействии.

Местный гетеродин представляет собой генератор, выполненный на СВЧ триоде ГС-14 по схеме с общей сеткой.

На сверхвысоких частотах обычные электронные лампы неприменимы из-за следующих недостатков:

большое влияние межэлектродных емкостей и индуктивностей вводов электродов,

большое время пролета электронов к электродам лампы, соизмеримое с периодом СВЧ колебаний.

В диапазонах СВЧ используются лампы специальной конструкции (рис. 6.22). Для уменьшения времени пролета электронов электроды ламп выполнены плоскими, обеспечивающими минимальное расстояние между ними (десятые-сотые доли мм). Уменьшение межэлектродных емкостей достигается уменьшением площадей электродов и разнесением выводов электродов. Анод и катод разносятся в разные стороны баллона, а сетка в виде кольцевого вывода – посередине баллона. Уменьшение индуктивностей вводов обеспечивается увеличением их диаметра.

В качестве колебательной системы в гетеродине используются коаксиальные резонаторы. Они выполнены в виде отрезков коаксиальных линий – металлических труб, плотно надеваемых на электроды лампы. Пространство между трубами образуют резонаторы сеточно-катодный и анодно-сеточный. Такие резонаторы обладают следующими преимуществами:

1) Удобство соединения с электродами лампы, отсутствие соединительных проводов, пайки.

2) высокая добротность колебательных систем. Известно, что добротность резонатора Q определяется отношением энергии, запасенной в резонаторе $W_{\text{зап}}$, к энергии потерь в резонаторе $W_{\text{пот}}$.

$$Q = \frac{W_{\text{зап}}}{W_{\text{пот}}} \quad (6.10)$$

Величина $W_{\text{зап}}$ определяется объемом резонатора; он выполняется достаточно большим. Уменьшение значения $W_{\text{пот}}$ достигается качеством обработки внутренней поверхности резонатора, дополнительными покрытиями, например, серебрением, что уменьшает потери за счет поверхностных токов. Уменьшению потерь способствует также отсутствие соединительных проводов, паяк и др.

В результате добротность резонатора может составлять $Q = 10^4$. Такая добротность соизмерима с добротностью кварцевых резонаторов, используемых на низких частотах, и обеспечивает высокую стабильность частоты колебаний.

3) Простота настройки (перестройки). Она достигается изменением длины линии резонатора с помощью поршня, вставляемого в резонатор.

На рис. 6.23 показана конструкция местного гетеродина.

В качестве колебательной системы в нем используются отрезки жестких коаксиальных линий (металлических труб) разного диаметра. Они надеваются на кольцевые выводы электродов лампы. Труба меньшего диаметра 4 надевается на анод 3, труба среднего диаметра 5 – на сетку 2 и труба большего диаметра 6 – на катод 1. Внутреннее пространство между катодным и сеточным отрезками образует сеточно-катодный контур 7, пространство между сеточным и анодным отрезками – анодно-сеточный контур 8. Положительная

обратная связь между контурами для обеспечения режима генерации образована индуктивно-емкостным элементом связи 9.

Для стабилизации частоты гетеродина к анодно-сеточному контуру через линию связи (зазор между поршнем 11 и отрезком 4) подключен высокочастотный стабилизирующий резонатор 10. Он выполнен на тех же анодном и сеточном отрезках, имеет большой объем и является ненагруженным, поэтому имеет высокую добротность. Частота гетеродина стабилизируется методом затягивания частоты и полностью определяется частотой стабилизирующего резонатора.

Автоподстройка частоты гетеродина осуществляется изменением резонансной частоты стабилизирующего резонатора путем поворота специальной лопатки 12 в торцевой части резонатора. Ось лопатки связана с редуктором шагового двигателя. Отбор мощности колебаний осуществляется с сеточно-катодного контура с помощью емкостного зонда 14 на делитель мощности гетеродина ДМ.

С перемещением бесконтактного поршня 11 осуществляется ручная установка частоты местного гетеродина под частоту магнетрона. При этом изменяется длина резонансной камеры стабилизирующего резонатора.

На анод лампы подается напряжение питания E_a . С целью развязки постоянной и переменной составляющих анодного тока используется конструктивная емкость 13, представляющая собой диэлектрическое кольцо, находящееся между анодом и отрезком линии резонатора.

На рис. 6.24 приведена эквивалентная схема гетеродина. Т.к. резонаторы имеют одну общую линию – сеточную, генератор представляет собой схему с общей сеткой. Колебательная система представлена в виде контуров: анодно-сеточного $C_{ac}L_{ac}$, сеточно-катодного $C_{ck}L_{ck}$ и стабилизирующего $C_{ст}L_{ст}$. Конструктивная емкость 16 показана в виде разделительного конденсатора C_p , аналогично конденсатор C_k в цепи катода представляет собой конструктивную емкость.

Питание местного гетеродина осуществляется стабилизированными напряжениями +300В, подаваемым на анод, и –50В, подаваемым на катод. Накал лампы питается постоянным напряжением 6,3В, которое подается на лампу через развязывающий по высокой частоте фильтр Др1, Др2, С5, С6. Для регулировки анодного тока гетеродина предназначен переменный резистор R2 «Рег.тока СГ», контроль анодного тока осуществляется по контрольному прибору блока ПРС.

Таким образом, высокая стабильность частоты местного гетеродина обеспечивается следующими мерами:

1. Наличием высокочастотного ненагруженного стабилизирующего резонатора.
2. Работой генератора в недонапряженном режиме при неполном использовании лампы по мощности.
3. Слабой связью с нагрузкой, чем уменьшается влияние нагрузки на стабильность генератора.

4. Питанием анода лампы стабилизированным напряжением, а накала - постоянным током.

5. Наличием амортизированной подвески субблока, уменьшающей влияние механических воздействий на гетеродин.

6. Высоким качеством обработки внутренних поверхностей коаксиальных резонаторов, исключением гальванических контактных соединений.

Субблок СГ-01-02 включает в себя шаговый двигатель и редуктор.

Шаговый двигатель управляется импульсами с системы АПЧ, при этом количество импульсов определяет число шагов, обрабатываемых двигателем. За один шаг ротор двигателя поворачивается на $22,5^{\circ}$. При передаточном отношении редуктора 50:1 поворот лопатки стабилизирующего контура осуществляется на угол, равный $0,45^{\circ}$.

6.2.4. Система автоподстройки частоты

Система АПЧ предназначена для поддержания постоянства промежуточной частоты с заданной точностью путем управления частотой местного гетеродина. Система АПЧ является электромеханической следящей системой дискретного действия.

В состав системы АПЧ входит смеситель АПЧ, субблок АПЧ приемника и шаговый двигатель (субблок СГ-01-02). Исполнительным элементом системы является шаговый двигатель, осуществляющий поворот лопатки, расположенной в стабилизирующем резонаторе местного гетеродина.

Рассмотрим работу системы по структурной схеме рис.6.2 и характеристику элементов системы.

На смеситель АПЧ поступают зондирующие импульсы от антенного переключателя АПС через направленный ответвитель и напряжение местного гетеродина через делитель мощности ДМ. Смеситель АПЧ представляет собой коаксиальный контур, в котором установлен смесительный диод. Направленный ответвитель выполняет функцию ослабителя мощности зондирующего импульса. Ослабитель представляет собой цилиндрическую трубку, припаянную к широкой стенке волновода антенного переключателя, в которой помещены две поглощающие пластины.

Преобразованные на разностную частоту зондирующие импульсы поступают в субблок АПЧ на усилитель промежуточной частоты. С учетом обеспечения полосы схватывания АПЧ, составляющей $\pm(4-6)$ МГц, усилитель промежуточной частоты должен быть широкополосным. УПЧ трехкаскадный транзисторный, выполнен по схеме с одиночными взаимно расстроенными контурами каскадов. Контур первого каскада настроен на частоту $f_{пр}$, второго и третьего каскадов – соответственно на $f_{пр} + 5$ МГц и $f_{пр} - 5$ МГц.

С последнего каскада усилителя сделан отвод сигнала для фазирования когерентного гетеродина и формирования контрольного импульса.

После усиления сигналы поступают на коммутирующий каскад. В коммутирующем каскаде осуществляется стробирование тракта импульсами от тиратронного блока ТС передающего устройства. Эти импульсы имеют

меньшую длительность по сравнению с зондирующими импульсами передатчика как в режиме редкого, так и частного запуска (рис. 6.25). В результате этого на выходе каскада имеют место радиоимпульсы одинаковой длительности для обоих режимов запуска (рис. 6.25 г), следовательно, одинаковые условия работы системы АПЧ. Кроме того, стробирование исключает работу АПЧ по различного рода случайным сигналам.

В частотном дискриминаторе осуществляется преобразование частотных отклонений от промежуточной частоты в амплитудные. На выходе частотного дискриминатора имеет место последовательность видеоимпульсов, амплитуда и полярность которых пропорциональны величине и знаку отклонения частоты от промежуточной. Амплитудно-частотная характеристика дискриминатора показана на рис. 6.26, а временные графики работы системы АПЧ – на рис. 6.27. На рис. 6.27а показана расстройка разностной частоты f_p от промежуточной $f_{пр}$ в одну и другую сторону. Если разностная частота равна промежуточной, амплитуда импульсов на выходе дискриминатора равна нулю (рис. 6.26, 6.27б). При уходе разностной частоты в одну и другую сторону от промежуточной на выходе частотного дискриминатора имеют место видеоимпульсы зондирующего сигнала соответствующей полярности.

Для уменьшения влияния амплитудных флуктуаций входных радиоимпульсов, связанных с изменением мощности передатчика, гетеродина и другими факторами, перед частотным дискриминатором установлен амплитудный ограничитель.

Учитывая несимметричность спектра импульсов передатчика, изменение положения его энергетического центра при смене магнетрона передатчика, в субблоке АПЧ предусмотрена возможность эксплуатационной подстройки в небольших пределах переходной частоты дискриминатора. Она производится специальной схемой регулирования переходной частоты (регулировка «Нуль дискрим.» на субблоке АПЧ).

Видеоимпульсы с частотного дискриминатора после усиления в видеоусилителе поступают на фазоинвертор, имеющий два выхода с противоположной полярностью импульсов на них. Если на входе фазоинвертора имеется последовательность положительных импульсов, на одном выходе они повторяются, на другом будет иметь отрицательную полярность и наоборот (рис. 6.27 в, г).

Регулировкой «Зона» изменяется коэффициент усиления видеоусилителя после частотного дискриминатора, чем обеспечивается регулировка зоны нечувствительности дискриминатора ($U_{чдmin}$ на рис 6.26).

Сигналы с каждого из выходов фазоинвертора поступают на свой усилитель. Поскольку усилители обеспечивают усиление только положительных импульсов, то импульсы будут присутствовать только на выходе одного из усилителей (рис. 6.27 д, е). С выхода усилителя (одного или другого) импульсы положительной полярности поступают на один из входов схемы И. На другой ее вход поступает напряжение с выхода интегратора, который обеспечивает срабатывание только в случае наличия на его входе последовательности из нескольких импульсов (рис. 6.27 ж, з). При наличии

случайных импульсов схема И срабатывать не будет и исключается сбой работы системы АПЧ.

Импульсы с выходов схемы поступают на схему ИЛИ и на коммутатор. С выхода схемы ИЛИ любой из двух сигналов поступает на делитель, осуществляющий деление частоты входных импульсов. Коэффициент деления делителя изменяется сигналом «Переключение режимов» при смене режима запуска (частоты следования импульсов) с редкого на частый.

Выходные импульсы делителя поступают на коммутатор, который вырабатывает четыре импульсных напряжения в виде меандра частотой 20-25 Гц и распределяет их по четырем обмоткам шагового двигателя. Эти напряжения усиливаются четырехканальным выходным усилителем и поступают на обмотки шагового двигателя. Каждым импульсом поворачивается ротор шагового двигателя в соответствующую сторону.

По устройству шаговый двигатель представляет электрическую машину, состоящую из ротора и статора. Ротор выполнен с четырьмя явно выраженными парами магнитных полюсов. На статоре уложено четыре обмотки возбуждения, причем пары обмоток расположены взаимно перпендикулярно. Питание на обмотки возбуждения подается от источника –27 В через ключи КI и КIV, управляемые коммутатором. Упрощенная схема шагового двигателя приведена на рис.6.28.

Ключи КI – КIV осуществляют подключение к источнику питания –27 В. соответствующий пары обмоток возбуждения при подаче на их входы управляющих импульсов с коммутатора. При поступлении управляющих импульсов на ключи КI – КIII они подключают питание к обмоткам возбуждения I и III и в них будут протекать токи. Эти токи создадут магнитные потоки ΦI и ΦIII , являющиеся взаимно перпендикулярными. Результирующий магнитный поток $\Phi_{рез1}$ (рис.6.29а) обмоток возбуждения взаимодействует с магнитным полем ротора и ротор поворачивается в согласованное положение. При поступлении управляющих импульсов на ключи КII и КIV питание подключается к обмоткам II и IV, направление результирующего магнитного потока $\Phi_{рез2}$ (рис.6.29б) обмоток возбуждения изменится на 90^0 по часовой стрелке. Ротор вновь повернется на один шаг и займет согласованное положение.

Поворот ротора шагового двигателя будет продолжаться до тех пор, пока разностная частота на выходе смесителя АПЧ не станет равной промежуточной и поступление управляющих импульсов с коммутатора прекратится.

Таким образом, подстройка частоты местного гетеродина осуществляется дискретно с временными интервалами, соответствующими частоте 20-25 Гц, т.е. через 15-30 периодов следования РЛС. Это обстоятельство способствует нормальному функционированию системы СДЦ.

6.2.5. Блок контроля БК

Блок контроля БК совместно с осциллографом С1-73 предназначен для контроля параметров приемного устройства. Он позволяет оценить суммарные

нестабильности работы приемника, работу системы АПЧ и качество фазирования когерентного гетеродина.

Контроль перечисленных параметров осуществляется с помощью контрольного сигнала, в качестве которого используется зондирующий импульс на промежуточной частоте с субблока УПЧ-К1. Так как фаза контрольного сигнала всегда однозначно связана с фазой зондирующего импульса, такой сигнал имитирует отраженный от неподвижного объекта эхосигнал.

Радиоимпульсы с субблока УПЧ-К1 поступают в блок контроля на усилитель промежуточной частоты УФ-02, который обеспечивает усиление и изменение фазы контрольного импульса. Регулировка фазы контрольного импульса осуществляется вручную ручкой «Рег.напр.комп». С выхода УПЧ УФ-02 сигналы поступают на ультразвуковую линию задержки, где они задерживаются на 133,33 мкс (20 км по дальности). Для компенсации затухания в линии задержки сигнал усиливается в УПЧ УЗ-02. Ручкой «Рег.усил» изменяется коэффициент усиления УПЧ. С выхода субблока УЗ-02 контрольный сигнал подается в проверяемый канал приемного устройства на вход широкополосного УПЧ субблока ШОУ.

6.2.6. Блок формирования импульсов подавления П-1

Блок П-1 является устройством пеленгации постановщиков активных помех. Он формирует импульсы пилообразного напряжения, плавно уменьшающие усиление тракта УПЧ в конце дистанции (импульсы подавления). Длительность импульсов подавления 90-105 км. Блок расположен в индикаторной машине и импульсы поступают от блока через токосъемник одновременно на все 5 каналов.

С выхода блока импульсы подавления подаются на 4, 5 и 6 каскады УПЧ субблока УПЧ-А. Изменением амплитуды импульсов подавления устанавливается такой коэффициент усиления УПЧ, при котором на экране отображается сектор активных помех по главному лепестку в виде стрелки (рис.2.3).

Поясним работу блока П-1 по структурной схеме и временным графикам рис.6.30.

Импульсы редкого запуска РЛС «Зап.І» (график 1) подаются на схему задержки, которая вырабатывает импульс длительностью 1600-1700 мкс (график 2). Схема задержки выполнена на ждущем мультивибраторе. Плавная регулировка длительности импульса осуществляется регулировкой «Задерж. имп». Этот импульс дифференцируется дифференцирующей цепью и положительным дифференцированным импульсом, соответствующим заднему фронту импульса задержки (график 3) запускается схема расширения. Схема расширения представляет также ждущий мультивибратор. Она формирует положительный прямоугольный импульс длительностью 600-700 мкс. Этот импульс поступает на интегратор (цепь RC), формирующий импульс подавления трапецеидальной формы (график 5). С выхода интегратора импульс

подается на выходной каскад, с нагрузки которого импульс подавления положительной полярности подается на УПЧ субблока УПЧ-А, изменяя его коэффициент усиления (график 6). Параметры импульса подавления изменяются регулировками «Ампл.» и «Форма имп».

6.2.7. Блок формирования импульсов ШАРУ (ФИШ)

Блок ФИШ предназначен для формирования импульсов коммутации схем ШАРУ приемных каналов. Он формирует импульсы положительной полярности длительностью 100 мкс в конце дистанции, на время которых осуществляется включение цепей регулирования схем ШАРУ субблоков УПЧ-А. Эти импульсы подаются на субблоки УПЧ-А всех пяти приемных каналов.

Структурная схема блока представлена на рис.6.31.

Импульсы редкого запуска РЛС запускают ждущий мультивибратор, осуществляя задержку импульса коммутации. Дифференцирующая цепь формирует импульс, соответствующий заднему фронту импульса задержки. Этим импульсом запускается второй ждущий мультивибратор, формирующий импульс коммутации. Импульс коммутации через согласующий эмиттерный повторитель подается на пять буферных усилителей, с которых импульсы коммутации (имп ШАРУ1...имп ШАРУ5) подаются на субблоки УПЧ-А пяти приемных каналов.

6.3. Принципиальная схема приемного устройства

Элементной базой приемного устройства являются транзисторы и интегральные микросхемы.

Тракты промежуточной частоты всех субблоков выполнены на полевых транзисторах с двумя изолированными затворами и индуцированным каналом n-типа. Графическое обозначение транзистора показано на рис. 6.32а. Он имеет инжектирующий электрод-исток, выходной электрод-сток и управляющие электроды-затворы 31 и 32. Стрелкой показан тип индуцированного канала – n. Питание транзисторов этого типа осуществляется положительным напряжением, подаваемым на сток. Транзисторы имеют так называемую правую переходную (стокзатворную) характеристику (рис. 6.32б). В них для выбора рабочей точки (исходного режима схемы) на затвор должно подаваться напряжение смещения $U_{з0}$ той же полярности, что и на сток, т.е. положительное напряжение.

Применение транзистора с двумя затворами обеспечивает развязку цепей постоянного напряжения смещения и входных переменных напряжений за счет подачи их на разные затворы.

В видеотрактах субблоков используются биполярные транзисторы типа n-p-n. Графическое обозначение транзистора такого типа показано на рис. 6.32 в. Его электроды: эмиттер, коллектор и база. Транзисторы n-p-n также питаются положительным напряжением, подаваемым на коллектор. Биполярные транзисторы имеют правую переходную (коллекторно-базовую)

характеристику, следовательно, напряжение смещения при выборе рабочей точки также положительное. В видеотрактах используются также микросхемы в качестве операционных усилителей.

Рассмотрим принципиальные схемы основных элементов приемного устройства.

В усилителях промежуточной частоты приемника используются каскады с последовательным или параллельным питанием. В каскадах с последовательным питанием источник питания и выходной контур в стоковой цепи включены последовательно. Следовательно, постоянная составляющая стокового тока протекает через индуктивность контура. Однако протекание переменного тока через источник питания недопустимо, оно может привести к самовозбуждению усилителя за счет обратной связи каскадов через общий источник питания. Поэтому необходима развязка каскадов с помощью развязывающих фильтров, устанавливаемых в каждом каскаде.

В каскадах с параллельным питанием цепи протекания постоянной и переменной составляющих стокового тока разделены с помощью разделительной емкости и задача развязки каскадов по общему источнику питания значительно упрощается.

6.3.1. Предварительный УПЧ

Принципиальная схема ПУПЧ представлена на рис. 6.33.

Усилитель трехкаскадный с последовательным питанием каскадов и с одиночными взаимно расстроенными контурами.

Каскады по схеме одинаковы. Питание усилителя осуществляется от источника +12,6 В через развязывающие фильтры: общий фильтр Др2, С2 (вне каскадов) и фильтров в каждом каскаде Др2, С5 в ПУПЧ-1, ДР2, С2 в ПУПЧ-2, ПУПЧ-3.

На гнездо «Вход ПЧ» от смесителя сигналов подаются сигналы на промежуточной частоте на входной контур (С18, обмотка 1, 2 L1) и далее через трансформаторную связь на затвор первого каскада. Выходные контуры всех каскадов образованы индуктивностями (L2 в ПУПЧ-1, L1 в ПУПЧ-2, ПУПЧ-3) и конструктивной емкостью схемы – выходной емкостью каскада, емкостью монтажа и входной емкостью последующего каскада. Резисторы R6 в ПУПЧ-1, R4 в ПУПЧ-2, R4, R5 в ПУПЧ-3, включенные параллельно контурам, определяют их полосу пропускания. Входной и выходной контуры настроены на частоту $f_{\text{пр}}$ контура первого и второго каскадов – на частоты $f_{\text{пр}} + 5$ МГц и $f_{\text{пр}} - 5$ МГц соответственно.

Цепи R5, С6 в ПУПЧ-1, R3, С3 в остальных каскадах – цепи автосмещения по стоковому току для термостабилизации рабочей точки стокозатворной характеристики, цепями R4, С4 в ПУПЧ-1, R2, С1 в остальных каскадах обеспечивается подача напряжения смещения на второй затвор для выбора рабочей точки. Цепь первый затвор – исток замыкается через обмотку 3-4 L1 в первом каскаде и Др1 в остальных.

Выход ПУПЧ коаксиальный на гнездо Ш2. Для согласования выхода ПУПЧ с коаксиальным кабелем съём напряжения осуществляется через делитель R4, R5. Согласование обеспечивается тем, что резистор R4 имеет сопротивление, равное волновому сопротивлению кабеля.

Конденсаторы C7 в первом каскаде, C4 в остальных – переходные. Резисторы R3 в первом каскаде, R1 в остальных – антипаразитные. Это сопротивления небольшой величины, гасящие паразитные колебания в цепи баз.

На входе ПУПЧ установлена цепь контроля тока смесителя. С помощью фильтров C1, Др1 вне каскада и C2, Др1, C3 внутри первого каскада выделяется постоянная составляющая тока смесителя. Она снимается с делителя R1, R2 и сопротивления делителя выбираются так, чтобы при оптимальном значении тока смесителя показание измерительного прибора составляло 55-70 мкА. Измерительный прибор находится на блоке ПРС, с которым цепь связана через контакт Ш1-3.

6.3.2. Субблок ШОУ

Принципиальная схема субблока представлена на рис. 6.34. Субблок включает в себя 6 каскадов широкополосного УПЧ, ограничитель, 4 каскада узкополосного УПЧ, амплитудный детектор и схему ВАРУ.

На вход субблока через коаксиальный разъем Ш1 («Вход Ш») поступают сигналы с ПУПЧ. Каскады широкополосного УПЧ УШ-1 – УШ6 идентичны, с последовательным питанием и с одиночными взаимно расстроенными контурами. Первый, третий и пятый каскады настроены на частоту $f_{\text{пр}} + 5$ МГц, второй, четвертый и шестой – на частоту $f_{\text{пр}} - 5$ МГц.

Питание каскадов осуществляется от источника +12,6 В через контакт Ш5-1. В цепи питания каждого каскада развязывающие фильтры C3, Др1 в УШ1 (Др2, C3, Др2, C2 в других каскадах). Через цепи R3, C1 в первом, втором и третьем каскадах и R2, C1 в остальных обеспечивается подача напряжения смещения на вторые затворы с целью выбора рабочей точки. Колебательные контуры выполнены на индуктивности L1 в каждом каскаде и конструктивной емкости. Резисторами R7 (R6, R4 в других каскадах), включенными параллельно контурам, определяется требуемая полоса пропускания контура. Цепи R5, C4 (R4, C5, R3, C3 в других каскадах) в истоках транзисторов являются цепями автосмещения для температурной стабилизации рабочей точки.

Конденсаторы C5 (C6, C4 в других каскадах) – переходные конденсаторы, развязывающие каскады по постоянной составляющей стокового тока. Они исключают протекание ее через входные цепи каскадов. Дроссели Др1 2-6 каскадов образуют сопротивление утечки первого затвора, замыкающее цепь истока с затвором. В первом каскаде аналогичную функцию выполняет резистор R18 в схеме ВАРУ. Для повышения устойчивости работы усилителя в цепях первых затворов включены антипаразитные резисторы R1 малой величины. На первый каскад УПЧ поступает также контрольный сигнал с

блока БК. Контрольный сигнал вводится в цепь истока каскада через делитель R4, R6. С третьего каскада сигналы промежуточной частоты снимаются с резистора R5 в цепи истока и через переходной конденсатор C2 поступают на гнездо ШЗ “Вых УПЧ” и далее на вход субблока УПЧ-А.

В первом каскаде осуществляется временная автоматическая регулировка усиления. Импульс ВАРУ отрицательной полярности подается на затвор транзистора первого каскада. Развязка цепей промежуточной частоты и ВАРУ осуществляется фильтром R8, C2. Во втором и третьем каскадах осуществляется ручная регулировка усиления. Регулирующее напряжение подается на затворы транзисторов через развязывающие фильтры R2, C2 (R2, C3).

Ограничитель (узел Дет Ш) представляет собой каскад УПЧ с настроенным на промежуточную частоту одиночным контуром и с пониженным напряжением питания. Каскад выполнен на двух параллельно включенных транзисторах T1, T2. Питание каскада осуществляется от источника +20В с контакта Ш5-2 через делитель напряжения R14, R18, заблокированный по промежуточной частоте конденсаторами C1, C7. Пониженное напряжение питания снимается с резистора R18.

Напряжение смещения на вторых затворах, определяющее положение рабочей точки, устанавливается делителем R1, R2, заблокированным конденсатором C2. Колебательный контур каскада образован индуктивностью L1 и конструктивной емкостью каскада. Резисторы R12, R13 определяют полосу пропускания контура.

Сигналы с широкополосного УПЧ поступают на первые затворы транзисторов через сопротивление утечки Др1. Цепь R11, C3 – цепь автосмещения. Резисторы R3 – R10 предназначены для развязки всех электродов двух параллельно включенных транзисторов. Для согласования ограничителя со входом узкополосного УПЧ напряжение на него подается с делителя R12, R13. Конденсатор C6 переходной.

У выходной цепи ограничителя установлена схема, обеспечивающая контроль выходных сигналов. Она выполнена на детекторе Д1. Цепь Др3, C5 – фильтр детектора, резистор R15 – нагрузка детектора, дроссель Др2 обеспечивает цепь протекания постоянной составляющей тока детектора. Через дроссель Др4 детектированные сигналы выводятся на гнездо Гн1 “Дет Ш” субблока и через резисторы R16, R17 с блокировочным конденсатором C8 – на измерительный прибор блока ПРС через контакт Ш5-20.

Узкополосный УПЧ включает в себя узлы УУ1-УУ3 и ДетУ. Три первых каскада (УУ1-УУ3) одинаковы, выполнены по схеме с последовательным питанием и с одиночными настроенными на промежуточную частоту контурами. Питание осуществляется от источника +12,6 В. В каждом каскаде – развязывающие фильтры C2, Др2. На вторые затворы подаются напряжения смещения через гасящие резисторы R3 в УУ1 и R2 в УУ2, УУ3, заблокированные емкостями C1.

Каскады намного более узкополосны, чем каскады ШУПЧ, поэтому в контурах установлены конденсаторы C3 вместо конструктивных емкостей.

Резисторами R5 (R4 в УУ3) определяется полоса пропускания контуров. Цепи R4, C4 в УУ1 и R3, C4 в УУ2, УУ3 обеспечивают истоковое автосмещение. Конденсаторы C5 – переходные. В цепи истока первого каскада установлен переменный резистор R1 “Рег У”. Этот резистор не заблокирован емкостью, поэтому этим резистором обеспечивается отрицательная обратная связь по току. Регулировка усиления осуществляется изменением глубины обратной связи, которая ослабляет входной сигнал. Конденсатор C6 улучшает согласование выхода ограничителя со входом узкополосного усилителя.

Четвертый каскад выполнен на параллельно включенных транзисторах Т1, Т2. Питание его осуществляется от источника + 20 В. Схема каскада аналогична схеме каскада Дет Ш. Отличия схем следующие:

Отсутствует делитель напряжения +20В, установлен лишь развязывающий фильтр R6, C1, C6;

В колебательном контуре использован конденсатор C4 вместо конструктивной емкости в каскаде ДетШ.

С выхода усилителя через переходной конденсатор C5 сигналы поступают на детектор. Детектор обеспечивает амплитудное детектирование и выдачу сигналов на выход, на субблок УПЧ-А, а также обеспечивает контроль выходных сигналов субблока. Детектор выполнен на диоде Д1 по схеме, аналогичной детектору узла Дет Ш. Отличие состоит в том, что резистор, являющийся нагрузкой детектора, расположен в субблоке УПЧ-А. Через дроссель Др3 сигналы выводятся на гнездо Гн1 “Дет У”, а через цепь R14, R15, C8 – поступают на измерительный прибор блока ПРС через контакты Ш5-11. С детектора через коаксиальный разъем Ш4 “Выход ШОУ” сигналы подаются в субблок УПЧ-А на коммутатор, осуществляющий коммутацию режимов с ШОУ и без ШОУ.

Схема ВАРУ выполнена на транзисторах Т1, Т2 узла ВАРУ - РРУШ.

В исходном состоянии (при отсутствии импульсов запуска) транзистор Т1 закрыт отрицательным напряжением на первом затворе относительно истока, подаваемым от источника – 20В через резистор R5. Потенциал истока определяется делителем R7, R6. Импульс запуска положительной полярности с контакта Ш5-16 через кнопку Кн1 “Выкл зап”, разделительный конденсатор C3 и ограничительный резистор R3, ослабляющий влияние схемы ВАРУ на цепь запуска, поступает на первый затвор транзистора Т1. Диодами Д1, Д2 осуществляется ограничение амплитуды импульса запуска сверху и снизу. Транзистор Т1 открывается и конденсаторы C6, C7 быстро заряжаются через открытый транзистор по цепи: корпус-конденсаторы C6, C7 – сток-исток транзистора – резистор R7 – источник –20 В. Независимо от амплитуды и длительности импульса запуска заряд конденсаторов происходит до определенного потенциала, фиксируемого диодом Д3, который подключен к делителю R10, R11. При заряде до напряжения на резисторе R11 диод открывается и заряд прекращается.

По окончании импульса запуска транзистор Т1 закрывается и конденсаторы C6, C7 медленно разряжаются по цепи: нижняя обкладка конденсаторов – делитель R8, R9 – верхняя обкладка конденсаторов. Окончание разряда

конденсаторов определяется диодом Д4, который подключен потенциометру R13 делителя R12, R13, R14. По достижении напряжения на конденсаторах потенциала на резисторе R13 диод открывается и напряжение на конденсаторах остается неизменным и равным напряжению на движке потенциометра R13. Это напряжение устанавливается регулировкой “Нуль ВАРУ”.

Напряжение с конденсаторов С6, С7 поступает на параллельно соединенные затворы транзистора Т2, являющегося истоковым повторителем. Нагрузкой его является потенциометр R15 и изменением его сопротивления сменяется амплитуда импульса ВАРУ (регулировка “Уров ВАРУ”). Импульс ВАРУ через развязывающий фильтр С9 (узел ВАРУ-РРУШ), R8, С2 (узел УШ1) подается в цепь первого затвора транзистора первого каскада ШУПЧ. Для того, чтобы импульс ВАРУ был отрицательным (для компенсации положительного напряжения в цепи истока транзистора Т2) напряжение ВАРУ складывается с отрицательным напряжением, подаваемым от источника –20В через резистор R16.

Для индикации выходного напряжения ВАРУ, задаваемого потенциометром R13 «Нуль ВАРУ», используется контрольный прибор блока ПРС, Ш5-14, подключаемый через резистор R17 и контакт Ш5-14 субблока.

Включение ВАРУ осуществляется дистанционно с панели ПДУ-4М с помощью реле Р2 подачей напряжения +27В через контакт Ш5-27. Кнопкой Кн1 “Выкл зап” при включенной ВАРУ осуществляется отключение импульсов запуска для установки напряжения нуля ВАРУ.

В режиме настройки и контроля используется ручная регулировка усиления широкополосного УПЧ. При этом включается реле Р1 с блока ПРС подачей питания на него через контакт Ш5-29. Контактными 3-5 реле включается цепь подачи отрицательного напряжения регулирования на второй и третий каскады ШУПЧ. Напряжение подается с резистора R2 делителя R1, R2 через развязывающий фильтр Др1, С1.

6.3.3. Субблок УПЧ-А

Принципиальная схема субблока представлена на рис. 6.35. Субблок включает в себя основной УПЧ, амплитудный детектор, коммутатор режимов ШОУ и без ШОУ, видеоусилитель, схемы ШАРУ, МАРУ и АРП (дифференцирования).

УПЧ семикаскадный. Первые шесть каскадов одинаковы. Каждый каскад выполнен по схеме с одиночным настроенным контуром и с последовательным питанием. На вход субблока поступают эхо-сигналы с третьего каскада широкополосного УПЧ субблока ШОУ через коаксиальный разъем Ш1 “Вход УПЧ” Питание каскадов осуществляется от источника +12,6В через контакт Ш4-1. В цепи питания каждого каскада установлены фильтры развязки Др1С3 (Др2, С2, Др2, С3). Напряжения смещения на втором затворе устанавливаются гасящими сопротивлениями R3 (R2), заблокированными емкостями С1. В

истоках транзисторов каскадов установлены цепи автосмещения с целью термостабилизации режимов транзисторов R4, C5 (R3, C5, R4, C4).

Колебательные контуры образованы индуктивностями L1 и емкостями C4 (C3). Резисторы R5 (R4) определяют полосу пропускания контуров. Конденсаторы C6 (C5) – переходные, исключают протекание постоянной составляющей стокового тока каскада во входной цепи последующего каскада. Резисторы R2 (R1) в цепях первых затворов – антипаразитные.

На первые базы транзисторов первого и второго каскадов подается напряжение регулировки усиления ШАРУ либо РРУ. В цепи истоков транзисторов четвертого, пятого и шестого каскадов подаются импульсы подавления пилообразной формы положительной полярности с блока пеленгации П-1. Они подаются через диоды Д1 в 4 каскаде, Д2 в 5 и 6 каскадах, создавая падение напряжения на резисторах автосмещения R3 (R4), минусом приложенные к затвору. Этим обеспечивается уменьшение усиления в конце дистанции по требуемому закону. Импульсы подавления подаются через развязывающий фильтр Др1С1 (вне каскадов) и С2 в четвертом каскаде. Диоды обеспечивают развязку цепей подачи импульсов в каскады. С выхода шестого каскада с емкостного делителя C5, C6 сигналы на промежуточной частоте через коаксиальный выход Ш2 “Фазир. помех” подается в субблок УПЧ-К1.

Седьмой каскад – узел “Усил-детА”, объединяет в себе каскад УПЧ и амплитудный детектор. Схема его аналогична схеме выходного УПЧ субблока ШОУ. Он выполнен на двух параллельно включенных транзисторах Т1, Т2. Питание его осуществляется от источника +20В через контакт Ш4-2. Каскад включает в себя цепь Др5С1 – развязывающий по питанию фильтр, делитель напряжения смещения на второй затвор R3, R8 с блокировочной емкостью C3, цепь автосмещения R13, C4 и колебательный контур L1, C5 с резистором R14, определяющим полосу пропускания контура. Резисторы R4- R7 и R9- R12 – развязывающие сопротивления по электродам параллельно включенных транзисторов.

Напряжение с УПЧ через разделительный конденсатор C6 подается на детектор. Детектор выполнен на диоде Д2. Цепь Др3, C7 – фильтр детектора, дроссель Др2 обеспечивает цепь протекания постоянной составляющей тока детектора. С выхода детектора сигналы поступают для дальнейшей обработки на коммутатор (с контакта 4 узла), на схему ШАРУ, а также в цепи контроля: через дроссель Др4 на гнездо “Дет А” субблока и через резисторы R17, R18 с блокировкой емкостью C9 на измерительный прибор блока ПРС через контакт Ш4-12.

С выходов 6 и 7 каскадов сигналы подаются на каскады МАРУ. Регулирующие напряжения с каскадов МАРУ подаются на входы 6 и 7 каскадов. Цепи подачи этих напряжений будут рассмотрены ниже.

Узел “Коммут” содержит коммутатор режимов ШОУ и без ШОУ и схему автоматической регулировки порога (дифференцирования). На коммутатор поступают видеосигналы отрицательной полярности с детектора субблока ШОУ через коаксиальный разъем Ш3 “Вход ШОУ” и с детектора данного субблока. Резисторы R2, R3, R4 являются нагрузкой того или другого

детектора. Резистор R2 предназначен для ослабления сигналов на входе видеоусилителя с целью согласования динамических диапазонов выхода УПЧ и входа видеоусилителя.

Включение режима ШОУ осуществляется дистанционно с пульта ПДУ-4М подачей напряжения -27В на реле P1 и P2. Реле P2 подключает ко входу видеоусилителя детектор данного субблока (при выключенном реле) или детектор субблока ШОУ (при включенном реле). Реле P1 подключает согласованную нагрузку R1 к выходу неработающего детектора.

В целях экономии колец токосъемника при передаче управляющих напряжений из индикаторной машины в приемо-передающую кабину применяется уплотнение их путем передачи двух разнополярных напряжений по одной линии. Напряжение включения ШОУ -27В передается по одной линии с импульсами подавления положительной полярности на контакт Ш4-15 субблока. Диод Д1 коммутатора пропускает напряжение -27В на реле P1, P2, а диоды Д1 (Д2) в четвертом, пятом и шестом каскадах УПЧ обеспечивают прохождение только положительных импульсов подавления.

Цепь C2, R5, R6, D2 представляет собой схему АРП, осуществляющую дифференцирование сигналов. Включение ее осуществляется дистанционно с панели ПДУ-4М через контакт Ш4-26 на реле P3. После дифференцирующей цепи сигналы поступают на видеоусилитель. При выключенной дифференцирующей цепи сигналы с делителя R3, R4 поступают на видеоусилитель, минуя ее. Поскольку после дифференцирующей цепи амплитуда импульсов уменьшается, для выравнивания амплитуд сигналов с дифференцирующей цепью и без нее сигнал при выключенной дифференцирующей цепи снимается с резистора R4 делителя, т.е. с ослаблением.

В видеоусилителе (узел «Видеоус А») осуществляется усиление эхо-сигналов по мощности и согласование выхода субблока с коаксиальным кабелем. Видеоусилитель двухкаскадный. Первый каскад выполнен по микросхеме У1, второй – на транзисторе Т1 по схеме эмиттерного повторителя. Для увеличения пределов усиления питание микросхемы и транзистора осуществляется двумя разнополярными напряжениями. На микросхеме с помощью стабилитрона Д3 от источника -20В через гасящее сопротивление R8 устанавливается отрицательное напряжение -12В , а положительное напряжение подается от источника $+12,6\text{В}$. На транзистор подаются напряжения от источников -20В и $+20\text{В}$ непосредственно. Развязка по цепям питания осуществляется фильтрами R9, C4 и C1.

Эхо-сигналы поступают на вход микросхемы У1. Диод Д1 отсекает положительные выбросы напряжения. Резисторами R1, R4 и стабилитроном Д2 устанавливается напряжение смещения для выбора рабочей точки. Цепь C3, R5, C2 обеспечивает коррекцию амплитудно-частотной характеристики каскада. Резисторы R3, R7 антипаразитные.

С выхода микросхемы сигналы поступают на базу транзистора Т1. Нагрузкой эмиттерного повторителя является резистор R10. В видеоусилителе применена глубокая отрицательная обратная связь с эмиттера транзистора

через цепь R11, R6, R2, на вход микросхемы. Эта обратная связь повышает устойчивость работы усилителя при усилении мощных сигналов и обеспечивает работу видеоусилителя на нагрузку 75 Ом. Коэффициент обратной связи близок к единице. Поэтому коэффициент усиления напряжения близок к единице, усиление сигналов осуществляется по мощности (по току).

Выходные сигналы амплитудного тракта снимаются с контакта Ш4-21 на выход субблока и далее с коаксиального выхода блока ПАК подаются на шкаф ЦСДЦ. Выходные сигналы могут быть проконтролированы на гнезде "Вых А".

Схема МАРУ выполнена отдельным узлом МАРУ в виде двух независимых схем регулирования усиления 6 и 7 каскадов УПЧ соответственно. Каждая из схем содержит детектор (Д2 для 6 каскада, Д5 для 7 каскада) и усилитель с фильтром (на транзисторе Т1 для 6 каскада и Т2 для седьмого). С выходов УПЧ снимаются сигналы через переходные конденсаторы С5 (с 6 каскада) и с С10 (с 7 каскада).

Принцип работы схем МАРУ каскадов УПЧ одинаков. Рассмотрим его на примере 7 каскада с указанием в скобках элементов схемы МАРУ 6 каскада.

Продетектированное отрицательное напряжение выделяется на нагрузке детектора R11, R16 (R5) и через сглаживающий фильтр С8, R7 (С4, R1) подается на первый затвор транзистора Т2 (Т1). Фильтром определяется постоянная времени МАРУ. Резистор R8 повышает устойчивость работы схемы МАРУ.

Питание транзисторов осуществляется от источников +20 В и -20 В и напряжение на стоках устанавливается с помощью стабилитрона Д1 на уровне +9 В, а на истоках с помощью стабилитрона Д6 на уровне -9 В. Усилитель выполнен по схеме истокового повторителя. Сглаженное отрицательное напряжение на первом затворе повторяется в нагрузке истокового повторителя R10 (R4) и подается для регулирования через фильтр R14, С2 (R13, С2) на первый затвор 7 (6) каскада УПЧ.

Для увеличения глубины регулирования применена положительная обратная связь с выхода каскада УПЧ (входа схемы МАРУ) на выход схемы МАРУ (исток транзистора) через дроссель Др2 (Др1) схемы МАРУ. В 7 каскаде сигнал более мощный, поэтому в нем применена схема Д3, R6 для уменьшения времени восстановления усиления после действия МАРУ.

Резистором R9 (R2) с конденсатором С7 (С2) устанавливается напряжение смещения на второй затвор транзистора.

Включение МАРУ осуществляется с помощью реле Р1-Р3. Здесь также используется уплотнение команд по одной линии (включение реле МАРУ и включение реле дистанционной регулировки усиления (ДРУ) в схеме ШАРУ). Включение МАРУ осуществляется подачей напряжения +27 В, а включение ДРУ – напряжением - 27 В. Диодом Д4 осуществляется селекция напряжения + 27 В запитки реле Р1-Р3. При выключенных реле Р1 и Р3 (выключенной МАРУ) нагрузка истоковых повторителей закорочена на корпус. При включении МАРУ эта цепь разрывается и напряжение с истоковых повторителей поступает на каскады УПЧ для регулирования коэффициента усиления. С помощью реле Р2 при этом включается цепь Д1, R1,

предназначенная для сжатия диапазона флуктуаций при наличии на входе УПЧ помеховых сигналов большой мощности. Аналогичную роль выполняют постоянно включенные на входах пятого и шестого каскадов цепи Д1, R1.

Схема ШАРУ выполнена в виде отдельного узла ШАРУ. Она обеспечивает выработку напряжения ШАРУ и коммутацию режима ШАРУ и режима ручной регулировки усиления (РРУ), используемого при настройке аппаратуры. Схема ШАРУ включает предварительный усилитель на транзисторе Т2, электронный ключ на диодах Д2 – Д5, интегратор R7, C4 и усилитель постоянного тока (УПТ) на транзисторе Т1.

Напряжение с амплитудного детектора через делитель R17, R14 подается на первый затвор транзистора предварительного усилителя. Питание транзистора осуществляется от источника +20 В. Резистор R13 в цепи истока обеспечивает отрицательную обратную связь по току для обеспечения линейности усиления в широком динамическом диапазоне. С нагрузки каскада-резистора R12, напряжение поступает на делитель R10, R11, подключенный к источнику -20 В. Резисторы R10, R11, R12 подобраны с учетом подачи необходимого значения напряжения на вход УПТ.

Сигналы с делителя поступают на вход электронного ключа. Электронный ключ состоит из трансформатора Тр1, диодов Д2-Д5 и цепочки R7, C9 и предназначен для подключения выхода предварительного усилителя ко входу УПТ только при наличии коммутирующих импульсов ШАРУ с блока ФИШ. Импульсы коммутации ШАРУ через контакт Ш4-17 подаются на первичную обмотку трансформатора Тр1. Разнополярными импульсами на вторичной обмотке его открываются диоды Д2-Д5, обеспечивая прохождение сигналов, т.е. замыкается цепь формирования управляющего напряжения ШАРУ. Одновременно заряжается конденсатор С7. По окончании импульса ШАРУ конденсатор С7 медленно разряжается через резистор R9, а величина и полярность напряжения на нем обеспечивает надежное запирающее действие диодов.

В интеграторе C4, R7 запоминается уровень напряжения с предварительного усилителя практически на весь период следования. Это напряжение поступает на первый затвор транзистора Т1. Исток транзистора подключен к источнику -20В, а сток его через диод Д1 заземлен, чем обеспечивается только отрицательное напряжение на выходе УПТ. Со стоковой нагрузки УПТ R6 управляющее напряжение ШАРУ через нормально замкнутые контакты реле Р1 снимается на резистор R18 и через развязывающие резисторы R15 и R16 подается на базы транзисторов 1 и 2 каскада УПЧ для регулирования.

Переменным резистором R4 “Уров. ШАРУ” делителя R3, R4, R5 устанавливается исходная величина управляющего напряжения, определяющая номинальное значение уровня шумов на выходе детектора. Емкость С3 является блокировочной в цепи источника -20 В, а конденсатор С5 – развязывающий по промежуточной частоте.

Ручная регулировка усиления может осуществляться местно (РРУ) либо дистанционно с панели ПДУ-4М (ДРУ). Коммутация режимов регулировки усиления осуществляется с помощью реле Р1, Р2 подачей на них напряжения

-27 В. Поскольку режимы ШАРУ-ДРУ и МАРУ включаются с ПДУ-4М по одной цепи, для разделения цепей коммутации реле используют диоды Д6, Д7, Д8, выделяющие напряжение – 27 В.

РРУ обеспечивается включением реле Р1 подачей напряжения – 27 В через контакт Ш4-30. При этом контактами 4-5 сработавшего реле подключается потенциометр R1 “РРУ” делителя напряжения – 20 В R1, R2 и напряжение регулирования подается по той же цепи, что и ШАРУ.

В режиме ДРУ включается реле Р2 подачей напряжения – 27 В через контакт Ш4-28 и диод Д6. При срабатывании реле разрывается цепь РРУ, а подключается цепь ДРУ. Регулировка усиления осуществляется потенциометром на ПДУ-4М, аналогичным РРУ в узле ШАРУ. Напряжение с него поступает через контакт Ш4-22 для регулирования на 1 и 2 каскады УПЧ.

6.3.4. Субблок УПЧ-К1

Принципиальная схема субблока представлена на рис. 6.36.

Он включает коммутатор режимов фазирования, усилитель фазирующих импульсов, фазирующий каскад, когерентный гетеродин, буферный усилитель и согласующий каскад.

Коммутатор режимов фазирования выполнен на узле “Коммут” и включает в себя два усилителя промежуточной частоты (на транзисторах Т1 и Т2) с общей нагрузкой. На вход каскада Т1 подаются с субблока АПЧ зондирующие импульсы, преобразованные на промежуточную частоту с коаксиального разъема Ш2 “Фазир. зондир” и каскад включается в режиме фазирования зондирующим сигналом. Через развязывающий резистор R1 и коаксиальный разъем Ш1 “Контр. имп” зондирующие импульсы передаются транзитом на блок контроля БК для формирования контрольных импульсов. На усилитель Т2 подаются сигналы промежуточной частоты с шестого каскада УПЧ субблока УПЧ-А через коаксиальный вход Ш3 “Фазир. помех” и усилитель включается в режиме фазирования помехой. Эти же сигналы передаются транзитом через разъем Ш7 “Вых сигн” на фазовые детекторы шкафа ЦСДЦ.

Питание каскадов осуществляется от источника +12,6 В через развязывающий фильтр Др1, С9. Резисторами R3 и R7 с блокировочными емкостями С2 и С12 устанавливается напряжение смещения на вторые затворы транзисторов. Цепями R5, С6 и R6, С8 создается автосмещение каскадов. Входные контура каскадов – L1, С3 и L2, С11. С общей стоковой нагрузки R4 через переходной конденсатор С5 осуществляется выдача сигналов на вход усилителя фазирования.

Вид фазирования при местном управлении устанавливается переключателем В1 “Фазир помех. – фазир зонд”. При боевой работе аппаратура работает в режиме фазирования помехой. Режим фазирования зондирующим импульсом используется только при проверке и настройке системы СДЦ. Перевод субблока в режим местного управления осуществляется с помощью реле Р4, питание на которое подается через контакт Ш6-30.

Контактами 3-5 этого реле обеспечивается передача напряжения – 27 В на переключатель фазирования В1.

При фазировании зондирующим сигналом переключатель В1 включен, напряжение - 27 В поступает через кнопку КН1 на реле Р1 и, кроме того, через дроссель Др2 на реле Р2 и Р3. Контактами 3-5 реле Р1 снимается запирающее напряжение – 20 В со входа транзистора Т1 и транзистор открывается. Транзистор Т2, наоборот, запирается напряжением – 20 В, а контактами реле Р3 замыкается вход фазирования помехой на корпус в целях улучшения развязки между каскадами коммутатора. Зондирующие импульсы после усиления каскадом Т1 поступают на вход усилителя фазирующих импульсов. При фазировании помехой переключатель В1 выключен, реле Р1-Р3 обесточены. Контактами реле Р1 подается напряжение – 20 В на затвор транзистора Т1, запирая его, контактами реле Р2 снимается большое отрицательное напряжение со входа транзистора Т2, а устанавливается небольшое отрицательное напряжение с делителя Р8, Р9, определяющее исходный коэффициент усиления каскада, контактами реле Р3 на вход транзистора Т2 подаются эхо-сигналы с субблока УПЧ-А. После усиления во втором усилителе они подаются на вход усилителя фазирующих импульсов.

Предусмотрен еще один режим – с помощью кнопки КН1 “Контроль” при включенном переключателе фазирования (когда все реле Р1-Р3 включены). При нажатии кнопки разрывается цепь питания реле Р1, закрывается транзистор Т1. Закрытым остается и транзистор Т2. Следовательно, когерентный гетеродин не фазирруется ни тем, ни другим и генерирует колебания со случайной начальной фазой. При прохождении контрольного сигнала в тракте разность фаз между ним и напряжением когерентного гетеродина меняется в каждом периоде следования. Контрольный сигнал с выхода фазового детектора на контрольном осциллографе будет иметь горизонтальную штриховку, изменяясь по амплитуде от максимальной отрицательной до максимальной положительной (рис. 6.37).

При боевой работе реле Р4 отключено и независимо от положения переключателя В1 реле Р1-Р3 обесточены и реализуется режим фазирования помехой.

Усилитель фазирующих импульсов пятикаскадный (узлы УФИ-1 – УФИ-5). Он предназначен для усиления напряжения фазирования когерентного гетеродина и задержки фазирующего напряжения на время, сравнимое с длительностью зондирующего импульса при частом запуске. Задержка необходима для некомпенсации сигналов целей в режиме внешней когерентности. Известно, что в любом каскаде имеет место задержка сигналов. Это недостаток каскада и его влияние следует уменьшать. Здесь же используется это явление и выбран тип каскадов, которые обеспечивают достаточно большую задержку. Для этого используются каскады с двумя взаимно связанными колебательными контурами. Каждый такой каскад задерживает сигналы на 0,25 – 0,3 мкс.

Каскады усилителя идентичны, выполнены по схеме с последовательным питанием, четыре каскада на одиночных транзисторах, пятый – на двух параллельно включенных транзисторах Т1, Т2.

Питание первых четырех каскадов осуществляется от источника +12,6 В. Элементы схемы рассмотрим на примере первого каскада. В каждом каскаде развязывающий фильтр по цепи питания Др 2, С2. Напряжение смещения на втором затворе устанавливается гасящим резистором R3 с блокировочной емкостью С1. Цепь R4, С4 обеспечивает автосмещение, R2 – антипаразитное сопротивление. Колебательная система каждого каскада состоит из выходного контура данного каскада L1, С3 и входного контура последующего каскада L1, С1 с емкостной связью между ними С5. Резисторы R5 и R1 определяют полосу пропускания контуров. (Общая полоса пропускания усилителя 900 кГц).

Пятый каскад питается от источника +20В. Цепь R14, С9, С3 – развязывающий по питанию фильтр. Резисторы R3, R1 – делитель напряжения смещения на второй затвор, С1 – блокировочная емкость. Цепь R12, С4 является цепью автосмещения. Резисторы R4 - R11 – развязывающие по цепям электродов параллельно включенных транзисторов. Выходной контур – L2, С5 с резистором R13, определяющим полосу пропускания контура. Через емкость С7 он связан со входным контуром последующего каскада. На выходе каскада установлена измерительная цепь, включающая в себя детектор Д1, с нагрузкой R15, фильтр детектора Др2, С8 и дроссель Др1 для создания цепи постоянной составляющей тока детектора. Через дроссель Др2 напряжение фазирования выведено на гнездо Гн1 для контроля.

Фазирующий каскад предназначен для подачи фазирующего напряжения в контур когерентного гетеродина и для развязки когерентного гетеродина от цепей предыдущих каскадов. Он выполнен на транзисторе Т1 узла «Ког. гет». Указанная развязка достигается тем, что входная цепь фазирующего каскада размещена в узле УФИ-5, отделена от когерентного гетеродина соответствующей экранировкой.

Входной контур образован элементами L3, С11, R16. Для исключения влияния собственных шумов канала на фазирование на первый затвор транзистора Т1 подается отрицательное напряжение от источника –20В с потенциометра R18 делителя R18, R19. Этим напряжением обеспечивается ограничение сигналов снизу. Цепь С10, Др4 – фильтр в цепи источника –20В. Питание каскада осуществляется от источника +20В. Дроссель Др1 является нагрузкой фазирующего каскада, он подсоединен параллельно контуру когерентного гетеродина.

Когерентный гетеродин представляет собой автогенератор частоты 30 МГц. Для эффективной работы системы СДЦ он должен иметь достаточно высокую стабильность частоты. С другой стороны, к когерентному гетеродину предъявляются требования по чувствительности его к навязываемой фазе. С учетом этого гетеродин выполнен достаточно стабильным, а навязывание фазы достигается высокой амплитудой напряжения фазирования.

Когерентный гетеродин выполнен на транзисторе Т2 узла «Ког.гет» по индуктивной трехточечной схеме. Колебательная система образована

индуктивностью L_1 и конденсаторами C_2, C_4, C_6 . Трехточечная схема образуется тем, что колебательный контур подключается к трем электродам транзистора. В индуктивной трехточечной схеме сопротивления между электродами сток-исток и затвор-исток должны иметь индуктивный характер, а между электродами затвор – исток – емкостной характер (рис. 6.38а). Рассмотрим характер сопротивлений, подключенных к электродам транзистора Т2.

Конденсаторы C_5 и C_7 большой емкости на высокой частоте имеют малое сопротивление, первая база транзистора подключена к корпусу. Тогда эквивалентная схема гетеродина по высокой частоте будет иметь вид, показанный на рис. 6.38б. Между стоком и истоком включена часть индуктивности контура L_1 , между затвором и истоком – вторая часть индуктивности L_2 , между стоком и затвором – суммарная емкость контура $C_2 = C_2 + C_4 + C_6$, т.е. схема свелась к типовой индуктивной трехточке рис. 6.38а.

Дроссель Dr_1 , являющийся нагрузкой фазирующего каскада, подключен через емкость C_5 к верхнему выводу контура, а через конденсатор большой емкости C_3 к нижнему выводу контура, т.е. он непосредственно подсоединен к контуру (рис. 6.38б) и, имея большое сопротивление на высокой частоте, практически не шунтирует контур.

Положительная обратная связь в гетеродине, обеспечивающая генерацию – индуктивная автотрансформаторная. Коэффициент обратной связи равен

$$K_{ос} = \frac{U_{вх}}{U_{вых}} = \frac{U_{зи}}{U_{си}} = \frac{L_2}{L_1},$$

т.е. определяется соотношением частей индуктивности контура.

Питание когерентного гетеродина осуществляется напряжением +20 В через резистор R_3 и дроссель Dr_1 . Цепь R_2, C_1 – развязывающий фильтр по цепи питания. Резистором R_5 устанавливается напряжение смещения на втором затворе, конденсатор C_8 – блокирующий. Цепь R_4, C_7 – цепь автосмещения. Частота генерации когерентного гетеродина регулируется подстроечным конденсатором C_6 , выведенным под шлиц “Гетер”.

Стабильность частоты когерентного гетеродина обеспечивается следующими мерами.

1. Высокой добротностью колебательной системы

$$Q = \frac{\rho}{r_{пот}},$$

где $\rho = \sqrt{\frac{L}{C}}$ - характеристическое сопротивление контура,

$r_{пот}$ – сопротивление потерь в контуре.

Таким образом, увеличение добротности достигается увеличением индуктивности контура L .

2. Стабилизацией питающего напряжения, которая обеспечивается стабилизатором Д1.

3. Температурной компенсацией уходов частоты. В колебательном контуре используются конденсаторы С2, С4 с разными температурными режимами емкости ТКЕ (положительным и отрицательным).

4. Обеспечением уменьшения влияния внешних цепей на работу гетеродина. Это достигается применением со стороны входа фазирующего каскада, который в исходном состоянии закрыт и имеет большое выходное сопротивление, со стороны выхода установлен буферный каскад.

Буферный каскад выполнен на узле БУФ. Особенностью каскада является наличие глубокой отрицательной обратной связи. Обратная связь достигается тем, что резистор R3 в цепи истока не шунтирован емкостью. Отрицательная обратная связь приводит к увеличению входного сопротивления каскада и, следовательно, уменьшению его влияния на гетеродин.

Питание каскада осуществляется напряжением +12,6 В. Выходной нагрузкой является колебательный контур L1, С2, R4. Через переходной конденсатор С3 опорное напряжение подается на согласующий каскад. С истока транзистора через дроссель Др3 снимается опорное напряжение на контрольное гнездо Гн1.

Согласующий каскад предназначен для согласования сопротивления выхода субблока с волновым сопротивлением коаксиального кабеля. Питается каскад от источника +12,6 В. Индуктивность L1 с емкостями С3, С4 образует выходной контур. Сопротивление R3, включенное параллельно контуру, определяет его полосу пропускания. Опорное напряжение снимается с контура на коаксиальный разъем субблока Ш5 “Вых опорн”. Контроль опорного напряжения по измерительному прибору блока ПРС осуществляется с помощью измерительной цепи, включающий в себя детектор Д1 с нагрузкой R5, фильтр детектора R6, С6, С7 и дроссель Др3 для создания постоянной составляющей тока детектора. Через дроссель Др4 и контакт Ш6-21 контролируемое напряжение передается в блоке ПРС.

Элементы принципиальной схемы субблока, составляющие ее нижнюю часть, в модификациях РЛС П-37 с цифровой СДЦ не используются, поэтому в данном подразделе не рассматриваются.

6.3.5. Субблок АПЧ

Принципиальная схема субблока представлена на рис. 6.39. В состав субблока входят УПЧ, коммутирующий каскад, ограничитель, частотный дискриминатор, видеоусилитель, фазоинвертор, два усилителя положительных сигналов, интеграторы, схемы И, схема ИЛИ, коммутатор, делитель частоты импульсов запуска и выходные усилители с ключами.

На субблок поступают от смесителя АПЧ зондирующие радиоимпульсы, преобразованные на разностную частоту, через коаксиальный разъем Ш1 “Сигн АПЧ”. Эти импульсы поступают на вход УПЧ. Для обеспечения требуемой полосы схватывания УПЧ широкополосный. Он выполнен трехкаскадным на узлах АПЧ1-АПЧ-3. Каждый каскад выполнен по схеме с параллельным питанием и с одиночными взаимно расстроенными

колебательными контурами. Контур первого каскада настроен на промежуточную частоту $f_{пр}$, второго каскада - на частоту $f_{пр} + 5\text{МГц}$, третьего – на $f_{пр} - 5\text{МГц}$.

Согласование входа первого каскада УПЧ со смесителем обеспечивается автотрансформаторной связью катушки L1 входного контура. Емкость контура образована конструктивной емкостью каскада (емкость монтажа, входная емкость транзистора) Резистор R5 определяет полосу пропускания контура. Конденсатор C2 – переходной.

Питание каскадов УПЧ осуществляется напряжением +20В. Поскольку в каскадах с параллельным питанием требования к развязке по источнику питания снижаются, развязывающие фильтры выполнены на резисторах, а не дросселях (R6, C5 в первом каскаде, R3, C2 во втором, R4, C2 в третьем). Резисторы R7 в первом каскаде, R4 во втором, R5, R6 в третьем – сопротивления стоковой нагрузки, обеспечивающие прохождение постоянной составляющей стокового тока. Учитывая, что эти резисторы по высокой частоте включены параллельно контурам каскадов, они определяют полосу пропускания контуров. Напряжение смещения на вторых затворах транзисторов устанавливается делителями R4, R3, в первом каскаде, R2, R1 в остальных с блокировочными емкостями C1. Цепи R8, C7 в первом каскаде, R5, C3 во втором, R7, C4 в третьем являются цепями автосмещения.

Выходные контура каскадов выполнены на индуктивностях L1 и конструктивных емкостях и размещены на входах последующих каскадов. Разделение цепей постоянной и переменной составляющей стокового тока осуществляется разделительными конденсаторами, C6, C4 и C3 соответственно. Резисторы R9 в первом каскаде, R6 во втором и R3 в третьем – антипаразитные.

С выхода третьего каскада с делителя стоковой нагрузки R5, R6 через конденсатор C3 и коаксиальный разъем Ш2 “Фаз.зонд” усиленные зондирующие импульсы поступают на коммутатор субблока УПЧ-К1 для фазирования когерентного гетеродина и в блок контроля БК для формирования контрольного сигнала.

На входе УПЧ имеется цепь контроля постоянной составляющей тока смесителя АПЧ. Постоянная составляющая тока выделяется фильтром Др1, C3 и на делителе R1, R2 создается падение напряжения, которое с резистора R2 через дополнительный фильтр Др2, C4 и контакт Ш3-12 подается на измерительный прибор блока ПРС. Сопротивления делителя подобраны так, чтобы при оптимальном токе смесителя показания прибора были 55-70 мкА.

Коммутирующий каскад выполнен на транзисторе Т1 узла АПЧ-4 по схеме усилителя с параллельным питанием. На его входе установлена измерительная цепь на детекторе Д1 с нагрузкой R3 для контроля зондирующих сигналов с выхода УПЧ.

На первый затвор транзистора подаются зондирующие импульсы с выходного контура УПЧ, образованного индуктивностью L1 и конструктивной емкостью каскада. На второй затвор поступают импульсы запуска тиратрона от блока ТС передающего устройства через контакт Ш3-30.

В исходном состоянии каскад закрыт напряжением -20В , подаваемым на второй затвор через делитель R5, R6, R7 с блокировочными конденсаторами C2, C3. Импульсы запуска с блока ТС положительной полярности поступают на линию задержки ЛЗ-1, осуществляющую временной сдвиг этих импульсов с целью обеспечения вырезки средней части зондирующий импульсов (см. рис. 6.25). Длительность вырезки одинакова в режимах редкого и частого запуска. Задержанный импульс запуска ТС открывает транзистор по второму затвору и пропускает зондирующий импульс от УПЧ на выход.

Питание каскада осуществляется напряжением $+20\text{В}$ через развязывающий фильтр R8, C4. Резистор R9 – стоковая нагрузка, конденсатор C6 – разделительный. Индуктивность $Dp1$ с конструктивной емкостью (в узле АПЧ-5) – выходной колебательный контур, зашунтированный резистором R9. Параллельно контуру включены диоды Д1, Д2 ограничителя. Он осуществляет двустороннего ограничение выходных радиоимпульсов (рис. 6.40).

Частотный дискриминатор (узел АПЧ-5) включает в себя УПЧ на параллельно включенных транзисторах Т1, Т2 и дискриминатор (детектор) на диодах Д3, Д4.

На первые базы транзисторов усилителя поступают зондирующие радиоимпульсы с ограничителя. Питание УПЧ осуществляется напряжением $+20\text{В}$ через развязывающий фильтр R16, C4, C13. Делителем R1, R6 с блокировочной емкостью C1 устанавливается напряжение смещения на вторых затворах транзисторов. Цепь R11, C3 – цепь автосмещения. Резисторы R2- R5, R7- R10 обеспечивают развязку по электродам двух параллельно включенных транзисторов. Нагрузкой каскада является колебательный контур – первичная обмотка индуктивности L1, конденсаторы C2, C5.

Частотный дискриминатор выполнен по балансной схеме. Контур дискриминатора состоит из вторичной обмотки индуктивности L1 и емкости C7. Связь контуров усилителя и дискриминатора индуктивно-емкостная (индуктивность L1 и конденсатор C6). Детектор выполнен на встречно включенных диодах Д3, Д4. Нагрузка детектора – резисторы R13, R14 с блокировочными емкостями C9, C10 и общий резистор R17. Резистор R12 обеспечивает прохождение постоянной составляющей токов диодов Д3, Д4.

Известно, что в частотном детекторе могут быть выделены две части: схема преобразования частотных различий сигналов в амплитудные и амплитудный детектор, преобразующий радиосигналы в видеосигналы.

Первая часть реализуется в колебательной системе дискриминатора. Выходной контур усилителя настроен на промежуточную частоту. Выводом средней точки 2 обмотки 1-3 индуктивности L1 образуется два взаимно расстроенных контура дискриминатора: C7, L₁₂ и C7, L₂₃ (рис. 6.41 а). Таким образом, с изменением частоты сигналов изменяется амплитуда их в контурах. При $f_p < f_{np}$ сигналы выделяются в первом контуре, при $f_p > f_{np}$ - во втором, а амплитуда их пропорциональна частоте расстройки f_p .

Далее осуществляется детектирование сигналов в амплитудном детекторе. Каждое из плеч детектора подключено к своему контуру (через резисторы R12, R17). Поскольку он выполнен по балансной схеме, напряжения на нагрузках

плеч детектора будут противоположной полярности (пунктир на рис. 6.41 а). В результате АЧХ частотного дискриминатора будет иметь вид, показанный на рис. 6.41 б).

С помощью интегрирующей цепи С8, R15 осуществляется некоторое интегрирование (затягивание фронтов) импульсов с выхода дискриминатора. Это применяется с целью подавления импульсов малой амплитуды в зоне нечувствительности дискриминатора, которые могут привести к сбоям в работе АПЧ.

Схема регулирования переходной частоты выполнена на подстроечном конденсаторе С1 “Нуль дискр”. Конденсатор подключен параллельно в контур дискриминатора через согласующие емкости С11, С12.

Импульсы с частотного дискриминатора подаются на видеоусилитель. Он выполнен на транзисторе Т1 узла АПЧ-6 по схеме с отрицательной обратной связью. Питание его осуществляется от источника +20 В, резистор R2 – стоковая нагрузка, цепь С1, R1 – переходная. Отрицательная обратная связь обеспечивается резисторами R1- R3 в цепи истока транзистора. Резистором R1 путем изменения глубины обратной связи регулируется коэффициент усиления усилителя (регулировка “Зона”), следовательно, регулируется ширина зоны нечувствительности АПЧ (см. рис. 6.26).

С выхода видеоусилителя через переходную цепь С2, R4 импульсы поступают на вход фазоинвертора, выполненного на транзисторе Т2. Он имеет два выхода. Со стоковой нагрузки R5 снимаются инвертированные импульсы, а истоковой нагрузки R6 – неинвертированные. Режим работы каскада подбирается так, чтобы амплитуда импульсов с обоих выходов блока была одинаковой, а отличались они лишь полярностью.

Эти импульсы подаются на входы усилителей на микросхемах У1, У2 через переходные цепи С4, R8 и С6, R10. В качестве усилителей используются операционные усилители с отрицательной обратной связью. Обратная связь осуществляется через цепи R11, R7, С3 и R12, R9, С5. С помощью диодов Д1, Д2 обеспечивается усиление только импульсов положительной полярности, в силу чего импульсы будут на выходе только одного из усилителей. Усиленные импульсы поступают на один из входов схем И (& У3) и на схемы интеграторов.

Интегратор – это передаточная цепь с большой постоянной времени. Интеграторы выполнены на элементах С9, R14, С11 и С10, R16, С12. Интегрирование обеспечивается за счет медленно заряда конденсаторов. Диоды Д4, Д6 пропускают только положительные импульсы. Цепи Д3, R13 и Д5, R15 устраняют случайные отрицательные выбросы на входах схем И и интеграторов. После усиления в каскадах на транзисторах Т3, Т4, собранных по схеме истоковых повторителей, интегрированные напряжения подаются на вторые входы схем И. Со схем И импульсы поступают (только при наличии интегрированных напряжений) на схему ИЛИ (1 У3) и на коммутатор, причем, эти импульсы проходят через концевые выключатели устройства перестройки местного гетеродина (субблока СГ-01-02). Если концевой выключатель замкнут, то перестройка в данную сторону возможна, если разомкнут –

перестройка возможна только в другую сторону. Прохождение через концевые выключатели обеспечивается контактами 7,8 и 31,9 разъема ШЗ.

Со схемы ИЛИ импульсы поступают на делитель частоты, который изменяет коэффициент деления при переходе с редкого на частый запуск, обеспечивая частоту одинаковой для обеих режимов запуска. Делитель выполнен на четырех триггерах У4-У7. В режиме редкого запуска реле Р1 выключено и импульсы поступают на второй триггер делителя. В режиме частого запуска напряжением -27В с контакта ШЗ-10 включается реле и импульсы поступают на первый триггер делителя, коэффициент деления увеличивается в два раза.

Импульсы с делителя подаются на коммутатор, выполненный на микросхемах У9, У11, У12, У13. Коммутатор вырабатывает 4 импульсные последовательности “меандр” частотой 20-25 Гц, следующие в последовательности, определяемой управляющими импульсами со схем И (“Упр. имп I” и “Упр. имп II”). Схемы И-НЕ (У8) обеспечивают прохождение импульсов только одного канала (“Упр. имп I” или “Упр. имп II”). Коммутатор имеет 4 выхода (11, 12, 13, 14), на которых формируются коммутирующие импульсы “меандр” постоянной амплитуды и длительности, комбинации которых обеспечивают подачу напряжений на статорные обмотки шагового двигателя для его вращения в одну или другую сторону (рис. 6.42). При разности частот $\Delta f = 0$ прекращается формирование коммутирующих импульсов и перестройка частоты заканчивается. Таким образом, характеристика управления шаговым двигателем оказывается релейной.

Четыре выходных усилителя (для каждой из четырех последовательностей коммутирующих импульсов) выполнены на биполярных транзисторах Т1-Т8. Они выполнены по схеме составных транзисторов – выходной электрод первого соединен со входным электродом второго транзистора непосредственно. На базы первых транзисторов подаются коммутирующие импульсы. Питание транзисторов осуществляется от источника $+5\text{В}$ на эмиттеры первых транзисторов. Выходы усилителей – эмиттеры вторых транзисторов, нагружены на ключи. В качестве ключей используются биполярные транзисторы в диодном включении У2-2, У2-4, У3-2, У3-4. Через каждый из ключей напряжение питания статорных обмоток шагового двигателя -27В поступает на соответствующую обмотку через контакты 24, 25, 26, 27 разъема ШЗ.

6.3.6. Блок контроля БК

Принципиальная схема блока БК представлена на рис. 6.43.

Блок включает в себя устройство питания У1, субблок УФ-02 (У2) ультразвуковую линию задержки (УЛЗ) У3, субблок УЗ-02 (У4), стабилизатор напряжения У5 и схему задержки У6.

Напряжение 220 В 400 Гц через разъем Ш1, предохранитель питания У1 и тумблер питания В1 подается на трансформатор Тр1 выпрямителей. Устройство питания включает в себя два выпрямителя ($+20\text{ В}$ и -10 В).

Выпрямитель +20 В выполнен по мостовой схеме на диодах Д1-Д4 с фильтром С1, С2. Выпрямитель +20 В используется для питания всех каскадов блока. Он стабилизированный. Стабилизатор выполнен на узле У5. Выпрямитель –10 В однополупериодный на диоде Д5 с фильтром С3. Стабилизатором Д6 обеспечивается стабилизация выходного напряжения выпрямителя. Этот выпрямитель используется для регулировки усиления усилителя субблока УЗ-02.

Стабилизатор напряжения выполнен по схеме компенсационного стабилизатора (рис. 6.44) и представляет собой устройство автоматического регулирования, которое поддерживает неизменным напряжение на нагрузке независимо от изменения входного напряжения и тока нагрузки. Последовательно с нагрузкой включен регулирующий элемент, сопротивление которого изменяется под действием управляющего напряжения. В измерительном элементе осуществляется сравнение входного и выходного напряжения с опорным. Сигнал рассогласования усиливается в усилителе постоянного тока (УПТ) и подается на регулирующий элемент в качестве управляющего напряжения, изменяя его сопротивление так, чтобы напряжение на нагрузке оставалось постоянным.

Ввиду значительного тока нагрузки в стабилизаторе регулирующий элемент выполнен в виде тройного составного транзистора на транзисторах Т1 (вне узла У5), Т3 и Т2. Измерительным элементом стабилизатора являются стабилитроны Д1, Д2, в которых производится сравнение выходного напряжения выпрямителя и напряжения на нагрузке (с делителя R2 – R5 вне узла У5) с опорным напряжением, задаваемым стабилитронами. На транзисторах Т1 и Т4 выполнен УПТ. Потенциометром R3 делителя осуществляется установка напряжения на нагрузке +20В. Конденсатор С4 выполняет функцию фильтра.

Входные зондирующие импульсы на промежуточной частоте поступают на коаксиальный разъем Ш12 “Контр. имп УФ” и далее на разъем Ш1 субблока УФ-02. С выхода субблока УФ-02 через разъем Ш2 импульсы с изменяемой начальной фазой поступают на вход Ш5 линии задержки (УЗ). Изменение начальной фазы импульсов осуществляется регулировкой R7 “Рег. напр. комп” на передней панели блока. С выхода линии задержки Ш6 задержанные импульсы поступают в субблок УЗ-02 (разъем У4-Ш1). Усиленные в субблоке импульсы через разъем У4-Ш2 поступают на выход блока на разъем Ш13 “Контр. сигнал”. Коэффициент усиления субблока УЗ-02 регулируется потенциометром R11 “Рег. усил”.

Схема задержки запуска (узел У6) – кipp-реле на транзисторах. Кipp-реле – это схема, включающая в себя ждущий мультивибратор и дифференцирующую цепь. Ввиду того, что в различных устройствах РЛС используется значительное количество мультивибраторов, кратко изложим принцип их работы.

Мультивибратор – это релаксационный автогенератор, который обеспечивает формирование прямоугольных видеоимпульсов. В мультивибраторе используется два усилительных элемента (лампы, транзистора) с резисторно-емкостной обратной связью между ними. Рассмотрим работу

мультивибратора на примере ламповой схемы (они также используются в устройствах РЛС). Симметричный мультивибратор имеет две цепи обратной связи и генерирует последовательность разнополярных импульсов. Длительность импульсов определяется постоянными времени разряда конденсаторов. Симметричные мультивибраторы имеют два неустойчивых состояния схемы.

Чаще используются ждущие мультивибраторы, характеризующиеся одним устойчивым состоянием и вторым неустойчивым. Наиболее распространена схема ждущего мультивибратора с катодной (эмиттерной, истоковой) связью. Такая схема показана на рис. 6.45 а, а графики ее работы – на рис. 6.45 б.

В исходном состоянии лампа Л2 открыта положительным напряжением на ее сетке, подаваемым через резистор R_C . Ее анодным током создается падение напряжения на катодном сопротивлении R_K , приложенное минусом к сетке Л1. Этим напряжением лампа Л1 закрыта, напряжение на ее аноде равно E_a , а на аноде открытой лампы Л2 – малое положительное, т.к. сопротивление участка сетка-катод много меньше сопротивления R_C . Конденсатор $C_{зар}$ заряжен до напряжения, почти равного E_a , полярностью, показанной на схеме. Таково устойчивое состояние схемы.

С приходом положительного импульса запуска открывается лампа Л1, напряжение на ее аноде уменьшается до минимального. Конденсатор $C_{зар}$ начинает разряжаться через резисторы R_{a1} и R_C , создавая на последнем падение напряжения, минусом приложенное к сетке Л2. Лампа Л2 закрывается, напряжение на ее аноде возрастает до E_a . Напряжение на катодном сопротивлении уменьшится до напряжения, создаваемого анодным током лампы Л1. Таково неустойчивое состояние схемы. Длительность его Δt определяется постоянной времени разрядной цепи $\tau_{разр} = C_{зар} (R_{a1} + R_C)$. Оно заканчивается открыванием лампы Л2 (когда напряжение на резисторе R_C сравняется с потенциалом открывания лампы U_{co}) и переходом схемы в устойчивое состояние. Таким образом, с приходом импульса запуска в схеме формируется импульс длительностью Δt , причем, в аноде Л2 формируется положительный импульс, в аноде Л1 и в катодной цепи – отрицательный. Регулировка длительности импульса достигается изменением постоянной времени разряда путем изменения сопротивления R_C .

Импульс мультивибратора дифференцируется цепью $C_{дц} R_{дц}$ и дифференцированный импульс, соответствующий заднему фронту импульса мультивибратора, определяет задержку кипп-реле.

Рассмотрим принципиальную схему узла задержки импульсов запуска У6.

Импульс запуска блока через разъем Ш10 “Запуск” подается на узел У6 на вход ждущего мультивибратора, выполненного на транзисторах Т1, Т2. Он подается на первый затвор транзистора Т1 через переходную цепь С1, R4. Цепь R1, Д1, Д2 осуществляет ограничение импульса запуска сверху, а диод Д3 отсекает возможные отрицательные импульсы. Резистор R2 обеспечивает уменьшение влияния входа кипп-реле на цепь запуска. Резистор R5 – общее сопротивление в цепи истоков транзисторов, конденсатор С2 – зарядный, резисторы R3, R6 – стоковые нагрузки транзисторов. Т.к. регулировка

задержки R9 “Задержка” вынесена на переднюю панель блока, то ее элементы R8, R9, R13, Д7, R10 находятся вне узла У6. На рис. 6.46 показано включение цепи регулировки задержки в мультивибратор. В цепи разряда установлены резисторы R8, R9, R11. С помощью резистора R13 с диодом Д7 обеспечивается более четкая фиксация длительности импульса мультивибратора.

Положительный импульс со стока транзистора Т2 дифференцируется цепью С3, R7. Отрицательный дифференцированный импульс поступает на вход усилителя Т3. Диодом Д4 отсекается положительный дифференцированный импульс. Со стоковой нагрузки R8 усилителя положительный импульс снимается через конденсатор С4 на выход схемы на переключатель запуска В2. На переключатель подаются также незадержанные импульсы запуска. С переключателя импульсы запуска поступают на выход блока на разъем Ш11 “Синхр осц”.

Схема усилителя-фазовращателя (субблок УФ-02) представлена на рис. 6.47. Он включает в себя четыре каскада УПЧ (узла У1-У4). Каскады выполнены по схеме с одиночными настроенными контурами и параллельным питанием. Четвертый каскад выполнен на двух параллельно включенных транзисторах. На вход субблока поступают зондирующие импульсы на промежуточной частоте. Питание УПЧ осуществляется от источника +20В. Цепь R5, С2 в первом каскаде (R4, С5 во втором и третьем, R12, С5 в четвертом) – развязывающий фильтр по питанию. Напряжение смещения на втором затворе устанавливается делителем R3, R2 (R3, R1; R2, R1 в других каскадах) заблокированной емкостью С2 (С4; С3). Цепь R7, С4 (R6, С7; R6, С6; R11, С8) – цепь автосмещения. Конденсатор С3 (С6; С7) – разделительный.

Выходные контура первых трех каскадов образованы элементами L1, С1, С2, С3 и варикапом Д1, выходной контур четвертого каскада – L2, С7. С помощью варикапов осуществляется небольшая расстройка контуров с целью изменения фазы усиливаемых импульсов. На рис. 6.48 показана АЧХ К(f) и ФЧХ φ(f) колебательного контура. Если контур настроен на частоту f_{пр}, то в результате равенства реактивных сопротивлений при резонансе значение фазы усиливаемых сигналов Δφ=0. Если контур расстроен, то имеет место изменение фазы усиливаемого сигнала Δφ≠0.

Для обеспечения требуемого диапазона изменения фазы (0...π) она осуществляется последовательно в трех каскадах при небольшой расстройке каждого каскада и общий максимальный сдвиг фазы равен

$$\Delta\varphi_{\Sigma} = \sum_{i=1}^3 \varphi_i = \pi .$$

Изменение емкости варикапов осуществляется напряжением с потенциометра R7 “Рег.напр.комп”, подзапирающим варикапы. Напряжение подается через развязывающие фильтры Др1С8 (Др1, С10).

Усиленные сигналы снимаются с контура четвертого каскада с помощью автотрансформаторной связи для согласования сопротивлений. Сигналы выдаются на разъем Ш2 и далее на УЛЗ У3. На выходе субблока установлена цепь контроля: детектор Д2 с нагрузкой R14 и фильтром С9, Др2.

Контролируемые сигналы подаются через контакт ШЗ-Зав на контрольное гнездо на передней панели блока.

На рис. 6.49 показана принципиальная схема усилителя субблока УЗ-02. Субблок включает в себя четыре каскада УПЧ (узлы У1-У4). Схемы каскадов идентичны каскадам субблока УФ-02.

На субблок поступают задержанные зондирующие импульсы с выхода линии задержки на разъем Ш1 “Вход”. Входные сигналы подаются на входной контур С1, L1, R1 с автотрансформаторным подключением для согласования сопротивлений. Выходные контура каскадов L1, С1 размещены в узлах последующих каскадов. Четвертый каскад выполнен по схеме истокового повторителя с нагрузкой R15, имеющего малое выходное сопротивление для согласования с сопротивлением коаксиального кабеля. С него через переходной конденсатор С5 сигналы подаются на разъем Ш2 “Выход” и далее на выход блока.

Регулировка усиления УПЧ осуществляется во втором каскаде подачей отрицательного напряжения с потенциометра R11 в цепь первого затвора транзистора. На выходе третьего каскада установлена цепь контроля: детектор Д1 с нагрузкой R1 и фильтром Др1, С3. Через контакт ШЗ-Зав контролируемые сигналы подаются на контрольное гнездо на передней панели блока.

6.3.7. Блок формирования импульсов подавления П-1

Блок предназначен для формирования импульсов пилообразной формы, с помощью которых изменяется коэффициент усиления приемных каналов в конце дистанции для повышения точности измерения пеленга постановщиков активных помех (см. рис. 6.30). Принципиальная схема блока представлена на рис. 6.50.

В состав блока входит схема формирования импульсов подавления и нестабилизированный источник питания.

Питание блока осуществляется от сети 220 В 50 Гц через тумблер включения В2, предохранитель Пр1 со схемой индикации его перегорания Л4, R38 и трансформатор ТР2. Выпрямитель выполнен по мостовой схеме на диодах Д11-Д14 и вырабатывает напряжение питания ламп +250В. Фильтр выпрямителя R36, R37, С13, С14, С15. С вторичной обмотки 7-8 трансформатора снимается напряжение накала ламп.

Схема формирования импульсов подавления включает в себя схему задержки, дифференцирующую цепь, схему расширения, интегратор и выходной каскад. Импульс запуска поступает на разъем Ш1 “Вход запуск”.

Схема задержки выполнена на двух половинах лампы Л1 по схеме ждущего мультивибратора с катодной связью (резистор R5). Зарядным является конденсатор С3 с цепью разряда R11, R8. Положительный импульс запуска поступает на сетку Л1а через переходную цепь С1, R3. Конденсатор С2 блокировочный. Диод Д1 отсекает случайные отрицательные выбросы на входе схемы. Длительность импульсов мультивибратора регулируется потенциометром R11 “Задержка имп”. С катодной нагрузки R5 импульс

отрицательной полярности поступает на дифференцирующую цепь С4, R14, R12. Второй дифференцированный импульс положителен и используется для запуска схемы расширения. Резисторы R4 и R15 в сетках ламп Л1, Л2 антипаразитные.

Схема расширения на лампе Л2 – также ждущий мультивибратор с катодной связью (резистор R16). Зарядную емкость образуют конденсаторы С6, С9. Резистор R21 образует цепь разряда емкости. Делителями R1, R2 в цепи сетки Л1а и R13, R12 в цепи сетки Л1б устанавливается некоторое положительное напряжение на сетках, фиксирующее минимум напряжения на анодах открытых ламп Л1а и Л2а, обеспечивающий расширение пределов разряда конденсаторов. На анод Л2б, кроме питающего напряжения через анодную нагрузку R18, подается дополнительное положительное напряжение с делителя R34, R35, R23, R22 (в положении переключателя В1 “Местн”). Потенциометром R34 “Амплитуда” изменяется дополнительное напряжение на аноде Л2б, чем обеспечивается регулировка амплитуды выходного импульса. Диоды Д4, Д5 обеспечивают фиксацию установленной амплитуды импульсов. В положении переключателя В1 “Дист” аналогичное напряжение заводится дистанционно через разъем ШЗ “Напряж.упр”.

Расширенные импульсы положительной полярности снимаются с анода Л2б через переходную цепь С7, R24, R25 на интегратор. Диоды Д2, Д3 ограничивают возможные отрицательные напряжения. Интегратор формирует пилообразные импульсы и включает в себя элементы R26, С11, R27, R28. Упрощенная схема интегратора показана на рис. 6.51. За счет резисторов R27, R28, включенных последовательно с емкостью С11 формируется пьедестал в начале интегрированного импульса. Величина пьедестала регулируется потенциометром R28 “Форма имп”. Диоды Д6, Д7 обеспечивают быстрое восстановление схемы интегратора по окончании входного импульса (см. рис. 6.51).

Пилообразные импульсы поступают на выходной каскад (лампа Л3). Он выполнен на параллельно соединенных половинах лампы. Развязка половин ламп по входу осуществляется резисторами R31, R33. Каскад представляет собой катодный повторитель, в катодной цепи которого в качестве нагрузки включен трансформатор Тр1. Применение трансформатора обусловлено необходимостью передачи мощных импульсов на большое расстояние. Эти импульсы через разъем Ш4 “Имп.подавл” передаются в приемо-передающую кабину. Цепь R32, С12 обеспечивает автосмещение каскада. Диод Д8 осуществляет ограничение возможных отрицательных напряжений.

6.3.8. Блок формирования импульса ШАРУ ФИШ

Блок формирует положительные импульсы коммутации ШАРУ длительностью 100 мкс в конце дистанции. Принципиальная схема блока представлена на рис. 6.52. Блок включает в себя стабилизированный выпрямитель +20В У1, предохранитель в цепи питания У2, делитель напряжения –27В и узел У3 ФИШ.

Питание блока осуществляется напряжением 220В 400Гц, которое через предохранитель У2 поступает на выпрямитель. Напряжение выпрямителя регулируется резистором R1 и используется для питания транзисторов блока. Отрицательное напряжение -20В формируется из напряжения -27В , подаваемого на блок через контакт Ш1-3, с помощью делителя R2, Д2, Д3. Конденсатор С1 блокировочный. Диод Д1 предназначен для уменьшения влияния цепи делителя на источник -27В . Напряжение -20В подается на базу транзистора Т5 эмиттерного повторителя.

В состав узла ФИШ входят первый ждущий мультивибратор, дифференцирующая цепь, второй ждущий мультивибратор, эмиттерный повторитель и выходные буферные усилители.

Импульсы запуска через разъем Ш2, переходной конденсатор С2 и делитель R3, R4 подается на первый затвор транзистора Т1. Напряжением с делителя R1, R2 с помощью диода Д1 осуществляется ограничение импульсов запуска сверху. Диод Д2 ограничивает возможные отрицательные выбросы. Первый ждущий мультивибратор выполнен на транзисторах Т1, Т2 по схеме с истоковой связью (резистор R10). Зарядными являются конденсаторы С4, С5. Разрядная цепь образована резисторами R8, R11. Для надежного закрывания одного и открывания другого транзистора истоковое напряжение стабилизируется стабилитроном Д5. С помощью делителя R12, R9, R6 на затвор транзистора Т1 подается некоторое положительное напряжение, с помощью которого устанавливается минимальное напряжение на стоке открытого транзистора, т.е. напряжение, до которого разряжается конденсатор. Этим напряжением фиксируется длительность расширенного импульса.

Расширенный импульс отрицательной полярности снимается со стока транзистора Т1 на дифференцирующую цепь С6, R15. Положительным вторым дифференцированным импульсом запускается второй ждущий мультивибратор. Диодом Д6 ограничивается отрицательный дифференцированный импульс.

Второй ждущий мультивибратор выполнен на транзисторах Т3, Т4 также по схеме с истоковой связью (резистор R17). Зарядным является конденсатор С7. Сопротивление цепи разряда образовано резисторами R18, R19. Выходные импульсы положительной полярности снимаются со стока второго транзистора и через переходной конденсатор С8 подаются на базу транзистора Т5 эмиттерного повторителя, который в исходном состоянии закрыт отрицательным напряжением на базе. Положительным импульсом транзистор открывается, в эмиттерной нагрузке R22 выделяется положительный импульс. Этот импульс через развязывающие резисторы R23, R25, R27, R29, R31 подается на базы транзисторов буферных усилителей.

Буферные усилители имеют коллекторные нагрузки R24, R26, R28, R30, R32, с которых через переходные конденсаторы С9, С10, С11, С12, С13 импульсы выдаются на выходные разъемы блока Ш3, Ш4, Ш5, Ш6, Ш7 и параллельно на контрольные гнезда “Имп ШАРУ” на передней панели блока.

7. АППАРАТУРА ЦИФРОВОЙ СДЦ

7.1. Назначение, общая характеристика и состав аппаратуры

Аппаратура цифровой СДЦ (ЦСДЦ) предназначена для обнаружения сигналов, отраженных от подвижных целей, на фоне отражений от местных предметов, дипольных отражателей и метеообразований, а также для подавления несинхронных импульсных помех.

Состав аппаратуры системы СДЦ показан на структурной схеме рис. 7.1. Аппаратура системы СДЦ размещена в шкафу 39КО2 в приемо-передающей кабине. В шкафу размещено шесть блоков: 5 блоков вычитания 39КМ01 и блок объединения сигналов 39КМ02.

Аппаратура обеспечивает отдельную обработку сигналов пяти приемных каналов с помощью пяти однотипных блоков 39КМ01. На входы каждого блока поступают сигналы с приемника ПРС-5М: сигналы ЭА после амплитудного детектирования, сигналы на промежуточной частоте $f_{пр}$ с УПЧ и опорное напряжение на промежуточной частоте $f_{оп}$ от когерентного гетеродина.

В аппаратуре производится отдельная обработка сигналов в амплитудном и когерентном каналах.

В когерентном канале осуществляется фазовое детектирование сигналов $f_{пр}$ с помощью опорного напряжения $f_{оп}$. С целью устранения слепых фаз и уменьшения искажения качки эхо-сигналов фазовое детектирование и дальнейшая обработка в когерентном канале осуществляется в двух квадратурных каналах. Квадратурность обеспечивается сдвигом фазы опорного напряжения на 90° . На выходе фазового детектора имеют место видеосигналы, промодулированные по амплитуде доплеровской частотой.

Для уменьшения влияния слепых скоростей в режиме запуска «Редкий II» используется шестипериодная вобуляция частоты повторения, а в режиме «Частый» – двухпериодная вобуляция.

Эти сигналы далее подвергаются двукратному череспериодному вычитанию в каждом квадратурном канале в цифровых устройствах, в результате которого подавляются сигналы, отраженные от неподвижных и малоподвижных объектов, и выделяются сигналы движущихся целей. Обработка в когерентном канале заканчивается объединением сигналов двух квадратурных каналов в единый сигнал $\text{ЭК}_{\text{выч}}$.

В амплитудном канале осуществляется подавление несинхронных помех с помощью фильтра НИП. С выхода фильтра НИП сигналы ЭАФил выдаются на выход аппаратуры. Кроме того, в фильтре НИП формируются импульсы бланка несинхронных помех, которыми осуществляется бланкирование несинхронных помех в когерентном канале. Таким образом, в аппаратуре обеспечивается защита от НИП как в амплитудном, так и в когерентном канале.

В блоке 39КМ02 сигналы амплитудного канала ЭА и когерентного канала ЭК всех пяти приемных каналов объединяются в единые сигналы ЭА и ЭК, которые поступают в машину N2 (индикаторную) для отображения на ИКО. В блоке формируется также сигнал $\text{Э}_{\text{контр}}$, состоящий в том, что сигналы

амплитудного режима ЭА всех пяти каналов подаются отдельно с расстановкой их по дистанции на участках по 40 км в режимах редкого запуска с расстоянием между эхо-сигналами каналов 10 км и по 20 км в режиме частого запуска с расстоянием между эхо-сигналами каналов 5 км. Эти сигналы подаются в индикаторную машину на шкаф ДУС-4М, где они отображаются на осциллографе блока ЗР-ЗМ с целью контроля функционирования каждого приемного канала.

Сигналы амплитудного канала ЭА и когерентного канала ЭК перед подачей на ИКО шкафов ДУС-4М и ИКО-2М объединяются в один комплексный сигнал ЭАК, при этом в ближней по дистанции зоне отображаются эхо-сигналы когерентного канала, а в дальней – амплитудного канала. Граница разделения зон может плавно регулироваться на каждом индикаторе.

Рассмотрим основные технические характеристики аппаратуры СДЦ. Система может быть охарактеризована двумя параметрами:

а) коэффициентом подавления помехи – это отношение мощности помехи на входе и выходе аппаратуры

$$K_{\Pi} = \frac{P_{\text{ПВХ}}}{P_{\text{ПВЫХ}}}; \quad (7.1)$$

он показывает, во сколько раз ослабляется помеха на выходе по сравнению со входом;

б) коэффициентом подпомеховой видимости, характеризующим качество выделения сигналов на фоне помехи. Он характеризует изменение отношения сигнал/помеха на выходе аппаратуры по сравнению со входом

$$K_{\text{ПВ}} = \frac{\left(\frac{P_c}{P_{\Pi}}\right)_{\text{ВЫХ}}}{\left(\frac{P_c}{P_{\Pi}}\right)_{\text{ВХ}}} = \frac{P_{\text{СВЫХ}}}{P_{\text{СВХ}}} \cdot \frac{P_{\text{ПВХ}}}{P_{\text{ПВЫХ}}} = K_c \cdot K_{\Pi}, \quad (7.2)$$

где K_c – коэффициент выделения сигналов аппаратурой.

В ТТД станции приводится коэффициент подавления помехи K_{Π} по контрольным сигналам, он составляет 35 дБ. По реальным пассивным помехам он будет ниже.

Коэффициент подавления несинхронных помех по напряжению

$$K_{\text{НИП}} = \frac{U_{\text{НИПВХ}}}{U_{\text{НИПВЫХ}}}$$

составляет: в амплитудном канале 20 (26 дБ),

в когерентном канале 10 (20 дБ).

7.2. Принципы селекции движущихся целей.

7.2.1. Различия полезных сигналов и пассивных помех.

Селекция полезных сигналов на фоне помех любого вида основывается на различиях полезных сигналов и помеховых колебаний. Например, подавление несинхронных импульсных помех основано на различиях в частоте повторения сигналов и несинхронных помех. Для защиты от пассивных помех

используются различия в скоростях движения целей и пассивных помех, которые, как правило, существенно различны. Местные предметы неподвижны, дипольные помехи и метеообразования движутся под действием ветра, имея его скорость. Цели же движутся с несоизмеримо большими скоростями. Скоростью движения определяется доплеровская добавка частоты по известной формуле

$$F_{\text{д}} = \frac{2V_{\text{r}}}{\lambda}, \quad (7.3)$$

где V_{r} - радиальная скорость движущегося объекта.

Знак доплеровского приращения частоты определяется направлением движения объекта относительно РЛС. Таким образом, различия сигналов, принимаемых от движущихся и неподвижных (малоподвижных) объектов, заключается в частоте принимаемых сигналов с учетом доплеровского приращения ее $f_{\text{с}} \pm F_{\text{д}}$.

Для местных предметов $V_{\text{r}} = 0$, $F_{\text{д}} = 0$.

Для дипольных отражателей и метеообразований при $V_{\text{r}} = 5 - 10$ м/с и $\lambda = 0,1$ м

$$F_{\text{д}} = \frac{2(5 - 10)}{0,1} = 100 - 200 \text{ Гц}$$

Для движущихся целей при $V_{\text{r}} = 300$ м/с $F_{\text{д}} = 6000$ Гц.

Рассмотрим спектры сигналов РЛС (рис. 7.2).

Зондирующий сигнал - непрерывная последовательность прямоугольных радиоимпульсов. Спектр его линейчатый с огибающей вида $\sin x/x$ (рис. 7.2 а). Центральная частота соответствует частоте генерации $f_{\text{с}}$. Расстояние между линиями спектра $F_{\text{п}} = 1/T_{\text{п}}$, ширина спектра определяется длительностью импульса $\tau_{\text{и}}$.

Спектр отраженных сигналов показан на рис. 7.2 б. Т.к. отраженный сигнал имеет ограниченное число радиоимпульсов (пачку), спектр его не линейчатый, а гребенчатый. Ширина гребня определяется числом импульсов в пачке N и равна $1/NT_{\text{п}}$. Гребни спектра смещаются на величину доплеровской частоты вправо, если объект движется к РЛС или влево при движении объекта от РЛС. На рис. 7.2 б показаны два спектра: спектр движущейся пассивной помехи $G_{\text{пп}}$ (затушеванный); все составляющие спектра смещаются на величину $F_{\text{дп}}$, и спектр сигнала от цели $G_{\text{ц}}$; смещение спектра осуществляется на величину $F_{\text{дц}}$ большую, чем $F_{\text{дп}}$. Таким образом, различия в скорости объектов приводит к различиям в частотах составляющих спектра.

Селекция сигналов целей на фоне пассивных помех может осуществляться в фильтровых (корреляционно-фильтровых) либо когерентно-компенсационных системах СДЦ.

Фильтровая система СДЦ представляет собой набор доплеровских фильтров, соответствующих скоростям объектов, в которых выделяются сигналы определенной частоты. Фильтрами осуществляется разделение сигналов по скоростям движения объектов. Фильтры, соответствующие малым

доплеровским частотам (малым скоростям) могут выключаться, чем обеспечивается исключение помех.

В когерентно-компенсационных системах СДЦ необходимо создать устройства с такой АЧХ, чтобы режектировать составляющие спектра пассивных помех $f_c + F_{дп}$ и выделять сигналы с большими доплеровскими частотами $f_c + F_{дц}$, соответствующие целям (рис. 7.3). Этот тип системы СДЦ реализован в РЛС П-37.

Такова частотная трактовка отличий сигналов целей и помех, временная трактовка заключается в том, что в импульсных РЛС доплеровская частота сигналов проявляется в межпериодном изменении (набеге) фазы отраженных сигналов. Набег фазы за период повторения $\Delta\varphi_T$, пропорционален периоду повторения T_n и доплеровской частоте F_d .

$$\Delta\varphi_T = 2\pi F_d T_n . \quad (7.4)$$

Значению $\Delta\varphi_T \cong 0$ соответствует отражение от пассивных помех, а значение $\Delta\varphi_T \gg 0$ – отражению от движущихся целей. В системе СДЦ с помощью фазового детектора измеряется набег фаз $\Delta\varphi_T$ с целью использования этой информации для селекции сигналов целей и помех.

Существенным недостатком импульсных РЛС является наличие так называемых слепых скоростей. Это такие скорости, при которых движущиеся объекты воспринимаются в системе СДЦ как неподвижные. Со спектральной точки зрения (рис 7.2б) первая слепая скорость соответствует случаю, когда гребень $f_c + F_{дц}$ совпадают с положением $f_c + F_n$ (пунктирная линия на рисунке), вторая слепая скорость – при совпадении гребня с положением $f_c + 2F_n$ и т.д. Таким образом,

$$F_{д\text{слеп } 1} = F_n; F_{д\text{слеп } n} = n F_{дп} . \quad (7.5)$$

С временной точки зрения слепые скорости соответствуют набегу фазы сигналов за период повторения $\Delta\varphi_T = 2\pi n$. Особенно существенно влияние слепых скоростей в сантиметровом диапазоне волн. Действительно, из выражения (7.5) следует, что

$$F_{д\text{слеп } 1} = \frac{2V_{г\text{слеп}}}{\lambda} = F_n .$$

отсюда

$$V_{г\text{слеп } 1} = \frac{F_n \lambda}{2} = \frac{(300 - 375)0,1}{2} \approx 15 - 19 \text{ м/с} .$$

В диапазоне скоростей цели до 300 м/с может быть 15-20 слепых скоростей и процесс обнаружения целей значительно усложняется.

7.2.2. Упрощенная структурная схема когерентно-компенсационной системы СДЦ.

Схема системы СДЦ приведена на рис. 7.4. Система СДЦ может быть разделена на две части – когерентную и компенсационную. Когерентная часть обеспечивает селекцию (разделение) сигналов от движущихся и неподвижных объектов. Это разделение осуществляется на выходах фазовых детекторов, в

которых межпериодное изменение фазы $\Delta\varphi_T = \varphi_i - \varphi_{i-1}$ сравнивается с фазой опорного напряжения φ_0 .

На сигнальный вход фазового детектора (рис.7.5) поступает пачка эхо-сигналов U_c , изменение начальной фазы импульсов которой соответствует доплеровской частоте, на опорный вход детектора – напряжение когерентного гетеродина $U_{кр}$, имеющее в каждом периоде повторения опорную фазу φ_0 . Эти фазовые различия на выходе фазового детектора преобразовываются в амплитудные. Амплитуда сигналов движущихся целей на выходе фазового детектора будет изменяться по закону доплеровской частоты $F_{дц}$. Сигналы от местных предметов с неизменяющейся от периода к периоду фазой будут иметь постоянную амплитуду.

В компенсационной части путем череспериодного вычитания осуществляется подавление пассивных помех и выделение сигналов целей.

Для выявления череспериодного набега фаз отраженных сигналов необходимо сравнение его в фазовом детекторе с опорным колебанием, имеющим определенную фазу. Магнетрон формирует сигналы со случайной начальной фазой, т.е. формирует некогерентную последовательность радиоимпульсов. Необходимо сделать ее когерентной, имеющей определенное значение фазы. Для этого используется когерентный гетеродин.

Когерентный гетеродин – это автогенератор на промежуточной частоте, имеющий высокую стабильность частоты. В силу этого можно принять, что фаза его колебания не изменяется в течение периода следования. Но надо увязать фазу его колебаний с фазой зондирующего импульса либо с фазой пассивной помехи, которая должна быть скомпенсирована.

Поэтому существуют два вида когерентности, определяемые способом фазирования когерентного гетеродина: эквивалентная внутренняя когерентность (фазирование зондирующим импульсом) и внешняя когерентность (фазирование пассивной помехой с выхода УПЧ). Вид когерентности устанавливается с помощью коммутатора фазирования.

В режиме внутренней когерентности в каждом периоде следования когерентному гетеродину навязывается фаза зондирующего импульса, когерентный гетеродин хранит в течение периода эту фазу и с ней сравнивается фаза отраженного сигнала.

Поясним работу системы в режиме внутренней когерентности по графикам рис. 7.6.

Зондирующий импульс от магнетронного генератора, преобразованный на промежуточную частоту в смесителе АПЧ (рис.7.6 а) через коммутатор фазирования подается на когерентный гетеродин, навязывая последнему свою фазу. Опорное напряжение когерентного гетеродина (рис. 7.6 д) подается на опорные входы фазовых детекторов (рис. 7.4).

Рассмотрим случай наличия протяженной пассивной помехи и цели на ее фоне (рис. 7.6 б). Эхо-сигналы через УВЧ, смеситель сигналов и УПЧ подаются на сигнальные входы фазовых детекторов (рис. 7.6 в). Колебания пассивной помехи характеризуются случайной амплитудной $A_n(t)$ и фазовой $\psi_n(t)$

модуляцией. Сигнал от цели имеет начальную фазу $\varphi_{ц}$, меняющуюся от периода к периоду.

Перед фазовыми детекторами осуществляется ограничение сигналов по амплитуде (7.6 г). Ограничение используется, исходя из следующих соображений:

- 1) с целью согласования динамических диапазонов приемного тракта и системы СДЦ;
- 2) для стабилизации уровня остатков компенсации пассивных помех;
- 3) с целью исключения влияния амплитуд эхо-сигналов на работу фазового детектора (чтобы амплитуда сигналов на выходе фазового детектора была пропорциональна только разности фаз, а не амплитуд входных сигналов).

При этом в ограниченном сигнале сохраняется случайная фазовая модуляция помехи $\psi_{п}(t)$.

На графиках рис. 7.6. е, ж показано напряжение на выходе фазового детектора в i и $i + 1$ периодах следования, на рис. 7.6.з – результат череспериодного вычитания. Т.к. фазовая структура помехового колебания случайна, то амплитуда его на выходе фазового детектора случайна. Если помеха имеет высокую межпериодную корреляцию, т.е. фазовая структура сигналов от периода к периоду не изменяется, то сигналы в соседних периодах будут похожими (A_i и A_{i+1} на рис 7.6 е, ж) и результат череспериодного вычитания (рис. 7.6 з) близок к нулю, помеха подавляется. Подавление ее тем полнее, чем выше череспериодная корреляция помехи.

Сигнал от цели на фоне помехи за счет межпериодного изменения фазы $\varphi_{ц}$ на выходе детектора будет иметь разную амплитуду в i и $i + 1$ периодах, результат череспериодного вычитания не нуль и сигнал выделяется.

Если помеха движется под действием ветра, то напряжение на выходе фазового детектора от i к $i + 1$ периоду изменяется (пунктир на рис. 7.6 ж) результат череспериодного вычитания помехи не нуль и она остается неподдавленной. Таким образом, в режиме внутренней когерентности хорошо подавляются сигналы от неподвижных объектов, сигналы от движущихся помех подавляются неполностью.

Можно использовать так называемую схему компенсации действия ветра (СКДВ), применяемую в некоторых РЛС. Суть ее в том, что в опорное напряжение вводится межпериодное изменение фазы, равное изменению фазы помехи, движущейся под действием ветра. За счет этого помеха оказывается как бы остановленной, неподвижной. Но при этом сигнал от истинно неподвижной помехи не будет компенсироваться. Можно управлять СКДВ вручную, но для РЛС сантиметрового диапазона волн это практически невыполнимо. Поэтому СКДВ в РЛС П-37 не установлена. В силу этих обстоятельств режим внутренней когерентности в РЛС при боевой работе не используется, а используется только при настройке системы СДЦ.

При боевой работе используется режим внешней когерентности. В этом режиме на коммутатор фазирования с выхода УПЧ подаются эхо-сигналы, в том числе и пассивной помехи (рис.7.4). Когерентному гетеродину навязывается фаза помехи. Для исключения компенсации эхо-сигналов

движущихся целей фазирующее напряжение на когерентный гетеродин задерживается на время τ_0 , соизмеримое с длительностью импульса (в пятикаскадном УПЧ субблока УПЧ-К1, установленном перед когерентным гетеродином).

Принцип работы системы в режиме внешней когерентности поясним временными графиками напряжений (рис. 7.7). Если имеет место протяженная пассивная помеха (рис. 7.7 а), движущаяся со скоростью V_n , то на сигнальном входе фазового детектора ограниченное по амплитуде напряжение повторяет фазу помехи $\psi_n(t)$ (рис. 7.7. б). При наличии цели на фоне помехи межпериодное изменение фазы ее сигнала значительно отличается от помехового. Когерентный гетеродин работает в режиме автоколебаний, а с приходом помехи с учетом задержки на τ_0 начинает повторять фазовую структуру помехи (рис. 7.7 в). В зоне действия только пассивной помехи (участки 2 и 5 на рис. 7.7) в результате одинаковости межпериодного изменения фаз на входах фазового детектора напряжение на его выходе не изменяется от периода i к периоду $i+1$ и результат череспериодного вычитания – нуль (рис. 7.7 г, д, е) помеха подавляется.

На участке 3, где присутствует цель, на сигнальном входе детектора имеет место сигнал цели, а на опорном за счет сдвига на τ_0 имеет место помеха. За счет значительного межпериодного изменения фазы сигнала цели относительно опорного на выходе детектора существует межпериодное изменение напряжения. Результат череспериодного вычитания не нуль и сигнал цели выделяется. На участке 4, наоборот, на сигнальном входе фазового детектора действует напряжение помехи, а на опорном – цели. На выходе фазового детектора также будет межпериодное изменение амплитуды и в системе ЧПВ сигнал выделяется.

На участке графиков 1 когерентный гетеродин еще не сфазирован помехой, он имеет случайный характер межпериодного изменения фазы, следовательно, на выходе фазового детектора имеет место межпериодное изменение амплитуды, система ЧПВ выделит переднюю кромку помехи.

Если цель находится вне пассивной помехи, сигнал ее выделится за счет сдвига фазирующего напряжения на когерентном гетеродине на время τ_0 . Но по этой же причине будут выделяться сигналы дискретных (не протяженных) пассивных помех.

Таким образом, система СДЦ в этом режиме обеспечивает подавление протяженных пассивных помех, движущихся с произвольной скоростью, т.е. система является адаптивной, самонастраивающейся на частоту помехи. В этом ее преимущество. Однако она обладает следующими недостатками.

1. Эффективность ее ниже, чем в системе с внутренней когерентностью, т.к. за счет сдвига сигналов во времени на τ_0 снижается корреляция случайных помеховых сигналов на входах фазового детектора. Потери в коэффициенте подавления составляют 3-6 дБ.

2. Наличие некомпенсированной передней кромки протяженной помехи и некомпенсация дискретных пассивных помех.

3. Расширение примерно в два раза сигналов целей (в случае нахождения их на фоне помех), что ухудшает разрешающую способность РЛС по дальности.

Система СДЦ может работать в режиме редкого запуска РП и частого Ч. Режим частого запуска применяется для повышения эффективности системы СДЦ при работе в условиях пассивных помех большой интенсивности. Эффективность системы СДЦ при частом запуске повышается по следующим причинам:

1. Частота следования импульсов удваивается. Это ведет к увеличению в два раза числа импульсов в пачке, что в свою очередь ведет к сужению спектра гребней помехи, следовательно, к возможности лучшего их подавления.

2. Т.к. частота повторения удваивается, спектральные составляющие помехи раздвигаются (рис. 7.2). Это ведет к уменьшению числа слепых скоростей.

3. При частом запуске уменьшается длительность импульсов с 2,7мкс до 1,7мкс. Это ведет к уменьшению мощности пассивной помехи на входе за счет уменьшения импульсного объема $\frac{c\tau_{и}}{2}$, в котором принимается помеха.

4. При уменьшении в два раза периода повторения выше межпериодная корреляция пассивной помехи, следовательно, выше коэффициент подавления помехи.

Компенсационная часть системы СДЦ (рис.7.4) содержит устройства двукратного череспериодного вычитания (ЧПВ).

К компенсационной части системы предъявляются требования эффективного подавления пассивных помех, в том числе и движущихся под действием ветра, и выделения сигналов целей с различными скоростями их полета. Следовательно, идеальное устройство компенсации должно иметь гребенчатую АЧХ вида рис. 7.8, в котором полностью подавляются пассивные помехи в зоне режекции $\Delta F_{реж}$ и одинаково выделяются сигналы целей в диапазоне возможных скоростей их полета.

Проанализируем возможности схем однократного и двукратного ЧПВ по выполнению этих требований.

Схема однократного ЧПВ показана на рис. 7.9 а. Напряжение на ее выходе равно

$$U_{вых}(t) = U_{вх}(t) - U_{вх}(t-T_{п}) \quad (7.6)$$

Амплитудно-частотная характеристика ее имеет вид (рис.7.9 б)

$$K_1(F) = 2 |\sin \pi FT_{п}| \quad (7.7)$$

Зона режекции $\Delta F_{реж1}$ ограничена областью нулевых частот, где K_{min} определяется собственными шумами тракта. Таким образом, схема однократного ЧПВ обеспечивает эффективное подавление только сигналов от неподвижных местных предметов (временные графики рис. 7.10 а) а также выделение сигналов от движущихся целей (рис. 7.10 б). Однако цели, движущиеся с разными скоростями выделяются с разной амплитудой. Максимальную амплитуду на выходе схемы однократной ЧПВ будут иметь сигналы целей, движущихся с так называемыми оптимальными скоростями,

при которых доплеровская частота $F_d = \frac{F_{\Pi}}{2} + nF_{\Pi}$. Временные графики для случая $F_d = \frac{F_{\Pi}}{2}$ показаны на рис. 7.10в. Скорости, соответствующие $F_d = nF_{\Pi}$, являются слепыми (рис. 7.10 г).

Схема двукратного ЧПВ (рис. 7.11 а) повышает возможности по расширению зоны режекции и равномерности амплитуд выделяемых сигналов целей. Напряжение на ее выходе равно

$$U_{\text{вых}}(t) = U_{\text{вх}}(t) - 2U_{\text{вх}}(t-T) + U_{\text{вх}}(t-2T) \quad (7.8)$$

АЧХ схемы двукратного ЧПВ имеет вид (рис. 7.11 б)

$$K_2(F) = 4 \sin^2 \pi FT. \quad (7.9)$$

АЧХ характеризуется расширением зоны режекции $\Delta F_{\text{реж}2}$ и наличием более крутых фронтов и пологой вершины, обеспечивающих улучшение равномерности амплитуд сигналов целей. Расширение зоны режекции можно пояснить временными графиками рис. 7.12. При малой доплеровской частоте пассивной помехи изменение амплитуды ее на выходе фазового детектора в пределах пачки близко к линейному (рис. 7.12 а). После первого ЧПВ имеют место остаточные (нескомпенсированные) сигналы постоянной амплитуды и результате второго ЧПВ они полностью компенсируются.

Для уменьшения влияния слепых скоростей используется вобуляция частоты повторения РЛС. Она заключается попеременном изменении длительности периода повторения. На рис. 7.13 показана АЧХ схемы однократного ЧПВ при двух частотах повторения: $F_{\Pi 1}$, $F_{\Pi 2}$. Из рисунка следует, что если для одного значения F_{Π} скорость будет слепой, для другого – не слепой. Первая слепая скорость будет при совпадении nF_1 и mF_2 . Выбором значения $F_{\Pi 1}$ и $F_{\Pi 2}$ устанавливается первая слепая скорость вне пределов скоростей полета целей.

На рис. 7.14 приведены формулы и результаты расчета АЧХ системы СДЦ при двукратной вобуляции для редкого и частого запуска.

Из графиков следует, что хотя АЧХ является неравномерной (неодинаково выделяются цели, движущиеся с разными скоростями), первая слепая скорость будет при доплеровских частотах 15-16 кГц, что соответствует скоростям

$$V_r = \frac{F\lambda}{2} = \frac{(1,5...1,6)10^4 \cdot 0,1}{2} = 750 - 800 \text{ м/с (2700 - 2900 км/час)}$$

Обработка в системе СДЦ осуществляется в двух квадратурных каналах (рис.7.4) – два фазовых детектора и два канала ЧПВ. Квадратурность обработки достигается сдвигом опорного напряжения в каналах на 90° . Квадратурная обработка исключает влияние слепых фаз при фазовом детектировании, а следовательно, искажение формы пачки эхо-сигналов.

Рассмотрим принцип квадратурной обработки на временным графикам рис. 7.15. На графике а показан входной сигнал фазового детектора – пачка радиоимпульсов от цели. При детектировании в фазовом детекторе существует такое соотношение фаз сигнала и опорного напряжения, когда сигнал на выходе фазового детектора отсутствует, в то время как на входе он есть. В

этом выражается проявление слепых фаз. Для исключения влияния слепых фаз применяются два квадратурных канала – косинусный и синусный (рис. 7.15 б, в). Если в косинусном канале выходной сигнал равен нулю, в синусном канале он максимален и потери сигнала нет.

После ЧПВ в квадратурных каналах осуществляется объединение сигналов каналов. Оптимальным алгоритмом объединения является алгоритм вида:

$$U_{\text{ВЫХ}} = \sqrt{U_{\text{cos}}^2 + U_{\text{sin}}^2}, \quad (7.10)$$

где U_{sin} и U_{cos} - амплитуды сигналов косинусного и синусного каналов.

Эта величина постоянна для любого соотношения фаз, выходные сигналы будут постоянной амплитуды (рис. 7.15 г) и пачка сигналов восстанавливается. Однако такой алгоритм практически нереализуем как в аналоговых, так и в цифровых системах СДЦ. Поэтому используют квазиоптимальные алгоритмы объединения. Простейшим из них является алгоритм вида

$$U_{\text{ВЫХ}} = |U_{\text{cos}}| + |U_{\text{sin}}| \quad (7.11)$$

Объединение сигналов по этому алгоритму показано на рис. 7.15 д, е, ж. Пачка при этом восстанавливается, но имеет флуктуации амплитуды, которые составляют 10-15%. Такой алгоритм просто реализуем в аналогичных системах, поэтому широко используется в них. В цифровых системах имеется возможность усложнить алгоритм без существенных вычислительных затрат с целью уменьшения флуктуаций амплитуды сигналов в пачке. В РЛС П-37Р реализован алгоритм вида

$$U_{\text{ВЫХ}} = \begin{cases} |U_{\text{cos}}| + \frac{1}{2}|U_{\text{sin}}| & \text{при } |U_{\text{cos}}| > |U_{\text{sin}}| \\ \frac{1}{2}|U_{\text{cos}}| + |U_{\text{sin}}| & \text{при } |U_{\text{cos}}| < |U_{\text{sin}}| \end{cases} \quad (7.12)$$

Операция деления на 2 обеспечивается сдвигом числа на разряд вправо, не требующим вычислительных затрат. Флуктуации вершины пачки при реализации этого алгоритма (рис. 7.15 з) составляет порядка 3%.

7.3. Блок вычитания 39КМ01

7.3.1 Структурная схема блока вычитания 39КМ01

Череспериодное вычитание сигналов осуществляется в блоке 39КМ01, который выполнен в виде набора ячеек на интегральных микросхемах и транзисторах, выполняющих определенные функции и являющихся типовыми элементами замены.

Структурная схема блока защиты от помех 39КМ01 представлена на рис.7.16.

В блоке осуществляется обработка в когерентном и амплитудном каналах. В когерентном канале осуществляется фазовое детектирование в двух квадратурных каналах, преобразование сигналов в 7-разрядный двоичный код,

двукратное ЧПВ в квадратурных каналах, объединение сигналов квадратурных каналов, преобразование цифра-аналог и выдача сигналов ЭКвыч на блок объединения сигналов. В амплитудном канале осуществляется защита от НИП, формирование бланка НИП для когерентного канала и выдача сигналов ЭАфил на блок объединения сигналов.

В когерентном канале на ячейку фазовых детекторов Д2ДФ1 подаются сигналы $f_{ПЧ}$ с шестого каскада УПЧ-А и напряжение $f_{ОП}$ с субблока УПЧ-К1. В ячейке осуществляется фазовое детектирование сигналов в двух квадратурных каналах. С двух выходов ячейки разнополярные видеосигналы квадратурных каналов с пределами изменения амплитуд $\pm 4,5В$ подаются на преобразователь их в цифровой код.

Аналого-цифровое преобразование осуществляется в два этапа: первый – дискретизация по времени всей дистанции и второй – квантование сигналов по уровню двоичным кодом в каждой временной дискрете.

Интервал (шаг) временной дискретизации выбирается из условий, определяемых теоремой Котельникова

$$\Delta t_{\text{дискр}} \leq \frac{1}{2F_{\text{max}}}, \quad (7.13)$$

где F_{max} - максимальная частота сигнала.

Частота F_{max} в нашем случае равна ширине спектра видеосигналов $\Delta f_c = \frac{1}{\tau_{\text{и}}}$. Тогда

$$\Delta t_{\text{дискр}} \leq \frac{\tau_{\text{и}}}{2}.$$

При длительностях импульса РЛС $\tau_{\text{и}} = 2,7\text{мкс}$ и $1,7\text{мкс}$ установленный в системе интервал дискретизации $\Delta t_{\text{дискр}} = 1\text{мкс}$ удовлетворяет требованиям теоремы Котельникова.

Требования к разрядности квантования по уровню определяется коэффициентом подавления помех, который должен быть равен 35 дБ. Каждому разряду квантования соответствует уменьшение уровня подавленной помехи в два раза по напряжению (6 дБ). Для обеспечения коэффициента подавления 35 дБ необходимо $35 : 6 = 6$ двоичных разрядов квантования. Кроме того, ввиду разнополярности сигналов необходим знаковый разряд. Таким образом, квантование осуществляется 7-разрядным двоичным кодом.

Видеосигналы с выходов фазовых детекторов поступают на двухканальное устройство стробирования и фиксации (ячейку Д2ПН1), где осуществляется привязка эхо-сигналов и шумов к дискретам дальности и фиксация уровня сигналов и шумов в пределах дискреты дальности. Такая операция необходима для нормальной работы преобразователя аналог-цифра. Всего используется 1024 дискрет дальности, временная дискретизация осуществляется с шагом порядка 1мкс. Пределы изменения амплитуд дискретизированных сигналов на выходе ячейки Д2ПН1 составляет $\pm 3В$.

Далее двукратное череспериодное вычитание производится по двум одинаковым каналам. Каждый канал вычитания состоит из преобразователя аналог-цифра (ячейка Д2ПН2), оперативной памяти (ячейка Д2РУ4) и арифметического устройства (ячейка Д2ИМ5). Череспериодное вычитание осуществляется следующим образом. В преобразователе аналог-цифра амплитуда и полярность сигналов каждой дискретности дальности преобразуется в семиразрядный двоичный код. В оперативной памяти эхо-сигналы в цифровой форме задерживаются сначала на один период повторения, а затем еще на период повторения. Сигналы данного периода следования и задержанные на один и на два периода следования поступают на ячейку арифметического устройства Д2ИМ5.

Арифметическое устройство осуществляет реализацию алгоритма двукратного череспериодного вычитания (см. (7.8)):

$$A_k = A_0 - 2A_1 + A_2, \quad (7.14)$$

где A_k – значение сигнала на выходе арифметического устройства в результате двукратного череспериодного вычитания,

A_0 – значение незадержанного сигнала,

A_1 – значение сигнала, задержанного на один период повторения,

A_2 – значение сигнала, задержанного на два периода повторения.

В результате указанных вычислений реализуется амплитудно-частотная (амплитудно-скоростная) характеристика, соответствующая зависимости синус-квадрат (рис. 7.11).

В арифметическом устройстве вычисляются также модули сигналов. На выходе арифметического устройства модули сигналов представляются 8-разрядными кодами.

В ячейке объединения сигналов Д2ИМ6 осуществляется объединение сигналов двух квадратурных каналов по алгоритму (см. (7.12)),

$$A_{об} = \begin{cases} \left| A_{к1} \right| + \frac{1}{2} \left| A_{к2} \right| & \text{при } |A_{к1}| > |A_{к2}|, \\ \frac{1}{2} \left| A_{к1} \right| + \left| A_{к2} \right| & \text{при } |A_{к1}| < |A_{к2}|, \end{cases} \quad (7.15)$$

где $A_{об}$ – значение сигнала на выходе объединителя ;

$|A_{к1}|$ и $|A_{к2}|$ – значения модулей сигналов на выходах квадратурных каналов вычитания.

Объединенный сигнал далее поступает на ячейку Д2УБ5, где осуществляется преобразование цифровых сигналов в аналоговую форму и усиление в видеоусилителе. С выхода ячейки сигналы ЭК_{выч} в аналоговой форме поступают в блок 39КМ02.

Сигналы амплитудного канала приемника ЭА поступают на ячейку фильтра несинхронных помех Д2ХК26. Фильтр несинхронных помех предназначен для подавления несинхронных помех с длительностью от 1 до 4 мкс и отличающихся по частоте повторения от частоты повторения сигналов

РЛС не менее чем на 0,25 % в амплитудном канале, а также для формирования импульсов бланка несинхронных помех для когерентного канала.

После подавления несинхронных помех сигналы амплитудного канала ЭАФил поступают на блок 39КМ02. Импульсами бланка, подаваемыми на ячейки Д2ПН2 квадратурных когерентных каналов, обеспечивается исключение прохождения несинхронных помех в когерентном канале.

Ячейка синхронизации и генератора контрольных импульсов Д2ИК20 выдает все синхронизирующие импульсы, необходимые для работы всех устройств блока, а также контрольные импульсы, с помощью которых осуществляется контроль функционирования и исправности блока.

Контрольные импульсы, сформированные в ячейке Д2ИК20, подаются в ячейку Д2УБ5, где осуществляется их регулировка по амплитуде и полярности. Контрольные импульсы используются для контроля устройства вычитания и устройства подавления НИП.

7.3.2 Функциональная схема блока вычитания 39КМ01

Функциональная схема блока представлена на рис.7.17.

Сигналы когерентного канала на промежуточной частоте и опорное напряжение от когерентного гетеродина $f_{оп}$ подаются на входы ячейки фазовых детекторов Д2ДФ1. Ячейка предназначена для усиления сигналов на промежуточной частоте, фазового детектирования и усиления на видеочастоте. Она содержит два идентичных канала. Напряжение $f_{пр}$ подается в фазе на каналы, а опорные напряжения – со сдвигом фаз на 90° .

Усилитель-ограничитель и усилитель опорного напряжения представляют собой двухкаскадные усилители.

Фазовый детектор собран по балансной схеме с встречным включением диодов. Продетектированные сигналы поступают на видеоусилители, каждый из которых состоит из двух каскадов: усилителя напряжения и эмиттерного повторителя.

В ячейке Д2ПН1 осуществляется дискретизация сигналов по дальности и фиксация уровня сигналов на момент конца дискреты дальности. Ячейка состоит из формирователя импульсов коммутации и двух одинаковых каналов стробирования и фиксации. В формирователь импульсов коммутации входят делитель частоты на 2, инвертор и два усилителя импульсов. Канал стробирования и фиксации включает в себя входной фильтр, усилитель, ключи 1...5 и эмиттерный повторитель.

Сигнал с каждого выхода ячейки фазовых детекторов поступает через входной фильтр и усилитель на схему стробирования и фиксации.

Входной фильтр имеет полосу частот, согласованную со спектром импульсов, определяемых длительностью дискреты дальности (порядка 1 мкс) и обеспечивает подавление паразитных комбинационных составляющих сигналов после фазового детектора как нелинейного элемента.

Схема фиксации уровня сигнала представляет собой накопительный конденсатор, работа которого управляется ключами. Рассмотрим ее на примере первого канала.

Через ключ 1-1 на конденсатор С25 поступает эхо-сигнал и на конденсаторе осуществляется запоминание (фиксация) уровня сигнала. Через ключ 1-3 имеющийся на конденсаторе уровень сигнала передается на выход ячейки (на эмиттерный повторитель). Ключи работают по дискретам поочередно. В нечетных дискретах открыт ключ 1-1, осуществляется стробирование дискреты дальности и запоминание уровня сигнала, в четных дискретах открыт ключ 1-3, осуществляется передача уровня сигнала на эмиттерный повторитель.

С целью снижения требований к быстродействию схемы стробирования и фиксации имеется еще одна схема-конденсатор С26 и ключи 1-2 и 1-4. Обе схемы работают поочередно: первая осуществляет стробирование и фиксацию в нечетных дискретах, а выдачу на эмиттерный повторитель уровня сигнала – в четных, вторая, наоборот, стробирование и фиксацию в четных, выдачу уровня сигнала в нечетных дискретах. Процесс временной дискретизации сигналов поясняется графиками рис. 7.18. На графике а показан входной аналоговый сигнал. На каждом из конденсаторов С25, С26 (рис. 7.18 б, в) осуществляется фиксация уровня в двух дискретах: в одной - установка уровня, в другой передача фиксированного уровня на выход. В эмиттерном повторителе осуществляется объединение уровней сигналов по дискретам (рис. 7.18 г) и выдача их на ячейку преобразователя аналог-цифра Д2ПН2. Ключ 1-5 на выходе схемы служит для установки выходного напряжения эмиттерного повторителя на нулевом уровне вне рабочего участка дальности. Ключ 1-5 открывается импульсами срыва, формируемыми в конце дистанции в ячейке Д2ИК20.

Управление ключами осуществляется формирователем импульсов коммутации. На него подаются тактовые импульсы с периодом следования равным половине временной дискреты от ячейки Д2ИК20. Формирователь выдает две последовательности импульсов типа меандр взаимно противоположной полярности. Тактовые импульсы поступают на делитель частоты на 2, формирующий импульсы меандр длительностью, равной длительности дискреты дальности. В инверторе осуществляется изменение полярности импульсов. Принцип формирования коммутирующих импульсов поясняется графиками рис. 7.19.

Через усилители эти импульсы подаются на соответствующие ключи с учетом описанной логики их работы.

Сигналы с выхода каждого из двух каналов ячейки Д2ПН1 поступают на преобразователь аналог-цифра (ячейка Д2ПН2).

Преобразователь осуществляет преобразование входного двухполярного сигнала в параллельный семиразрядный двоичный код, а также бланкирование несинхронных помех в когерентном тракте.

Двухполярные сигналы с устройства стробирования и фиксации, имеющие максимальную амплитуду ± 3 В, поступают одновременно на два однополярных

преобразователя аналог-цифра (ПАЦ) и на нуль-индикатор. Один из однополярных преобразователей рассчитан на преобразование положительных входных сигналов, второй – отрицательных. Преобразователи аналог-цифра работают по принципу поразрядного сравнения шестью последовательными шагами.

Значение седьмого (старшего) разряда двухполярного сигнала определяется с помощью нуль-индикатора, в котором производится сравнение входного сигнала с нулевым напряжением.

Если входной сигнал положителен, то в старший разряд записывается логическая единица, при нулевом или отрицательном сигнале – нуль.

Для получения монотонно возрастающего двоичного кода от числа 0000000 к числу 1111111 при монотонном возрастании входного сигнала от $-3В$ до $+3В$ предусмотрен преобразователь кода. Он в зависимости от состояния нуль-индикатора (т.е. от полярности входного сигнала) передает в выходную память результаты поразрядного сравнения в преобразователе аналог-цифра либо с инверсией (при отрицательном сигнале), либо без нее (при положительном сигнале). Таким образом, цифровые коды на выходе преобразователя кодов равны

для сигнала $-3В$ 0000000,

для сигнала $0В$ 0111111,

для сигнала $+3В$ 1111111.

Выходная память необходима в связи с тем, что при используемом методе преобразования аналог-цифра разряды формируются последовательно, и весь код может быть выдан лишь после окончания шестого тактового интервала. После этого в седьмом тактовом интервале на выход ячейки выдается параллельный семиразрядный двоичный код на ячейку оперативной памяти Д2РУ4.

В выходной памяти осуществляется бланкирование несинхронных помех. При наличии импульсов бланка с фильтра несинхронных помех на выходе ячейки устанавливается код, соответствующий нулевому выходному сигналу.

Ячейка оперативной памяти Д2РУ4 осуществляет задержку цифровых сигналов на один и два периода повторения в каждой дискрете дальности. Она включает в себя два оперативных запоминающих устройства (ОЗУ). В ОЗУ-1 осуществляется запоминание сигналов на один период повторения, а в ОЗУ-2 – еще на один период повторения. На выходы ячейки проходят незадержанный сигнал и сигналы после каждой ступени запоминания (задержки). Каждое ОЗУ рассчитано на хранение 1024 двоичных числа, т.е. содержит 1024 элемента памяти (по числу дискрет дальности). Устройства выравнивания по времени осуществляют совпадение по времени сигналов, задержанных на один и два периода повторения.

Ячейка арифметического устройства Д2ИМ5 осуществляет двукратное череспериодное вычитание эхо-сигналов по алгоритму (7.14)

В результате вычислений по указанному алгоритму на выходе имеет место восьмиразрядное число и знаковый разряд.

Арифметическое устройство содержит два сумматора. Первый производит сложение A_0+A_2 . Во втором сумматоре производится вычитание сигнала $2A_1$ из результата первого сложения A_0+A_2 . Для этого сумма A_0+A_2 поступает на второй сумматор в прямом коде, а сигнал $2A_1$ – в дополнительном коде.

Результат двукратного вычитания может иметь любую полярность, а при дальнейшей обработке используется модуль этого результата. Поэтому в ячейке предусмотрена схема выделения модулей. Вычисленный модуль представляет собой восьмиразрядное число. В таком виде результат череспериодного вычитания поступает на выход ячейки на устройство объединения сигналов двух квадратурных каналов (ячейку Д2ИМ6).

На схему объединения квадратур сигналы поступают через входные ключи. С помощью ключей осуществляется запираение одного из каналов (любого) при поочередном контроле работы каналов или при возникновении неисправностей. Объединение квадратур осуществляется по алгоритму (7.15).

Результат объединения в виде восьмиразрядного кода выдается на преобразователь цифра-аналог и выходной видеоусилитель (ячейка Д2УБ5). Ячейка обеспечивает преобразование цифровой информации со схемы объединения квадратур в аналоговую форму, усиление выходных сигналов, а также преобразование контрольных однополярных сигналов с постоянной амплитудой в контрольные сигналы с регулируемой амплитудой и полярностью. Эти контрольные сигналы используются для контроля функционирования и настройки аппаратуры ЦСДЦ.

Ячейка состоит из преобразователя цифра-аналог, видеоусилителя и ключа. Аналоговые сигналы усиливаются трехкаскадным видеоусилителем. Для согласования общего времени задержки эхо-сигналов в канале когерентной обработки между первым и вторым каскадами видеоусилителя включена линия задержки. Ключ содержит в своем составе двухкаскадный усилитель, выходными сигналами которого управляет ключевая схема. Сигналы когерентного канала ЭК с ячейки Д2УБ5 подаются в блок 39КМ02 для объединения в общий сигнал.

Устройство синхронизации и генератор контрольных импульсов (ячейка Д2ИК20) предназначено для формирования всех видов синхросигналов, определяющих работу всех устройств блока и контрольных импульсов, предназначенных для проверки технического состояния блока. В соответствии с назначением он имеет в своем составе генератор тактовых импульсов и генератор контрольных импульсов.

7.3.3. Принципиальная схема ячейки фазовых детекторов Д2ДФ1

Принципиальная схема ячейки представлена на рис. 7.20.

В состав ячейки входят усилители-ограничители сигналов (микросхемы А1, А3), усилители опорного напряжения (микросхемы А2, А5), фазовые детекторы (микросхемы А4, А6) видеоусилители (микросхемы А7-А10, транзисторы VT1-VT4).

На вход ячейки через разъем XS1 поступают входные сигналы f_{np} с шестого каскада УПЧ-А на усилители-ограничители квадратурных каналов. Входным

контуром усилителей-ограничителей является выходной контур в каскаде УПЧ-А. Усилители-ограничители сигналов выполнены на микросхемах А1 (первый канал) и А3 (второй канал). Микросхема содержит два биполярных транзистора. Тип проводимости их n-p-n, следовательно, коллекторное напряжение питания положительное. Усилители-ограничители двухкаскадные, выполнены по каскодной схеме. Каскодным называется такое соединение между каскадами, при котором выход одного каскада подключен ко входу другого непосредственно, без частотно-избирательных цепей (колебательных систем). Первый каскад выполнен по схеме с общим эмиттером, второй – с общей базой (схема ОЭ-ОБ). Такие усилители используются для повышения устойчивости усиления, в них снижается возможность самовозбуждения при значительном усилении по мощности. Эта мера необходима в связи с тем, что входные сигналы усилены в субблоке УПЧ-А до достаточно большой амплитуды. Кроме того, каскодная схема имеет большое выходное сопротивление (много большее, чем каскад на транзисторе с общим эмиттером), не шунтирующее выходной контур схемы.

Сигналы через переходную цепь С1, R1, R3 поступают на базы первых транзисторов микросхем А1, А3 через развязывающие резисторы R9, R20. Регулировкой R3 «Усил» изменяется уровень входного сигнала. Подаваемого на усилители.

Для получения большего диапазона усиления питание каскадов осуществляется двумя напряжениями: +12,6В на коллекторы транзисторов и -12,6В на эмиттеры. Величина напряжений стабилизируется стабилитронами VD1, VD3 (VD2, VD4).

База второго транзистора через резистор R19 (R27) соединена на корпус. Эти резисторы подбираются так, чтобы обеспечить одинаковость усиления усилителей. Дроссели L2 (L5) предназначены для развязки каскадов по переменной составляющей их токов. Установка уровня ограничения сигналов в усилителях достигается изменением питающего напряжения в цепи эмиттеров резистором R18 (R28).

Нагрузкой усилителя-ограничителя является контур в цепи коллектора второго транзистора С12, С13, С15, С16, L6, R23, R24 (С20, С21, С22, С23, L8, R33, R34). Этот контур является входным контуром фазового детектора. Конденсатор С9 (С18) – переходной. Цепи R4, С2, R25, С16, R63, С10, R35, С11 – развязывающие фильтры усилителей по питанию.

Усилители опорного напряжения выполнены на микросхемах А2 и А5. Схемы усилителей одинаковы и выполнены так же, как и схемы усилителей сигналов. Отличия схем этих усилителей в том, что базы вторых транзисторов соединены непосредственно на корпус. Связь эмиттеров транзисторов осуществляется через резисторы R14 (R30). Цепи L1, С4, R15, С5, L4, С17, С43, R38, С26 – развязывающие фильтры по питанию.

Опорное напряжение через гнездо XS2, резистор R2 и трансформатор Tr1 поступает на базы первых транзисторов усилителей. Регулировка величины опорного напряжения осуществляется резистором R2 «Уров ОН». Цепь, включающая элементы Tr1, С3, R5–R8 является фазосдвигающей цепью.

Установка сдвига фаз осуществляется резистором R7. На выходах усилителей установлены колебательные контура L3, R13, C8 и L7, R31, C19. С этих контуров напряжения снимаются на фазовые детекторы.

Фазовый детектор преобразовывает фазовые изменения входных сигналов в амплитудные. Он предназначен для формирования видеосигналов, амплитуда и полярность которых определяется разностью фаз между сигнальным и опорным напряжениями. В фазовом детекторе можно выделить два элемента: элемент преобразования разности фаз в амплитуды и обычный амплитудный детектор.

На рис. 7.21а показана схема однотактного фазового детектора. В контуре детектора $L_k C_k$ векторно складываются сигналы U_c и опорное напряжение $U_{оп}$ и амплитуда напряжения на контуре $U_{конт}$ (рис. 7.21 б) определяется сдвигом фаз напряжений $\Delta\varphi$. Так фазовый сдвиг преобразовывается в амплитуду. Далее осуществляется амплитудное детектирование диодом Д. Напряжение на выходе фазового детектора равно

$$U_{ФД} = K_d U_c \cos \Delta\varphi, \quad (7.16)$$

где K_d – коэффициент передачи детектора.

Амплитудно-фазовая характеристика его показана на графике 1 рис. 7.21в. Существенным недостатком однотактного фазового детектора является неравномерность его фазовой чувствительности

$$\frac{dU_{ФД}}{d\varphi} = -K_d U_c \sin \Delta\varphi$$

(график 2 рис. 7.21 в). Как следует из графика, однотактный детектор слабо реагирует на изменения разности фаз $\Delta\varphi$ в области значений 0, π , 2π (заштрихованные области).

Поэтому используется балансный фазовый детектор, отличающийся наличием двух встречно включенных диодов, на которых одно из напряжений подается в фазе, другое – противофазе.

Фазовые детекторы выполнены на микросхемах А4 (первый канал) и А6 (второй канал). В качестве детекторов используются транзисторы микросхем в диодном включении. Входными контурами детекторов являются выходные контуры усилителей-ограничителей. Опорные напряжения подаются на детекторы с выходных контуров усилителей опорного напряжения. Конденсаторы фильтров детекторов – С24, С25 и С27, С28, резисторы R36, R37 и R44, R45 – нагрузки плеч детекторов. Съём напряжения осуществляется со средних точек нагрузок.

Отдельно принципиальная схема фазового детектора изображена на рис. 7.22 а. Напряжение сигнала U_c снимается на диоды с входного контура в противофазе. Опорное напряжение $U_{оп}$ включено между средней точкой резисторов R23, R24 входного контура (через конденсатор большой емкости С4) и средней точкой конденсаторов фильтра С24, С25.

К диоду Д1 приложено напряжение \dot{U}_1 , равное векторной сумме напряжений $\dot{U}_{оп}$ и \dot{U}_c (на резисторе R23), а к диоду Д2 - напряжение \dot{U}_2 ,

равное сумме напряжений $\dot{U}_{оп}$ и \dot{U}_c (на резисторе R24). Т.к. полярности включения диодов взаимно противоположны, напряжение сигнала действует на оба диода в фазе, а опорное напряжение – в противофазе и можно написать

$$\begin{aligned}\dot{U}_1 &= \dot{U}_{оп} + \dot{U}_c, \\ \dot{U}_2 &= -\dot{U}_{оп} + \dot{U}_c.\end{aligned}$$

Очевидно, что амплитуды U_1 и U_2 будут зависеть от сдвига фаз $\Delta\varphi$ между опорным напряжением и напряжением сигнала. Векторные диаграммы напряжений для $\Delta\varphi_1 = \frac{\pi}{2}$, $\Delta\varphi_2 \in \left(\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}\right)$ и $\Delta\varphi_3 > \frac{\pi}{2}$ показаны на рис. 7.22 в, г, д.

Во время положительного полупериода напряжения U_1 на аноде Д1 протекает ток по цепи: резистор R23 – диод Д1 – конденсатор С24 – контур опорного напряжения. При отрицательном подупериоде напряжения U_2 на катоде диода Д2 протекает ток по цепи: резистор R24 – контур опорного напряжения – конденсатор С24 – диод Д2. Этими токами заряжаются конденсаторы С24, С25 полярностью, показанной на рис. 7.22 а. Величины этих напряжений пропорциональны амплитудам напряжений U_1 и U_2 и в конечном итоге разностью фаз $\Delta\varphi$ между сигнальным и опорным напряжениями. В паузах между зарядами конденсаторы не успевают разряжаться через резисторы R36, R37, т.к. постоянная времени цепи разряда значительно превышает период колебаний промежуточной частоты (но меньше длительности импульса). В результате на нагрузке детектора выделяются видеоимпульсы.

Выходное напряжение детектора снимается со средней точки между резисторами R36, R37. Определить величину и полярность этого напряжения можно, например, графическим способом (рис. 7.22 е, ж, з). Длина горизонтальных отрезков соответствует в выбранном масштабе суммарному сопротивлению R36 + R37. Точки а, б, с на отрезках соответствуют точкам на схеме рис. 7.22 а. Вертикальные отрезки характеризуют величины и знаки потенциалов точек а и б (напряжения на конденсаторах С24, С25), а наклонные прямые, соединяющие эти отрезки, характеризуют распределение потенциала вдоль резисторов R36, R37. При $\Delta\varphi = \frac{\pi}{2}$ (рис. 7.22 в) напряжения \dot{U}_1 и \dot{U}_2 равны, напряжение на выходе (потенциал точки с) равно нулю (рис. 7.22 е). При $\Delta\varphi \neq \frac{\pi}{2}$ $U_1 \neq U_2$ и напряжение на выходе (потенциал точки с) положительное либо отрицательное (рис. 7.22 ж, з).

Амплитудно-фазовая характеристика балансного фазового детектора (при условии $U_{оп} \approx U_c$, которое в данном случае выполняется) имеет вид

$$U_{ФД} = K_d U_c \left(\left| \cos \frac{\Delta\varphi}{2} \right| - \left| \sin \frac{\Delta\varphi}{2} \right| \right). \quad (7.17)$$

График ее показан на рис.7.22 б (график 1). Она представляет собой ломаную кривую, а кривая фазовой чувствительности $\frac{dU_{ФД}}{d\varphi}$ (график 2 рис. 7.22 б) является достаточно равномерной.

С выходов фазовых детекторов видеосигналы поступают на видеоусилители. Напряжения с плеч детекторов и с нагрузки через дроссели Др9-Др14 выдаются на гнезда XS3-XS8 для контроля.

Видеоусилитель двухкаскадный. Первый каскад – усилитель напряжения (операционный усилитель А9), второй каскад – мощный эмиттерный повторитель. К видеоусилителю предъявляется требование усиления разнополярных сигналов большой мощности с высокой устойчивостью. Для усиления разнополярных сигналов усилитель питается двумя разнополярными напряжениями: +12,6В и –12,6В.

В первом каскаде с помощью делителя R40, R43, R42 (R45, R52, R53) осуществляется выбор рабочей точки переходной характеристики. Элементами C30, R46, C29 (C34, R56, C33) обеспечивается коррекция АЧХ каскада.

Второй каскад усилителя собран по схеме двухтактного эмиттерного повторителя с двумя транзисторами в каждом плече. Двухтактность обеспечивается применением транзисторов противоположного характера проводимости. Верхняя пара – транзисторы n-p-n, выполненные в виде микросхемы А8 (А 10), нижняя пара – отдельные транзисторы типа p-n-p VT1, VT2 (VT3, VT4).

Для согласования сопротивлений каскадов сигналы с выхода первого каскада подаются на эмиттеры транзисторов второго каскада. Резисторы R49, R50 – коллекторные нагрузки первых транзисторов эмиттерного повторителя. С коллекторов первых транзисторов сигналы подаются на базы вторых, которые работают на общую эмиттерную нагрузку C39, R61 (C40, R62). Конденсаторы C31, C32, C35, C36 – фильтры по цепям питания. Резисторы R54, R55 (R59, R60) обеспечивают развязку цепей эмиттеров двух транзисторов. С выхода усилителя через цепь R41, C41 (R51, C42) подается напряжение на вход, обеспечивающее глубокую отрицательную обратную связь для повышения устойчивости усилителя. В цепи эмиттерной нагрузки включена корректирующая цепь L15, R63 (L16, R67), уменьшающая завал АЧХ усилителя на верхних частотах. Завал верхних частот компенсируется индуктивностью L15 (рис. 7.23).

Сигналы с каждого из каналов поступают на выход ячейки через контакты 7,15 разъема XP1. Аналогичные сигналы выведены на переднюю панель блока через разъем XS9.

7.3.4. Принципы контроля когерентной части системы СДЦ с помощью контрольного сигнала

На рис. 7.24 показан тракт формирования и прохождения контрольного сигнала и осциллограммы, демонстрирующие принципы настройки когерентной части системы СДЦ.

Контрольный сигнал формируется из зондирующего импульса, который в смесителе АПЧ преобразовывается на частоту $f_{кc} = f_{пр}$ и после усиления в УПЧ субблока АПЧ поступает в субблок УПЧ-К1 для фазирования когерентного гетеродина, а также транзитом поступает в блок контроля БК-02, в котором путем задержки на время, соответствующее 20 км дальности, формируется контрольный сигнал. При контроле данного приемного канала выход блока БК коаксиальным кабелем соединяется со входом субблока ШОУ. Контрольный сигнал через УПЧ субблоков ШОУ и УПЧ-А поступает в ячейку фазовых детекторов Д2ДФ1 для фазового детектирования и далее на контрольный осциллограф С1-73 для контроля. С субблока УПЧ-К1 на фазовые детекторы подается опорное напряжение $f_{оп}$.

Контрольный сигнал с субблока УПЧ-А поступает также на когерентный гетеродин, осуществляя его фазирование в режиме внешней когерентности. Синхронизация осциллографа осуществляется импульсами запуска, поступающими с блока БК без задержки или с регулируемой задержкой.

Переключателем «Фазир.зонд-фазир.помех» устанавливается вид фазирования когерентного гетеродина. Кнопка «Контроль» отключает фазирующие напряжения. При ее нажатии когерентный гетеродин не фазируется ничем и имеет случайную фазу в каждом периоде следования. Регулировкой «Рег напр комп» осуществляется изменение начальной фазы контрольного сигнала ($\varphi_{кc}$ в выражении (1) рис.7.24).

Первая операция настройки – установка частоты когерентного гетеродина равной частоте сигнала ($f_{оп} = f_{кc}$), поясняется осциллограммами а, б. Если $f_{оп} = f_{кc}$, то контрольный сигнал на выходе - видеоимпульс. Если $f_{оп} \neq f_{кc}$, импульс модулирован разностной частотой $f_{оп} - f_{кc}$ и будет иметь место радиоимпульс. Проверка осуществляется в положении переключателя «Фазир.зонд» и нажатой кнопке «Контроль». При $f_{оп} \neq f_{кc}$ наблюдается горизонтальная и вертикальная штриховка контрольного импульса (осциллограмма а). Изменением частоты когерентного гетеродина (регулировка «Гет») необходимо добиться устранения вертикальной штриховки, а наличия только горизонтальной штриховки импульса (осциллограмма б). Это соответствует равенству $f_{оп} = f_{кc}$.

При отпускании кнопки «Контроль» (при том же положении переключателя «Фазир.зонд») фазирование когерентного гетеродина осуществляется зондирующим сигналом. На осциллографе наблюдается видеоимпульс, амплитуда и полярность которого определяется разностью фаз $\varphi_{оп} - \varphi_{кc}$ (осциллограмма в). Если $\varphi_{оп} - \varphi_{кc} = 0$, импульс максимальный положительный. Изменением фазы контрольного сигнала потенциометром «Рег.напр.комп.» от 0 до π , изменяется амплитуда контрольного импульса от максимальной положительной до максимальной отрицательной (при $\varphi_{оп} - \varphi_{кc} = \pi$). По осциллографу измеряется размах изменения амплитуд А.

Далее измеряется разрезка и размытие контрольного сигнала. Разность фаз за длительность импульса может изменяться за счет нестабильности разностной частоты $\Delta f = f_{оп} - f_{кc}$ (графики 1 рис. 7.24). В результате на

осциллографе наблюдается при $\varphi_{оп} - \varphi_{кс} = \frac{\pi}{2}$ вместо нулевого значения сигнала некомпенсируемое значение a (осциллограмма г). Это явление называют разрезкой контрольного сигнала. Таким образом, разрезка характеризует нестабильность частоты Δf в течение длительности импульса. Разрезка определяется как отношение $\frac{a}{A} 100\%$ и не должна превышать 70% в режиме редкого запуска и 35% - частого.

Размытие характеризуется межпериодной нестабильностью разностной частоты. На осциллографе наблюдаются различные амплитуды некомпенсируемых импульсов в различных периодах следования (пунктирные линии на осциллограмме г). Размытие измеряется как отношение $\frac{P}{A} 100\%$ и не должно превышать 25% в обоих режимах запуска.

Последним этапом настройки аппаратуры является проверка качества фазирования когерентного гетеродина в режиме внешней когерентности. При этом переключатель фазирования переводится в положение «Фаз. помех». Когерентному гетеродину навязывается фаза контрольного сигнала. Когерентный гетеродин до начала фазирования имел случайную фазу и фаза контрольного сигнала навязывается ему через некоторое время. В результате (осциллограмма д) контрольный сигнал вначале имеет неустойчивую амплитуду (процесс навязывания фазы), затем устойчивую амплитуду, когда фаза когерентному гетеродину навязана. Время фазирования (участок неустойчивой амплитуды) должен составлять 0,5 – 0,8 длительности импульса.

7.3.5. Функциональные схемы ячеек блока 39КМ01

Рассмотрим функциональные схемы ячеек блока, осуществляющие цифровую обработку сигналов и формирование контрольных импульсов для контроля работоспособности блока.

Функционирование ячейки стробирования и фиксации Д2ПН1 рассмотрено достаточно подробно по функциональной схеме блока рис. 7.17 и здесь не приводится.

Ячейка преобразователя аналог-цифра Д2ПН2 предназначена для преобразования аналоговых эхо-сигналов в каждой дискрете дальности в 7-разрядный параллельный двоичный код и для бланкирования НИП. Функциональная схема ячейки изображена на рис. 7.25.

На вход ячейки поступают сигналы со схемы фиксации ячейки Д2ПН1. Преобразование осуществляется в двух однополярных ПАЦ, работающих независимо и осуществляющих преобразование положительных и отрицательных сигналов соответственно. Преобразование осуществляется путем последовательного поразрядного сравнения входных сигналов с фиксированными напряжениями, задаваемыми преобразователем код-напряжение (ПКН).

Преобразование осуществляется с помощью семи тактовых импульсов, поступающих с ячейки Д2ИК20 через формирователь тактовых импульсов.

Они представляют собой последовательность импульсов, следующих друг за другом без разрыва (рис. 7.26). Длительность каждого импульса 0,15 мкс. Сумма длительности всех импульсов равна длительности интервала дискретизации.

В однополярных ПАЦ осуществляется преобразование входных сигналов на шесть уровней в шести тактах. Тактовые импульсы поступают на преобразователь уровней, в котором каждый такт преобразовывается в двоичный код. Этим двоичным кодом управляется ПКН, выдающий в каждом такте напряжение на компаратор, уровень которого соответствует разряду квантования. В компараторе входные сигналы сравниваются с этими напряжениями. Результат каждого шага сравнения фиксируется в промежуточной памяти в виде 1 или 0. Промежуточная память состоит из двух частей, фиксирующих результат сравнения двух ПАЦ.

Учитывая, что диапазон входных сигналов составят ± 3 В, двоичные коды составят: для первого ПАЦ

+ 3 В 111111
0 В 000000

для второго ПАЦ – такие же коды от 0 В до – 3 В.

Последний, седьмой тактовый импульс подается на нуль-индикатор, где осуществляется сравнение сигнала с нулевым уровнем. При положительном сигнале выдается 1, при отрицательном либо нулевом – выдается 0. На преобразователь кода подаются коды положительных и отрицательных сигналов с промежуточной памяти и код знака с нуль-индикатора. В выходной памяти формируется 7-разрядный код, непрерывно изменяющийся при изменении входного сигнала от – 3 В до + 3 В. Это достигается добавлением кода знака в старший разряд и заменой кода сигнала отрицательной полярности (со второго ПАЦ) на обратный. Тогда на выходе преобразователя код меняется от уровня входного сигнала в такой последовательности

+ 3 В 1111111
1111110
.
.
.
1000000
0 В 0111111
0111110
.
.
.
0000001
- 3 В 0000000

Выдача сигналов на выход ячейки осуществляется с выходной памяти параллельным 7-разрядным кодом на ячейку оперативной памяти Д2РУ4. Бланкирование несинхронной помехи осуществляется подачей бланка НИП на

выходную память. При этом в дискретах, где есть бланк НИП, код сигнала заменяется на 0111111, соответствующей 0 В.

Схема индикации предназначена для контроля ячейки. Она сигнализирует при уровне выходного сигнала равном нулю.

Ячейка оперативной памяти Д2РУ4 предназначена для задержки кодов сигнала на один и два периода следования. Рассмотрим функциональную схему ячейки (рис. 7.27). Основными элементами ячейки являются два запоминающих устройства – ОЗУ-1 и ОЗУ-2, каждое из которых содержит 1024 элемента памяти в соответствии с количеством дискрет дальности.

На ОЗУ-1 поступает 7-разрядный двоичный код с ячейки Д2ПН2 для запоминания на один период следования (через входные ключи НИП, которые в РЛС данной модификации не используются). На ОЗУ-2 поступает код с ОЗУ-1 для запоминания на второй период следования. Оба ОЗУ работают в два этапа. Первый этап – считывание информации, записанной в предыдущем периоде и выдача ее на арифметическое устройство, второй этап – запись информации, поступившей в данном периоде.

Управление записью и считыванием осуществляется схемой управления с помощью тактовых импульсов первого, четвертого и шестого (см. рис.7.26), подаваемых с ячейки Д2ИК20. Управление процессом записи и считывания поясняется графиками рис. 7.28. Из тактовых импульсов формируются импульсы разрешения выборки и импульсы запись-считывание. Из графиков следует, что в пределах разрешенного интервала работы ОЗУ в первой его части осуществляется считывание, во второй – запись новой информации. Таким образом, разделены процессы записи и считывания.

В каждой дискрете дальности для записи поступает код от ПАЦ. Номера ячеек, в которых осуществляется запись и считывание, определяется адресными импульсами. В ячейке Д2ИК20 формируется 10 адресных импульсов, показанных на графиках рис. 7.28. Адресные импульсы формируются с помощью триггерных делителей частоты импульсов дискрет дальности. Длительность первого импульса равна длительности дискреты, второго – двух дискрет и т.д. В верхней части графиков показан код адреса (десятиразрядный), а в нижней – номер дискрет (1...1024), в которых осуществляется запись-считывание кода.

Информация с ОЗУ-1, задержанная на один период следования, и с ОЗУ-2, задержанная на два периода, поступает на ячейку арифметического устройства Д2ИМ5. Схемы выравнивания по времени предназначены для согласования временных задержек кодов сигналов при задержке на один и два периода следования.

Ячейка объединения сигналов Д2ИМ6 предназначена для объединения сигналов квадратурных каналов. Функциональная схема ячейки изображена на рис. 7.29. Объединение сигналов квадратурных каналов осуществляется по алгоритму (7.15). Сигналы квадратурных каналов поступают с ячеек Д2ИМ5 через входные ключи, с помощью которых может быть отключен любой из каналов. Выключение каналов осуществляется переключателем на передней панели блока при его контроле функционирования.

Объединение каналов осуществляется в два этапа. Первый этап – сравнение величин кодов сигналов, которое осуществляется в схеме сравнения, второй этап – сложение большего кода сигнала с половиной меньшего, осуществляемое в сумматоре. Деление меньшего числа на два осуществляется в сдвигающих регистрах путем сдвига кода на один разряд в сторону младших разрядов. Если код сигнала первого канала больше кода второго канала, на первом выходе схемы сравнения устанавливается признак 0, не приводящий к сдвигу в регистре первого канала. Признак 1 на втором выходе схемы сравнения обеспечивает сдвиг в регистре второго канала. В течение пятого тактового импульса (с ячейки Д2ИК20) открываются ключи, обеспечивающие прохождение сигналов на сумматор.

Далее объединенные сигналы поступают на пороговое устройство, которое осуществляет отсечку снизу для снижения уровня собственных шумов и остатков пассивных помех. В пороговом устройстве цифровой код сигнала сравнивается с цифровым кодом порога путем их вычитания (рис. 7.30). Код порога устанавливается на матричной плате блока при настройке в заводских условиях.

В результате вычитания на выход выдаются сигналы, превысившие порог. Выходные регистры формируют выходной сигнал, отбрасывая отрицательный результат вычитания, а выдавая только положительный.

В ячейке Д2УБ5 осуществляется цифроаналоговое преобразование сигналов, усиление их и выдача сигналов ЭК выч. на выход блока, а также регулировка амплитуды и полярности контрольных сигналов, формируемых в ячейке Д2ИК20. Функциональная схема ячейки приведена на рис. 7.31.

Входные сигналы в виде 8-разрядного двоичного кода поступает с ячейки объединителя сигналов Д2ИМ6 на цифроаналоговый преобразователь ЦАП, собранный на двух микросхемах Д6, Д7. Выходной аналоговый сигнал поступает на видеоусилитель, собранный по трехкаскадной схеме на операционных усилителях (микросхемы Д1, Д3, Д4) с промежуточными эмиттерными повторителями (транзисторы VT3, VT6, микросхема Д5). Для согласования общего времени задержки сигналов в канале когерентной обработки с задержкой в амплитудном канале между первым и вторым каскадами видеоусилителя включены две линии задержки с отводами.

Сигналы с видеоусилителя ЭК выч. выдаются на выход блока и далее на блок объединения сигналов 39КМ02. Амплитуда выходных сигналов может быть изменена регулировочным резистором R55.

На транзисторах VT1, VT2 и микросхеме Д2 собрана ключевая схема, с помощью которой осуществляется формирование контрольных сигналов с регулируемой амплитудой и полярностью. На вход схемы поступают контрольные сигналы положительной полярности с амплитудой, равной уровню Лог1. На транзисторах VT1, VT2 собран усилитель, выходными сигналами которого управляет ключ, выполненный на микросхеме Д2. В нем осуществляется регулировка амплитуды и переключение полярности контрольных сигналов. Контрольные сигналы с выхода ключевой схемы заводятся в тракт обработки сигналов на ячейку Д2ПН1.

Ячейка синхронизации и контроля Д2ИК20, функциональная схема которой изображена на рис. 7.32, предназначена для формирования семи тактовых импульсов, десяти разрядов адресного кода, импульса срыва, соответствующего концу дистанции, импульса бланка начала дистанции, контрольных импульсов для контроля функционирования блока вычитания. В ячейке формируется три вида контрольных импульсов: синхронный, прерывистый, бегущий.

Начало работы ячейки задается импульсом запуска зап I , прошедшим нормировку в ячейке Д2ХК26 (рис. 7.33).

С приходом импульса запуска в генераторе тактовых импульсов вырабатывается последовательность импульсов, период которых соответствует длительности тактовых импульсов (0,15 мкс). В распределителе импульсов формируются 7 следующих друг за другом импульсов отрицательной полярности $U_{ти1} - U_{ти7}$ и один импульс положительной полярности (инвертированный седьмой импульс $U_{ти7 инв}$). Семь импульсов отрицательной полярности подаются в качестве тактовых на все ячейки, осуществляющие цифровую обработку. Сумма длительностей семи тактовых импульсов равна длительности дискретности $\Delta t_{дискр}$. Положительным импульсом управляется 11-разрядный счетчик. Счетчик представляет собой триггерный делитель частоты импульсов, 10 ступеней которого формирует 10-разрядный адресный код, подаваемый на ОЗУ ячейки Д2РУ4 (см. рис. 7.28), а одиннадцатой ступенью формируется импульс срыва. Этим импульсом прекращается работа ячейки и аппаратуры в целом до прихода следующего импульса запуска.

Генератор бланка начала дистанции формирует импульс в начале дистанции длительностью, соответствующей дальности около 5 км. Этим импульсом исключается прохождение мощных отраженных сигналов на индикатор.

Генератор контрольных импульсов управляется тактовыми импульсами и формирует перечисленные выше виды импульсов (рис. 7.34). Синхронный контрольный сигнал представляет собой 4 импульса, формируемых в 256, 512, 768 и 1024 дискретах дальности в каждом периоде следования. Такой сигнал имитирует отражение от неподвижного объекта. Прерывистый – также 4 импульса в тех же дискретах, но следующих в каждом четвертом периоде следования. Такой сигнал имитирует отражение от подвижного объекта.

Перечисленные сигналы могут характеризовать подавление либо выделение их устройством вычитания только в определенных дискретах дальности, но не характеризует работу устройства по всей дистанции. Для оценки качества подавления по всей дистанции используется контрольный сигнал бегущий. Он представляет собой импульсы постоянной амплитуды, количество которых уменьшается от периода к периоду следования от 1024 до нуля. Этот контрольный сигнал охватывает контролем всю дистанцию, имитируя отражение от подвижного объекта.

7.3.6. Устройство подавления несинхронных помех

Несинхронные импульсные помехи (НИП) создаются радиоэлектронными средствами, расположенными на одной позиции и не синхронизированными по запуску. Импульсные помехи принимаются основным и боковым лепестками диаграммы направленности антенны, могут приниматься в круговую и оказывают существенное мешающее воздействие. Поэтому необходима защита от них. Желательно обеспечить синхронизацию всех средств позиции по запуску, однако в большинстве случаев это невыполнимо. Защита от НИП обеспечивается специальной аппаратурой. Принцип защиты от НИП основан на различиях в периодах следования РЛС и НИП. Принцип подавления поясним по упрощенной схеме устройства рис. 7.35.

В тракте выделения НИП подавляются эхо-сигналы, а выделяются НИП, и выделенными помехами бланкируется тракт прохождения сигналов. В результате бланкирования на выходе присутствуют только эхо-сигналы.

Рассмотрим структурную схему устройства подавления НИП (рис. 7.36) и временные графики, поясняющие работу схемы (рис. 7.37). Т.к. основным отличием полезных сигналов и НИП является период следования, то исключить сигнал и выделить НИП можно с помощью устройства череспериодного вычитания (задержка на T_n , вычитание). В устройстве череспериодного вычитания эхо-сигналы с периодом T_n вычитаются, а НИП за счет несовпадения во времени задержанных и незадержанных не вычитаются.

Для полного подавления эхо-сигналов в устройстве ЧПВ они должны быть стандартизированы по амплитуде (рис. 7.37 б). Для этого необходим нормирователь 1. Кроме того, в нормирователе 1 осуществляется отсежка собственных шумов тракта, чтобы они не формировали бланков. Результат череспериодного вычитания показан на рис. 7.37 в, где эхо-сигналы, кроме первого импульса пачки, отсутствуют. Назначение нормирователя 2 на выходе ЧПВ – убрать отрицательные импульсы, возникшие за счет череспериодного вычитания НИП (рис. 7.37 г).

Импульсы НИП бланкируют тракт прохождения сигналов и на выходе присутствуют только эхо-сигналы (рис. 7.37 д). Первый импульс пачки эхо-сигналов также пропадает, но это не существенная потеря.

Подавление НИП в РЛС осуществляется в амплитудном канале в ячейке фильтра НИП Д2ХК26 (рис. 7.17), Фильтр обеспечивает подавление НИП при отличиях их периода следования от РЛС не менее 0,25%. Ячейка выполнена на элементах дискретной техники.

Сигналы амплитудного канала ЭА поступают в фильтр несинхронных помех (ячейка Д2ХК26). Ячейка предназначена для подавления несинхронных помех в амплитудном канале и формирования импульсов «бланк НИП» для когерентного канала.

Фильтр НИП содержит два канала: канал выделения несинхронной помехи (нормирователь, оперативное запоминающее устройство и схема антисовпадений) и канал подавления несинхронной помехи (линия задержки, эмиттерный повторитель, ключ и выходной усилитель). Для формирования

импульсов подавления НИП вся дистанция, обрабатываемая ячейкой, разбивается на дискретности дальности с временным интервалом 1,2 мкс. В режимах редкого запуска РІ и РІІ количество дискрет равно 2048, в режиме частого запуска – 1024.

Импульсы подавления НИП формируются в схеме антисовпадений при несовпадении импульсов в текущем периоде следования и импульсов, задержанных на период следования. Этими импульсами закрывается ключ в канале подавления помехи, в результате чего несинхронные импульсы не проходят на выход схемы.

Входные сигналы ЭА поступают одновременно на канал выделения помехи и канал подавления помехи. В канале выделения помехи они проходят нормирователь. В нормирователе сигналы:

дифференцируются с целью исключения формирования бланка по протяженным сигналам, например, отражениям от местных предметов,

ограничиваются снизу для отсечки собственных шумов тракта,

нормируются (стандартизируются по амплитуде),

нормируются по длительности с привязкой к временным интервалам дискретности дальности.

Роль устройства задержки на период следования выполняет оперативное запоминающее устройство (ОЗУ), управляемое тактовыми импульсами, соответствующими дискретам дальности. Тактовые импульсы формируются в генераторе тактовых импульсов, счет их производится счетчиком. ОЗУ обеспечивает задержку на период следования в каждой дискрете дальности.

На выходе схемы антисовпадений будут отсутствовать импульсы эхо-сигналов и присутствовать импульсы несинхронных помех. Эти импульсы управляют ключом в канале подавления помехи.

В канале подавления помехи сигналы поступают через линию задержки на эмиттерный повторитель. Нагрузкой эмиттерного повторителя является ключ, выход которого подключен к выходному усилителю.

Для обеспечения полного бланкирования несинхронных помех бланкирующие импульсы расширяются по длительности, а входные сигналы задерживаются в линии задержки, так что бланкирующий импульс полностью по длительности перекрывает входной сигнал. Расширение бланкирующих импульсов осуществляется с помощью ждущего мультивибратора. Расширенными импульсами со ждущего мультивибратора управляется ключ канала подавления помехи в амплитудном канале и выходная память преобразователей аналог-цифра в когерентном канале.

7.4. Блок объединения сигналов 39КМ02

Блок предназначен для объединения эхо-сигналов амплитудного и когерентного каналов пяти приемных устройств в единые сигналы ЭА и ЭК и для формирования контрольных эхо-сигналов $\mathcal{E}_{\text{контр}}$. В блоке также находятся выпрямители питания аппаратуры шкафа.

Основные технические параметры блока.

Передача объединенных сигналов и контрольного сигнала осуществляется с коэффициентом передачи $1 \pm 0,2$.

Выход блока рассчитан на 75-омную нагрузку – коаксиальный кабель, соединяющий приемо-передающую кабину с индикаторной машиной.

Структурная схема блока 39КМ02 представлена на рис. 7.38. В состав блока входят:

объединитель эхо-сигналов – ячейка Д2УПЗ,
формирователь контрольных сигналов – ячейка Д2ХК27,
источники питания +27 В, +5 В, $\pm 12,6$ В,
схема коммутации.

На входы блока поступают от блоков 39КМ01 сигналы амплитудного канала ЭА 1...5 фильтр, сигналы когерентного канала ЭК 1...5 выч, а также импульсы запуска от устройства хронизации.

Объединитель эхо-сигналов (ячейка Д2УПЗ) предназначен:

для объединения 5 эхо-сигналов амплитудного канала, прошедших фильтр НИП;

для объединения 5 эхо-сигналов когерентного канала после двукратного ЧПВ;

для преобразования импульсов запуска амплитудой 25В в импульсы запуска с уровнем $\log 1$ (+2,4...4,0 В) и размножения их на 5 выходов (на блоки 39КМ01).

В соответствии с этим ячейка включает два объединителя и номерователя импульсов запуска.

В ячейке Д2ХК27 формируется контрольный эхо-сигнал $\mathcal{E}_{\text{контр}}$ из амплитудных сигналов ЭА1...5 путем вырезки по дистанции эхо-сигналов каналов. Дистанция прохождения эхо-сигналов каждого канала около 40 км в режимах редкого запуска и 20 км – частого. Пауза между эхо-сигналами каналов около 10 км в режимах редкого запуска, 5 км – частого. Начало формирования сигнала $\mathcal{E}_{\text{контр}}$ осуществляется через 100 км от импульса запуска (нуля дистанции).

Выходные сигналы ЭА, ЭК и $\mathcal{E}_{\text{контр}}$ подаются через токосъемник на индикаторную машину.

Схема коммутации обеспечивает переключение работы блока в режимы редкого и частого запуска, а также местное или дистанционное включение фильтра НИП.

Питание выпрямителей блока осуществляется напряжением 220 В 400 Гц, подаваемым через схему включения. Схема включения обеспечивает защиту блока по питанию в аварийных ситуациях. Выпрямители +5 В и $\pm 12,6$ В стабилизированы.

Рассмотрим принципы функционирования ячеек блока.

Функциональная схема ячейки Д2УПЗ изображена на рис. 7.39. Оба объединителя аналогичны. Каждый содержит 5 входных эмиттерных повторителей, фиксатор уровня нуля, двухкаскадный усилитель постоянного тока и выходной эмиттерный повторитель. Объединение сигналов осуществляется на общих нагрузках входных эмиттерных повторителей R21,

R22. Входные сигналы имеют положительную полярность. Для неискаженной передачи сигналов необходима установка нулевого уровня при отсутствии сигналов или наличии случайных отрицательных выбросов. Для этого предназначен фиксатор уровня нуля, представляющий собой эмиттерный повторитель. Фиксация уровня нуля осуществляется изменением нагрузок конденсаторов С9, С10. При положительном напряжении эмиттерный повторитель фиксатора закрыт. Нагрузочными являются сравнительно большие сопротивления резисторов R28, R29. При нулевом или отрицательном напряжении на входе эмиттерный повторитель открыт и конденсаторы шунтируются малыми их сопротивлениями и обеспечивается их быстрый разряд.

Далее объединенные сигналы усиливаются двухкаскадными УПТ каскодного типа. Эмиттерные повторители на выходах рассчитаны для передачи эхо-сигналов по коаксиальному кабелю с волновым сопротивлением 75 Ом. Регулировка усиления в каждом канале осуществляется резистором R51 (R53), включенным в цепь обратной связи выходного каскада усилителя.

Функциональная схема ячейки Д2ХК27 изображена на рис. 7.40. На ячейку поступают эхо-сигналы пяти амплитудных каналов, нормированные импульсы запуска и команда переключения режимов запуска. Эхо-сигналы ЭА пяти каналов через потенциометры R2, R9, R34, R44, R49 подаются на ключи. Потенциометрами осуществляется выравнивание амплитуд эхо-сигналов на выходе ячейки. Выходы ключей объединены на общую нагрузку R54 и далее осуществляется усиление в такой же схеме, как и в ячейке Д2УПЗ.

Управление ключами осуществляется распределителями с помощью формирователя импульсов управления. Формирователь содержит генератор тактовых импульсов (ГТИ), делитель частоты и счетчики импульсов. Счетчиков два: первый осуществляет деление частоты тактовых импульсов на 16, второй – деление частоты выходных импульсов первого счетчика на 5. Временные графики формирования контрольного сигнала показаны на рис. 7.41.

ГТИ запускается импульсами запуска и формирует последовательность импульсов меандр $\tau_{\text{ТИ}} = 1 \text{ мкс}$, $T_{\text{ТИ}} = 2 \text{ мкс}$. При этом обеспечивается формирование импульсов в режиме частого запуска. При включении редкого запуска делитель частоты осуществляет деление частоты ГТИ на 2. Первый счетчик осуществляет счет 16 ГТИ и длительность импульсов на его выходе равна 16 периодам ГТИ, второй счетчик – деление этих импульсов на 5. Таким образом, на выходе счетчиков имеет место 5 импульсов длительностью 16 $T_{\text{ТИ}}$, следующих с периодом 80 $T_{\text{ТИ}}$. Шестым импульсом 16 $T_{\text{ТИ}}$ генератор тактовых импульсов устанавливается в нуль. Эти 5 импульсов поступают на распределители, в которых формируются импульсы управления ключами.

Распределители формируют 5 импульсов. Начало каждого импульса совпадает с концом импульса 16 $T_{\text{ТИ}}$, конец – с началом следующего импульса 16 $T_{\text{ТИ}}$. Импульсами распределителя открываются последовательно ключи, пропуская эхо-сигналы на объединитель. Таким образом, интервалы прохождения эхо-сигналов ($U_{\text{вых}}$ на рис. 7.41) в редком запуске равны 260 мкс

(примерно 40 км), интервалы между ними 66 мкс (примерно 10 км). В режиме частого запуска эти интервалы в два раза меньше. Начальное значение задержки первого импульса 660 мкс (около 100 км).

7.5. Аппаратура СДЦ на потенциалоскопах

В ранних модификациях РЛС П-37 используется аппаратура СДЦ с череспериодным вычитанием на потенциалоскопах. Рассмотрим основные принципы ее построения. Эта аппаратура также делится на когерентную и компенсационную части.

7.5.1. Когерентная часть аппаратуры СДЦ

В ранних образцах РЛС эта аппаратура выполнена на лампах, а в последующих – на транзисторах.

В ламповом варианте РЛС когерентная аппаратура размещается в шкафу ПРМ. Состав шкафа ПРМ показан на рис. 7.42. Шкаф ПРМ включает в себя: 5 блоков местных гетеродинов СГ-01 (соответствующих каналов), два приемника когерентного канала ПК-123 и ПК-45 (приемник ПК-123 объединяет каналы нижней антенны, ПК-45-каналы верхней антенны), блок контроля БК-01, смеситель сигналов СС-М, блоки питания БПМ (основной и резервный) и блок автоматики БА.

Местные гетеродины по построению такие же, как и рассмотренные ранее. Рассмотрим построение приемников ПК-123 и ПК-45. В блоке ПК-123 три канала, в ПК-45 два канала. Каждый приемный канал содержит два субблока: субблок фазового детектора ПК-02 и субблок когерентного гетеродина ПК-01. Кроме того, в блоке ПК-45 расположен общий для всех каналов субблок управления коммутатором ПК-03. На структурной схеме рис. 7.43 показан один приемный канал с общим субблоком ПК-03.

В состав субблока ПК-02 входят усилитель-ограничитель сигнала Л1, фазовый детектор Л2, усилитель опорного напряжения Л3, видеусилитель Л4-Л6, коммутатор режимов фазирования Л7, Л8. В состав субблока ПК-01 входят усилитель фазирующих импульсов Л1-Л5, фазирующий каскад Л6, когерентный гетеродин Л7, буферный каскад Л8, согласующий каскад Л9. В состав субблока управления коммутатором входят ждущий мультивибратор Л1, фантастрон Л2, Л3, триггер Л4, выходной каскад Л5, Л6. Как следует из схемы, фазовый детектор в приемном тракте один, отсутствует обработка в квадратурных каналах. Это является недостатком. Однако квадратурная обработка привела бы к существенному увеличению аппаратуры ЧПВ (удвоению числа блоков вычитания КВ-01). Влияние слепых фаз снижается при этом наличием пяти независимых приемных каналов с объединением сигналов каналов.

Эхо-сигналы на промежуточной частоте с приемника амплитудного канала (УПЧ-2М) через усилитель-ограничитель сигналов поступает на сигнальный вход фазового детектора. Опорное напряжение с субблока ПК-01 через усилитель-ограничитель опорного напряжения поступает на опорный вход

детектора. Продетектированные сигналы усиливаются в видеоусилителе и поступают на аппаратуру ЧПВ.

Опорное напряжение формируется в субблоке ПК-01 когерентным гетеродином. Фазирующее когерентного гетеродина осуществляется либо зондирующими импульсами, либо помехой. Вид фазирующего устанавливается коммутатором режимов фазирующего. Зондирующие импульсы для фазирующего поступают на коммутатор от системы АПЧ. При фазирующем помехой эхо-сигналы с усилителя-ограничителя используются для навязывания фазы когерентному гетеродину. Усилитель фазирующих импульсов обеспечивает задержку помехи на время $\tau_0 \approx \tau_n$ для исключения компенсации фаз при внешней когерентности. Фазирующий каскад и буферный каскад обеспечивают развязку когерентного гетеродина от внешних цепей. Зондирующий импульс транзитом через коммутатор фазирующего поступает в блок БК для формирования контрольного сигнала.

Отличием ламповой схемы аппаратуры СДЦ является следующее: если в ранее рассмотренной аппаратуре при боевой работе используется только фазирующее помехой, то здесь при боевой работе используются оба вида фазирующего с разделением этих режимов по дистанции. В начале дистанции включается режим внутренней когерентности (фазирующее зондирующим импульсом), а далее — режим внешней когерентности. Это переключение осуществляется автоматически с помощью субблока ПК-03. Вид фазирующего когерентного гетеродина устанавливается переключателем (рис.7.44). Режимы «Фазиру.зондир» и «Фазиру.помех» используются при настройке. Порядок настройки такой же, как и в рассмотренной ранее аппаратуре.

При боевой работе переключатель устанавливается в положение «Работа», при этом включается субблок ПК-03, формируя импульсы переключения. Работа субблока поясняется графиками рис.7.45. Импульсом запуска запускается ждущий мультивибратор, длительность его импульсов регулируется в пределах 66-330 мкс (10-50 км). Фантастрон запускается передним фронтом импульса ждущего мультивибратора и формирует импульс длительностью, почти равной периоду следования. Триггер срабатывает от заднего фронта импульса мультивибратора, обратное его срабатывание — от заднего фронта импульса фантастрона. Импульсы триггера через выходной каскад подаются на коммутатор режима фазирующего, осуществляется в каждом периоде следования переключение режимов фазирующего: сначала зондирующим импульсом (в течение длительности импульса мультивибратора), затем помехой.

Таково построение лампового варианта канала. В последующих модификациях РЛС схема вычитания (компенсационная часть) осталась той же, а когерентная часть выполнена на транзисторах. Исключены блоки ПК-123 и ПК-45, а в приемное устройство введен субблок УПЧ-К. Субблок УПЧ-К содержит всю когерентную часть системы СДЦ (объединены в нем фазовый детектор и когерентный гетеродин).

Принципиальная схема субблока УПЧ-К частью рассмотрена выше (см. рис. 6.36). Рассмотрены схемы коммутатора фазирующего и канала

когерентного гетеродина. Здесь детально остановимся на нижней части схемы субблока рис. 6.36, которая используется в данной модификации РЛС. В состав схемы входит усилитель-ограничитель сигналов (узлы УФП-1, УФП-2), усилитель опорного напряжения (узел БУФ-ОП), фазовый детектор (узел «Фаз дет» и видеоусилитель (узел «Видеоус»).

Усилитель-ограничитель сигналов двухкаскадный, каскады выполнены по схеме с последовательным питанием и одиночными настроенными контурами. На вход усилителя через разъем Ш3 поступают сигналы на промежуточной частоте с субблока УПЧ-А. Через цепь R6, Др1, R2 они подаются на первый затвор транзистора Т1. Питание каскада осуществляется от источника +12,6 В через развязывающий фильтр Др2, С1. Через резистор R3 и блокирующий конденсатор С2 осуществляется подача напряжения смещения на второй затвор транзистора с целью выбора рабочей точки. Элементы L1, С3 образуют выходной контур каскада, резистор R5 определяет полосу пропускания контура. Цепь R4, С4 – цепь автосмещения. Дроссель Др1 обеспечивает развязку постоянной и переменной составляющих входного тока транзистора. Потенциометром R1 «Усил. помех» регулируется усиление каскада за счет изменения уровня отрицательной обратной связи каскада по току. Конденсатор С5 – переходной. Диодами Д1, Д2 обеспечивается двустороннее ограничение радиоимпульсов.

Далее ограниченные сигналы поступают на второй каскад усилителя, выполненный на параллельно включенных транзисторах Т1, Т2. Питание его осуществляется от источника +20 В. Цепи R14, С4, С6, Др2 и R2, С1 – фильтры развязки по питанию. Делителем R1, R3, R5 определяется напряжение смещения на вторых затворах транзисторов. Сигналы с первого каскада поступают на первые затворы транзисторов через цепь R16, Др1. Цепь R11, С2 – цепь автосмещения. Резисторы R3 - R10 обеспечивают развязку параллельно включенных транзисторов по электродам. Конденсатор С3 – переходной. Выходной контур каскада – L1, С5 с резистором R13 для обеспечения требуемой полосы пропускания. На выходе усилителя имеется измерительная цепь: детектор Д3 с нагрузкой R15 и фильтром С7. Контролируемые сигналы через дроссель Др3 поступают на гнездо Гн1 «Дет КГ». Выход каскада автотрансформаторный. Сигналы с него поступают на фазовый детектор.

Усилитель опорного напряжения (узел БУФ-ОП) однокаскадный. На вход его через разъем Ш4 поступает опорное напряжение с разъема Ш5 этого же субблока (выход когерентного гетеродина). Опорное напряжение подается на первый затвор транзистора через резистор R5. Питание усилителя осуществляется напряжением +12,6В через фильтр Др2, С2. Делитель R3, R4, заблокированный конденсатором С4 определяет напряжение смещения на втором затворе транзистора. Нагрузкой каскада является колебательный контур L2, L3, С1 и R1. Контур трансформаторной связью связан с катушкой L1 контура фазового детектора. Наличие двух катушек L2, L3 в контуре исключает прохождение постоянной составляющей стокового тока транзистора через контур. Катушки подключены так, что постоянные составляющие тока в них противоположны по направлению.

Фазовый детектор выполнен по балансной схеме, аналогичен рассмотренному выше (см. п.7.3.3 и рис. 7.22). Отличие его в том, что опорное напряжение подсоединяется ко всему контуру и на диоды подается в противофазе, а сигнальное – к средней точке (в фазе). Диоды Д1, Д2 составляют балансный детектор. Колебательная система детектора: контура С1, L1, L2, L3 узла БУФ-ОП по опорному входу, L1, L2, С1-С4 по сигнальному входу. Элементы С5, С6, R4, R5 – фильтры детекторов. Резисторы R6, R7 – балансная нагрузка детектора. Через развязывающие резисторы R8, R9 осуществляется съём сигналов на контрольные гнезда «ФД-1» и «ФД-2».

С выхода фазового детектора (средней точки резисторов балансной нагрузки R6, R7) видеосигналы поступают на вход видеосуилителя через делитель R3, R2. Резистор R1 – развязывающий к гнезду Гн1 «Дет К». Видеосуилитель осуществляет усиление по мощности разнополярных сигналов значительной амплитуды.

Усилитель двухкаскадный. Первый каскад – операционный усилитель на микросхеме У1. Питание его осуществляется разнополярными напряжениями: +12,6 В и –20 В через гасящие сопротивление R7 и стабилитрон Д1. Цепь R6, С3 осуществляет коррекцию формы АЧХ. С выхода первого каскада через резистор R8 сигнал поступает на второй каскад, выполненный по двухтактной схеме эмиттерного повторителя на составных транзисторах в каждом плече. Двухтактность схемы обеспечивается использованием транзисторов с различным типом проводимости. Транзисторы Т1, Т2 одного плеча типа n-p-n, транзисторы микросхемы У2 второго плеча – типа p-n-p. Соответственно установлены напряжения питания +20 В и – 20 В на два плеча. Резистором R9 устанавливается напряжение смещения на базе транзистора Т1 и микросхеме У2. Резистор R11 является общей коллекторной нагрузкой транзисторов Т1 и Т2. Выходной нагрузкой обоих плеч двухтактного эмиттерного повторителя является транзистор Т3. Он имеет малое внутреннее сопротивление, согласуемое с сопротивлением нагрузки, и обеспечивает передачу значительной мощности выходного сигнала. Выход усилителя нагружен на коаксиальный кабель, соединяющий ППК с прицепом, в котором размещена аппаратура вычитания.

Видеосуилитель охвачен глубокой отрицательной обратной связью с выхода эмиттерного повторителя через резисторы R5, R2 на вход первого каскада. Эта обратная связь повышает устойчивость усиления и уменьшает искажения сигналов.

7.5.2. Компенсационная часть системы СДЦ (аппаратура череспериодного вычитания)

Череспериодное вычитание осуществляется с помощью вычитающих потенциалоскопов. Аппаратура представлена блоками вычитания КВ-01. В каждом блоке два потенциалоскопа, осуществляющих двукратное ЧПВ путем последовательного выполнения операций одного и другого вычитания. Аппаратура ЧПВ вместе с аппаратурой синхронизации находится в отдельном прицепе (машина № 8) и включает в себя два шкафа К-1 (рис. 7.46). В каждом

шкафу размещены три блока вычитания КВ-01, блок контроля и питания БП-06, блок питания БИ-05. Всего блоков КВ-01 шесть, из них пять рабочих и один резервный. На одном из шкафов расположен пульт управления ПУ-1. С пульта осуществляется местное включение запуска и аппаратуры вычитания и местное управление режимами запуска. Таким образом, в каждом канале обработки используется один блок КВ-01.

На рис. 7.47. показано взаимодействие блоков канала вычитания: КВ-01, БП-06, БИ-05. На блок КВ-01 поступают сигналы «Вход эхо К» с блока приемника ПК-123 (ПК-45) либо с субблока УПЧ-К, импульсы запуска и срыва от устройства синхронизации (блок ДД-07), импульсы бланка НИП от блока защиты от НИП БН-01. На выход блока КВ-01 выдаются сигналы «Выход эхо К», прошедшие ЧПВ. Они поступают на индикаторную аппаратуру (шкаф ДУС-6). С блока питания и контроля БП-06 на блок КВ-01 подается напряжение – 1,8 кВ для питания потенциалоскопов, опорное напряжение частоты 13 МГц, используемое для разделения входных и выходных сигналов потенциалоскопов и контрольные импульсы для контроля параметров потенциалоскопов. Питание блока БИ-05 осуществляется напряжением 220 В 50 Гц. Он выдает постоянные напряжения ± 125 В и +250 В для питания ламп блоков КВ-01 и БП-06.

Рассмотрим принцип работы вычитающего потенциалоскопа (рис. 7.48).

Вычитающий потенциалоскоп представляет собой электронно-лучевую трубку с электростатической фокусировкой и электромагнитным отклонением электронного луча. Основными элементами потенциалоскопа являются электронная пушка (катод, модулятор, первый и второй аноды), катушки отклонения, узел мишень-сигнальная пластина, барьерная сетка и коллектор. Подогревной катод изучает электроны. Модулятор (на него подается отрицательное относительно катода напряжение) обеспечивает фокусировку луча. Аноды создают ускоряющее поле для электронов.

Основным элементом потенциалоскопа является узел мишень-сигнальная пластина. Мишень-диэлектрическая пластина, обладающая большим поверхностным сопротивлением, препятствующим растеканию заряда по мишени. К мишени с внешней стороны плотно прилегает сигнальная металлическая пластина. Таким образом, между элементом мишени, подвергающимся действию луча, и сигнальной пластиной существует элементарная емкость $C_{см}$, диэлектриком которой служит материал мишени.

Работа потенциалоскопа основана на использовании явления вторичной эмиссии электронов с поверхности мишени, бомбардируемой электронным лучом (первичный ток I_1). Вторичные электроны движутся к коллектору, создавая вторичный ток I_2 . Первичный электронный луч с помощью напряжений развертки пробегает участки мишени, последовательно облучая их. Входные сигналы подаются на сигнальную пластину.

Если входной сигнал отсутствует, то при бомбардировке элемента мишени ток I_2 равен первичному току I_1 , что соответствует равновесному состоянию мишени. Количество выбитых с участка мишени электронов равно количеству осевших на ней и на мишени остается нулевой потенциал. При подаче

положительного или отрицательного напряжения на сигнальную пластину на элементе мишени имеет место недостаток или избыток электронов. В результате равновесное состояние нарушается (токи I_2 и I_1 не равны). Система стремится установить равновесное состояние добавлением или уменьшением количества осевших на мишени электронов так, чтобы $I_2 = I_1$. При этом элемент мишени приобретает соответствующий потенциал, т.е. осуществляется заряд емкости C_{CM} . Этот потенциал удерживается на элементе мишени длительное время. Если в следующем периоде повторения напряжение на сигнальной пластине не изменится, сохранится равновесное состояние и перезаряда емкости C_{CM} не будет, на нагрузке R_n напряжение равно нулю. Таким образом, сигналы с не изменяющейся от периода к периоду повторения амплитудой подавляются. При изменяющихся от периода к периоду повторения амплитудах сигналов имеет место ток перезаряда емкости C_{CM} и напряжение на нагрузке пропорционально разности напряжений в данном периоде повторения и запомненного на элементе мишени в предыдущем периоде. Таким образом в потенциалоскопе осуществляется череспериодное вычитание сигналов.

Барьерная сетка осуществляет управление потоком вторичных электронов. Нагрузка подключена к барьерной сетке и связь ее с емкостью C_{CM} обеспечивается через емкостное сопротивление мишень-барьерная сетка C_{MB} . Экран, соединенный с коллектором, исключает проникновение вторичных электронов в область первичных (исключает облако вторичных электронов).

Мишень потенциалоскопа последовательно облучается электронным лучом с помощью напряжений развертки, так что каждому элементу дальности соответствует участок мишени. Рациональное использование площади мишени обеспечивается созданием спиральной развертки. Вид развертки на мишени потенциалоскопа показан на рис. 7.49. Спиральная развертка получается подачей на горизонтально и вертикально отклоняющие катушки квадратурных (сдвинутых по фазе на 90°) напряжений возрастающей амплитуды. Начало развертки определяется импульсом запуска РЛС, конец – импульсом срыва. Вся площадь мишени при спиральной развертке не может быть использована, т.к. при постоянной угловой скорости развертки линейная скорость ее непостоянна, определяется радиусом спирали и линейные размеры участка мишени существенно неодинаковы. Поэтому число витков спирали ограничено (12-13 витков). Этим ограничивается максимальная дальность обработки сигналов. В режиме редкого запуска потенциалоскоп работает до дальности 250 км, частого – до 120-130 км.

Входные сигналы поступают на сигнальную пластину, а выходные сигналы снимаются с барьерной сетки, связанной со входом емкостью C_{MB} большой величины, т.е. входные и выходные сигналы связаны между собой. Следовательно, необходима развязка входных и выходных сигналов. Она обеспечивается в потенциалоскопе частотным методом. Для этого первичный электронный луч потенциалоскопа модулируется высокочастотным напряжением (13 МГц) от отдельного генератора. Это напряжение подается на модулятор потенциалоскопа (f_m на рис. 7.48). Выходной нагрузкой

потенциалоскопа является колебательный контур $L_k C_k$, настроенный на частоту модулирующего напряжения. Следовательно, в нем выделяется выходной радиосигнал, а входной видеосигнал не выделяется. Для исключения прохождения выходных радиосигналов во входную цепь в цепи подачи входных сигналов установлена индуктивность L . Далее после усиления в резонансном усилителе выходные радиосигналы детектируются диодом D , т.е. превращаются в видеосигналы.

Для подачи на вторую ступень ЧПВ необходимо сохранить разнополярный характер видеосигналов. Для сохранения информации о полярности видеосигналов осуществляется синхронное детектирование. При этом в качестве опорного используется напряжение 13 МГц от того же генератора. Принцип синхронного детектирования поясняется графиками рис. 7.50.

Выходные сигналы потенциалоскопа – радиосигналы на частоте 13 МГц, имеющие начальную фазу 0 при положительных и π при отрицательных значениях результата вычитания (рис. 7.50 а). Для синхронного детектирования эти импульсы складываются с опорным напряжением (рис. 7.50 б), которое через емкость C_{MB} вводится во входной контур $L_k C_k$. Тогда сигналы, складывающиеся с опорным напряжением в фазе, имеют увеличенную амплитуду, в противофазе – уменьшенную амплитуду (рис. 7.50 в). Это напряжение детектируется в амплитудном детекторе. На выходе детектора получаются положительные и отрицательные импульсы относительно постоянной составляющей (рис. 7.50 г). Постоянная составляющая исключается прохождением сигналов через переходную цепь CR (рис. 7.50 д).

Рассмотрим структурную схему блока вычитания КВ-01 и блока питания и контроля БП-06 (рис. 7.51).

Блок КВ-01 включает в себя субблок входных усилителей ФНУ-03 (видеоусилители и катодные повторители первой и второй степени вычитания), первый и второй потенциалоскопы, схемы, обеспечивающие их работу (схема расширения, каскад подсвета, генераторы спиральной развертки), первый и второй субблоки выходных усилителей КВУ-03 (усилитель 13 МГц с каскадом регулировки усиления, детектор, видеоусилитель, катодный повторитель), субблок выходного усилителя КВУ-02 (двухполярный выпрямитель и выходной катодный повторитель), усилитель модулирующего напряжения (субблок ПВЧ-01).

Блок БП-06 имеет в своем составе генератор модулирующего напряжения, схему задержки, генератор задержанных импульсов, четыре делителя частоты, схемы формирования череспериодных импульсов и пачки, схему формирования выходных импульсов, а также высоковольтный выпрямитель – 1,8 кВ и индикатор контроля ИК-05.

Эхо-сигналы когерентного канала ЭК с выхода субблока УПЧ-К (либо с одного из выходов ламповых блоков ПК-123, ПК-45) поступают на блок КВ-01 через переключатель ВЗ в положении «Работа». В положении переключателя «Контроль» поступают контрольные импульсы с блока БП-06. Сигналы поступают на видеоусилитель первого канала усиления сигналов субблока

ФНУ-03. Видеоусилитель усиливает сигналы с величины $\pm 4,5 \dots 5$ В до величины, необходимой для подачи на сигнальную пластину потенциалоскопа (40...50 В). Катодный повторитель обеспечивает согласование выхода видеоусилителя при работе его на большую емкостную нагрузку, которую представляет потенциалоскоп. С катодного повторителя сигналы поступают на первый потенциалоскоп. В потенциалоскопе осуществляется первое ЧПВ и с его выходной цепи радиосигналы поступают на первый субблок выходного усилителя КВУ-03. Выходной усилитель необходим для компенсации затухания сигналов в потенциалоскопе. В субблоке осуществляется усиление сигналов в усилителе 13 МГц, детектирование и усиление в видеоусилителе. Регулировкой РУ-1 устанавливается уровень сигналов, равный уровню входного сигнала (4,5...5 В), так что коэффициент передачи блока КВ-01 в целом равен единице. Усиленные в субблоке сигналы через катодный повторитель подаются на аналогичный тракт второй ступени вычитания. Далее сигналы поступают в субблок выходного усилителя КВУ-02 на двухполярный выпрямитель, осуществляющий преобразование разнополярных сигналов в однополярные. Катодный повторитель обеспечивает согласование выхода блока с сопротивлением коаксиального кабеля. Выходные сигналы по кабелю поступают в индикаторную машину на индикаторную аппаратуру.

Временной интервал работы потенциалоскопов формируется импульсами запуска – начало работы в данном периоде следования, и срыва – окончание работы. Импульсы запуска и срыва формируются в устройстве синхронизации (блок ДД-07) и управляют схемой расширения. Схема расширения формирует расширенный импульс.

Система СДЦ работает в режимах запуска редкий РІ, частый ЧІ и ЧП. Временные графики расширенных импульсов в различных режимах запуска показаны на рис. 7.52. На графиках для перечисленных режимов запуска показаны импульсы синхронизации - импульсы запуска (сплошными линиями) и срыва (пунктирными линиями), формируемые в системе синхронизации, и расширенные импульсы, формируемые в схеме расширения. В режиме РІ максимальная дальность работы потенциалоскопа 250 км. В режиме ЧІ частота следования в среднем удваивается путем добавления промежуточного импульса запуска. При этом периоды неодинаковы (210 км и 190 км), осуществляется вобуляция частоты следования. В этом режиме система СДЦ работает на участке только 130 км, определяемом возможностями потенциалоскопов, на участке после 130 км СДЦ не работает. Поэтому применяется режим ЧП с задержкой запуска потенциалоскопов 60 км с работой системы СДЦ на участке 120 км. Таким образом, система СДЦ охватывает почти всю дистанцию, но с задержкой в начале дистанции.

Расширенным импульсом управляют генераторы спиральной развертки потенциалоскопов. Этот импульс также повторяется в каскаде подсвета, формируя импульс подсвета прямого электронного луча.

Модулирующее напряжение 13 МГц формируется генератором в блоке БП-06 и через усилитель ПВЧ-01 подается на оба потенциалоскопа в качестве модулирующего и опорного.

Блок КВ-01 имеет много органов регулировки, что является его недостатком. Потенциалоскопы имеют следующие органы регулировки, действие которых показано на рис. 7.48. Регулировки, установленные в генераторе спиральной развертки производят: регулировку начальной амплитуды напряжения развертки «Ампл», регулировку периода следования колебаний развертки «Шаг», регулировку конечной амплитуды напряжения развертки «Макс.ампл». Регулировка тока луча потенциалоскопа осуществляется изменением напряжения на первом аноде («ТокI»), изменением напряжения на модуляторе («Компенсация») осуществляется фокусировка электронного луча.

На блоке имеется переключатель «Контроль», с помощью которого осуществляется контроль сигналов в точках, соответствующих положениям переключателя (рис. 7.53). Контроль осуществляется по осциллографу ИК-05 блока БП-06.

Блок БП-06 (рис. 7.51) обеспечивает формирование контрольных импульсов для контроля параметров потенциалоскопов, формирование модулирующего напряжения 13 МГц, формирование высоковольтного напряжения – 1,8 кВ для питания электродов потенциалоскопов, осциллографический контроль аппаратуры с помощью контрольного осциллографа ИК-05.

Блок формирует следующие контрольные сигналы, устанавливаемые переключателем: несинхронные, непрерывные, череспериодные, пачка. Принцип формирования контрольных сигналов поясняется графиками рис. 7.54.

Контрольные сигналы формируются из импульсов запуска. На вход схемы задержки поступают импульсы запуска (рис. 7.54 а). В схеме осуществляется задержка их на $\tau_{\text{зад}} = 40-50$ мкс для обеспечения наблюдения на экране осциллографа (рис. 7.54 б). Таким образом, задержанные импульсы запуска являются контрольными сигналами. Формирование контрольных сигналов осуществляется следующим образом.

Незадержанные импульсы запуска поступают на вход четырехступенчатого триггерного делителя частоты, формирующего импульсы рис. 7.54 в, г, д, е. На схему формирования череспериодных импульсов, кроме задержанных и импульсов запуска, подаются управляющие импульсы с первого делителя частоты. В результате формируются импульсы через период следования (рис. 7.54 ж). На схему формирования пачки импульсов с четвертого делителя частоты подаются управляющие импульсы с периодом $\tau_{\text{пач}} = 8 T_{\text{след}}$. Тогда в течение 8 периодов следования импульсы «Пачка» выдаются на выход, а далее 8 периодов отсутствуют. В положении переключателя «Непр» коммутации задержанных импульсов не производится и все задержанные импульсы поступают на выход. В положении переключателя «несинхр» генератор задержанных импульсов (блокинг-генератор) работает в режиме автоколебаний, формируя последовательность несинхронных импульсов. Он генерирует импульсы с частотой следования 4-6 кГц, которая регулируется потенциометром «несинхр».

7.5.3. Принципы контроля параметров потенциалоскопов

Потенциалоскоп характеризуется тремя основными параметрами: коэффициентом перезаряда η , коэффициентом подавления p и динамическим диапазоном D . Параметры потенциалоскопа контролируются и измеряются с помощью контрольных сигналов блока БП-06, проходящих через потенциалоскоп в положении переключателя ВЗ «Контроль» на блоке КВ-01. Принципы измерения параметров потенциалоскопов поясняются графиками рис. 7.55.

Коэффициент перезаряда η характеризует, насколько успевает перезарядиться элементарная емкость $C_{см}$ потенциалоскопа за длительность импульса. В результате ее перезаряда должно установиться равновесное состояние, характеризующееся полным перезарядом емкости, но оно за длительность импульса не успевает устанавливаться. В результате полный перезаряд осуществляется за несколько периодов. Для измерения коэффициента перезаряда используется контрольный сигнал «пачка». На графиках I показаны входные контрольные импульсы пачки Ia и сигналы записи $U_{зап}$ и списывания $U_{сп}$ на выходе потенциалоскопа Ib. Процесс перезаряда осуществляется за несколько периодов. На осциллографе с быстрой разверткой наблюдаются импульсы записи и списывания нескольких периодов (рис. I в). Коэффициент перезаряда равен

$$\eta = \frac{U_{зап1} - U_{зап2}}{U_{зап1}} = \frac{U_{сп1} - U_{сп2}}{U_{сп1}}.$$

Коэффициент перезаряда должен быть $\eta \geq 0,8$.

Коэффициент подавления p характеризует степень подавления непрерывных сигналов, следующих в каждом периоде следования. Основной причиной неполного подавления является частичное растекание заряда по мишени. Проверка коэффициента подавления осуществляется контрольным сигналом «непрерывный» и поясняется графиками II. Входные сигналы – непрерывная последовательность импульсов Ia, сигналы на выходе потенциалоскопа (IIб) характеризуются остаточным уровнем $U_{ост}$, который наблюдается на осциллографе (IIв). Коэффициент подавления определяется по формуле

$$p = \frac{U_{зап1}}{U_{ост}},$$

где $U_{зап1}$ измеряется по сигналу «пачка». Коэффициент подавления должен быть $p \geq 7$ (18 дБ).

Динамический диапазон потенциалоскопа D измеряется с помощью контрольного сигнала «череспериодный» и поясняется графиками III. Входные череспериодные импульсы IIIа вызывают поочередную запись (при наличии импульса) и списывание (при его отсутствии) рис. III б. На экране осциллографа (рис III в) наблюдаются импульсы записи и списывания и собственные шумы потенциалоскопа (разнополярные с размахом $2U_{ш}$). Динамический диапазон измеряется отношением максимального размаха сигналов к уровню собственных шумов

$$D = \frac{U_{\text{зап}} + U_{\text{сп}}}{2U_{\text{ш}}}$$

и должен составлять не менее 10 (20 дБ).

При перечисленных проверках проверяется одна точка мишени потенциалоскопа, соответствующая 40-50 мкс (5-7 км по дальности). Для проверки всей мишени используется контрольный сигнал «несинхронный». Проверка поясняется осциллограммами IV. При несинхронном сигнале от каждого импульса возникает импульс записи и импульс списывания. Ввиду большой частоты несинхронных импульсов (4-6 кГц) на осциллографе имеет место непрерывная дорожка импульсов. Если мишень вдоль всей развертки исправна, амплитуда импульсов остается одинаковой (рис. IV а) При наличии участков мишени с ухудшенным качеством амплитуда импульсов записи и списывания уменьшается и таким образом выявляется неисправный участок мишени (рис. IV б).

Контролю подвергаются оба потенциалоскопа блока КВ-01 последовательно. При контроле параметров первого потенциалоскопа переключатель «Контроль» блока КВ-01 (рис. 7.53) устанавливается в положение «сигн. пласт II», второго потенциалоскопа – в положение «Дв.вычит».

8. АППАРАТУРА ХРОНИЗАЦИИ И СПЕЦИАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ ЗАЩИТЫ ОТ СНС

8.1. Назначение, состав и общая характеристика аппаратуры

Аппаратура хронизации и специальных режимов предназначена для:
формирования импульсов запуска, масштабных отметок дальности и азимута,

формирования управляющих напряжений в специальных режимах защиты от самонаводящихся снарядов,

защиты от несинхронных импульсных помех в канале опознавания, объединения эхо-сигналов РЛС П-37Р и сопрягаемой РЛС метрового диапазона П-12НП, П-18 и коммутации их по дистанции.

Аппаратура хронизации и специальных режимов расположена в шкафу 39Ф03 в индикаторной машине. В состав шкафа входит блок хронизации и специальных режимов 39УФ02 и блок питания 39БФ01. Блок 39УФ02 является задающим блоком, синхронизирующим работу всех устройств РЛС во всех ее режимах. Блок выполнен в виде ячеек на ИМС и транзисторах.

Состав блока 39УФ02 показан на структурной схеме (рис.8.1). Блок включает в себя четыре независимо функционирующих устройства:

устройство хронизации,

устройство формирования азимутальных отметок и специальных режимов,

объединитель и коммутатор эхо-сигналов,

устройство подавления несинхронных импульсных помех по каналу опознавания.

Устройство хронизации обеспечивает формирование следующих импульсных напряжений (рис. 8.2):

Зап I – для запуска приемно-передающей аппаратуры и пеленгационной приставки П-1;

Зап II – для запуска передающей стойки радиотрансляционной линии П-11-4 и индикаторной аппаратуры КП;

Зап III – для запуска индикаторной аппаратуры шкафов ДУС-4М и ИКО-2М;

Зап И – для запуска аппаратуры электронной карты 14И6М;

Зап I РЛС2 – для запуска сопрягаемой РЛС, формируемого с необходимым упреждением. Установка упреждения осуществляется с помощью тумблеров в блоке;

Зап 160-1 и Зап 160-2 – упрежденный на 160 мкс (на время шифрации и дешифрации сигналов) запуск на НРЗ 1Л22 и аппаратуру индивидуального опознавания ИО-4М;

Зап В – запуск на внешние системы с необходимым упреждением;

ОД 10/50 – масштабные отметки дальности 10 км и 50 км;

ОД-10В – 10-километровые отметки дальности на внешние системы.

Импульсы запуска индикаторной аппаратуры ЗапII и ЗапIII соответствуют нулю дистанции, остальные формируются с упреждениями, учитывающими

запаздывания в трактах. Упреждение импульсов Зап1РЛС2 определяется типом сопрягаемой РЛС – П-12НП или П-18. Величина упреждения импульсов $\text{ЗапВ}\Delta t_{\text{упр}}$ устанавливается в зависимости от внешней системы, с которой сопрягается РЛС.

Параметры импульсов запуска и величины упреждений показаны на рис.8.2.

Устройство хронизации обеспечивает работу в следующих режимах запуска, устанавливаемых на пульте дистанционного управления:

внешний запуск ЗВ от автоматизированных систем управления или других (ведущих) РЛС,

Р1 – редкий запуск с основной частотой повторения 375 Гц и возможностью изменения частоты повторения путем установки одной из фиксированных частот 375, 300, 358, 313, 341, 326 или 333 Гц (тумблерами «Дискрет 1Р, 2Р, 3Р» на передней панели блока (см. табл. 8.1);

РII – редкий запуск с шестипериодной вобуляцией с шестью фиксированными частотами повторения в следующей последовательности: 375, 300, 358, 313, 341 и 326 Гц и далее цикл повторяется;

Ч – режим частого запуска с двухпериодной вобуляцией с использованием частот повторения 333 Гц и 375 Гц.

Режим Ч реализуется добавлением промежуточного импульса между импульсами редкого запуска (рис. 8.3). При этом импульсы редкого запуска совпадают с нечетными импульсами частого, а первый период частого запуска всегда равен 1266 мкс (190 км), второй период $T_{\text{ч2}} = T_{\text{редк}} - T_{\text{ч1}}$. Средняя частота повторения частого запуска в 2 раза больше частоты редкого запуска.

Частый запуск реализуется только для импульсов ЗапI (запуск приемо-передающей аппаратуры) и ЗапIII (запуск собственной индикаторной аппаратуры РЛС). Остальные виды запусков, в том числе и ЗапII индикаторной аппаратуры КП, остаются в режиме редкого запуска. Для исключения ложной информации на индикаторах КП при отображении воздушной обстановки производится бланкирование второй части дистанции, чем исключается прохождение сигналов на индикаторы, т.е. отображается информация только нечетных периодов. Для этого в устройстве хронизации формируется импульс «Бланк». Длительность его соответствует длительности четного периода частого запуска.

Внешний запуск ЗВ осуществляется переключением тумблера «Запуск» на передней панели блока З9УФ02 в положение «Внешн». В этом случае режим частого запуска, включенный с пульта дистанционного управления, сохраняется. В случае пропадания внешнего запуска предусмотрено автоматическое переключение на внутренний запуск и включение аварийной сигнализации.

В устройстве хронизации формируются также специальные импульсы Запуск и Срыв, используемые в устройстве формирования отметок азимута для формирования их по длительности.

Устройство формирования азимутальных отметок и специальных режимов предназначено для формирования:

масштабных азимутальных импульсов МАИ (4096 за оборот антенны) и импульсов «Север» (один за оборот антенны), выдаваемых на аппаратуру электронной карты 14И6М и внешние системы;

ОА $5^{\circ}/30^{\circ}$ – масштабных отметок азимута 5° и 30° , выдаваемых на индикаторную аппаратуру РЛС и КП и на передающую стойку радиотрансляционной линии П-11-4;

сигналов управления работой РЛС П-37Р (РЛС1) и сопрягаемой РЛС П-12НП или П-18 (РЛС-2) в режимах защиты от самонаводящихся снарядов.

В устройстве реализуются следующие режимы работы РЛС (команды «Режим РЛС1» и «Режим РЛС2») в соответствии с положениями переключателя «Режимы работы»:

М (мерцание), при котором обеспечивается циклическое включение и выключение излучения РЛС через оборот антенны. При этом цикличность для РЛС1 и РЛС2 противоположна - при выключенном излучении РЛС1 включено излучение РЛС2 и наоборот. В этом режиме может быть установлено увеличение сектора излучения обеих РЛС свыше 360° (перекрытие) на дискретные значения азимута 10° , 20° , 30° и 40° тумблерами «Перекрытие»;

С (секторный), при котором обеспечивается излучение в секторе с регулировкой его ширины в пределах от 30° до 330° и произвольной установкой его начала от 0° до 360° . Азимут начала сектора и ширина сектора устанавливаются тумблерами на передней панели блока.

СМ (секторный с мерцанием), при котором обеспечивается циклическое излучение в секторе через оборот антенны. Цикличность включения для РЛС1 и РЛС2, как и в режиме М, противоположна.

ПОЗ (мерцание по запуску), при котором переключается частота повторения зондирующих импульсов через оборот антенны или через 2-3с. с 375 Гц на 333 Гц и обратно.

Сигналы «Режим РЛС1» и «Режим РЛС2» подаются на устройство хронизации для снятия запуска приемо-передающей аппаратуры РЛС и запросчика и на коммутатор сигналов РЛС1, РЛС2 для управления прохождением сигналов в перечисленных режимах.

Для формирования масштабных азимутальных импульсов МАИ (4096 за оборот антенны) и импульса «Север» (одного за оборот антенны) на вход устройства поступают соответствующие импульсы колокольной формы с датчиков МАИ и Север, расположенных в шкафу ССП.

Формирование 5° и 30° отметок азимута осуществляется из импульсов МАИ. 5° отметки формируются путем дешифрации с делением частоты МАИ на 57, а 30° отметки – последующим делением 5° отметок на 6.

Объединитель и коммутатор эхо-сигналов предназначен для объединения эхо-сигналов и сигналов опознавания РЛС2 и коммутации сигналов РЛС1 и РЛС2 с целью отдельной их выдачи на индикаторную аппаратуру по дистанции. Устройство обеспечивает выдачу на первой части дистанции сигналов РЛС2, на второй – сигналов РЛС1 с плавной регулировкой границы зон в пределах от 5 до 200 км.

Устройство подавления несинхронных помех предназначено для подавления несинхронных помех в тракте опознавания от НРЗ 1Л22. Устройство выполнено на ячейке Д2ХК26, работа которой описана в разделе 7.

8.2. Устройство хронизации

Структурная схема устройства хронизации представлена на рис.8.4. Устройство выполнено на дискретных интегральных микросхемах и включает в себя:

- задающий генератор (ячейка Д2ИК6);
- формирователь вобуляции (ячейка Д2ИК16),
- формирователь импульсов хронизации (ячейка Д2ИК17),
- устройство обнаружения неисправностей и измерения частоты (ячейка Д2ИК21),
- усилители импульсов (ячейки Д2УП1 и Д2УП2).

Принцип формирования импульсов запуска и отметок дистанции в устройстве основан на формировании опорной временной шкалы путем последовательного деления частоты опорного кварцевого генератора 7,4948 МГц (20 м по дальности) на 5 (100 м), на 10 (1 км), на 10 (10 км), на 10 (100 км) и на 10 (1000 км) и дешифрации разрядов делителей. Опорная временная шкала формируется в ячейке задающего генератора Д2ИК6. В состав ячейки входят: преобразователь уровня, опорный генератор, формирователь импульсов нуля временной шкалы, формирователь опорной временной шкалы, формирователи интервалов временных выборок I, II, III и IV, формирователь тактовых импульсов ТИ1 и ТИ2 и обнаружитель неисправности внешнего запуска.

Импульсы внешнего запуска ЗВ амплитудой 8-10 В поступают на преобразователь уровня, назначением которого является преобразование амплитуды импульсов до уровней Лог0 (0-0,4 В) и Лог1 (2,4-4,0 В), соответствующих используемым в устройстве интегральным микросхемам серий 130 и 133.

Опорный генератор представляет собой автоколебательный симметричный мультивибратор, в обратную связь которого включен кварцевый резонатор. Он выдает непрерывную последовательность импульсов типа «Меандр» с частотой повторения 7,4948 МГц.

Формирователь импульсов нуля временной шкалы предназначен для формирования одиночных импульсов «Уст.0» из непрерывной последовательности импульсов опорного генератора в моменты поступления импульсов внешнего запуска ЗВ.

Он обеспечивает выделение из последовательности импульсов опорного генератора импульса ближайшего после прихода импульса ЗВ (рис. 8.5). Импульсы «Уст.0» поступают в ячейку Д2ИК16 на коммутатор импульсов «Уст.0». В коммутаторе формируются импульсы «Уст.0-1», которые устанавливают в нуль пересчетные устройства ячейки Д2ИК6 так, что в режиме внешнего запуска импульсы «Уст.0-1» совпадают с импульсами «Уст.0», а при

внутреннем запуске его положение определяется формирователем закона вобуляции ячейки Д2ИК16. Импульсами «Уст.0-1» устанавливаются в нулевое состояние все элементы формирования опорной временной шкалы ячейки Д2ИК6.

Формирователь опорной временной шкалы осуществляет первое деление частоты импульсов опорного генератора на 5 и представляет собой кольцевой регистр сдвига на 5 каналов, обеспечивающих выдачу пяти импульсов 1ИРИ...5ИРИ (рис. 8.6).

Сигналы 5ИРИ используются в качестве счетных импульсов в формирователе интервалов временной выборки I. Формирователь выполнен на двоично-десятичном счетчике с дешифратором, выдающим импульсы на 10 выходах (1-I...10-I) с периодом, равным периоду импульсов 5ИРИ (100 м по дальности).

Формирователи интервалов временных выборок II, III, IV, аналогичны по построению формирователю I. Каждый из них запускается десятым импульсом предыдущего формирователя, следовательно, каждый из них формирует импульсы с временными интервалами в 10 раз большими предыдущего (1 км, 10 км и 100 км соответственно).

Формирователь импульсов ТИ1 и ТИ2 представляет собой делитель частоты повторения импульсов опорного генератора на 2 и представляет собой триггерную схему. Сигналы ТИ1 и ТИ2 отличаются друг от друга тем, что они снимаются с прямого и инверсного выходов триггера.

Обнаружитель неисправности внешнего запуска вырабатывает сигнал аварии ЗВ (при отсутствии импульсов внешнего запуска), подсвечивая светодиод на передней панели блока и включая режим внутреннего запуска.

С целью анализа отсутствия внешнего запуска формирователь временной выборки IV, кроме счетчика на 10, осуществляющего счет до 1000 км, имеет еще счетчик на 3, осуществляющий счет до 3000 км, что соответствует времени 20 мс. Если в течение этого времени импульс внешнего запуска не появится, с счетчика на 3 снимается сигнал отсутствия внешнего запуска на обнаружитель неисправности внешнего запуска и на формирователь импульсов нуля временной шкалы для сброса всех формирователей в нуль.

Ячейка Д2ИК16 предназначена для формирования закона вобуляции частоты повторения импульсов запуска в режиме внутреннего запуска и для формирования отметок дистанции и импульсов «Срыв». Она включает в себя формирователь закона вобуляции, коммутатор импульсов «Уст.0», формирователь признака ПОЗ и формирователь отметок дистанции и импульсов «Срыв».

Формирователь закона вобуляции обеспечивает формирование заданной последовательности величин периода повторения импульсов запуска в режимах внутреннего запуска. С выхода формирователя выдаются импульсы «Уст.0» с соответствующим периодом следования, которые через коммутатор импульсов «Уст.0» поступают на счетчики формирователей интервалов временных выборок ячейки Д2ИК6 (импульсы «Уст.0-1»). Этими импульсами

счетчики устанавливаются в исходное (нулевое) состояние, после чего цикл их работы повторяется до следующего импульса установки в нуль.

Задание периода повторения импульсов «Уст.0» (величины периода повторения зондирующих импульсов РЛС) в формирователе закона вобуляции осуществляется с помощью селектора-мультиплексора (рис. 8.7), управляемого соответствующими импульсами с формирователей интервалов временных выборок I-IV, выделяемыми в схемах совпадений. На информационных входах А1...А8 селектора-мультиплексора присутствуют импульсы, задержанные по времени на величины, равные периодам повторения Т1, Т2, Т3, Т4, Т5, Т6, Т7. На управляющих входах В1, В2, В3 селектора-мультиплексора задается трехразрядный двоичный код, обеспечивающий выдачу на выход импульса «Уст.0» соответствующего периода (частоты) повторения. Значения частот повторения при различных управляющих кодах представлены в таблице 8.1.

В режиме запуска РІ на управляющих входах селектора-мультиплексора присутствует код 000 и устанавливается частота повторения 375 Гц. Посредством набора тумблерами «Дискрет 1Р, 2Р, 3Р» на передней панели блока соответствующего кода возможна установка любой из 7 частот повторения в соответствии с таблицей 8.1 с отображением значения частоты повторения на цифровом табло.

В режиме запуска РІІ на управляющие входы селектора-мультиплексора подается текущий двоичный код (изменяющийся от периода к периоду). Текущий двоичный код формируется пересчетным счетчиком с коэффициентом пересчета равным 6. Счетчик периодически просчитывает шесть импульсов, поступающих на его вход с выхода селектора-мультиплексора и устанавливается в исходное состояние. В процессе пересчета импульсов с него на управляющие входы селектора-мультиплексора поступает код 000, 001, 010, 011, 100, 101, 000 и т.д., обеспечивая формирование частоты следования импульсов «Уст.0» в соответствии с таблицей 8.1.

Формирователь признака режима ПОЗ предназначен для формирования последовательности импульсов типа «Меандр», с помощью которых обеспечивается циклическое изменение частоты повторения импульсов устройства хронизации с величины 375 Гц на величину 333 Гц и обратно. Изменение частоты повторения в режиме ПОЗ при редком запуске производится с каждым импульсом «Север», а при частом запуске – через 2 с. Импульсы «Север» подаются на формирователь признака режима ПОЗ с устройства формирования отметок азимута и специальных режимов (УФМАСР).

Этими импульсами изменяется состояние триггера формирователя. Импульсами с триггера изменяется значение кода на управляющих входах селектора-мультиплексора в формирователе закона вобуляции в последовательности 000, 111, 000 и т.д. (рис. 8.8). Это соответствует частотам повторения на выходе селектора-мультиплексора 375 Гц и 333 Гц.

Коммутатор импульсов «Уст.0» предназначен для коммутирования сигналов установки в нуль пересчетных устройств ячейки Д2ИК6 в режимах работы «Внутр.» и «Внешн.». В режиме внешнего запуска с выхода

коммутатора снимаются импульсы установки в нуль, поступающие с формирователя импульсов нуля временной шкалы ячейки Д2ИК6, следующие с частотой повторения импульсов внешнего запуска ЗВ. В режиме внутреннего запуска на выход коммутатора проходят импульсы установки в нуль, поступающие с формирователя закона возбуждения. В коммутаторе также обеспечивается переключение устройства хронизации в режим внутреннего запуска при пропадании внешнего запуска (авария ЗВ).

Формирователь отметок дистанции и импульсов срыва обеспечивает формирование отметок дистанции Д-10 и Д-50 для индикаторной аппаратуры, отметок Д-10В для внешних систем, а также импульсов запуск и срыв, определяющих начало и конец отметок азимута 5° и 30° . Импульсы запуск и срыв подаются на устройство формирования отметок азимута и специальных режимов.

Функционально формирователь содержит счетчики, осуществляющие счет тактовых импульсов ТИ1 и ТИ2, и дешифраторы. При совпадении соответствующих импульсов дешифраторов с импульсами формирователей интервалов временных выборок I-IV ячейки Д2ИК6 осуществляется временная расстановка отметок дистанции и импульсов срыв.

Формирователь импульсов хронизации (ячейка Д2ИК17) предназначен для формирования выходных импульсов устройства хронизации и сигналов управления устройством измерения частоты повторения РЛС. В состав ячейки входят:

формирователи импульсов всех видов запуска,

формирователь импульсов бланка, предназначенных для бланкирования эхо-сигналов в четных периодах следования в режиме частого запуска,

формирователь сигналов управления устройством измерения частоты повторения РЛС (в ячейке Д2ИК21).

В формирователях импульсов запуска производится неоперативная установка опережения различных последовательностей импульсов запуска относительно импульсов Зап. II (нуля дистанции) с целью учета временных задержек при формировании и обработке радиолокационных сигналов в соответствующих системах и устройствах.

Импульсы Зап. II имеют всегда период повторения редкого запуска, а импульсы Зап. I, Зап. III в режиме частого запуска имеют меньший период повторения, изменяющийся по закону $T_{ч1}$, $T_{ч2}$, $T_{ч1}$, $T_{ч2}$ и т.д. При этом величина периода $T_{ч1}$ постоянна и равна 1266 мкс (190 км по дальности), а величина периода $T_{ч2}$ определяется моментом окончания периода редкого запуска Зап. II. Таким образом, сумма периодов $T_{ч1}$ и $T_{ч2}$ частого запуска равна периоду редкого запуска, т.е. частота повторения импульсов Зап. I и Зап. III в частом запуске в среднем удваивается.

Импульсы запуска Зап. I РЛС1 и Зап. I РЛС2 определяют работу передающего устройства соответствующей РЛС, а импульсы Зап. 160-1 и Зап. 160-2 определяют работу передающих устройств НРЗ. Сигналами «Режим РЛС1» и «Режим РЛС2», поступающими в ячейку от устройства формирования азимутальных меток и специальных режимов, в секторах запрета излучения

режимов защиты от самонаводящихся снарядов исключается прохождение этих импульсов запуска на выход ячейки, чем исключается работа РЛС и НРЗ на излучение.

На формирователь сигналов управления устройством измерения частоты подаются тактовые импульсы ТИ1 и ТИ2. Эти импульсы поступают на 8 последовательно включенных счетчиков, осуществляющих деление частоты импульсов до значения 1 Гц ($T=1с$). Из этих импульсов формируется импульсы сброса и импульсы строга (рис. 8.9). Импульсами сброса устанавливаются в исходное состояние счетчики частоты следования в ячейке Д2ИК21. Счетчики трехдекадные: единицы, десятки, сотни. Они осуществляют счет импульсов «Уст.0-2» (счет числа периодов). Т.к. счет производится в течение 1 с, количество считанных импульсов равно частоте следования. Эта частота отображается на цифровом табло. С помощью импульсов строга запрещается счет очередного импульса «уст.0-2» на время установления в нуль счетчиков.

В ячейке Д2ИК21 имеется устройство обнаружения неисправности ячеек. Обнаружение неисправности осуществляется по отсутствию выходных импульсов ячеек. На устройство подаются 16 выходных сигналов:

с ячейки Д2ИК6 – ТИ, 5ИРИ, 10-I, 10-II, 10-III, 10-IV;

с ячейки Д2ИК16 – ОД10, ОД50, запуск, срыв, Уст.0;

с ячейки Д2ИК17 – пять ключевых импульсов запуска, определяющих значения остальных.

Выходные сигналы устройства хронизации поступают на ячейки усилителей.

Ячейки усилителей Д2УП1 и Д2УП2 предназначены для усиления всех импульсов единичных уровней до величины, необходимой для подачи на соответствующие устройства и системы и для согласования выходов устройства хронизации с коаксиальными кабелями, осуществляющими передачу сигналов хронизации. Ячейка Д2УП1 содержит 9 импульсных усилителей, а ячейка Д2УП2 – 7 усилителей. Отличием усилителей ячеек является различная величина питающих напряжений, а, следовательно, различная амплитуда импульсов на выходах усилителей. Ячейка Д2УП1 имеет максимальное питающее напряжение +27 В, ячейка Д2УП2 – +40 В.

На выходе ячейки Д2УП1 осуществляется объединение 10 и 50 км отметок дистанции в общий тракт ОД10/50 с регулировкой амплитуды 10-км отметок дистанции в пределах 1-10 В, а 50-км отметок – в пределах 1-25 В.

8.3. Устройство формирования азимутальных меток и специальных режимов

Принцип работы устройства рассмотрим по структурной схеме, представленной на рис.8.10. Устройство, так же, как и устройство хронизации, выполнено на интегральных микросхемах и включает в себя:

формирователь азимутальных меток (ячейка Д2ИК13),

формирователь секторов (ячейка Д2ИК22),

формирователь отметок азимута (ячейка Д2ИК23),

устройство управления индикацией (ячейка Д2ИД7).

На вход ячейки формирования азимутальных меток Д2ИК13 поступают видеоимпульсы колокольной формы МАИ и «Север» амплитудой 5-8 В со шкафа ССП РЛС. Из этих импульсов в ячейке формируются следующие выходные импульсы прямоугольной формы, выдаваемые по отдельным трактам (кабелям):

импульсы МАИ амплитудой 8-10 В, длительностью 1-3 мкс,

импульсы «Север» амплитудой 8-10 В, длительностью 1-3 мкс,

замешанные импульсы МАИ /«Север» амплитудой 2,4-4,0 В, длительность МАИ 100-150 мкс, длительность импульсов «Север» 600-800 мкс.

Формирование перечисленных импульсов осуществляется с помощью формирователей импульсов МАИ, «Север» и усилителей импульсов МАИ и «Север», а также схемы объединения импульсов МАИ и «Север». В формирователях колокольные импульсы МАИ и «Север» большой длительности (десятки мс) преобразовываются в короткие прямоугольные импульсы (1-3 мкс) с амплитудой, соответствующей уровню Лог1 (2,4 - 4,0 В). Усилители обеспечивают необходимую амплитуду выходных импульсов и согласование выхода устройства с коаксиальными кабелями для передачи сигналов. В объединителе МАИ-«Север» сигналы формируются по длительности и объединяются в общий тракт.

Формирователь импульсов «Уст.0» формирует прямоугольные импульсы с уровнем логической единицы, длительностью 1-3 мкс из импульсов «Север». Импульсы «Уст.0-1» обеспечивают установку в нуль счетчиков формирователя импульса начала сектора в ячейке Д2ИК22 и формирователя отметок 5^0 в ячейке Д2ИК23. Импульсы «Уст.0-2» предназначены для записи кода начала сектора в формирователь начала сектора.

Ячейка формирования секторов Д2ИК22 предназначена для формирования сигналов управления излучением РЛС1 и РЛС2 в режимах защиты от самонаводящихся снарядов С, СМ и М. Выходные импульсы ячейки «Режим РЛС1» и «Режим РЛС2» подаются на ячейку Д2ИК17 устройства хронизации для включения или выключения импульсов запуска «Зап.РЛС1» и «Зап.РЛС2» (включения и выключения излучения РЛС) в пределах заданных азимутальных секторов. Этими же импульсами, подаваемыми на устройство объединения и коммутации эхо-сигналов, исключается прохождение эхо-сигналов на индикаторы командных пунктов в секторах запрета излучения.

В ячейке обеспечивается:

установка начала сектора излучения РЛС1 и РЛС2 в пределах от 0° до 360° с точностью $+10^\circ$;

установка ширины сектора излучения РЛС1 и РЛС2 в пределах от 30° до 330° с точностью $+10^\circ$;

установка угла перекрытия зон излучения РЛС1 и РЛС2 в режиме М на дискретные значения 10° , 20° , 30° и 40° ;

Установка азимута начала сектора осуществляется семью тумблерами «Начало сектора» на передней панели блока, определяющими семь разрядов (1Р...7Р) кода азимута: 5° , 10° , 20° , 40° , 80° , 160° , 320° . Аналогично ширина

сектора устанавливается набором семиразрядного кода семью тумблерами «Ширина сектора» с такими же градациями.

Формирование сигналов управления излучением РЛС1 и РЛС2 («Режим РЛС1» и «Режим РЛС2») происходит в ячейке по командам М, С, СМ, устанавливаемым переключателем «Режимы работы» на передней панели блока. В режиме С в ячейке формируется сектор излучения РЛС. С выхода формирователя импульсов «Уст.0» ячейки Д2ИК13 на формирователь импульсов начала сектора подается импульс «Уст.0-1» для установки в нуль счетчиков формирователя и импульс «Уст.0-2», задержанный относительно импульса «Уст.0-1», для записи кода начала сектора «1Р...7Р начало», заданного тумблерами «Начало сектора». Формирователь формирует импульсы начала сектора (рис.8.3 а). Аналогично производится запись кода «1Р...7Р ширина» в формирователь импульсов конца сектора и формирование импульсов конца сектора (рис 8.3 б). В пределах между импульсами начала и конца сектора в формирователе импульсов «Режим РЛС1» и «Режим РЛС2» формируются названные импульсы, определяющие пределы работы РЛС на излучение (рис.8.3 в, г).

В режиме СМ импульсы «Режим РЛС1» и «Режим РЛС2» в формирователе вырабатываются поочередно через оборот вращения антенн (рис.8.3 д, е), т.е. РЛС1 и РЛС2 работают на излучение в секторе поочередно.

В режиме М начало работы формирователя импульсов «Режим РЛС1» и «Режим РЛС2» устанавливается импульсом начала сектора, а конец – импульсом «Перекрытие» с формирователя импульсов перекрытия. Величина перекрытия 10° , 20° , 30° и 40° устанавливается переключателем «Перекрытие», а при выключенном переключателе – 0° . В этом режиме импульсы «Режим РЛС1» и «Режим РЛС2» формируются через оборот антенны поочередно. При угле перекрытия 0° (рис.8.3 ж, з, и, к) импульсы перекрытия совпадают по времени с импульсами начала сектора и РЛС работают на излучение без перекрытия по азимуту. При угле перекрытия отличном от нуля имеет место перекрытие азимутов излучения РЛС1 и РЛС2 (рис.8.3 л, м, н, о).

Сигналы «Режим РЛС1» и «Режим РЛС2» с выхода ячейки Д2ИК22 поступают в устройство хронизации (на ячейку Д2ИК17) и в устройство объединения и коммутации сигналов РЛС. Кроме того, сигнал «Режим РЛС1» подается на плату усилителя, где он усиливается до уровня 25-30В и выдается в виде сигнала «Бланк 1» на ПДУ шкафа ДУС-4М. Этим сигналом исключается засвет индикаторов шкафов ДУС-4М и ИКО-2М в зонах, где отсутствует излучение РЛС.

Набранные на тумблерах значения начала сектора и ширины сектора-коды «1Р-7Р начало» и «1Р-7Р» ширина дешифрируются в устройстве управления индикацией (ячейке Д2ИД7) в импульсы управления цифровым табло «Начало сектора» и «Ширина сектора» на передней панели блока.

Ячейка формирователя отметок азимута Д2ИК23 предназначена для формирования 5° и 30° отметок азимута, используемых для отображения на индикаторах РЛС. Ячейка включает в себя формирователи 5° и 30° отметок и синхронизаторы 5° и 30° отметок.

Для формирования 5° отметок азимута с формирователя МАИ ячейки Д2ИК13 подаются 4096 МАИ за оборот антенны, а для установки в нуль счетчиков формирователя 5° отметок подаются импульсы «Уст 0-1» с формирователя импульсов «Уст.0». Формирователь 5° отметок содержит десятиразрядный счетчик, к которому подключены девять схем совпадения. Счетчик осуществляет счет МАИ. С каждым 57 импульсом МАИ на очередной схеме совпадения выделяется импульс соответствующий 5° , 10° и т.д. до 45° (после счета 512 импульсов). Отметкой 45° счетчик устанавливается в нуль и далее начинает счет очередных МАИ, формируя импульсы через 5° , соответствующие 50° , 55° и т.д.

Таким образом, за оборот антенны счетчик 8 раз устанавливается в нуль (отметками 45° , 90° , 135° , 180° , 225° , 270° , 315° , 360°), осуществляя формирование 5° отметок заново. Такой способ формирования отметок обеспечивает повышение точности формируемых отметок по азимуту и уменьшение вероятности сбоя при их формировании.

В синхронизаторе 5° отметок формируются отметки длительностью от импульса запуска до импульса срыва, которые поступают с ячейки Д2ИК16 устройства хронизации.

Формирователь отметок 30° формирует импульсы из 5° отметок с помощью счетчика 5° отметок. После счета шести 5° отметок открывается схема совпадения и выделяется 30° отметка. В синхронизаторе отметок 30° также формируются 30° отметки по длительности от импульса запуска до импульса срыва.

Отметки 5° и 30° далее объединяются в усилителе-сумматоре азимутальных отметок, размещенном в ячейке Д2ИК13 и на выход устройства выдаются замешанные отметки ОА $5^\circ/30^\circ$.

8.4. Объединитель и коммутатор эхо-сигналов

Объединитель и коммутатор эхо-сигналов выполнен в виде ячейки Д2ИМ7 блока. Он предназначен для:

объединения эхо-сигналов и сигналов опознавания РЛС1 и РЛС2, коммутации объединенных сигналов РЛС1 и РЛС2 с целью отдельной их выдачи на индикаторы.

Структурная схема объединителя и коммутатора эхо-сигналов представлена на рис.8.12. В состав ячейки входят два объединителя сигналов, два электронных ключа, сумматор сигналов, ждущий мультивибратор и коммутатор.

Оба объединителя аналогичны по построению и включают в себя эмиттерные повторители и фиксатор уровня. На входы объединителя 2 поступают эхо-сигналы и сигналы опознавания РЛС2, а на объединитель 1 поступают только эхо-сигналы РЛС1(сигналы амплитудного канала ЭА), второй вход не используется (сигналы опознавания от НРЗ 1Л22 поступают на индикаторы по отдельному тракту). Фиксаторы уровня предназначены для

установки в нулевое состояние переходных цепей трактов при отсутствии сигналов, а также для выравнивания амплитуд сигналов двух РЛС.

Коммутация эхо-сигналов РЛС1 и РЛС2 осуществляется электронными ключами, которые управляются напряжениями с коммутатора. Основным элементом коммутатора является триггер, на выходах которого формируются напряжения, открывающие один ключ и закрывающие другой и наоборот.

Сигналы РЛС1 или РЛС2, прошедшие ключ, объединяются в общий тракт в сумматоре, включающем в себя двухкаскадный усилитель постоянного тока и эмиттерный повторитель. Последний обеспечивает работу ячейки на коаксиальный кабель с волновым сопротивлением 75 Ом. Сигналы «Эхо РЛС1, РЛС2», обозначаемые ЭИ-П, подаются на ИКО РЛС, индикаторную аппаратуру КП и на индикаторы внешних систем.

Коммутатор управляется:

импульсами с ждущего мультивибратора,
импульсами «Режим РЛС1» и «Режим РЛС2»,
импульсами «Бланк».

Импульсами со ждущего мультивибратора обеспечивается переключение сигналов РЛС1 и РЛС2 по дистанции. Мультивибратор запускается импульсами запуска, длительность его импульсов определяется сигналом дистанции, устанавливаемым вручную в пределах от 5 до 200 км по дальности. На первой части дистанции подключаются эхо-сигналы РЛС2, на второй – эхо-сигналы РЛС1.

Импульсами «Режим РЛС1» и «Режим РЛС2», поступающими с ячейки Д2ИК22 устройства формирования специальных режимов, осуществляется запираение трактов РЛС в специальных режимах защиты от самонаводящихся снарядов.

Импульсы «Бланк» поступают только при работе РЛС в режиме частого запуска, и обеспечивает бланкирование эхо-сигналов в четных периодах частого запуска. Это необходимо в связи с тем, что индикаторная аппаратура КП и внешних систем работает только в режимах редкого запуска.

8.5. Аналоговое (ламповое) устройство синхронизации

В РЛС ранних модификаций используется устройство синхронизации, выполненное на ламповых импульсных схемах. Аппаратура размещена в машине № 8 в шкафу Д-1. Шкаф Д-1 включает в себя два блока синхронизации и отметок дальности ДД-07 (основной и резервный) и три блока питания БИ-05. Аппаратура обеспечивает формирование импульсов запуска и масштабных отметок дальности 10км и 50 км.

Устройство работает в следующих режимах запуска (рис. 8.13):

редкий РІ, используемый в амплитудном и когерентном режимах работы РЛС;

редкий РІІ, используемый в амплитудном режиме при максимальной дальности обнаружения;

частый ЧI, обеспечивающий работу в когерентном режиме при интенсивных пассивных помехах;

частый ЧII, обеспечивающий работу в когерентном режиме с задержкой запуска блоков вычитания КВ-01.

В режиме РI частота следования 375 Гц, период соответствует 400 км по дальности. Для ограничения работы потенциалоскопов по дальности формируются импульсы срыва (ср. на рис. 8.13) с задержкой, соответствующей 250 км. В режиме РII частота следования 333 Гц, период соответствует 450 км по дальности. Т.к. этот режим запуска используется при амплитудном режиме работы РЛС, импульсы срыва не формируются. Периоды следования импульсов частого запуска ЧI неодинаковы, соответствуют 210 км и 190 км. Для повышения дальности работы СДЦ в частом запуске используется режим ЧII, при котором осуществляется задержка запуска блоков КВ-01 на 60 км. Импульсы срыва формируются с задержкой 130 км в режиме ЧI и 120 км в режиме ЧII.

В устройстве синхронизации формируются следующие виды импульсных последовательностей:

С2 – импульсы редкого запуска для внешних систем,

С3 – импульсы редкого и частого запуска приемо-передающей аппаратуры,

С4 – импульсы редкого запуска для внешних систем с уменьшенной в два раза частотой повторения (радиолокационных станций метрового диапазона),

С6-I (редкий и частый) и С6-II (редкий) – импульсы запуска индикаторной аппаратуры,

С7-импульсы запуска аппаратуры ЧПВ (блоков КВ-01),

С-21 - импульсы срыва для аппаратуры ЧПВ (блоков КВ-01),

С25 – 2-км отметки дальности на внешние системы,

0Д10/50 – 10 и 50-км отметки дальности на индикаторы.

Функциональная схема блока ДД-07 представлена на рис. 8.14.

Блок включает в себя:

схему формирования отметок дистанции,

схему формирования периодов запуска,

генераторы выходных импульсов.

Отметки дальности формируются из синусоидальных колебаний кварцевого генератора частотой 75 кГц, период колебаний соответствует 2 км по дальности (рис. 8.15). В усилителе-ограничителе осуществляется ограничение колебаний сверху. Генератор тактовых импульсов формирует импульсы типа «Меандр», период которых соответствует 2-км отметкам дальности. Эти импульсы через контакт реле Р1 г подаются на первый делитель частоты с коэффициентом деления 5. Период импульсов на выходе первого делителя соответствует 10 км по дальности. Тактовые импульсы в качестве 2-км отметок дальности (импульсы С-25) выдаются также на внешние системы. Через катодный повторитель импульсы 10-км отметок поступают на второй делитель с делением на 5, на выходе которого вырабатывается 50-км отметки дальности. Делители выполнены на ждущих блокинг-генераторах, которые открываются

пятым импульсом и генерируют импульсы с периодом в 5 раз большим, чем входные (рис. 8.16 а, б).

Выходные отметки дальности формируются схемой, включающей в себя основной (10 км) и вспомогательный (50 км) блокинг-генераторы. Оба блокинг-генератора являются повторителями импульсов 10- и 50-км отметок соответственно. Импульсы вспомогательного блокинг-генератора вводятся в анодную цепь основного блокинг-генератора, повышая его анодное питание, а следовательно, амплитуду каждой 50-км отметки. Таким образом обеспечивается градация 10 и 50-км отметок по амплитуде. Коэффициенты деления делителей устанавливаются регулировками «1 дел» и «2дел», соотношение амплитуд 10 и 50-км отметок – регулировкой «Град 0Д». Отметка с основного блокинг-генератора выдается на выход блока.

Рассмотрим работу схемы формирования периодов запуска с помощью графиков рис.8.16. Все периоды запуска формируются в кольце запуска путем самосинхронизации задающего блокинг-генератора задержанными импульсами. При этом все периоды синхронизируются 10-км отметками дальности, следовательно, они кратны 10км.

Выходные импульсы формируются задающим блокинг-генератором. На него через контакт реле Р1б поступают 10-км отметки (рис. 8.16 в). Блокинг-генератор запускается очередной 10-км отметкой и вырабатывает импульс, который поступает на первый каскад задержки (фантастрон), определяя начало задержанного импульса (рис. 8.16 д). В режиме Р1 и Ч конец импульса каскада задержки синхронизируется 21 импульсом 10-км отметки, а в режиме РII- 26 импульсом. Задним фронтом импульса каскада задержки запускается генератор промежуточных импульсов (рис. 8.16 е). Следовательно, генератор промежуточных импульсов вырабатывает импульс с задержкой, соответствующей 210 км или 260 км.

Импульсом генератора промежуточных импульсов запускается второй каскад задержки – также фантастрон, синхронизируемый 10-км отметками. Длительность его импульса соответствует 190 км (рис. 8.16 ж). Задним фронтом импульса второго каскада задержки через катодный повторитель и контакт реле Р1в запускается задающий генератор, формируя импульс, соответствующий периоду запуска Р1 либо РII (рис. 8.16 з, и).

Режим запуска Ч включается с помощью реле Р3. При этом вместе с выходным импульсом задающего генератора через контакт Р3б снимается и промежуточный импульс, объединяемый с основным на нагрузке R145 (рис. 8.16 к). Таким образом, на нагрузке R145 выделяется либо последовательность импульсов Р1, РII, либо вместе с импульсами Р1 промежуточные частоты запуска. Диод Д10 осуществляет разделение цепей блокинг-генераторов задающего и промежуточного.

Выходные импульсы формирователя поступают на генераторы выходных импульсов. Импульсы только редкого запуска при любом включенном режиме поступают на генератор импульсов С-2 (через диод Д10 промежуточные импульсы не пройдут). С генератора импульсов С-2 импульсы поступают на генератор импульсов С-4 – блокинг-генератор, работающий в режиме деления

частоты на 2. Следовательно, он формирует импульсы с удвоенным периодом повторения.

Импульсы редкого и частого запусков поступают на генератор импульсов С-3 для запуска приемо-передающей аппаратуры и на генератор внутреннего запуска С-0. Импульсы С-0, во-первых, синхронизируют генератор 50-км отметок дальности, во-вторых, обеспечивают запуск генератора импульсов С-7, в-третьих, запускают схему задержки срыва КВ редкий, в-четвертых, запускают генераторы импульсов С6-I и С6-II, в-пятых, запускают схему задержки запуска КВ в режиме ЧП. Таким образом генератор импульсов С0 выполняет функцию внутреннего размножения запусков.

Схема задержки срыва КВ редкий представляет собой ждущий мультивибратор, длительность импульса которого синхронизируется 50-км отметками. Он запускается импульсами С-0, заканчивает свою работу пятой 50-км отметкой, т.е. формирует импульс с задержкой 250 км. Этот импульс подается на генератор импульсов С-21.

В режиме частого запуска включается реле Р4. Его контактами Р4б подключается схема задержки срыва КВ частый. Она запускается импульсом С-7, а длительность ее импульса синхронизируется 10-км отметками. Схема срабатывает с приходом тринадцатой 10-км отметки, формируя импульс срыва с задержкой 130 км.

При включении режима ЧП срабатывает реле Р2 и контактам Р2б подключает схему задержки запуска КВ на 60 км. Этим импульсом запускается генератор импульсов С-7. Задержанным импульсом С-7 запускается схема задержки срыва КВ частый, которая в этом режиме задерживает импульс срыва на 120 км и этот импульс запускает генератор импульсов С-21.

Генераторы импульсов С6-I и С6-II запускаются импульсом С-0 через линию задержки У7, задержка в которой устанавливается с учетом запаздывания сигналов при обработке в приемо-передающей аппаратуре. Импульс С6-I формируется в режиме редкого и частого запуска, а импульс С6-II только в редком. Исключение промежуточного импульса при формировании редкого запуска С6-II осуществляется с помощью импульса второго каскада задержки, который снимается с катодного повторителя на генератор С6-II. Принцип исключения промежуточного импульса поясняется графиками рис. 8.17. Т.к. промежуточный импульс (вместе с другими импульсами) задержан в линии задержки У7, он попадает в расширенный импульс каскада задержки и бланкируется на входе генератора.

Внешний запуск включается переключателем на передней панели блока. При этом запитывается реле Р1. Его контактом Р1в размыкается кольцо запуска, контактом Р1б замыкается цепь «Запуск внешний» на задающий генератор и он повторяет импульсы внешнего запуска. Контакт Р1г отключается собственный кварцевый генератор отметок дальности, а на вход поступают внешние 10-км отметки. Они повторяются первым делителем (блокинг-генератором). В режиме внешнего запуска может быть использован частый запуск, т.к. работает первый каскад задержки и промежуточный блокинг-генератор.

9. СИСТЕМА СИНХРОННО-СЛЕДЯЩЕЙ ПЕРЕДАЧИ ВРАЩЕНИЯ АНТЕННЫ (ССП)

9.1. Назначение, общая характеристика и состав системы ССП

Система ССП предназначена для:

дистанционной передачи угла поворота антенной системы РЛС на индикаторные устройства, НРЗ 1Л22, радиотрансляционную линию 1РЛ51М2 и внешние системы,

выработки задающих напряжений для формирования масштабных отметок азимута и секторов специальных режимов защиты от самонаводящихся снарядов.

Система ССП состоит из двух частей: силовой и электрической.

Силовая ССП обеспечивает вращение отклоняющих катушек индикаторов кругового обзора шкафов ИКО-2М, ДУС-4М, индикаторов командного пункта и сопрягаемой РЛС П-18 (П-12НП) синхронно и синфазно с вращением приемо-передающей кабины РЛС, а также вращение осей датчиков электрической ССП. Электрическая ССП вырабатывает задающие напряжения для формирования импульсов «Север» и МАИ, масштабных отметок азимута и передачи азимута на радиотрансляционную линию 1РЛ52М2.

Система ССП должна удовлетворять следующим основным требованиям:

- 1) обеспечивать требуемую точность слежения, т.к. она непосредственно влияет на точность измерения азимута целей;
- 2) длительность переходных процессов в системе должна обеспечивать быстрое вхождение в синхронизм при кратковременных изменениях скорости вращения, например, под влиянием ветровых нагрузок;
- 3) система должна быть устойчивой, исключающей перерегулирование, самовозбуждение;
- 4) точность формирования отметок азимута должна обеспечивать требуемую точность измерения азимута. В системе отметки азимута формируются из масштабных азимутальных импульсов (МАИ), следовательно, точность формирования отметок азимута определяется точностью формирования МАИ.

В процессе работы РЛС необходимо постоянное слежение угла поворота отклоняющих катушек индикаторов за азимутальным положением антенны, т.е. система должна быть следящей. Типовая следящая система представляет собой замкнутую систему автоматического регулирования, которая должна содержать следующие элементы (рис. 9.1): измерительное устройство, усилительное устройство, исполнительное устройство и объект регулирования. Измерительное устройство осуществляет измерение азимутального рассогласования входной $\beta_{вх}$ и выходной $\beta_{вых}$ осей. Исполнительное устройство осуществляет поворот выходной оси $\beta_{вых}$, уменьшая азимутальное рассогласование $\beta_{расс}$ до нуля, одновременно изменяя азимут оси объекта регулирования. Усилительное устройство усиливает рассогласование до величины, необходимой для его отработки.

В качестве измерительного устройства в СИП используют сельсинную пару (сельсин-датчик, сельсин-приемник). Сельсин – электрическая машина переменного тока, предназначенная для передачи вращения осей, не связанных механически. Сельсин имеет ротор и статор. Ротор имеет, как правило, одну обмотку, а статор – трехфазную обмотку. Статорные обмотки сельсин-датчика и сельсин-приемника электрически соединяются друг с другом.

ССП может быть двух типов: индикаторная (рис. 9.2) и трансформаторная (рис. 9.3). Они отличаются способом использования роторных обмоток сельсинов.

В индикаторной ССП роторы обоих сельсинов запитываются переменным опорным напряжением частоты 50 Гц. В роторной обмотке сельсин-датчика формируется магнитный поток, вектор которого поворачивается с поворотом ротора. Этим магнитным потоком наводятся токи в статорных обмотках как в трансформаторе и соотношение этих токов определяется ориентацией вектора магнитного потока ротора. Эти токи протекают через статорные обмотки сельсин-приемника, обеспечивая формирование результирующего магнитного потока, относительно вектора которого поворачивается ротор сельсин-приемника до согласованного положения $\beta_{\text{вых}} = \beta_{\text{вх}}$. Такая схема относится к классу электрических, но не силовых. Она используется в РЛС в механизмах наклона антенн.

Трансформаторная ССП отличается от индикаторной тем, что опорное напряжение подается только на ротор сельсин-датчика. В результате передачи, аналогичной с предыдущей, в роторной обмотке сельсин-приемника наводится ЭДС, величина которой пропорциональна угловому рассогласованию роторов $\beta_{\text{вых}} - \beta_{\text{вх}}$. Это напряжение может быть использовано в силовой ССП вращения отклоняющих катушек ИКО.

Структурная схема ССП представлена на рис. 9.4.

Измерительное звено сельсин-датчик - сельсин-приемник преобразовывает угловое рассогласование антенны и отклоняющей катушки в напряжение рассогласования. Это напряжение частоты 50 Гц усиливается в сервоусилителе до значения, необходимого для вращения электродвигателя. Электродвигатель вращается в сторону уменьшения углового рассогласования, вращая через редуктор отклоняющую катушку и ротор сельсин-приемника. Напряжением рассогласования запитывается электродвигатель и этим напряжением определяется скорость его вращения $\omega_{\text{дв}}$. Измеряемым параметром системы является угол поворота (азимут)

$$\beta = \int_t \omega_{\text{дв}}(t) dt .$$

Следовательно, электродвигатель является интегрирующим элементом, а система ССП – астатическая. Порядок астатизма определяется количеством интегрирующих элементов. В данной системе он один, следовательно, это астатическая система с астатизмом первого порядка.

Из теории систем автоматического регулирования известно, что для поддержания процесса регулирования на выходе системы должно быть определенное рассогласование (ошибка), обеспечивающее регулирование. В статической системе (без интегрирующего элемента) это рассогласование

(ошибка) была бы по углу. В астатической системе существует ошибка по скорости $\Delta\omega_{\text{расс}}$, которое в установившемся режиме остается постоянной, обеспечивающей слежение по углу.

Основными характеристиками системы ССП как системы автоматического регулирования, являются устойчивость, скорость отработки угла рассогласования и точность слежения. Устойчивость предполагает исключение значительных переколебаний и самовозбуждения системы. Скорость отработки определяется инерционностью элементов системы. Наиболее инерционным элементом является электродвигатель. Инерционность системы в значительной мере определяет точность отработки угла рассогласования.

Повышение точности системы достигается следующими мерами:

- 1) увеличением усиления сигналов рассогласования,
- 2) применением двухканальных систем слежения,
- 3) применением корректирующих звеньев.

При увеличении усиления уменьшается интервал срабатывания системы (рис.9.5). Однако большой коэффициент усиления ведет к снижению устойчивости системы и может быть применен в ограниченных пределах.

Двухканальные системы слежения применяются во всех РЛС. Принцип их работы поясняется графиками рис. 9.6. Слежение осуществляется по двум каналам – грубому и точному. Канал грубого отсчета (ГО) обеспечивает однозначность по азимуту, но имеет малое значение напряжения рассогласования в области нуля. Канал точного отсчета (ТО) имеет большую чувствительность (большее напряжение рассогласования в области нуля), обеспечивая высокую точность слежения. Однако он обладает неоднозначностью отсчета. Поэтому в системе осуществляется автоматическое переключение каналов. При рассогласовании более $2-3^\circ$ (при включении вращения, больших ветровых нагрузках и т.п.) включается канал ГО, при меньших рассогласованиях – канал ТО. В установившемся режиме работает точный канал.

Корректирующие звенья устанавливаются для улучшения динамических свойств системы. В ССП используется корректирующее звено в виде дифференцирующей цепи, включенной в тракт прямой связи так, что сигнал рассогласования складывается с дифференцированным сигналом. Такое корректирующее звено обеспечивает повышение чувствительности и уменьшения перерегулирований. Принцип работы корректирующей цепи поясняется графиками рис. 9.7.

Гармонически изменяющееся напряжение рассогласования U_c складывается с напряжением дифференцирующей цепи $\frac{dU_c}{dt}$. В результате сложения напряжение рассогласования в области нуля Δt значительно увеличивается, повышается чувствительность системы. При переходе напряжения U_c (без дифференцирующей цепи) через нуль в момент времени t_1 система может пройти согласованное положение, напряжением противоположной полярности возвратиться, снова пройдя согласованное положение, т.е. возникает перерегулирование. В силу того что при переходе через нуль напряжение

дифференцирующей цепи отрицательное, возможность перерегулирований уменьшается.

Ошибка слежения системы ССП по азимуту не превышает $6'$, время вхождения в синхронизм не более 15 с.

Аппаратура ССП, кроме блока главных датчиков 39РД05 (в РЛС ранних модификаций – блок ФД-02), размещена в машине N2 (индикаторной). В состав системы ССП входят:

блок главных датчиков 39РД05, расположенный в машине N1 (приемо-передающей кабине). Ось блока механически связана с осью вращения кабины;

блок имитатора вращения ИВ-М, расположенный в шкафу ССП. Он предназначен для обеспечения работы системы (вращения отклоняющих катушек ИКО и формирования масштабных отметок азимута) при выключенном вращении ППК;

блок вторичных датчиков ВД-1М, расположенный в шкафу ССП. Он предназначен для выработки напряжений силовой ССП и сигналов синхронизации формирователей масштабных отметок азимута, а также вращения осей датчиков фазовой ССП аппаратуры радиотрансляционной линии;

блоки серводвигателей БСМ-06, расположенные в блоках электронно-лучевых трубок ТИ-1 шкафов ДУС-4М и ИКО-2М. Они содержат исполнительную часть системы, вращающую отклоняющие катушки электронно-лучевых трубок ИКО;

блоки сервоусилителей УС, расположенные в шкафах ДУС-4М и ИКО-2М. Они предназначены для усиления напряжения рассогласования системы до величины, необходимой для работы электродвигателей вращения отклоняющих катушек ИКО и вторичных датчиков блока ВД-1М;

устройство формирования азимутальных меток и специальных режимов в блоке хронизации 39УФ02, обеспечивающее формирование импульсов «Север» и МАИ, 5^0 и 30^0 отметок азимута и секторов специальных режимов защиты от самонаводящихся снарядов. Принцип работы устройства формирования азимутальных меток и специальных режимов подробно изложен в разделе 8 и здесь не приводится.

Система ССП может работать в двух режимах – «Работа» и «Имитация», задаваемых переключателем «Работа-Имитация» на передней панели блока ИВ-М.

В режиме «Работа» (при вращении ППК) задающие напряжения ССП, вырабатываемые блоком главных датчиков 39РД05, транзитом через блок ИВ-М поступают на блок вторичных датчиков ВД-1М.

В режиме «Имитация» напряжения ССП вырабатываются в блоке ИВ-М, который содержит такие же сельсин-датчики, что и в блоке главных датчиков. Они приводятся во вращение маломощным электродвигателем, расположенным в том же блоке.

9.2. Структурная схема системы ССП

Структурная схема системы ССП представлена на рис.9.8.

Принцип работы силовой ССП основан на использовании сельсинной пары сельсин-датчик–сельсин-приемник, трехфазные статорные обмотки которых электрически соединены между собой. Роторы сельсин-датчиков запитываются опорным синусоидальным напряжением частоты 50 Гц. При вращении антенны сельсин-датчики, роторы которых вращаются с соответствующими скоростями, вырабатывают в роторах сельсин-приемников напряжения, пропорциональные угловому рассогласованию между осями роторов сельсин-датчиков и сельсин-приемников. Эти напряжения, усиленные в сервоусилителе, используются для питания электродвигателей вращения отклоняющих катушек ИКО. Электродвигатели осуществляют вращение отклоняющих катушек в сторону уменьшения углового рассогласования.

Блок главных датчиков З9РД05 установлен на токосъемнике ППК и сопрягается с вращающейся осью токосъемника. Блок включает в себя две пары сельсин-датчиков:

сельсин-датчики грубого отсчета СС1 и точного отсчета СС2, роторы которых запитываются опорным напряжением частоты 50 Гц и вращаются с передаточным отношением 1:1 и 36:1 соответственно. Эти сельсины используются в ССП РЛС;

сельсин-датчики грубого отсчета СС4 и точного отсчета СС5, роторы которых запитываются опорным напряжением частоты 400 Гц и вращаются с передаточным отношением 1:1 и 23:1 соответственно. Эти сельсины используются для передачи вращения на НРЗ 1Л22.

В блоке главных датчиков ФД-02 отсутствуют сельсин-датчики СС4, СС5.

Напряжения со статорных обмоток сельсинов СС1 и СС2 подаются на блок ИВ-М на переключатель «Работа-Имитация» и в положении переключателя «Работа» – транзитом на статорные обмотки сельсин-приемников ГО и ТО блока вторичных датчиков ВД-1М.

В положении переключателя «Имитация» на сельсин-приемники ГО и ТО блока ВД-1М подаются напряжения от пары сельсин-датчиков ГО и ТО блока имитатора вращения. Роторы этих сельсин-датчиков приводятся во вращение электродвигателем. Электродвигатель через редуктор вращает роторы сельсинов со скоростью, соответствующей скорости 6 об/мин и передаточным отношением 1:1 и 36:1.

Напряжения рассогласования с роторных обмоток сельсин-приемников ГО и ТО блока вторичных датчиков ВД-1М подаются на блок сервоусилителя УС. Блок сервоусилителя предназначен для усиления напряжений рассогласования грубого и точного каналов и для переключения грубого и точного каналов в зависимости от величины угла рассогласования. При углах рассогласования более $2,5-6^\circ$ слежение осуществляется по каналу грубого отсчета, при меньших углах рассогласования - по каналу точного отсчета.

Электродвигатель блока ВД-1М через редуктор вращает вторичные датчики:

сельсин-датчики ГО и ТО с передаточным отношением 1:1 и 36:1 соответственно, обеспечивающие передачу вращения на отклоняющие катушки

индикаторных шкафов ДУС-4М и ИКО-2М РЛС и на индикаторные устройства сопрягаемых систем,

формирователи импульсов «Север» и МАИ с передаточным отношением 1:1 и 64:1 соответственно, предназначенные для формирования масштабных отметок азимута и секторов специальных режимов,

синусно-косинусные машины СК-МГ грубого и точного отсчетов с передаточным отношением 1:1 и 13:1 для выработки напряжения азимута в радиотрансляционной линии 1РЛ51М2.

Статоры сельсин-датчиков ГО и ТО блока ВД-1М электрически связаны со статорами сельсин-приемников ГО и ТО блоков серводвигателя БСМ-06 шкафов ДУС-4М и ИКО-2М. Напряжениями рассогласования с сельсин-приемников, усиленными в аналогичных блоках сервоусилителей УС, управляют электродвигатели блоков БСМ-06, которые через редукторы вращают отклоняющие катушки ИКО.

Формирователи импульсов «Север» и МАИ вырабатывают сигналы «Север» (один за оборот антенны) и МАИ (4096 за оборот антенны) в виде колокольных видеоимпульсов. Формирователи (рис. 9.9.) представляют собой диски с прорезями, вращающиеся в промежутке между электрическими лампами и фотодиодами. При прохождении прорези фотодиод засвечивается и на выходе вырабатывается сигнал. Для согласования выходного сопротивления фотодиодов с нагрузкой в цепи сигналов «Север» и МАИ включены эмиттерные повторители.

Диск МАИ имеет 64 прорези и вращается с передаточным отношением 64:1, так что за оборот вращения антенны формируется $64 \times 64 = 4096$ импульсов МАИ.

В блоке применена электромеханическая система синхронизации сигнала «Север» с одним из сигналов МАИ. Для этого фотодиод сигнала «Север» включен последовательно с дополнительным фотодиодом, установленным над удлиненной частью прорези диска МАИ. При совпадении прорези диска «Север» с удлиненной прорезью диска МАИ формируется сигнал «Север», являющийся началом отсчета азимута.

Сигналы «Север» и МАИ поступают на устройство формирования меток азимута и специальных режимов блока хронизации 39УФ02.

Синусно-косинусные машины СК-МГ предназначены для выдачи напряжения азимута на передающий шкаф радиотрансляционной линии П-11-4.

Синусная и косинусная обмотки каждого из датчиков питаются напряжениями частоты 43 Гц, поступающими от шкафа П-11-4 и сдвинутыми по фазе на 90° одно по отношению к другому. На выходе датчика грубого отсчета получается напряжение с постоянной амплитудой, а фаза его определяется углом поворота антенны РЛС. Выходное напряжение датчика точного отсчета также постоянно по амплитуде, а фаза его изменяется в 13 раз быстрее, чем напряжение датчика грубого отсчета. Эти выходные напряжения поступают на шкаф П-11-4, где преобразуются в импульсные напряжения азимута антенны.

9.3. Принципиальная схема блока ИВ-М

Принципиальная схема блока представлена на рис. 9.10.

В блоке расположена пара сельсин-датчиков (ГО и ТО) М1 и М2, которые приводятся во вращение трехфазным электродвигателем М3. Питание электродвигателя подается на контакты Ш2-4, 6, 2. Это напряжение через предохранители ПР1-Пр3 с цепями контроля их перегорания (неоновые лампы ЛЗ-Л5 и резисторы R1-R3) и переключатель В1 «Вращение вкл-выкл» подается на статорные обмотки двигателя и одновременно на трехфазный трансформатор Тр1. Со вторичной обмотки 5, 6 трансформатора снимается опорное напряжение 70 В для питания роторных обмоток сельсинов через переключатель В2 в положении «Имитация». С обмотки 7, 8 трансформатора снимается напряжение ~6,3 В для питания ламп подсвета шкал Л1, Л2.

Статорные обмотки сельсинов через переключатель В2 (в положении «Имитация») через контакты Ш2-7, 8, 9 и Ш2-18, 19, 20 соединяются со статорными обмотками сельсин-приемников блока ВД-1М и индикаторов. В режиме «Работа» напряжения статорных обмоток сельсин-датчиков блока главных датчиков подаются на контакты Ш1-7, 8, 9 и Ш1 – 18, 19, 20 и через переключатель В2 в положении «Работа» транзитом выдаются на контакты Ш2 – 7, 8, 9 и Ш2 – 18, 19, 20 и далее в блок ВД-1М и индикаторы.

В системе ССП используются однофазные серводвигатели исполнительных механизмов. Для обеспечения их вращения в них имеются две взаимно перпендикулярных обмотки: управления и возбуждения со сдвигом фаз питающих напряжений 90° . На управляющую обмотку подается усиленное в сервоусилителях УС напряжение рассогласования.

Напряжение возбуждения серводвигателей формируется из трехфазного напряжения следующим образом. Роторы сельсин-датчиков запитываются переменным напряжением фазы с. Это достигается тем, что вторичная обмотка 5-6 трехфазного трансформатора намотана на одном сердечнике с первичной обмоткой фазы с. Следовательно управляющее напряжение серводвигателей имеет фазу с. Напряжения на обмотках возбуждения (опорное напряжение) представляет собой линейное напряжение фаз а и в (рис. 9.11), которое оказывается сдвинутым по фазе относительно фазы с на 90° . Напряжения фаз а и в через предохранители Пр4, Пр5 со схемами индикации их перегорания подается через контакты Ш2-11, 13 в шкаф ДУС-4М и далее на двигатели.

9.4. Принципиальная схема блока ВД-1М

Принципиальная схема блока ВД-1М представлена на рис. 9.12.

Блок включает в себя две сельсинных группы: сельсин-приемники ГО и ТО М2 и М3 и вторичные синусно-косинусные датчики М4, М5 фазовой ССП вращения, подаваемой на передающий шкаф радиотрансляционной линии П-11-4, серводвигатель М1, узлы У1 и У2 с датчиками МАИ и Север и плату эмиттерных повторителей У3.

Двигатель имеет управляющую статорную обмотку Г1, Г2, на которую подается усиленное в сервоусилителе УС напряжение рассогласования через контакт Ш2-14, и обмотку возбуждения В1, В2, на которую подается опорное напряжение через контакт Ш2-6. Наличие опорного напряжения индицируется лампой Л2 с резистором R3. Статорные обмотки сельсин-приемников соединяются со статорными обмотками сельсин-датчиков. Напряжение рассогласования с роторов сельсинов через контакты Ш2-10 и Ш2-17 подается в блок сервоусилителя УС. Двигатель М1 через редуктор вращает роторы сельсинов М2, М3, обрабатывая угол рассогласования. Одновременно двигатель вращает роторы синусно-косинусных датчиков М4, М5. Синусная S1, S2 и косинусная С1, С2 обмотки каждого из датчиков питается напряжениями частоты 43 Гц, сдвинутыми по фазе на 90° друг по отношению к другу, поступающими от шкафа П-11-4. Выходное напряжение датчика ГО М5 постоянной амплитуды, а фаза его соответствует углу поворота антенны. Выходное напряжение датчика ТО М4 также постоянно по амплитуде, а фаза его изменяется в 13 раз быстрее, чем ГО. Эти напряжения с датчиков поступают в шкаф П-11-4, где они преобразуются в импульсные напряжения.

Узлы датчиков МАИ и Север одинаковы. Электрическая часть их содержит по две лампы накаливания Л1, Л2 и два фотодиода ПП1, ПП2. В датчике Север используется одна лампа Л1 и фотодиод ПП1. Как отмечалось выше, в диске датчика МАИ кроме 64 основных прорезей используется еще одна, синхронизирующая, поэтому в датчике МАИ используются обе пары лампа-фотодиод. Питание ламп накаливания осуществляется со вторичной обмотки трансформатора Тр1, причем, в датчике Север запитывается одна лампа. Питание фотодиодов осуществляется напряжением +12,6 В.

С диода ПП1 датчика МАИ У1 напряжение поступает на базу транзистора ПП2 платы эмиттерных повторителей У3. С его эмиттерной нагрузки R6 импульсы МАИ выдаются на выход блока и далее на блок хронизации 39УФ02. Диод ПП2 датчика МАИ соединен последовательно с диодом ПП1 датчика Север и напряжение с них поступает на базу транзистора ПП1 эмиттерного повторителя в случае совпадения напряжений одного и другого датчика. С нагрузки эмиттерного повторителя R3 импульсы Север выдаются на выход также на блок 39УФ02. На базы эмиттерных повторителей подается отрицательное напряжение – 12,6 В, удерживающее транзисторы в закрытом исходном состоянии.

9.5. Блок сервоусилителя УС

Блок УС предназначен для автоматической коммутации каналов ГО и ТО и усиления сигналов рассогласования до величины, необходимой для вращения серводвигателя. Структурная схема блока УС и графики, поясняющие его работу, представлены на рис. 9.13.

Входными напряжениями блока являются напряжения рассогласования ГО и ТО, а также опорное напряжение с блока ИВ-М. Напряжение рассогласования ТО подается на усилитель канала ТО (Л1а) через

корректирующую цепь – дифференцирующее звено, напряжение ГО – на усилитель канала ГО (Л1б) через цепь сбивки нуля. Принцип сбивки нуля поясняется графиками рис. 9.13. На графике б показано напряжение ГО при заторможенном роторе сельсин-приемника. Это напряжение принимает нулевое значение при рассогласовании 0° , 180° , 360° , причем, при переходе через нуль фаза напряжения меняется на 180° . Точка, соответствующая рассогласованию 180° , представляет собой ложный нуль (неустойчивое состояние), точки 0° , 360° – истинные нули. Напряжение ТО при заторможенном роторе (график а) имеет 36 истинных и 36 ложных нулей. Точка ложного нуля ГО в силу четности передаточного отношения каналов ТО (36:1) совпадает с истинным нулем канала ТО. Это может привести к ошибке слежения 180° . Поэтому необходимо исключение такой ситуации – сбивка нуля. Сбивка нуля производится подачей в канал ГО опорного напряжения (график в). Опорное напряжение, складываясь с напряжением ГО, приводит к смещению ложного нуля (график г). Амплитуда опорного напряжения устанавливается такой, чтобы сместить нуль на 5° (чтобы полупериоды напряжения ГО были равны 185° и 175°). За счет этого обеспечивается уход ложного нуля канала ГО от истинного нуля канала ТО. Но при этом в точке истинного нуля канала ГО будет максимальное напряжение канала ТО (график д) что приведет к невозможности согласования. Для совмещения истинных нулей каналов ГО и ТО осуществляется поворот статора сельсин-приемника точного отсчета так, чтобы истинные нули совпали.

Сигналы ГО и ТО проходят через переключатель каналов, выполненный на неоновой лампе НЛ-1, на усилитель. Первый каскад на Л2 фазоинверсный, второй, выходной каскад Л3, Л4 выполнен по двухтактной схеме. Усиленное напряжение подается на управляющую обмотку серводвигателя.

Регулировка «Рег уст.» установлена в корректирующей цепи и обеспечивает изменение фазы корректирующего напряжения. В усилителях ТО и ГО установлены регуляторы усиления каналов.

Принципиальная схема блока УС представлена на рис. 9.14.

Напряжение рассогласования канала ТО через контакт Ш1-17 поступает на вход усилителя ТО. На входе усилителя установлена дифференцирующая цепь С3, R2, С4, R3. На сетку Л1а усилителя ТО поступают сигналы точного канала через резистор R1 и сигналы дифференцирующей цепи. На входе усилителя происходит их сложение. Питание усилителя осуществляется от источника +300 В через развязывающий фильтр R7, С1 Резистор R6 – сопротивление анодной нагрузки. Резисторы R4, R5 в цепи катода обеспечивают отрицательную обратную связь. Регулировкой «Усил ТК» изменяется глубина обратной связи. Напряжение ТО с анода лампы Л1а через переходную цепь С6, R14 подается на сетку лампы Л2а усилителя.

Сигналы канала ГО поступают через контакт Ш1-10 и резистор R31 на вход усилителя ГО Л1б. На вход усилителя через трансформатор Тр2 подается опорное напряжение для сбивки нуля. Это опорное напряжение, формируемое в блоке ИВ-М, по фазе сдвинуто на 90° относительно напряжения рассогласования, а для сбивки нуля оно должно быть в фазе с ним. Для сдвига

фазы опорного напряжения на 90° используется цепь C12, R30, C13, R31. Сумма напряжений рассогласования и сбивки нуля поступает на сетку лампы Л1б усилителя ГО. Каскад выполнен по схеме, аналогичной усилителю ТО. Регулировка усиления «Усил ГК» также осуществляется изменением глубины отрицательной обратной связи потенциометром R10. С анода лампы Л1б напряжение ГО через переходную цепь C5, R12 и неоновую лампу НЛ1 подается на сетку лампы Л2а. Потенциал поджига лампы НЛ1 равен напряжению рассогласования грубого канала, соответствующему угловому рассогласованию 2-6°. Напряжение рассогласования ГО складывается с ТО на резисторах R13, R14.

В усилителе Л2а анодной нагрузкой является резистор R17, резистором R16 обеспечивается отрицательная обратная связь. Напряжение с анода лампы Л2а через переходную цепь C8, R21, R22 подается на сетку лампы Л3 выходного каскада и на сетку фазоинверсного каскада Л2б. Фазоинверсный каскад выполнен по схеме, аналогичной предыдущему усилителю, и с его нагрузки R18 через переходную цепь C7, R26 напряжение в противофазе поступает на сетку лампы Л4 выходного каскада.

Выходной каскад выполнен по схеме двухтактного усилителя на лампах Л3, Л4 – лучевых тетрадах. Анодная нагрузка каскада симметричная на трансформаторе Тр1. Через среднюю точку его первичной обмотки подается напряжение анодного питания +300 В. Резисторами R25, R28, R29 осуществляется отрицательная обратная связь. Конденсаторы C9, C11 на входах выходного каскада – интегрирующие, сглаживающие. Применение сглаживающих цепей, а также отрицательная обратная связь во всех каскадах обеспечивает высокую устойчивость усилителя. Усиленное напряжение рассогласования – управляющее напряжение, со вторичной обмотки трансформатора Тр1 через контакт Ш1-14 подается на управляющую обмотку серводвигателя. Конденсатор C10 компенсирует индуктивное сопротивление обмотки трансформатора с целью исключения сдвига фазы управляющего напряжения. Опорное напряжение на обмотку возбуждения серводвигателя подается через переключатель В1 «Мотор».

В блоке имеются контрольные гнезда Г1-1, Г1-2, Г2 для контроля выходов соответствующих усилителей, Г3, Г4 относительно Г5 – контроль напряжений выходного каскада.

10. ИНДИКАТОРНАЯ АППАРАТУРА

10.1. Назначение и общая характеристика индикаторной аппаратуры

Индикаторная аппаратура предназначена для отображения воздушной обстановки в зоне обнаружения РЛС, измерения плоскостных координат целей – азимута и дальности и определения государственной принадлежности обнаруженных объектов.

В состав индикаторной аппаратуры входят два шкафа индикаторов: ИКО-2М и ДУС-4М. Для отображения воздушной обстановки используются индикаторы кругового обзора (ИКО) с радиально-круговой разверткой и яркостной отметкой сигналов на экране электронно-лучевой трубки.

Радиально-круговая развертка формируется путем механического вращения отклоняющей катушки, которая формирует радиальную развертку от центра к краю экрана трубки.

На экранах ИКО отображаются отметки целей, опознавания, активного ответа, масштабные отметки дальности с градацией 10 км и 50 км, масштабные отметки азимута с градацией 5° и 30° . Измерение координат целей осуществляется визуально путем интерполяции середины отметок целей относительно масштабных отметок.

Каждый индикаторный шкаф включает в себя блоки, обеспечивающие работу ИКО (рис.10.1):

блок трубки индикатора ТИ-1М,

блок смешивания и усиления сигналов ВС-3М,

блок развертки дальности РД-2М,

блок задержки начала развертки ЗР-3М,

блок сервоусилителя УС,

блок формирования комплексного эхо-сигнала и напряжения +300 В БП-300-2,

блоки питания БП-200, БП-150 и БП-7,

блок управления питанием УПТ-2.

Индикаторный шкаф ИКО-2М является рабочим местом оператора РЛС, осуществляющего обнаружение и проводку целей, а шкаф ДУС-4М используется для технического управления работой РЛС и является рабочим местом начальника РЛС или начальника смены. Поэтому, в отличие от шкафа ИКО-2М, в шкафу ДУС-4М установлена панель дистанционного управления РЛС ПДУ-4М. С ПДУ-4М осуществляется дистанционное управление и контроль всех основных устройств и систем РЛС. Наличие в шкафу ДУС-4М индикатора кругового обзора позволяет оперативно производить выбор режимов работы отдельных устройств и систем и РЛС в целом.

Масштабы индикаторов:

в режимах редкого запуска РІ и РІІ – 100, 200 и 350 км,

в режиме частого запуска Ч – 100 и 170 км.

ИКО могут работать в одном из трех режимов обзора – круговом, кольцевом и секторном (рис. 10.2). В режиме кругового обзора формируется

радиально-круговая развертка от нуля в центре экрана электронно-лучевой трубки до дальности соответственно установленному масштабу $D_{\text{масш}}$ к краю экрана. В кольцевом режиме обеспечивается радиально-круговая развертка с задержкой ее начала $D_{\text{зад}}$. Задержка начала развертки может изменяться дискретно через 10 км в следующих пределах:

- в режиме РІ от 40 до 350 км,
- в режиме РП от 50 до 370 км,
- в режиме Ч от 30 до 90 км.

В секторном режиме осуществляется смещение начала развертки от центра в любую точку экрана электронно-лучевой трубки.

В кольцевом и секторном режимах обеспечивается повышение точности и разрешающей способности по дальности на больших дальностях за счет использования укрупненных масштабов. Недостатком кольцевого режима является искаженное представление о взаимном расположении целей и искажение трасс полета целей, а также определенное неудобство в отсчете дальности целей. В силу этого кольцевой режим неприменим при обеспечении наведения истребителей на цели по экрану индикатора.

Диаметр яркостного пятна при оптимальной фокусировке луча равна 1мм. Рабочая развертка от центра к краю экрана составляет 125-150мм.

Основные требования к индикаторной аппаратуре.

1. Обеспечение эффективного некогерентного накопления сигналов. Она достигается применением электронно-лучевой трубки с длительным послесвечением и приводит к повышению вероятности обнаружения. Скорость вращения развертки должна быть такой, чтобы отметки на экране наблюдались в виде сплошных черточек. При большой скорости отметка рассыпается на отдельные точки, эффект накопления снижается. Лучшее накопление будет при скорости вращения развертки 3 об/мин. При этом должно быть обеспечено оптимальное значение яркости и фокусирования луча.

2. Обеспечение требуемой точности и разрешающей способности по координатам. Повышению точности и разрешающей способности способствуют наилучшая фокусировка луча, рациональный выбор масштаба индикатора, а также условия работы оператора (затемнение помещения, степень усталости оператора и т.п.) Наилучшая разрешающая способность по дальности имеет место на крупном масштабе (100 км). Для повышения точности и разрешающей способности используются секторный и кольцевой режимы. В секторном режиме – за счет растяжения развертки на весь диаметр экрана, в кольцевом – за счет просмотра участка пространства в укрупненном масштабе.

3. Наглядность и полнота отображения воздушной обстановки. Наглядность обеспечивается применением индикатора кругового обзора. При этом осуществляется обзор относительно точки стояния РЛС. В этом режиме обеспечивается и полнота отображения – отображается все пространство, определяемое зоной обнаружения РЛС. В режиме кольцевого обзора искажается пространственное расположение целей, ухудшается наглядность отображения, исключается также полнота отображения, отображается только

часть пространства зоны обнаружения. В секторном режиме обзора сохраняется наглядность отображения, но воздушное пространство отображается неполностью, только в пределах выбранного сектора.

4. Достаточно большой динамический диапазон индикаторов. Он определяется степенью градации яркости отображаемых сигналов. При этом по яркости отметки можно оценивать эффективную отражающую поверхность цели. При малом динамическом диапазоне все сигналы будут иметь яркие отметки, а при уменьшении усиления тракта могут быть потеряны слабые сигналы. Динамический диапазон индикаторов с яркостной отметкой мал (10-12 дБ). Поэтому, чтобы уравнивать сигналы по интенсивности (чтобы они не превышали динамического диапазона индикатора), необходимо согласование динамических диапазонов приемного тракта и индикаторов. Это согласование обеспечивается схемой ШАРУ в приемном тракте.

10.2. Структурная схема шкафа ИКО-2М

Принципы функционирования индикаторного устройства рассмотрим по структурной схеме шкафа ИКО-2М, представленной на рис.10.3. С целью пояснения принципа работы ИКО блок трубки индикатора ТИ-1М раскрыт более подробно.

В структурной схеме ИКО можно выделить следующие тракты:
электронно-лучевая трубка с отклоняющей системой,
тракт формирования развертки дальности,
тракт видеосигналов,
тракт формирования развертки азимута.

Отображение радиолокационной информации осуществляется на экране электронно-лучевой трубки. В индикаторах используется электронно-лучевая трубка типа 31ЛМ32Б.

Питание трубки осуществляется напряжением +500В на первый анод от выпрямителя в блоке ТИ-1М и напряжением +7,1 кВ на второй анод от блока питания БП-7.

Для отклонения электронного луча и вращения его по азимуту применена отклоняющая система, в которую входят отклоняющая катушка и катушка смещения центра. С помощью синхронно-следящей передачи (ССП) вращения антенны отклоняющая катушка вращается вокруг горловины трубки, обеспечивая вращение электронного луча синхронно и синфазно с вращением антенны.

Катушка смещения центра предназначена для смещения начала развертки из центра экрана в секторном режиме работы индикатора. Катушка смещения включена в анодные цепи двух ламп каскада смещения центра. При изменении напряжения на управляющих сетках ламп ручкой «Смещение по дальности» изменяется их анодный ток, следовательно, изменяется результирующее магнитное поле катушки, вызывая смещение луча по радиусу (по дальности). Смещение начала развертки по окружности (по азимуту) осуществляется

механическим вращением катушки смещения вокруг оси трубки с помощью ручки «Смещение по азимуту».

Фокусировка электронного луча осуществляется фокусирующей катушкой, управляемой каскадом фокусировки с помощью регулировки «Фокус».

Видеосигналы для яркостного отображения положительной полярности подаются на управляющий электрод трубки. При отсутствии видеосигналов электронно-лучевая трубка заперта положительным напряжением на катоде, подаваемым от выпрямителя +500 В. Потенциометрической схемой регулировки яркости (регулировкой «Яркость») изменяется величина этого напряжения.

Тракт формирования развертки дальности предназначен для создания пилообразного тока в отклоняющей катушке, осуществляющего отклонение луча от центра к краю экрана. Он включает в себя блок задержки начала развертки ЗР-3М и блок развертки дальности РД-2М.

С приходом импульса «Зап III» от устройства хронизации в блоке ЗР-3М формируется импульс, подаваемый на блок РД-2М. При этом возможны два режима формирования импульса блоком ЗР-3М, соответствующих режиму кругового и кольцевого обзора ИКО. В режиме кругового обзора импульс с блока ЗР-3М совпадает во времени с импульсом «Зап III». В режиме кольцевого обзора в блоке ЗР-3М включается схема задержки и формируется задержанный импульс запуска. Задержка его осуществляется дискретно через 10 км. Для обеспечения дискретной задержки на блок ЗР-3М от устройства хронизации поступают отметки дальности 10 и 50 км.

В блоке ЗР-3М расположен также контрольный осциллограф. На него для контроля подаются все входные видеосигналы.

В блоке РД-2М в каждом периоде следования формируется пилообразное напряжение. Это напряжение управляет выходным каскадом, создающим пилообразный импульс тока в отклоняющей катушке. Кроме того, для обеспечения прохождения видеосигналов на электронно-лучевую трубку во время прямого хода развертки в блоке РД-2М формируется отрицательный прямоугольный импульс засвета по дальности. Этим импульсом осуществляется коммутация входа видеоусилителя блока ВС-3М.

Тракт видеосигналов предназначен для смешивания, усиления и управления входными видеосигналами и включает в себя блок смешивания и усиления видеосигналов ВС-3М и блок формирования комплексных эхосигналов и напряжения +300 В БП-300-2.

На вход блока ВС-3М поступают:

замешанные видеосигналы приемных каналов ЭА, ЭК, ЭИ-II,
сигналы активного ответа и опознавания,
масштабные отметки дальности 10 и 50 км,
масштабные отметки азимута 5° и 30° .

На ИКО шкафа ДУС-4М, кроме этого, поступают сигналы $\mathcal{E}_{\text{контр}}$.

Поступающие на вход блока ВС-3М видеосигналы ЭА и ЭК после коммутации в блоке подаются на блок БП-300-2. В блоке БП-300-2 эти видеосигналы стробируются по дистанции так, что на первой части дистанции

проходят сигналы ЭК, на второй – сигналы ЭА. Эти сигналы по цепи ЭАК подаются в блок ВС-3М. В блоке ВС-3М сигналы ЭАК вместе с остальными видеосигналами усиливаются до амплитуды, достаточной для модуляции луча трубки. Кроме того, для визуального различия на индикаторе границы стробируемой зоны сигналов когерентных и амплитудных каналов в блоке БП-300-2 вырабатывается импульс засвета границы зон, который по цепи ЭАК также подается в блок ВС-3М. Управление зоной действия сигналов когерентных и амплитудных каналов осуществляется в блоке ТИ-1М регулятором «Строб. дист».

Тракт формирования развертки азимута обеспечивает синхронное с антенной вращение развертки дальности. Он включает в себя блок УС и блок БСМ-06, входящий в состав блока ТИ-1М. Вращение развертки дальности по азимуту синхронно и синфазно с вращением антенны осуществляется путем механического вращения отклоняющей катушки ИКО. Для этого на приемные сельсины блока БСМ-06 подается напряжение системы ССП частоты 50 Гц грубого и точного отсчета с передаточным отношением 1:1 и 36:1 соответственно.

Напряжения рассогласования грубого и точного каналов подаются в блок УС, где преобразуются в управляющее напряжение и после усиления поступает на управляющую обмотку исполнительного двигателя. На обмотку возбуждения исполнительного двигателя подается опорное напряжение через выключатель на блоке УС, что позволяет осуществить остановку вращения развертки непосредственно со шкафа ИКО-2М.

Рассмотрим принципы функционирования основных блоков индикаторной аппаратуры.

10.3. Блок смешивания и усиления видеосигналов ВС-3М

Блок ВС-3М предназначен для смешивания (объединения) в единый сигнал всех видеосигналов, отображаемых на экране ИКО, их усиления и подачи на управляющий электрод электронно-лучевой трубки.

Функциональная схема блока представлена на рис.10.4. В состав блока входят:

- входные делители и схема коммутации,
- двухкаскадный широкополосный видеоусилитель,
- катодный повторитель,
- каскад бланкирования.

На вход блока поступают эхо-сигналы ЭА, ЭК, и $\text{Э}_{\text{контр}}$ с аппаратуры ЦСДЦ, ЭИ-П от устройства объединения и коммутации эхо-сигналов блока 39УФ02, сигналы опознавания ОП и активного ответа АО, а также масштабные отметки дальности 10 и 50 км и азимута ОА 5^0 и 30^0 .

На входе каждого канала, за исключением каналов ЭАК и ОП установлен выключатель данного сигнала. Все сигналы, кроме сигналов ЭА и ЭК объединяются на общей нагрузке R12 и по общему каналу подаются на вход усилителя. Сигналы ЭА и ЭК поступают на выход блока для формирования

сигнала ЭАК в блоке БП-300-2. С блока БП-300-2 сигналы ЭАК поступают на вход блока и замешиваются со всеми сигналами.

Широкополосный усилитель имеет два каскада усиления. Общая регулировка усиления сигналов осуществляется в первом каскаде потенциометром «Усиление». Регулировка усиления масштабных отметок потенциометром R13 позволяет изменять амплитуду импульсов масштабных отметок относительно других видеосигналов. Регулировка ограничения, осуществляемая во втором каскаде усилителя, предназначена для исключения дефокусировки луча на экране индикатора при поступлении на вход блока сигналов большой амплитуды.

Катодный повторитель обеспечивает согласование выхода блока с малым сопротивлением выходного коаксиального кабеля.

С целью отображения видеосигналов только на прямом ходе развертки дальности используется каскад бланкирования, на который поступают отрицательные импульсы засвета дальности с блока развертки дальности РД-2М. На время положительного импульса на выходе каскада бланкирования открывается диод Д2 и обеспечивается прохождение видеосигналов на вход усилителя. Вне импульса засвета отрицательным напряжением диод закрыт, и видеосигналы на усилитель не проходят.

На рис. 10.5 представлена принципиальная схема блока ВС-3М.

Входные видеосигналы поступают через контакты Ш2-8, 16 и Ш1-5, 20, 18, 7, 9, 11. Каждый из сигналов подается через делитель напряжения. Необходимость делителей связана с тем, что на общую нагрузку подключено несколько сигналов. С помощью делителей ослабляются сигналы с целью уменьшения взаимного влияния (развязки) выходов всех устройств, с которых подаются сигналы.

Выключение каждого из сигналов с помощью тумблеров В1, В3, В5, В7, В8, В9, В4 заключается в подключении данного сигнала на корпус. Подключение на корпус осуществляется через резисторы R3, R7, R14, R18, R20, R22, R62, представляющие согласованные нагрузки для выходов устройств. Сигналы ЭА и ЭК через контакты Ш2-11 и Ш1-13 выдаются на блок БП-300-2 и возвращаются сигналы ЭАК через контакт Ш1-11. Замешанные сигналы с общей точки (резистор R12) через диод Д2 и потенциометр R27 «Усиление» поступают на сетку лампы Л1 первого каскада усиления. Масштабные отметки азимута и дальности поступают через потенциометр R13 «Усил.масшт.отм». Диод Д1 предназначен для подачи только положительных видеосигналов.

Усиление сигналов осуществляется двухкаскадным услителем на лампах Л1, Л2. Питание каскадов осуществляется напряжением +200В. Цепь R29, R30, С1 – развязывающий фильтр. Параллельно соединенные резисторы R31, R32 являются сопротивлением анодной нагрузки первого каскада. Цепь R33, RC2 – цепь автосмещения. Питание экранной сетки лампы Л1 осуществляется через гасящий резистор R34, заблокированный по переменной составляющей конденсатором С4.

Через переходную цепь С3, R35 сигналы с выхода первого каскада поступают на второй каскад. Анодной нагрузкой его являются резисторы R37 -

R40. Цепь R41, C5 обеспечивает автосмещение. Питание экранной сетки лампы осуществляется делителем напряжения R42 - R45, заблокированным емкостью C7. Регулировкой потенциометра R44 «Огранич» изменяется напряжение на экранной сетке, а следовательно, ее ток, осуществляется перераспределение анодного тока и тока экранной сетки. При увеличении тока сетки уменьшается анодный ток, что приводит к уменьшению усиления каскада, т.е. к ограничению амплитуды сигналов. Лампы Л2 и Л3 типа 6П9 имеют металлический баллон, поэтому вместе с третьей сеткой на корпус соединяется и баллон.

С выхода лампы Л2 через переходную цепь C6, R47 сигналы поступают на сетку лампы Л3 катодного повторителя. Для обеспечения быстрого восстановления конденсатора C6 параллельно резистору R47 включен диод, выполненный на триоде Л4а в диодном включении. Катодный повторитель Л3 питается от источника +300В. Резисторы R49, R50 – анодная нагрузка, резисторы R53, R54 – гасящие в цепи экранной сетки лампы. Катодной нагрузкой каскада являются резисторы R51, R52, с которой усиленные сигналы поступают на выход блока (контакт Ш2-20) на электронно-лучевую трубку. К резистору R52 подключено гнездо Гн3 контроля выходных сигналов.

Каскад бланкирования выполнен на лампе Л4б. Питание каскада осуществляется напряжением –150 В, подаваемым в катод лампы. В исходном состоянии напряжение на сетке лампы равно нулю, лампа открыта и ее ток протекает по цепи: корпус – резисторы R25, R24 – анод-катод лампы – источник – 150 В. На резисторе R25 создается падение напряжения минусом к аноду диода Д2. Диод закрыт и не пропускает объединенный сигнал на вход усилителя. Отрицательный импульс засвета через контакт Ш1-17 и переходную цепь C8, R57 подается на сетку лампы Л4б, закрывая ее. Ток через лампу не протекает, падение напряжения на резисторе R25 отсутствует, диод Д2 открыт, обеспечивая прохождение сигналов на усилитель.

Регулировка усиления усилителя осуществляется изменением отрицательного напряжения на сетке лампы Л1, которое подается от источника – 150 В на делитель R26, R27. Трансформатор Тр1 обеспечивает питание накальных цепей ламп. Цепь R55, R56 – измерительная с выходом на гнездо Гн3. В гнезде Гн3 контролируется импульс засвета.

10.4. Блок развертки дальности РД-2М

Блок РД-2М предназначен для формирования:

тока пилообразной формы для питания отклоняющей катушки индикатора, импульса засвета дальности для бланкирования видеосигналов блока ВС-3М на обратном ходе развертки, импульса срыва для ограничения длительности импульса кipp-реле блока БП-300-2.

Блок вырабатывает в режимах «Редкий I», «Редкий II» и «Частый» пилообразный ток, длительность которого регулируется (в километрах масштабной шкалы) в следующих пределах:

длительность I– 150-250км.

длительность II-III – 270-350км.

Длина развертки регулируется на разных масштабах от одного до двух радиусов экрана трубки.

Блок вырабатывает импульс засвета дальности амплитудой не менее 30В и импульс срыва амплитудой 10 В и длительностью 10 мкс.

Структурная схема блока представлена на рис.10.6. В состав блока входят: генератор пилообразного напряжения, двухкаскадный усилитель напряжения, усилитель мощности, схема формирования импульсов засвета дальности и срыва, коммутатор «Редкий-Частый».

Генератор пилообразного напряжения представляет собой ждущий мультивибратор с зарядным конденсатором. Мультивибратор запускается импульсами запуска, поступающими с блока задержки развертки ЗР-ЗМ. Зарядной цепью конденсатора определяется длительность пилообразного напряжения.

На передней панели блока имеется переключатель «Масштаб» на три положения: I, II и III (рис. 10.7), обеспечивающий переключение масштабов индикатора в соответствии с таблицей. При переключении масштабов коммутируются зарядные конденсаторы. Длительность развертки (уровень напряжения заряда конденсатора) осуществляется регулировками «Длит I» в положении переключателя «Масштаб» I и «Длит II-III» в других положениях переключателя (рис. 10.8).

Пилообразное напряжение усиливается в двухкаскадном усилителе Л2 и далее подается на усилитель мощности (Л3, Л4). В анодах ламп усилителя включена отклоняющая катушка и пилообразное напряжение преобразовывается в пилообразный ток, который протекает через отклоняющую катушку. В усилителе мощности установлены регулировки «Масштаб», с помощью которых осуществляется изменение скорости нарастания пилообразного напряжения, т.е. устанавливаются значения максимальной дальности (масштаб) индикатора. Регулировкой «Масшт I» осуществляется установка максимальной дальности на масштабе 100км в редком и частом запуске, регулировкой «Масшт II» – на масштабе 200 км в редком запуске, «Масшт III» - на масштабе 350 км в редком запуске и «Масшт VI» - на масштабе 170 км в частом запуске (рис.10.8).

С целью повышения линейности пилообразного напряжения используется обратная связь.

Для повышения линейности пилообразного тока развертки в начале дистанции предусмотрена коррекция начала развертки. Вследствие большого индуктивного сопротивления отклоняющей катушки (большой инерционности) нарастание тока в начале дистанции будет медленным, т.е. начальный участок пилообразного тока будет нелинейным (пунктир на рис. 10.9). Для его линеаризации напряжение развертки формируется с пьедесталом

(трапецеидальное напряжение рис. 10.9). Величина пьедестала устанавливается регулировкой «Корр. начала».

Отрицательный импульс прямоугольной формы, вырабатываемый мультивибратором во время прямого хода пилообразного напряжения, используется в качестве импульса засвета дальности. Импульс срыва формируется из заднего фронта импульса засвета дальности дифференцирующей цепью CR.

Коммутатор «Редкий-Частый» обеспечивает автоматический перевод блока из режима «Редкий I – Редкий II» в режим «Частый».

Принципиальная схема блока РД-2М представлена на рис. 10.10.

На лампе Л1 выполнен генератор пилообразного напряжения. Он представляет собой ждущий мультивибратор с зарядной емкостью, с катодной связью (резисторы R8, R9, R10 в общей цепи катодов лампы).

Питание генератора осуществляется напряжением +200 В. Резисторы R6, R7 являются анодными нагрузками ламп. В исходном состоянии лампа Л1а закрыта напряжением -150 В, подаваемым через резистор R5 на сетку лампы, а лампа Л1б открыта положительным напряжением на ее сетке, подаваемым от источника +200 В через диод Д1 и резисторы R11, R12. Напряжение на сетке Л1б небольшое положительное. Зарядным является конденсатор С3 в положении I переключателя В1а либо С4 в положениях II и III переключателя. Т.к напряжение на сетке лампы Л1б близко к нулю, конденсатор не заряжен.

Импульс запуска от блока ЗР-ЗМ (задержанный или незадержанный) через контакт Ш1-10 и цепь С1, R3 подается в общий катод ламп. Это напряжение минусом прикладывается к сетке лампы Л1б, прикрывая лампу. Напряжение на ее аноде повышается. Это напряжение через цепь положительной обратной связи R4, С2 передается на сетку лампы Л1а, начиная открывать ее, через лампу Л1а начинает протекать ток, создавая на резисторах R8, R9 (R10) напряжение, минусом прикладываемое к сетке лампы Л1б. Лампа еще больше прикрывается и лавинообразный процесс приводит к закрыванию лампы Л1б и открыванию Л1а. Зарядный конденсатор заряжается по цепи: источник +200 В, диод Д1, резисторы R11, R12, конденсатор С3 (С4), резистор R13, корпус. Напряжение на его обкладках увеличивается и по достижению этим напряжением потенциала открывания лампы Л1б U_{co} (рис. 10.11). Лампа открывается и в результате обратного лавинообразного процесса схема переходит в исходное состояние. Зарядный конденсатор разряжается сеточным током лампы Л1б по цепи: конденсатор С3 (С4), сетка-катод лампы, резисторы R8, R9 (R10), контакты переключателя В1а, диод Д3, нижняя обкладка конденсатора. Для ускорения разряда конденсатора включен диод Д3.

В цепи катода установлены резисторы R9 «Длит. I» и R10 «Длит. II, III». Этими регулировками изменяется напряжение в катодах ламп, а следовательно, величина отрицательного напряжения на сетке лампы Л1б, когда Л1а открыта. На рис. 10.11 показано, что при той же постоянной времени заряда конденсатора длительность импульса в результате увеличения этого напряжения увеличится. Потенциометр R13 «Корр. начала», включенный

последовательно с зарядным конденсатором, формирует пьедестал трапецеидального напряжения развертки.

С анода лампы Л1а снимается отрицательный импульс засвета, выдаваемый через контакт Ш1-17 на блок ВС-3М. Этот импульс выделяется на резисторах R1, R2, часть его снимается на гнездо контроля Г1. Этот импульс дифференцируется цепью C15, R44 и в качестве импульса срыва выдается на блок БП-300-2 через диод Д4, который отсекает отрицательный дифференцированный импульс. Амплитуда импульса засвета порядка 30 В. Импульс срыва имеет амплитуду порядка 10 В, длительность 10 мкс.

Напряжение с зарядного конденсатора подается на сетку лампы Л2а через цепь C9, R14. Резистор R16 – сопротивление анодной нагрузки каскада. Через переходную цепь R18, C10 импульсы поступают на сетку лампы Л2б второго каскада усиления, анодной нагрузкой которого является резистор R17. С анода лампы Л2б импульсы через переходную цепь C11, R19, R20 подаются на вход усилителя мощности. Диод Д2 предназначен для ускорения разряда переходной емкости C11.

Выходной каскад выполнен на двух параллельно включенных лампах Л3, Л4. Резисторы R22, R32 обеспечивают развязку ламп по цепям сетки. В исходном состоянии каскад закрыт напряжением -150В с делителя R20, R21, заблокированного емкостью C12. В аноды ламп включена отклоняющая катушка блока трубки ТИ-1М через контакт Ш1-11. Параллельно катушке включен резистор R24, предназначенный для гашения собственных колебаний в катушке. Эти колебания могут возникать в контуре, составленном индуктивностью катушки и ее межвитковой емкостью. Цепи экранных сеток питаются через гасящий резистор R43 с блокировочной емкостью C14 и развязывающие резисторы R23, R26 от источника $+300\text{В}$ через блок ТИ-1М (контакт Ш1-1). При вытаскивании блока ТИ-1М разрывается цепь питания анодов ламп усилителя мощности, анодный ток отсутствует. Если оставить питание экранных сеток, ток их будет увеличиваться, что может привести к выходу из строя ламп. Поэтому при вытаскивании блока ТИ-1М одновременно с разрывом анодной цепи выходного каскада снимается и питание экранных сеток.

Для повышения линейности пилообразного напряжения с катода усилителя мощности создается обратная связь через цепь C8, R36, R37. Чтобы обеспечить линейность нарастания напряжения, необходимо, чтобы ток заряда зарядной емкости был постоянным (а не экспоненциальным). Конденсатор C8 имеет большую емкость (примерно в 100 раз больше накопительной емкости). Он в течение нескольких периодов заряжается и когда лампа Л1б закрыта, разряжается через резисторы R11, R12 и зарядный конденсатор C3 (C4). Т.к. емкость его велика, он успевает разрядиться незначительно, ток его заряда практически постоянный. Во время обратного хода пилообразного напряжения конденсатор C8 дозаряжается до напряжения $+200\text{В}$ через диод Д1.

Для корректировки формы пилообразного напряжения используется дополнительная отрицательная обратная связь через резисторы R36, R37. На них выдается пилообразное напряжение противоположной полярности,

дополнительно линеаризируя его. С катодов лампы выходного каскада (с резисторов R27, R28) отрицательная обратная связь подается в каскад лампы Л2а усилителя. Основным ее назначением является повышение устойчивости работы усилителя.

В катодах ламп выходного каскада установлены потенциометры R29, R30, R31, R42, с помощью которых регулируется ток ламп каскада, приводящий к изменению скорости его нарастания в отклоняющей катушке. Контроль выходного пилообразного напряжения осуществляется в гнезде Г2.

На реле Р1 подается питание при включении частого запуска на пульте ПДУ-4М.

10.5. Блок задержки начала развертки ЗР-3М

Блок ЗР-3М предназначен для формирования импульсов запуска, задержанных относительно импульсов запуска с устройства хронизации, а также для контроля видеосигналов, поступающих на индикаторную аппаратуру и внешних сигналов.

Задержка импульсов запуска в блоке осуществляется дискретно через 10 км. в следующих пределах: в режиме «Редкий I» 40-350 км, «Редкий II» 50-370 км, «Частый» 30-90 км. При выключенной задержке блок формирует импульсы запуска, совпадающие во времени с входными импульсами запуска.

Структурная схема блока представлена на рис.10.12. В состав блока входят: схема переключения режимов запуска, генератор пилообразного напряжения, парафазный усилитель, электронное реле уровня, лампа синхронизации, блокинг-генератор, стабилизирующая схема, схема установки величины задержки, схема объединения, усилитель вертикального отклонения, электронно-лучевая трубка со схемой питания.

Работу блока рассмотрим по временным графикам (рис.10.13).

На вход блока поступают импульсы «Зап III» от устройства хронизации (рис.10.13 а). Импульсы запуска управляют генератором пилообразного напряжения, представляющим собой ждущий мультивибратор с зарядным конденсатором. Конец пилообразного напряжения в режимах редкого запуска соответствует дальности 400 км, начало примерно 10 км, а различные уровни пилообразного напряжения – дальностям от 10 до 400 км (рис.10.13 б).

Это напряжение усиливается парафазным усилителем. Для повышения линейности пилообразного напряжения на зарядный конденсатор подается обратная связь с усилителя.

Разнополярные пилообразные напряжения с выходов усилителя подаются на горизонтально-отклоняющие пластины электронно-лучевой трубки осциллографа.

Пилообразное напряжение является также задающим для электронного реле уровня, которое в зависимости от установки ручки задержки переключается на различных уровнях пилообразного напряжения (пунктир на рис.10.13 б), т.е. при различных дальностях. По достижении пилообразным напряжением напряжения со схемы установки величины задержки электронное реле уровня вырабатывает отрицательный прямоугольный импульс (рис.10.13в), начало которого соответствует установленной дальности.

Этот импульс дифференцируется (рис.10.13 г), и отрицательный дифференцированный импульс поступает на катод лампы синхронизации. На сетку этой лампы поступают импульсы 10 и 50 км отметок дальности (рис.10.13д). При совпадении импульса 10 км отметки с дифференцированным импульсом в аноде синхронизирующей лампы появляется импульс, запускающий ждущий блокинг-генератор.

Блокинг-генератор вырабатывает при этом задержанный импульс запуска, соответствующий установленной дальности и совпадающий с 10 км отметками (рис. 10.13 е). Для исключения синхронизации попеременно двумя соседними 10-км отметками применена специальная стабилизирующая схема.

При включенной задержке на выход блока поступает импульс запуска «Зап. III» без задержки.

Величина задержки считывается по экрану электронно-лучевой трубки. Для этого переключатель контроля должен быть установлен в положении КЗ (контроль задержки). При этом на усилитель вертикального отклонения осциллографа поступают 10 и 50 км отметки дальности и выходной импульс блокинг-генератора, объединенные в схеме объединения.

В других положениях переключателя контроля на осциллограф подаются контролируемые видеосигналы: ЭА, ЭК, Э_{контр}, АО, ОП, а также другие сигналы, подключенные к гнезду осциллографа Г5 в положении переключателя «Вн».

Постоянные напряжения для питания электронно-лучевой трубки вырабатываются специальным выпрямителем, находящимся в самом блоке.

В блоке имеются следующие регулировки: «Уст. задержки» предназначенная для установки необходимой величины задержки, «Уст. 90» для ограничения величины задержки 90 километрами в режиме «Частый», регулировки «Ярк.» и «Фок.» луча электронно-лучевой трубки.

Принципиальная схема блока ЗР-ЗМ представлена на рис. 10.14. Она включает в себя генератор пилообразного напряжения Л1, парафазный усилитель Л2, электронное реле уровня (ЭРУ) Л3, лампу синхронизации Л4а, блокинг-генератор Л4б, усилитель вертикального отклонения Л5 и электронно-лучевую трубку (ЭЛТ) Л6.

Генератор пилообразного напряжения выполнен на ждущем мультивибраторе с катодной связью и с зарядным конденсатором С2. Общей катодной нагрузкой ламп мультивибратора являются резисторы R5 (R56), R6.

Питание ламп осуществляется напряжением +200 В. Анодные нагрузки ламп – резисторы R3, R4. В исходном состоянии лампа Л1б открыта положительным напряжением от источника +200 В через цепь R13, R7. Током открытой лампы Л1б создается падение напряжения на катодном сопротивлении, которое минусом приложено к сетке лампы Л1а, удерживая ее в закрытом состоянии. Зарядный конденсатор, включенный между сеткой и катодом лампы Л1б, не заряжен, т.к. потенциал ее сетки относительно катода близок к нулю.

Положительный импульс запуска «Зап III» с контакта Ш1-18 подается на катоды ламп. К сетке лампы Л1б он приложен минусом, прикрывая ее. Потенциал анода лампы увеличивается и передается на сетку лампы Л1а через цепь положительной обратной связи С1, R1. Лампа открывается, через нее протекает ток, создавая на катодном сопротивлении R5 (R56), R6 напряжение, минусом приложенное к сетке лампы Л1б, закрывая ее, и в результате лавинообразного процесса лампа Л1б полностью закрывается, лампа Л1а полностью открывается. Конденсатор С2 начинает заряжаться по цепи: +200 В, резисторы R13, R7, конденсатор С2, резисторы R5, R6, корпус, формируя пилообразное напряжение. Для повышения линейности последнего заряд емкости осуществляется с участием напряжения с анода лампы Л2б, т.е. осуществляется отрицательная обратная связь.

Пилообразное напряжение поступает на сетку лампы Л2а парафазного усилителя. Кроме того, с анода лампы Л1а снимается отрицательный прямоугольный импульс, который через переходной конденсатор С24 подается на катод ЭЛТ в качестве импульса подсвета прямого хода развертки.

Парафазный усилитель с катодной связью, с общим катодным резистором R11. Через резисторы R15, R17, заблокированные конденсатором С4 пилообразное напряжение подается на сетку лампы Л2б. Таким образом, на выходах парафазного усилителя Л2а и Л2б (анодных нагрузках R12 и R13, R14) выделяются пилообразные напряжения противоположной полярности. Эти напряжения поступают на горизонтально отклоняющие пластины 9, 10 ЭЛТ. Цепь R10, С3 является корректирующей, с помощью нее в усилителе образуется отрицательная обратная связь.

С анода лампы Л2б пилообразное напряжение снимается через делитель R18, R19 и R20 при редком или R62, R63 при частом запуске на вход ЭРУ (лампа Л3). Делитель включен между источниками +200 В и –150 В. Принцип регулирования уровня напряжения на входе ЭРУ поясняется рис. 10.15. Амплитуда пилообразного напряжения порядка 60 В, пределы регулировки потенциометром R19 составляют ± 30 В. Таким образом, если принять за уровень срабатывания ЭРУ верхний предел регулирования R19, то в нижнем положении движка потенциометра R19 уровень срабатывания ЭРУ при максимуме пилообразного напряжения, а в верхнем на уровне нуля пилообразного напряжения. Таким образом, регулировкой R19 «Уст.задерж» изменяется уровень срабатывания ЭРУ. Потенциометром R62 устанавливается максимальный предел задержки запуска 90 км в режиме частого запуска.

Электронное реле уровня выполнено по схеме триггера уровня с катодной связью. Цепь R24, R25 – катодная нагрузка. Элементы C10, R27 – цепь положительной обратной связи.

В исходном состоянии лампа ЛЗб открыта напряжением от источника +200В, подаваемым на сетку лампы через резисторы R23, R27. В катоде имеет место напряжение положительной полярности. Катод лампы ЛЗа подключен к источнику – 150 В через резистор R22, поэтому диоды Д2, Д3 открыты, общая катодная нагрузка подключена к лампе ЛЗа и отрицательным напряжением, подаваемым с катода на сетку лампы ЛЗа она закрыта. Конденсатор C10 заряжен примерно до значения анодного напряжения.

По достижению уровня пилообразного напряжения, равного напряжению открывания лампы ЛЗа происходит переход схемы во второе состояние. Лампа ЛЗа открывается, напряжение на ее катоде повышается, а на аноде понижается. Пониженное анодное напряжение передается через цепь C10, R27 на сетку лампы ЛЗб, лампа прикрывается. Происходит лавинообразный процесс установки схемы во второе, неустойчивое состояние. Вследствие уменьшения напряжения на катоде лампы ЛЗб и увеличения напряжения на катоде лампы ЛЗа диоды Д2, Д3 закрываются, катоды ламп ЛЗа и ЛЗб отсоединяются друг от друга. При спаде пилообразного напряжения до потенциала запирающей лампы ЛЗа она запирается, лампа ЛЗб открывается, схема переходит в исходное состояние. Таким образом, возврат в исходное состояние осуществляется на обратном ходе развертки (рис. 10.13 а). При этом в катоде лампы ЛЗб формируется отрицательный прямоугольный импульс, начало которого соответствует выбранной задержке дальности.

Возврат в исходное состояние ЭРУ происходит при более низком уровне напряжения, чем начальный переброс. Это может привести к тому, что при небольших задержках, когда переброс происходит при низких уровнях пилообразного напряжения, возврат в исходное состояние становится невозможным и работа ЭРУ нарушается. Для повышения уровня обратного срабатывания включен конденсатор C8, который во время прямого хода заряжается и при обратном ходе на катоде лампы ЛЗа создается некоторое напряжение, которое вызовет запирающую лампу при более высоком уровне напряжения, чем напряжение отпирающей.

Отрицательный импульс ЭРУ дифференцируется цепью C11, R29. Дифференцированный импульс подается на катод лампы синхронизации Л4а. Рабочим является первый дифференцированный импульс. Диодами Д4, Д5 обеспечивается отсекающее положительного и выделение отрицательного дифференцированного импульса. В лампе синхронизации обеспечивается совпадение очередной 10-км отметки с дифференцированным импульсом. Для обеспечения устойчивого совпадения дифференцированный импульс растягивается с помощью интегрирующей цепи C13, R73.

Лампа Л4а нормально закрыта отрицательным напряжением смещения от источника –150 В с делителя R34, R33. На сетку лампы подаются импульсы 10-км отметок с контакта Ш1-16 через переключатель В1 в положении «Задержка» (замкнуты контакты 1, 2) и конденсатор C15. Для исключения срабатывания

схемы синхронизации от отметок дальности при отсутствии дифференцированного импульса на катоде за счет их большой амплитуды отметки дальности ограничиваются сверху на уровне, задаваемом делителем R59, R60, подключением к источнику +200 В и заблокированным конденсатором С33. Ограничительным является диод Д14. При совпадении очередной 10-км отметки с дифференцированным импульсом лампа синхронизации открывается и через трансформатор Тр2 замыкает цепь обратной связи блокинг-генератора (лампа Л4б).

Блокинг-генератор работает в ждущем режиме. Ждущий режим обеспечивается цепью автосмещения С17, R35, которая поддерживает блокинг-генератор в состоянии, близком к запирающему. Собственный период следования его задается цепью С18, R37 (R57). Импульс с выхода блокинг-генератора (с сеточной обмотки трансформатора Тр2) подается через цепь Д13, R65, С32 на выход блока – контакт Ш1-10. Диод Д13 отсекает возможные отрицательные выбросы. Цепь R65, С32 – интегрирующая, увеличивающая длительность импульсов запуска.

При регулировке задержки уровень срабатывания (ЭРУ) плавно изменяется, следовательно, плавно изменяется положение дифференцированного импульса, а 10-км отметки имеют фиксированные временные значения. Для повышения устойчивости схемы задержки, исключения синхронизации попеременно соседними 10-км отметками применена схема стабилизации, работа которой поясняется графиками рис. 10.16. В анодную цепь лампы ЛЗб ЭРУ (триггера уровня) включен колебательный контур L1, С9 формирующий затухающие колебания в момент срабатывания ЭРУ при установленной величине задержки. Резистором R26 обеспечивается затухание колебаний. Для стабилизации необходим один период колебаний контура, который равен примерно 70 мкс, т.е. примерно период следования 10-км отметок. Таким образом, напряжение на аноде блокинг-генератора равно сумме напряжений +200 В и синусоидального напряжения контура.

Рассмотрим изменение амплитуды выходного импульса блокинг-генератора при различных моментах переключения ЭРУ. Если оно переключается в момент 1 (рис. 10.16а), то 10-км отметка совпадает с нулем синусоидального напряжения на аноде блокинг-генератора (рис. 10.16 б) и амплитуда импульса блокинг-генератора окажется средней (рис. 10.16 д). Это положение является наиболее устойчивым, т.к. 10-км отметка совпадает с максимумом дифференцированного импульса (рис. 10.16 в) и синхронизация блокинг-генератора получается наиболее устойчивой. При переключении ЭРУ в момент 2 10-км отметка совпадает с более высоким напряжением на аноде лампы блокинг-генератора и амплитуда выходного импульса будет больше. Если ЭРУ переключается в момент 3, 10-км отметка совпадает с более низким напряжением на аноде и амплитуда выходных импульсов будет меньше.

Импульс блокинг-генератора поступает на схему стабилизации (на входе ЭРУ), включающую в себя трансформатор Тр1, конденсатор С7, резистор R72 и диод Д1. Импульс блокинг-генератора поступает на первичную обмотку трансформатора ТР1 и этим импульсом через диод Д1 осуществляется заряд

конденсатора С7. Диод Д1 обеспечивает быстрый заряд конденсатора, а через резистор R72 осуществляется медленный разряд его. Величина заряда конденсатора определяется амплитудой импульса блокинг-генератора. Напряжение на конденсаторе С7 представляет собой добавку к напряжению срабатывания ЭРУ, изменяющую момент его срабатывания. Таким образом, при любых небольших отклонениях момента срабатывания ЭРУ от наиболее устойчивой схема стабилизации заставляет его вернуться к этому устойчивому положению.

Если задержка выключена (замкнуты контакты 3, 4 переключателя В1), незадержанный импульс запуска «Зап III» с контакта Ш1-13 поступает на сетку лампы синхронизации Л4а. Амплитуда импульса запуска достаточно большая, обеспечивающая открывание лампы. Блокинг-генератор повторяет этот импульс и он подается на выход блока.

Для индикации величины задержки на осциллограф подаются отметки дальности и импульс блокинг-генератора. Замешивание этих импульсов проводится на резисторе R44. Через цепь R46, Д7 поступают отметки дальности и через цепь R47, Д8 – импульс блокинг-генератора. Диоды Д7, Д8 предназначены для развязки цепей подачи импульсов. Замешанные импульсы в положении «КЗ» переключателя В2 подаются на усилитель вертикального отклонения (лампа Л5).

Усилитель выполнен на пентоде. Питание его осуществляется от источника +200 В через сопротивления анодной нагрузки R41, R42. Резисторы R38, R39 образуют делитель напряжения питания экранной сетки. Конденсатор С19 – блокировочный. Цепь R40, R20 – цепь автосмещения. С выхода усилителя сигналы поступают на вертикально отклоняющие пластины 6, 7 электронно-лучевой трубки.

Контрольный осциллограф обеспечивает контроль видеосигналов в соответствии с положениями переключателя В2. Через гнездо Г5 в положении переключателя В2 «Вн» могут быть поданы для контроля любые внешние сигналы. Все эти сигналы подаются на сетку лампы Л5 усилителя вертикального отклонения. Контрольный осциллограф включает в себя электронно-лучевую трубку и два выпрямителя, обеспечивающие ее питание. На выпрямителе подается напряжение 220 В 50 Гц через трансформатор Тр3. Первый выпрямитель (+500 В) выполнен на диоде Д10 с фильтром С29, R55 и обеспечивает питание третьего анода трубки. Второй выпрямитель (-800 В) выполнен на диоде Д11 с фильтром R56, С30, С31. Напряжение его подается на делитель, с которого снимаются напряжения на все остальные электроды трубки. Диод Д9 осуществляет разделение цепей импульса подсвета и отрицательного напряжения на катоде трубки.

10.6. Блок формирования комплексного эхо-сигнала и напряжения +300 В БП-300-2

Блок БП-300-2 обеспечивает формирование комплексного амплитудно-когерентного эхо-сигнала ЭАК, управления границей зон амплитудного и

когерентного эхо-сигналов и выработку нестабилизированного напряжения питания +300 В. Блок обеспечивает управление границей зон когерентных и амплитудных эхо-сигналов в следующих пределах:

в режимах «Редкий I» и «Редкий II» 15...250 км,

в режиме «Частый» 10...170 км.

В блоке формируется яркостная отметка границы сигналов, отображающаяся на экране ИКО в виде окружности на установленной дальности.

Структурная схема канала формирования ЭАК представлена на рис.10.17. В состав канала входят:

делители эхо-сигналов ЭА и ЭК,

каскад формирования прямоугольных импульсов,

коммутирующая схема,

усилитель,

дифференцирующая цепь,

выходной катодный повторитель.

Эхо-сигналы ЭА и ЭК через соответствующие делители сигналов поступают на входы коммутирующей схемы. Выравнивание амплитуды сигналов ЭА и ЭК осуществляется изменением амплитуды сигнала ЭК (регулировка «Баланс»).

Каскад формирования прямоугольных импульсов выполнен на кipp-реле по схеме ждущего мультивибратора с лампой запуска. При подаче импульсов запуска на вход каскад формирования прямоугольных импульсов вырабатывает импульсы положительной полярности. Эти импульсы воздействуют на коммутирующую схему таким образом, что в промежутки времени, соответствующий длительности вырабатываемого импульса, на выход коммутирующей схемы поступают сигналы когерентного канала ЭК, а при отсутствии импульса схема открыта для сигналов амплитудного канала ЭА.

Получаемый на выходе коммутирующей схемы комплексный видеосигнал ЭАК поступает на вход двухкаскадного видеоусилителя и через выходной катодный повторитель поступает на выход блока к блоку ВС-3М. Катодный повторитель выполняет функции согласующего элемента.

Синхронизация канала осуществляется незадержанными импульсами «Зап. III» от системы синхронизации. Задержанный запуск с задержкой на 60 км используется в режиме частого запуска только в РЛС с аппаратурой ЧПВ на потенциалоскопах, в РЛС с цифровой системой СДЦ этот вид запуска не используется.

Длительность формируемого кipp-реле положительного импульса регулируется с помощью цепи управления стробированием дистанции (регулировкой «Строб. Дист.») в блоке трубки индикатора ТИ-1М (рис.10.3) При этом длительность импульса коммутации не должна быть большей длительности импульса прямого хода развертки. Ограничение длительности коммутирующего импульса осуществляется импульсом срыва, поступающим от блока РД-2М.

Таким образом, границей зон когерентного и амплитудного каналов является задний фронт сформированного кипп-реле положительного импульса. Этот импульс дифференцируется в дифференцирующей цепи. Отрицательный дифференцированный импульс подается на второй каскад усилителя, проходит вместе с эхо-сигналами на индикатор и отображается на нем как линия границы зон.

Принципиальная схема блока БП-300-2 представлена на рис. 10.18. В состав схемы входят формирователь прямоугольных импульсов на лампах Л1б, Л2а с лампой запуска Л1а, коммутирующая схема – лампы Л2б, Л3а, двухкаскадный усилитель – лампы Л3б, Л4а и катодный повторитель Л4б.

Каскад формирования прямоугольных импульсов выполнен по схеме ждущего мультивибратора с катодной связью. В силу того, что длительность импульсов (граница зон сигналов ЭА и ЭК) изменяется в очень широких пределах, схема имеет особенности по сравнению с классической схемой мультивибратора, обеспечивающие стабильность длительности формируемых импульсов.

Общей катодной нагрузкой ламп мультивибратора Л1б и Л2а являются резисторы R5, R6, анодные нагрузки ламп R4 и R7, зарядные емкости C3, C5, C14, C15, включаемые через переключатель В1, имеющий два положения – «170/250» и «125/250» с коммутацией подключаемых конденсаторов. В РЛС с ЧПВ на потенциалоскопах переключатель устанавливается в положение «125/250» в соответствии с дальностью работы потенциалоскопов в частом и редком запусках. В РЛС с цифровой СДЦ используется положение переключателя «170/250» в соответствии с пределами переключения зон в частом и редком запусках.

Запуск мультивибратора осуществляется через лампу запуска Л1а. Это первая особенность схемы, обеспечивающая развязку цепей мультивибратора от внешних цепей. Аноды ламп Л1а и Л1б имеют общую нагрузку R4, так что открывание лампы Л1а приводит к открыванию лампы Л1б. В исходном состоянии лампа Л1а закрыта напряжением от источника +200 В, подаваемым через делитель R2, R3, на катод лампы, конденсатор C2 – блокировочный. Лампа Л2а открыта положительным напряжением +200 В, подаваемым через делитель, размещенный в блоке трубки ТИ-1М, и резистор R8 на ее сетку. Током открытой лампы Л2а создается напряжение на катодной нагрузке, минусом приложенное к сетке лампы Л1а и лампа закрыта. Зарядная емкость заряжена.

С приходом импульса запуска через контакт Ш1-10, переходную цепь C1R1 на сетку лампы запуска Л1а она открывается, открывается и лампа Л1б, напряжение на катодной нагрузке приводит к запирающему лампу Л2а. Емкость разряжается до достижения потенциала открывания лампы Л2а, после чего лампа Л2а открывается, Л1б закрывается. Регулирующее положительное напряжение (напряжение дистанции) снимается с резистора R27 делителя, расположенного в блоке ТИ-1М, (делитель будет рассмотрен ниже) и подается на управляющую сетку Л2а, обеспечивая определенный уровень отпирающей лампы и, следовательно, длительность импульса кипп-реле. На аноде лампы

Л2а сформирован положительный прямоугольный импульс, подаваемый на коммутирующую схему.

С помощью цепи R39, R40, C12, Д16 фиксируется минимальное напряжение на аноде лампы Л1б, обеспечивающее стабильность длительности импульса мультивибратора. Это является второй особенностью схемы мультивибратора.

Для ограничения максимального значения длительности импульса мультивибратора, соответствующего максимальной длительности развертки дальности, на мультивибратор поступает импульс срыва через контакт Ш1-16 в катод лампы Л1б. На сетку он передается отрицательной полярности и лампа Л1б принудительно закрывается, прерывая процесс разряда конденсатора.

Быстрое восстановление исходного состояния мультивибратора обеспечивается диодом Д15, включенным параллельно резистору R8 и шунтирующим его во время перезаряда зарядной емкости.

Коммутирующая схема построена на лампах Л2б, Л3а и диодах Д1-Д6. Схема работает таким образом, что при открытой лампе Л2б и закрытой Л3а сигналы ЭА через диоды Д3, Д4 не проходят, а сигналы ЭК через диоды Д5, Д6 проходят и наоборот.

Питание ламп Л2б и Л3а осуществляется напряжением -150 В, подаваемым на катоды ламп через общую нагрузку R11. При отсутствии импульса мультивибратора лампа Л3а открыта нулевым потенциалом на ее сетке относительно катода. Током этой лампы на катодной нагрузке R11 создается напряжение, запирающее лампу Л2б. На катоде диода Д1 положительное напряжение, подаваемое от источника $+200$ В через резистор R12, и он закрыт. Этим же напряжением, подаваемым на аноды диодов Д3, Д4, они открыты и обеспечивается передача сигналов ЭА с делителя R33, R15 на сетку лампы Л3б усилителя. Диод Д2 открыт, обеспечивая прохождение тока через открытую лампу Л3а. Напряжение на аноде лампы отрицательное, определяемое падением напряжения на резисторе R11 и внутреннем сопротивлении открытой лампы. Отрицательным напряжением на анодах диоды Д5, Д6 закрыты, исключая прохождение сигналов ЭК с делителя R13, R16 на вход усилителя.

С приходом положительного импульса мультивибратора через переходную цепь C4, R10 на сетку лампы Л2б она открывается, напряжением на катодной нагрузке R11 закрывается лампа Л3а и аналогично происходит обратный процесс. Диоды Д3, Д4 закрыты, исключая прохождение сигналов ЭА, а диоды Д5, Д6 открыты, обеспечивая прохождение сигналов ЭК.

Резисторы R18, R19 в цепи делителя ЭА и R24, R26 в цепи делителя ЭК являются смесителями ЭАI, ЭАII и ЭКИ, ЭКII соответственно. Они используются в модификациях РЛС, в которых сигналы нижних (1, 2, 3) и верхних (4,5) каналов передаются отдельно и в данных смесителях объединяются. В модификации РЛС П-37Р на выходе тракта обработки объединяются сигналы всех пяти каналов ЭА и ЭК и смесители не используются. Выравнивание амплитуд сигналов ЭА и ЭК производится подрегулировкой сигналов ЭК потенциометром R13 «Баланс».

Первый каскад усилителя выполнен на лампе ЛЗб. Анодной нагрузкой его являются резисторы R20, R21. Через переходную цепь R27, С6 сигналы поступают на сетку лампы Л4а второго каскада усилителя. На вход второго каскада поступает также отрицательный дифференцированный импульс с дифференцирующей цепи С11, R38. Диод Д14 обеспечивает прохождение только отрицательного импульса. Нагрузка каскада – резистор R29, цепь R28, С7 – развязывающий фильтр в цепи питания. Через переходную цепь С8, R31, R32 сигналы поступают на сетку лампы Л4б катодного повторителя. Диоды Д17, Д7 предназначены для быстрого восстановления переходных цепей. Резисторами R25, R32 с блокировочной емкостью С9 определяется отрицательное напряжение смещения на сетку лампы Л4б. Нагрузка катодного повторителя – резисторы R34, R23, с которых усиленные сигналы через контакт Ш1-1 поступают на выход.

Усилитель вместе с катодным повторителем охвачен отрицательной обратной связью путем подачи сигналов с выхода катодного повторителя на катод лампы ЛЗб. Она обеспечивает устойчивость усиления и минимальные искажения усиливаемых сигналов. Регулировкой усиления (потенциометр R23) осуществляется изменение глубины обратной связи.

В блоке размещен нестабилизированный выпрямитель +305 В. Он выполнен по трехфазной схеме Ларионова на диодах Д8 – Д13. Напряжение выпрямителя подается в блок питания БП-200, в котором находится фильтр выпрямителя.

10.7. Принципиальная схема блока трубки индикатора ТИ-1М

Принципиальная схема блока представлена на рис. 10.19. В состав схемы входят: ЭЛТ Л4, отклоняюще-фокусирующая система (отклоняющая катушка L2, катушка смещения L3, фокусирующая катушка L1), каскады смещения и фокусировки Л1-Л3, блок серводвигателя БСМ-6, выпрямитель +500 В, схема управления стробом дистанции.

ЭЛТ имеет катод, управляющий электрод, первый и второй аноды. На второй анод подается напряжение +7,1 кВ от блока питания БП-7, на первый анод подается напряжение +500 В от выпрямителя. Выпрямитель однополупериодный на диоде Д1 с фильтром С4, R21, С5. Питание выпрямителя осуществляется напряжением 220 В 50 Гц через трансформатор Тр1, имеющий две вторичные обмотки – обмотку выпрямителя 3-7 и накальную 3-6. Напряжение +500 В, кроме первого анода ЭЛТ подается на делитель R11, R12, R13. Потенциометром R13 осуществляется регулировка «Яркость» путем изменения напряжения на катоде ЭЛТ. Конденсатор С2 – блокировочный.

Видеосигналы положительной полярности с блока ВС-3М через разъем Ф2 подаются на управляющий электрод трубки. С целью исключения прогорания люминофора трубки при отсутствии видеосигналов на управляющий электрод подается напряжение – 150 В через резистор R8.

Отклоняющая катушка L2 питается пилообразным током от блока развертки РД-2М. Она включена в цепь анода ламп выходного каскада блока. Катушка смещения центра L3 осуществляет смещение начала развертки в любую точку экрана. Это достигается изменением тока через катушку, которое осуществляется с помощью параллельно включенных ламп Л1, Л2 каскада смещения центра. Катушка смещения включена в цепь анодов ламп. Управление достигается изменением напряжения на сетках ламп от делителя R9, R10. Делитель включен между источниками напряжения +200 В и –150 В.

Регулировкой «Смещ.по дальн» (потенциометр R10) изменяется ток ламп. Резисторы R2, R5 – гасящие в цепи экранных сеток ламп, резисторы R3, R6 – развязывающие по цепям управляющих сеток, резистором R4 определяется начальное значение анодного тока. Емкость C1 – блокировочная в цепи питания. Смещение включается тумблером «Смещ.по дальн». В положении тумблера «Выкл» на управляющие сетки ламп подается большое отрицательное напряжение, удерживающее лампы в закрытом состоянии. Резисторы R14, R15, подключенные параллельно катушке, предназначены для гашения паразитных колебаний в катушке смещения (в контуре, образованном индуктивностью катушки и ее межвитковой емкостью).

Фокусирующая катушка L1 обеспечивает фокусировку луча. Регулировка фокусировки осуществляется с помощью каскада фокусировки Л3. Принцип регулировки такой же, как и катушек смещения. Катушка включена в цепь анода лампы Л3. На сетку лампы подается напряжение от источника +200 В через делитель R19, R20, заблокированный емкостью C3. Резистор R17 – гасящий в цепи экранной сетки, резистором R16 определяется начальный ток лампы, резистор R18 – антипаразитный в цепи управляющей сетки.

Блок серводвигателя включает в себя два сельсин-приемника – М1 и М2 и серводвигатель М3. С серводвигателем механически связаны отклоняющая катушка и роторы сельсин-приемников. Статоры сельсинов через контакты 1, 2, 3 и 4, 5, 6 разъема Ш1 соединяются со статорными обмотками сельсин-датчиков блока главных датчиков или блока ИВ-М. Напряжения рассогласования через контакты Ш1-9, 10 подаются в блок сервоусилителя УС. Усиленное управляющее напряжение через контакт Ш1-8 и опорное напряжение через контакт Ш1-7 с блока УС подается на обмотки серводвигателя: управляющую Г1, Г2 и обмотку возбуждения В1, В2 соответственно. Контроль работы серводвигателя осуществляется неоновой лампой НЛ1.

В блоке территориально находится схема управления стробом дистанции с ручкой «Стоб дист». Эта схема выдает напряжение на зарядную цепь ждущего мультивибратора блока БП-300-2 для регулировки длительности зон комплексного сигнала ЭАК. Схема представляет собой делитель R27, R32, подключенный к источнику +200В. Дополнительный делитель R28 – R30 со стабилитроном Д4 обеспечивает фиксацию минимального напряжения с делителя на уровне +5,5 В.

10.8. Индикатор «Пикет»

10.8.1. Назначение, общая характеристика и состав индикатора

Как отмечалось ранее, радиолокационная информация с РЛС может передаваться на удаленные КП по кабельным линиям на расстояние до 300 м либо с помощью радиотрансляционной линии РЛ-30-1М на расстояние до 15 км. Для отображения информации на КП устанавливаются унифицированные индикаторы типа «Пикет» (см. рис. 3.1). В данном подразделе рассмотрим основные характеристики и принципы функционирования индикатора.

Унифицированный индикатор «Пикет» выполнен на полупроводниковых приборах, является устройством визуального отображения и предназначен для отображения любой подаваемой на него информации в любой системе координат. Вид отображаемой информации и система координат, в которой она отображается, определяется напряжениями, поступающими на входы индикатора. Для работы индикатора необходимы напряжения развертки, подсвета и видеосигналы.

Индикатор «Пикет» преимущественно используется как индикатор кругового обзора. При этом на него подаются пилообразные напряжения развертки. Индикатор выполнен с неподвижной отклоняющей системой, а вращающееся магнитное поле создается двумя взаимно перпендикулярными отклоняющими катушками, в которых формируются пилообразные токи, промодулированные по амплитуде по закону синуса и косинуса угла поворота антенны соответственно. Если на горизонтально отклоняющие катушки подать медленно меняющееся в пределах 0° - 360° поворота антенны пилообразное напряжение, а на вертикально отклоняющие катушки – напряжение развертки дальности, на экране индикатора создается растровая развертка в координатах азимут-дальность. Возможны и другие варианты создания развертки. В аппаратуре КП индикаторы «Пикет» работают в режиме ИКО.

Индикатор имеет два коммутируемых координатных входа (входа видеосигналов), которые обеспечивают работу ИКО в двух режимах:

- 1) работа на один вход и отображение информации на одной развертке;
- 2) работа на два коммутируемых входа, коммутация которых задается с внешней системы (например, при формировании диаметрально-круговой развертки для РЛК 5Н87).

Минимальное время прямого хода развертки индикатора 150 мкс (22,5 км), максимальное – 3300 мкс (500 км).

Индикатор имеет знаковый канал, обеспечивающий отображение любого знака в зависимости от входных развертывающих напряжений. Быстродействие по знаковому каналу при отклонении луча на 8 мм составляет 12 мкс. Координатные и знаковые напряжения подаются на одни и те же отклоняющие катушки, поэтому место отображения знака определяется координатной разверткой.

Индикатор имеет 7 коммутируемых входов видеосигналов, обеспечивающих подачу на индикатор и отображение семи видов видеосигналов. Например, от РЛС П-37 подаются на входы и отображаются следующие виды видеосигналов: эхо-сигналы ЭА, ЭАК, ЭИ-П, сигналы

активного ответа АО и опознавания ОП, отметки азимута и дальности. Амплитуда видеосигналов в индикаторе может плавно регулироваться, каждый из них может быть выключен.

Состав индикатора:

блок трубки индикатора ИТ,
два блока координатных усилителей ИУ,
два блока питания ИП.

Индикатор выполнен в виде отдельного шкафа. Блок трубки индикатора расположен между двумя стойками. В каждой стойке установлен блок ИУ и блок ИП.

Питание индикатора осуществляется напряжением 220 В 50 Гц или 220 В 400 Гц.

10.8.2 Функциональная схема выносного ИКО

Выносной ИКО КП включает в себя шкаф разверток СМ-М и индикатор «Пикет». На функциональной схеме ВИКО, представленной на рис. 10.20, показаны элементы шкафа СМ-М, обеспечивающие работу индикатора в режиме ИКО (левая часть схемы) и индикатор «Пикет».

В устройстве (левая часть схемы) формируются координатные напряжения – два пилообразных напряжения развертки X_p и Y_p , промодулированные по амплитуде по закону синуса и косинуса угла поворота антенны. Для их формирования на устройство подаются импульсы запуска и 10-км отметки дальности ОД. Импульсом запуска запускается формирователь прямоугольных импульсов, а устройство формирования импульсов конца дистанции (ИКД) выделяет 10-км отметку дальности, соответствующую длительности прямого хода развертки (рис. 10.21 а, б).

Импульсом ИКД заканчивается формирование прямоугольного импульса (рис. 10.21 в). Этот импульс используется в качестве импульса подсвета прямого хода развертки, а также подается на генератор трапецеидальных импульсов. Импульс подсвета отрицательной полярности через устройство управления и коммутации подается на катод ЭЛТ. Для обеспечения линейности развертки в начале дистанции необходимо формирование трапецеидального напряжения развертки, пьедестала в пилообразном напряжении (рис. 10.9).

Разделение трапецеидальных импульсов на каналы X и Y с изменяющейся амплитудой по синусоидальному и косинусоидальному законам производится с помощью импульсного вращающегося трансформатора. Принцип его работы поясняется рис. 10.22. Он имеет ротор, вращающийся со скоростью вращения антенны, и две взаимно перпендикулярные статорные обмотки. На роторную обмотку подается напряжение от генератора трапецеидального напряжения (рис. 10.21 г), создавая магнитное поле. При вращении ротора магнитное поле пересекает обмотки статора и в них наводятся токи, сдвинутые на 90° друг относительно друга. На выходах статорных обмоток имеют место трапецеидальные импульсы, амплитуда которых изменяется по закону синуса и косинуса угла вращения антенны.

Вращение антенны на импульсный вращающийся трансформатор передается с помощью ССП. Система ССП двухканальная. Статорные обмотки сельсин-приемников соединены с обмотками сельсин-датчиков РЛС. Напряжение рассогласования с роторных обмоток сельсин-приемников усиливается в усилителе следящей системы для обеспечения вращения исполнительного двигателя. Исполнительный двигатель через редуктор вращает ротор импульсного вращающегося трансформатора и роторы сельсин-приемников в направлении уменьшения рассогласования.

Напряжение с импульсного вращающегося трансформатора X_p и Y_p (рис. 10.21 д, е) усиливаются в выходном усилителе мощности и через устройство управления и коммутации подаются на усилители мощности ИУ-Х и ИУ-У (блоки ИУ индикатора). В выходных цепях усилителей мощности включены отклоняющие катушки индикатора, в которых протекает пилообразный ток (рис. 10.21 ж, з).

Коммутатор видеосигналов имеет 7 каналов, каждый из которых может включаться местно тумблером на блоке индикатора или дистанционно через устройство управления и коммутации и регулироваться их амплитуда. На выходе коммутатора сигналы объединяются в один канал и через видеоусилитель подаются на управляющий электрод ЭЛТ.

На катод трубки подается напряжение +100 В, удерживающее трубку в закрытом состоянии. Она открывается отрицательным импульсом подсвета. Уровень открывания трубки регулируется потенциометром “Яркость”. Управление током фокусирующей катушки осуществляется через каскады фокусировки. Питание ЭЛТ осуществляется напряжениями +500 В (первый анод) и +12 кВ (второй анод).

10.8.3. Функциональная схема индикатора “Пикет”

Функциональная схема индикатора представлена на рис. 10.23. В состав схемы входят следующие элементы:

блок ИТ, в котором размещены ЭЛТ типа 45ЛМ1В; субблок питания накала трубки ВС-136, субблок высоковольтных выпрямителей ВС-1001, вырабатывающий напряжения 12 кВ, 500 В и 100 В; семь плат коммутации видеосигналов КВ; плата видеоусилителя ВУ, плата динамической подфокусировки ПФ; плата юстировки фокусировки ЮФ; фокусирующе-отклоняющая система;

два идентичных блока ИУ – каналов отклонения Х и У, в каждом блоке имеется координатный и знаковый усилитель и электронные коммутаторы ЭК;

два блока питания ИП, в каждый из которых входят три незаземленных источника питания: выпрямитель напряжения 10 В ВС-106, выпрямитель напряжения 50 В ВС-108 и выпрямитель напряжения 20 В ВН-105. Выходы блоков скоммутированы так, что один блок выдает положительные напряжения, другой – отрицательные.

Отклоняющая система имеет 4 катушки (рис. 10.24). Через катушки A_x и A_y протекают положительные токи развертки $+I_{px}$, $+I_{py}$, (см. рис. 10.21 д, е)

отклоняющие луч вправо и вверх, через катушки V_x и V_y протекают отрицательные токи развертки $-I_{P_x}$, $-I_{P_y}$, отклоняющие луч влево и вниз.

Координатный усилитель имеет два входа: V_{xK1} , V_{xK2} . На входах установлены два электронных ключа: ЭК1, ЭК2, которые управляются внешними коммутирующими импульсами КИК, которые поступают через устройство управления и коммутации. Режимы работы координатного усилителя: первый – работа на один вход, второй – работа на два входа, устанавливаются неоперативно путем перепайки контактов платы П1. На схеме показано положение контактов для второго режима. Напряжение с разъема “ V_{xK1} ” через переключку 3-2 платы П1, электронный ключ ЭК1, переключку 4-1 поступает на вход координатного усилителя. Напряжение с разъема V_{xK2} через ключ ЭК2, переключку 4-1 платы П1 поступает на вход усилителя. Открывание ключей осуществляется поочередно с помощью двух уровней коммутирующих импульсов КИК – положительным напряжением открывается один ключ, отрицательным – второй. В первом режиме работы один электронный ключ постоянно закрыт.

Знаковый усилитель имеет один вход “ $V_{x.3н}$ ”, через который поступает напряжение знаковой развертки. Коммутирующим импульсом КИЗн открывается электронный ключ ЭК3 на время прохождения напряжения знаковой развертки. Выходы знакового усилителя подключены к общим отклоняющим катушкам.

Фокусирующая система имеет три катушки – катушку основной фокусировки Φ , ток в которой регулируется потенциометром R9 “Фокус”, и две катушки подфокусировки Пф1, Пф2. Подфокусирующие катушки служат для автоматической фокусировки луча вдоль развертки на экране ЭЛТ. Управление током катушек Пф1, Пф2 осуществляется через плату ПФ, на которую подаются пилообразные напряжения развертки с координатных усилителей. Одна из катушек управляется положительным напряжением, вторая – отрицательным. С помощью платы юстировки ЮФ добиваются наилучшей фокусировки луча при настройке индикатора.

В блоке ИТ расположены 7 плат коммутации видеосигналов KB1-KB7, на которые через разъемы V_{xV1} - V_{xV7} поступают входные видеосигналы. Каждый из сигналов может быть выключен тумблерами B1-B7. Дистанционно с РЛС может осуществляться коммутация сигналов с помощью электронных ключей ЭК1-ЭК7. Ключи управляются коммутирующими импульсами видеосигналов КИВ1-КИВ7. На выходе каждой платы установлены потенциометры R1-R7, осуществляющие регулировку усиления. Выходы всех плат объединены в общий тракт и через плату видеоусилителя ВУ подаются на управляющий электрод ЭЛТ. Для развязки каналов установлены диоды Д1-Д7.

10.8.4. Функциональная схема блока ИУ.

Функциональная схема блока представлена на рис. 10.25.

Блок включает в себя два функциональных элемента – координатный усилитель и знаковый усилитель.

На входы координатного усилителя поступают напряжения развертки через электронные ключи ЭК1, ЭК2, коммутируемые импульсами коммутации КИК с помощью схемы управления. Напряжения усиливаются в усилителе, который выполнен с глубокой отрицательной обратной связью для исключения искажений усиливаемого напряжения. Усилитель можно рассматривать как усиленный эмиттерный повторитель. Он включает в себя симметричный дифференциальный каскад, несимметричный дифференциальный каскад и два эмиттерных повторителя.

Дифференциальный каскад представляет собой усилитель с двумя входами, напряжение на выходе которого пропорционально разности входных напряжений. На один вход каскада поступает усиливаемое напряжение, на второй – напряжение с выхода усилителя – с нагрузок эмиттерных повторителей. Этим обеспечивается отрицательная обратная связь. Каскад имеет два выхода, в соответствии с чем он называется симметричным. С обоих выходов каскада напряжения подаются на входы несимметричного дифференциального каскада. Этот каскад имеет один выход, т.к. он подключен к эмиттерным повторителям с одним входом. За счет отрицательной обратной связи с коэффициентом обратной связи близким к единице усиление по напряжению в усилителе не производится, осуществляется усиление по мощности.

В коллекторных цепях эмиттерных повторителей включены отклоняющие катушки А и В блока ИТ. Один эмиттерный повторитель (ЭП1) подключен к источнику питания +20 В, второй (ЭП2) – к источнику – 20 В. Поэтому токи в катушках А и В протекают в противоположных направлениях, отклоняя луч в противоположные стороны. Таким образом при положительном входном напряжении работает эмиттерный повторитель ЭП1 с катушкой А, отклоняя луч вправо или вверх, при отрицательных напряжениях – эмиттерный повторитель ЭП2 с катушкой В, отклоняя луч влево или вниз.

Для уменьшения времени восстановления схем после окончания развертки (установления нулевых значений токов в отклоняющих катушках) применены схемы вольтодобавок. Вольтодобавки осуществляются так, что при прямом ходе развертки питание отклоняющих катушек осуществляется напряжениями ± 20 В, а при обратном ходе отключается питание ± 20 В, а включается ± 50 В, ускоряющее процесс спадания тока. Отключение питания ± 20 В осуществляется с помощью диодов Д1, Д2. При подаче напряжения ± 50 В через схемы вольтодобавок ВД1 и ВД2 на соответствующий электрод диодов они закрываются.

Знаковый усилитель имеет один вход “Вх.Зн”, управляемый коммутирующими импульсами КИЗн, которые через схему управления 2 поступает на электронный ключ ЭК-3. При этом ключом ЭК4 включаются цепи питания соответствующих схем. Знаковый усилитель по построению такой же, как и координатный, отличается меньшим коэффициентом усиления мощности.

Первый каскад – несимметричный дифференциальный усилитель, усиливающий напряжение, равное разности входного напряжения и

напряжения обратной связи. Далее усиление осуществляется в обычном усилительном каскаде с коллекторной нагрузкой, а на выходе – два эмиттерных повторителя ЭП3 и ЭП4, назначение и напряжения питания их такие же, как и в координатном усилителе. Выходы эмиттерных повторителей подключаются параллельно отклоняющим катушкам А и В.

11. РАДИОТРАНСЛЯЦИОННАЯ ЛИНИЯ 1РЛ51М2 (РЛ-30-1М)

11.1 Назначение и общая характеристика радиотрансляционной линии

Радиолокационная информация РЛС может передаваться на командные пункты как по кабельным линиям (на расстояние до 300 м), так и с помощью радиотрансляционной линии (РТЛ). Радиотрансляционная линия 1РЛ51М2 предназначена для передачи радиолокационной информации с радиолокационной станции на индикаторы командного пункта, удаленного от РЛС на расстояние до 15 км при наличии прямой видимости между передающей и приемной антеннами. Использование РТЛ дает возможность наблюдения и оценки воздушной обстановки, целеуказания зенитным ракетным комплексам и наведения истребителей на удаленных КП непосредственно с ИКО, а также исключает демаскирование командного пункта близко расположенной антенной РЛС.

РТЛ 1РЛ51М2 состоит из двух частей: передающего пункта, совмещенного с РЛС, и приемного пункта, совмещенного с КП.

РТЛ имеет следующие характеристики:

дальность обнаружения целей и точность определения их координат на индикаторах приемного пункта практически не отличаются от данных, получаемых на индикаторах РЛС;

приемный пункт РТЛ обеспечивает одновременную работу до четырех ИКО типа «Пикет», которые могут размещаться двумя группами на расстоянии до 50 м одна от другой;

использование кодирования передаваемых сигналов и сравнительно узкие диаграммы направленности передающей и приемной антенн РТЛ позволяют обеспечить работу на выносных индикаторах в достаточно сложной помеховой обстановке для радиолинии;

в аппаратуре РТЛ предусмотрена работа по двум высокочастотным радиоканалам в дециметровом диапазоне в пределах частот 596-614 МГц с разносом частот между каналами 8 МГц;

при выходе из строя одного из каналов передача сигналов радиолокационного изображения происходит по другому, исправному каналу;

мощность излучаемых передающим пунктом сигналов не менее 15 Вт;

чувствительность приемного устройства приемного пункта не хуже 100 дБ/Вт (10^{-10} Вт);

передающий пункт питается от агрегатов питания РЛС трехфазным напряжением 220 В 50 Гц и потребляет мощность не более 1,5 кВт;

приемный пункт питается таким же напряжением от своего агрегата питания ЭСД-10-ВС/230М или от местной сети, потребляя мощность не более 7 кВт;

время развертывания РТЛ не превышает времени развертывания РЛС.

Для воспроизведения радиолокационного изображения на экранах индикаторов приемного пункта РТЛ необходимо передать эхо-сигналы, сигналы активного ответа и опознавания, а также служебные сигналы для

формирования развертки на экранах ИКО: импульсы запуска, напряжения ССП вращения антенны, масштабные отметки дальности и азимута.

Все передаваемые сигналы, кроме напряжений ССП вращения антенны, имеют импульсный характер и не требуют дополнительных преобразований для передачи их на приемный пункт. Напряжения ССП вращения перед передачей преобразуются в импульсы, а в приемном пункте из импульсов преобразуются в первоначальную форму.

Все передаваемые импульсные сигналы РЛС смешиваются в два комплексных сигнала и отдельно передаются по двум радиоканалам РТЛ.

Радиотрансляционная линия 1РЛ51М2 может быть использована для передачи радиолокационного изображения от других РЛС, например, П-35М, 5Н87, 5Н84, 5Н84А.

11.2. Структурная схема аппаратуры радиотрансляционной линии

Структурная схема аппаратуры РТЛ, поясняющая общие принципы ее функционирования, представлена на рис 11.1.

Передающий пункт РТЛ состоит из шкафа П-11-4, размещенного в индикаторной машине РЛС, и передающей антенны АТ-11-4, устанавливаемой на мачте высотой 17,7 м на удалении не более 20 м от шкафа П-11-4.

Приемный пункт РТЛ размещается на КП и имеет в своем составе:

приемную антенну АР-11-4 на мачте высотой 17,7 м;

шкаф В-11-4, который может быть удален от приемной антенны до 90 м;

шкаф формирования разверток СМ-М;

четыре ИКО типа «Пикет».

На шкаф П-11-4 от соответствующей аппаратуры РЛС подаются:

импульсы запуска для синхронизации развертки дальности;

напряжение синхронизации вращения развертки ИКО с вращением антенны РЛС по каналам грубого и точного отсчетов (ССП ГО, ССП ТО);

Эхо-сигналы ЭА (замешанные сигналы амплитудных выходов приемных каналов), ЭАК (эхо амплитудно-когерентное от блока БП-300-2 шкафа ДУС-4М с регулируемой по дистанции границей переключения зон амплитудного и когерентного режимов), ЭИ-П (эхо-сигналы РЛС2, например П-18, в ближней зоне по дистанции, а затем, в дальней зоне эхо-сигналы РЛС П-37Р);

сигналы опознавания (ОП) и активного ответа (АО);

масштабные отметки дальности (ОД) 10 км и 50 км;

масштабные отметки азимута (ОА) 5° и 30° .

В шкафу П-11-4 производится:

преобразование напряжений ССП в импульсы синхронизации вращения;

кодирование импульсов запуска и синхронизации вращения;

смешивание импульсов запуска, синхронизации вращения, эхо-сигналов, сигналов опознавания и активного ответа, масштабных отметок дальности и азимута в два комплексных видеосигнала;

преобразование комплексных видеосигналов в высокочастотные сигналы и передача их в передающую антенну АТ-11-4.

Объединение видеосигналов в комплексные осуществляется следующим образом.

Импульсы запуска, импульсы синхронизации вращения, сигналы ЭА и активного ответа, смешиваясь, образуют комплексный сигнал канала I. Эхо-сигналы ЭАК и ЭА-II, сигналы опознавания, импульсы масштабных отметок дальности и азимута, смешиваясь, образуют комплексный сигнала канала II.

Антенна АТ-11-4 двухканальная, обеспечивает отдельное излучение сигналов каналов I и II. Эти сигналы принимаются одноканальной приемной антенной АР-11-4 и подаются в приемный шкаф В-11-4.

В приемном шкафу В-11-4 производится:

частотное разделение сигналов I и II каналов, их усиление и преобразование в видеоимпульсы;

декодирование импульсов запуска и синхронизации вращения, их отделение от других сигналов;

преобразование импульсов синхронизации вращения в синусоидальные напряжения ССП;

передача на индикаторы приемного пункта эхо-сигналов, сигналов опознавания и активного ответа и импульсов масштабных отметок дальности и азимута.

Для создания радиально-круговых разверток на ИКО «Пикет», синхронных с вращением антенны РЛС П-37Р, используется шкаф разверток СМ-М. Для этого на шкаф СМ-М поступают напряжения ССП грубого и точного отсчета и опорное напряжение 50 Гц, импульсы запуска и импульсы конца дистанции (ИКД). Импульсы конца дистанции определяют масштаб развертки дальности на ИКО.

Ввиду того, что ИКО «Пикет» выполнены с неподвижной отклоняющей системой, в шкафу СМ-М формируются пилообразные напряжения развертки X и Y, промодулированные по амплитуде по закону синуса и косинуса угла поворота антенны соответственно. Импульсами запуска и ИКД формируются импульсы подсвета прямого хода развертки.

11.3. Аппаратура передающего пункта

11.3.1. Сущность фазового метода передачи вращения антенны

В радиотрансляционной линии 1РЛ51М2 для передачи вращения антенны РЛС на приемный пункт используется фазовый метод ССП. Для уяснения принципов функционирования РТЛ рассмотрим сущность фазового метода на примере одноканальной ССП (рис.11.3).

На передающем и приемном пункте в ССП вместо обычных сельсинов применяются индукционные фазовращатели. Статор фазовращателя имеет две обмотки, создающие магнитные поля, перпендикулярные друг другу. Если питать такие обмотки переменными синусоидными токами одинаковой амплитуды и сдвинутыми по фазе на 90° , то суммарное их магнитное поле

будет вращаться с частотой питающего тока, оставаясь по абсолютному значению постоянным.

Для обеспечения такого питания статора задающего фазовращателя на передающем пункте имеется генератор синусоидального опорного напряжения с частотой 43 Гц и фазосдвигающая на 90° цепь. Если однофазная обмотка ротора фазовращателя неподвижна, то она будет пересекаться вращающимся магнитным полем статора и в ней будет индуцироваться переменная ЭДС той же частоты, что и опорное напряжение. Если же роторная обмотка будет вращаться, например, в направлении вращения магнитного поля статора, то в ней будет индуцироваться переменная ЭДС частоты меньшей, чем частота опорного напряжения, т.к. витки обмотки будут реже пересекаться магнитным полем.

Ось ротора задающего фазовращателя вращается синхронно и синфазно с антенной РЛС, т.е. со скоростью 6 об/мин (или 0,1 об/сек). При этом переменное напряжение, индуцируемое в обмотке ротора, будет отличаться по частоте от опорного напряжения на 0,1 Гц, т.е. его частота будет 42,9 Гц.

Отличие переменных напряжений по частоте вызывает непрерывное изменение фазового сдвига между ними. Фазовый сдвиг между опорным напряжением и напряжением, снимаемым с роторной обмотки задающего фазовращателя, за один оборот ротора фазовращателя плавно нарастает от 0° до 360° (рис.11.5). Следовательно, фазовый сдвиг между этими напряжениями однозначно определяет величину угла поворота оси ротора задающего фазовращателя. Из рис.11.5. следует, что за один период колебаний опорного напряжения фаза колебаний роторной обмотки изменяется на $0,84^\circ$.

При неподвижном роторе фазовращателя частота напряжения на роторе равна частоте опорного напряжения (43 Гц), следовательно, сдвиг по фазе между этими напряжениями в данном случае остается постоянным.

На приемный пункт по радиоканалу передаются оба напряжения: опорное напряжение и напряжение ротора фазовращателя (фазомодулированное). По ним воспроизводится угол поворота оси задающего фазовращателя на приемном пункте.

На приемном пункте имеется приемный фазовращатель, однотипный с задающим. Опорное напряжение, принятое от передающего пункта, используется для создания в статоре приемного фазовращателя вращающегося магнитного поля. Для этого используется усилитель опорного напряжения и фазосдвигающая цепь на 90° . Выходные напряжения усилителей питают статорные обмотки приемного фазовращателя. Таким образом, магнитное поле статора приемного фазовращателя вращается синхронно с магнитным полем статора задающего фазовращателя.

Принятое с передающего пункта фазомодулированное напряжение и напряжение, индуцируемое в обмотке ротора приемного фазовращателя, подаются на фазовый дискриминатор. Он вырабатывает постоянное напряжение ошибки, величина и полярность которого определяется величиной и направлением сдвига фаз этих двух напряжений.

Если бы ротор приемного фазовращателя вращался синхронно с ротором задающего фазовращателя или если оба ротора были бы неподвижными, то напряжения, индуктируемые в них синхронно вращающимися полями статоров, были бы одинаковы на частоте, т.е. сдвиг фаз между ними был бы величиной постоянной. Поворотом статора, например, приемного фазовращателя этот сдвиг фаз можно установить таким, при котором выходное напряжение фазового дискриминатора (сигнал ошибки) равно нулю.

Когда угловые положения осей задающего и приемного фазовращателей неодинаковы, то возникает разность фаз между принятым напряжением от ротора задающего фазовращателя и напряжением ротора приемного фазовращателя. В соответствии с этой разностью фаз фазовый дискриминатор вырабатывает напряжение ошибки того или иного знака, которое после усиления в усилителе сигнала ошибки воздействует на электродвигатель. Двигатель вращает ротор приемного фазовращателя в направлении уменьшения разности фаз и сигнала ошибки. Таким образом, выходная ось повернется на величину угла рассогласования с точностью, зависящей от чувствительности системы к углу рассогласования.

Если входная ось непрерывно вращается, то и выходная ось будет вращаться синхронно с ней с некоторой ошибкой слежения, т.е. отставанием выходной оси.

Рассмотренная одноканальная система ССП обычно имеет ошибку слежения в несколько градусов, что недопустимо при передаче радиолокационного изображения, т.к. приводит к ошибкам в определении азимута целей на приемном пункте радиотрансляционной линии. Поэтому в РТЛ применена двухканальная ССП, состоящая из каналов грубого и точного отсчета (ГО и ТО). Для этого на передающем и приемном пунктах линии устанавливается по два фазовращателя: фазовращатель грубого отсчета, вращающийся со скоростью входной оси, т.е. со скоростью вращения антенны РЛС, и фазовращатель точного отсчета, ротор которого вращается в 13 раз быстрее.

Ошибка слежения уменьшается при этом в 13 раз, т.к. сигнал ошибки по каналу точного отсчета (т.е. сдвиг фаз) будет в 13 раз больше, чем по каналу грубого отсчета.

Таким образом, для передачи вращения на приемный пункт линии необходимо транслировать три синусоидальных напряжения: опорное напряжение (ОН), фазомодулированное напряжение грубого отсчета (ГО) и фазомодулированное напряжение точного отсчета (ТО).

11.3.2. Структурная схема аппаратуры передающего пункта

Аппаратура передающего пункта размещена в передающем шкафу П-11-4. В состав шкафа входят следующие блоки:

- блок первичного повторителя ПП-11-4;
- механизм слежения первичного повторителя МП-11-2,
- блок коммутатора КС-11-1,

блок модулятора ОМ-11-4,
блок двухканального передатчика ДТ-11-2,
стабилизированный выпрямитель ВС-11-3,
высоковольтный выпрямитель ВВ-11-2,
два высокочастотных фильтра ФВЧ,
два фазосогласующих устройства ФСУ.

Поясним функционирование аппаратуры по структурной схеме (рис.11.2) и временным графикам (рис.11.4).

При сопряжении со всеми РЛС, кроме П-37, на аппаратуру передающего пункта передается ССП непосредственно с сельсин-датчиков вращения антенн. В этом случае сельсин-приемники установлены в шкафу П-11-4 в механизме слежения первичного повторителя МП-11-2 и в нем установлены фазовращатели, формирующие напряжение фазовой ССП. Коммутацию опорного напряжения, подаваемого от аппаратуры радиотрансляционной линии на сельсин-датчики РЛС, обеспечивает блок коммутации КС-11-1.

В РЛС П-37 фазовращатели (синусно-косинусные машины СК-МГ) установлены в блоке вторичных датчиков ВД-1М РЛС (см.п.9.2.) и с них непосредственно снимаются напряжения фазовой ССП. Поэтому при сопряжении с РЛС П-37 механизм слежения первичного повторителя МП-11-2 и блок коммутации КС-11-1 не используются и на структурной схеме рис.11.2. они не показаны.

Блок первичного повторителя ПП-11-4 вырабатывает опорное напряжение частоты 43 Гц. Это напряжение в фазосдвигающем усилителе расщепляется на два напряжения: U_{\sin} , U_{\cos} (с взаимным сдвигом на 90°), которые подаются в блок ВД-1М на статорные обмотки задающих фазовращателей СК-МГ ГО и ТО. Опорное напряжение с блока ПП-11-4 (график 1 рис.11.4.) и напряжение с роторов СК-МГ ГО и ТО блока ВД-1М с фазовой модуляцией при вращении антенны РЛС (графики 2 и 3) поступают на фазоимпульсный модулятор блока модулятора ОМ-11-4. В фазоимпульсном модуляторе эти напряжения преобразуются в импульсные сигналы, временное положение которых определяется значениями фаз входных синусоидальных напряжений, т.е. осуществляется фазоимпульсная модуляция (график 6).

Импульсы запуска РЛС (график 4) задерживаются в каскаде задержки на 15 мкс (график 5) и поступают в фазоимпульсный модулятор для запуска схемы преобразования синусоидальных напряжений ССП вращения (ОН, ГО, ТО) в фазомодулированные импульсы. Задержка импульсов запуска необходима для исключения влияния наводок от мощных сигналов передающего устройства РЛС и для удобства наблюдения на экране контрольного осциллографа импульсных напряжений передающего шкафа радиотрансляционной линии.

Задержанные импульсы запуска и фазомодулированные импульсы ССП вращения поступают на схему кодирования, которая преобразует каждый импульс в последовательность из трех импульсов, следующих через определенные интервалы времени (график 7). Кодирование сигналов

применено для повышения помехоустойчивости при передаче сигналов по радиолинии.

Таким образом, кодированные импульсы запуска и ССП вращения представляют собой серию из 12 импульсов, начинающуюся через 15 мкс после импульса запуска РЛС и кончающуюся через 110-115 мкс. Временная расстановка этих импульсов показана на рис.11.6.

Эти импульсные сигналы подаются на смеситель сигналов. На смеситель сигналов от РЛС поступают видеосигналы положительной полярности, подлежащие передаче по радиолинии. По каналу I передаются сигналы ЭА и активного ответа (если они присутствуют в РЛС), показанные на графике 8 рис.11.4. По каналу II передаются сигналы ЭАК, ЭИ-II, опознавания, отметки дальности и азимута.

В смесителе сигналов все сигналы замешиваются в два комплексных сигнала – для передачи по каналу I и каналу II. Для устранения накладки сигналов ЭА и активного ответа на импульсы запуска и ССП вращения при замешивании их в канале I предусмотрено запирание сигналов ЭА и АО на время действия импульсов запуска и ССП – на 160-200 мкс (рис.11.6.). Комплексный сигнал канала I показан на рис.11.7.

Комплексные видеосигналы I и II каналов (графики 9, 10) поступают на блок двухканального передатчика ДТ-11-2. В передатчиках двух каналов осуществляется преобразование видеосигналов в СВЧ сигналы с негативной амплитудной модуляцией (график 11). Применение негативной амплитудной модуляции является мерой повышения помехоустойчивости радиолинии.

СВЧ напряжения передатчиков через фазосогласующие устройства ФСУ и высокочастотные фильтры ФВЧ поступают на двухканальную антенну АТ-11-4 и излучаются в пространство. Фазосогласующие устройства предназначены для согласования сопротивлений передающих антенн с высокочастотными генераторами передатчиков. Высокочастотные фильтры предназначены для защиты приемных каналов РЛС от воздействия четвертой и пятой гармоник несущей частоты радиотрансляционной линии.

11.4. Аппаратура приемного пункта

Аппаратура приемного пункта размещена в приемном шкафу В-11-4. В состав шкафа входят следующие блоки:

блок приемника ДР-11-2,

блок вторичного повторителя вращения ВП-11-2,

механизм слежения МВ-11-2,

блок формирования импульсов конца дистанции КДЗ,

блок стабилизированного выпрямителя и контрольного осциллографа ВС-11-3.

Структурная схема аппаратуры приемного пункта представлена на рис.11.8.

Принятые приемной антенной АР-11-4 высокочастотные сигналы передающего пункта поступают по фидерному тракту на вход приемника ДР-

11-2. В приемнике производится разделение сигналов I и II каналов, их преобразование на промежуточную частоту, усиление и детектирование.

Структурная схема приемника ДР-11-2 представлена на рис. 11.9. Приемник супергетеродинного типа с однократным преобразованием частоты. Приемник имеет два канала промежуточной частоты, разнесенные по частоте на 8 МГц.

В состав приемника входят общие смеситель, гетеродин, предварительный УПЧ (ПУПЧ) и два канала, включающие УПЧ, детектор и видеоусилитель, а также выпрямитель питания и цепи контроля.

Высокочастотные сигналы от антенны АР-11-1 по коаксиальному кабелю поступают на смеситель, куда подается напряжение гетеродина. Частота гетеродина при настройке приемника подбирается такой, чтобы она была ниже средней частоты сигнала на 30 МГц. В смесителе сигналы I и II каналов различные по частоте, преобразуются в сигналы промежуточных частот, отличающихся друг от друга на 8 МГц. Промежуточная частота I канала равна $f_{ПР1} = 26$ МГц, второго $f_{ПР2} = 34$ МГц.

Далее сигналы обоих каналов на промежуточных частотах усиливаются в широкополосном ПУПЧ, являющемся элементом согласования выхода смесителя со входами УПЧ. Затем сигналы поступают на входы узкополосных УПЧ I и УПЧ II, которые настроены на промежуточную частоту соответствующего канала (на 26 и 34 МГц соответственно). Таким образом происходит разделение сигналов по каналам I и II. Усиленные в УПЧ сигналы детектируются в детекторах и усиливаются в видеоусилителях.

Далее видеосигналы отдельно по двум каналам поступают в приемный демодулятор ПД-11-2. Сигналы канала II после усиления в блоке демодулятора непосредственно поступают на индикаторы приемного пункта. Сигналы канала I поступают на электронный коммутатор блока ПД-11-2, который пропускает на декодирующее устройство только импульсы запуска и ССП вращения, а видеосигналы ЭА и АО через усилитель I канала поступают на индикаторы. Декодирующее устройство осуществляет действие, обратное схеме кодирования передающего пункта, т.е. из каждой трехимпульсной кодовой комбинации вырабатывает один импульс, совпадающий по времени с моментом прихода третьего кодового импульса.

На выходе декодирующего устройства имеет место импульс запуска и фазомодулированные импульсы опорного напряжения ОН, напряжений ГО и ТО. Эти импульсы поступают на демодулятор, выполняющий две функции:

выделение импульса запуска;

преобразование фазомодулированных импульсов ОН, ГО и ТО в синусоидальные напряжения (процесс, обратный процессу, происходящему в модуляторе блока ОМ-11-4 передающего пункта).

Импульсы запуска подаются в блок КДЗ, осуществляющий формирование импульсов конца дистанции (ИКД). Импульсом конца дистанции определяется длительность прямого хода разверток ИКО. Импульсы запуска и ИКД с блока КДЗ подаются на шкаф разверток СМ-М для формирования пилообразных напряжений разверток ИКО.

Синусоидальные напряжения ОН, ГО и ТО имеют такие же фазовые соотношения, что и на передающем пункте. Эти напряжения затем подаются на вторичный повторитель ВП-11-2. Вторичный повторитель совместно с механизмом слежения МВ-11-2 воспроизводит вращение осей выходных сельсинов, синхронное и синфазное с вращением антенны РЛС.

Здесь используется метод сравнения фаз напряжений ГО и ТО, принятых с передающего пункта, с фазами напряжений ГО и ТО, подаваемых с роторов приемных фазовращателей. Статорные обмотки фазовращателей механизма слежения МВ-11-2 запитываются синусным и косинусным напряжениями, подаваемыми с выходов фазосдвигающего усилителя. На вход фазосдвигающего усилителя подается опорное напряжение.

На фазовые дискриминаторы блока ВП-11-2 подаются синусоидальные напряжения ГО и ТО передающего пункта (с выходов демодулятора блока ПД-11-2) и приемного пункта (с роторов фазовращателей механизма слежения МВ-11-2). Если фазы напряжений ГО и ТО, подаваемых на вход фазовых дискриминаторов, не совпадают, то фазовые дискриминаторы вырабатывают постоянные напряжения рассогласования ГО и ТО, величина и полярность которых зависит от величины и направления сдвига фаз сравниваемых напряжений. Эти напряжения рассогласования усиливаются, преобразуются в переменные напряжения рассогласования в усилителе сигнала ошибки и воздействуют на электродвигатель механизма слежения. Электродвигатель через редуктор вращает роторы приемных фазовращателей, а также роторы сельсинов ГО и ТО синхронно и синфазно с вращением антенны РЛС.

Обычно система работает по каналу точного отсчета, который обеспечивает необходимую точность слежения. Канал грубого отсчета включателя автоматически при больших углах рассогласования.

Напряжения ССП с сельсинов ГО и ТО подаются в шкаф разверток СМ-М для формирования радиально-круговых разверток на экранах ИКО.

12. СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ, КОНТРОЛЯ И ЗАЩИТЫ РЛС (СУКЗ)

12.1. Назначение, основные характеристики и состав СУКЗ

СУКЗ предназначена для местного и дистанционного включения всех устройств и систем РЛС, контроля их работоспособности, защиты цепей в аварийных режимах и сигнализации. Система обеспечивает:

- 1) автоматическое местное и дистанционное включение и управление приемно-передающей аппаратурой и аппаратурой защиты от помех;
- 2) дистанционную или местную регулировку токов магнетронов, дистанционную регулировку усиления приемных каналов;
- 3) управление режимами приемных каналов (включение ШАРУ, МАРУ, ВАРУ, ШОУ, дифференцирования);
- 4) дистанционное переключение РЛС в режимы запуска РІ, РІІ, Ч и местное переключение приемно-передающей аппаратуры в режимы редкого и частого запуска;
- 5) дистанционное и местное включение вращения ППК со скоростями 3 об/мин и 6 об/мин с подачей предупредительного сигнала;
- 6) дистанционное управление наклоном верхней и нижней антенн;
- 7) дистанционное управление поляризацией нижней антенны;
- 8) дистанционное включение фильтра НИП;
- 9) контроль работоспособности основных устройств и систем;
- 10) защиту аппаратуры РЛС в аварийных режимах и сигнализацию аварийных режимов.

В системе обеспечивается:

- мгновенное включение цепей накала аппаратуры;
- через 100 с – включение анодных цепей приемников;
- через 300 с – включение анодного напряжения передатчиков;
- экстренное включение, при котором анодное напряжение передатчиков включается через 200 с;
- повторное дистанционное включение передатчиков в случае нестойкой аварии.

В состав системы входят:

шкаф управления ШУ-6-01, расположенный в ППК. Он включает в себя органы управления, контроля и защиты систем, реле и контакторы включения устройств и систем, трансформаторы питания блока главных датчиков 39РД05 (ФД-02), механизмов качания антенн и электрического освещения кабины, а также блок регулировки и стабилизации РС;

панель дистанционного управления ПДУ-4М, расположенная в шкафу ДУС-4М индикаторной машины; она включает в себя органы управления, контроля и сигнализации всех основных систем и устройств;

элементы управления, защиты и контроля, расположенные в устройствах и системах РЛС.

12.2. Принципиальная схема СУКЗ

Принципиальная схема системы представлена на рис. 12.2.

Для удобства чтения и адресования элементов поле схемы разбито на зоны, обозначенные в верхней и нижней части схемы. На рис. 12.1. показано взаимное расположение устройств и систем на принципиальной схеме с обозначением номеров зон, в которых расположены их схемы. В нижней части принципиальной схемы показаны устройства, расположенные в ППК (машина № 1), в верхней части – в индикаторной машине (машина №2), в средней части - токосъемник ТК-03/1, через кольца которого замыкаются соответствующие цепи.

Рассмотрение принципиальной схемы будем вести по подсистемам СУКЗ:

- 1) подсистема распределения питающих напряжений и вентиляции ППК,
- 2) подсистема включения прямо-передающей аппаратуры и регулировки токов магнетронов,
- 3) подсистема управления приемными каналами,
- 4) подсистема защиты аппаратуры ЦСДЦ (шкафа 39К02);
- 5) подсистема управления режимами запуска,
- 6) подсистема управления вращением ППК,
- 7) подсистема управления наклоном антенн,
- 8) подсистема управления поляризацией нижней антенны,
- 9) подсистема управления работой блоков ЦСДЦ и синхронизации.

12.2.1. Подсистема распределения питающих напряжений и вентиляции ППК

Первичными источниками питания РЛС являются дизель-электрические агрегаты АД-60 или промышленная сеть 3 фазы 220 В 50 Гц. Агрегат повышенной частоты ВПЛ-30Д является преобразователем частоты. Он получает питание от первичных источников и вырабатывает напряжение 3 фазы 220 В 400 Гц.

Трехфазное напряжение 220 В 50 Гц от агрегатов АД-60 (зона 1 принципиальной схемы) через кольца 71, 73, 75 токосъемника ТК-03/1 поступает на контактор В1 распределительного устройства РУ (зона 2). Далее это напряжение поступает

на переключатель В8 шкафа ШУ-6 (зона 13), обеспечивающий контроль фаз напряжений по вольтметру ИП-1;

на шкафы передатчиков ПС-4 (зона 5) для питания цепей накала и вентиляторов обдува магнетронов;

на электродвигатель М1 вращения ППК (зоны 12, 13);

на трансформаторы блока 39РД05 (ФД-02) и освещения (цепи У5 зона 13);

на аппаратуру активного ответа 1РЛ214 (зона 2);

на электродвигатели М1 поляризаторов У11 – У13 (от зоны 14 к зоне 17);

на роторы сельсин-датчиков механизмов качания МК-I и МК-II (зоны 18,19);

на двигатели вентиляторов ППК У5, У6 (зоны 19,20).

Напряжение 50 Гц подается также на индикаторную машину на переключатель В12 пульта ПДУ-4М (зоны 1, 2) для контроля фаз напряжений по вольтметру ИП-6 и далее на все устройства и блоки индикаторной машины.

Трехфазное напряжение 220 В 400 Гц от преобразователя ВПЛ-30Д через кольца токосъемника 70, 72, 74 поступают на контактор В2 распределительного устройства РУ (зона 1). Далее это напряжение поступает на переключатель В 8 шкафа ШУ-6 (зона 13) для контроля фаз напряжений по вольтметру ИП-1;

на шкафы передатчиков ПС-4 (зона 7) для питания анодных цепей передатчиков;

на блок регулировки и стабилизации РС (зоны 10, 11) для питания трансформаторов выпрямителей опорного напряжения и обратной связи;

для питания аппаратуры шкафа ЦСДЦ 39КО2 (зона 16);

для питания цепей приемных устройств (зона 16);

для питания выпрямителей автоматики +27 В и -27 В (зоны 20 и 13);

напряжение 400 Гц подается на индикаторную машину только лишь для контроля фаз напряжения с помощью переключателя В 12 и вольтметра ИП-6 и для питания выпрямителей автоматики +27 В и -27 В (зоны 1, 2).

12.2.2. Подсистема включения приемо-передающей аппаратуры и регулировки токов магнетронов

Подсистема предназначена для автоматической выдачи накальных и анодных напряжений на приемо-передающую аппаратуру в требуемой временной последовательности. Подсистема обеспечивает дистанционное и местное включение приемо-передающей аппаратуры, регулировку токов магнетронов, экстренное включение передатчиков и повторное включение в случаях аварий цепей передатчиков.

Рассмотрим функционирование СУКЗ при выполнении перечисленных задач. При этом буквами, стоящими после номера реле будем обозначать местонахождение реле. Например, Р16 ШУ означает, что реле под номером 16 находится в шкафу управления ШУ-6.

А. Дистанционное включение приемо-передающей аппаратуры.

Дистанционное включение осуществляется с пульта дистанционного управления ПДУ-4М. При этом переключатель В1 «Местн-дист» шкафа ШУ-6 (зона 8) должен быть установлен в положение «Дист», переключатели В1 шкафов ПС-4 (зона 6) – в положении «Вкл», кнопки блокировки дверей шкафов ПС-4 КП-1 и КП-2 (зоны 6, 7) замкнуты (двери закрыты).

Включение осуществляется тумблером В10а «ППА-выкл» (зона 9) и тумблерами В1...В5 «Вкл. каналов ПС-4» (зона 6) на пульте ПДУ-4М.

При включении тумблера В10а включается реле Р16-1 ШУ (зона 9) по цепи: - 27 В ПДУ-4М, тумблер В10а, кольцо 51 токосъемника, диод Д14, контакты 4-5 реле Р2-3ШУ, обмотка реле Р16-1, корпус. При этом:

контактами реле Р16-2 замыкается цепь подачи напряжения – 27 В на вход 2 первого (из трех последовательно включенных) модуля выдержки времени на 100 с У2 (зона 9);

контактами реле Р16-3 (зоны 8, 9) включается цепь ламп «Накал» Л10 в шкафу ШУ-6 и Л2 на ПДУ-4М (зона 8) по цепи: источник напряжения ~12 В, диод Д12, контакты реле Р16-3 и Р17-4 ШУ, лампа Л10 ШУ и параллельно через кольцо токосъемника 49 лампа Л2 ПДУ, корпус. Диод Д12 пропускает положительные полупериоды напряжения ~12 В, которые не проходят через диод Д10 и не подсвечивают лампы «Анод»;

контактами реле Р16-4 (зона 13) включается реле Р4 ШУ. Контакты 1-6 реле обеспечивают подачу напряжения 220 В 50 Гц на трансформаторы питания блока 39РД05 (ФД-02) и освещения (цепи У5 зона 13). Kontakтами 23-24 реле Р4 ШУ (зона 7) включается контактор Р4 ПС (зона 6) по цепи: источник – 27 В, контакты 23-24 реле Р4 ШУ, переключатель В1 «Шкаф ПС-4», обмотка контактора Р4 ПС, резистор R5, контакты 3-4 реле Р5 ПС, корпус. Kontakтами 1-6 контактора Р4 ПС (зона 5) обеспечивается подача напряжения 220 В 50 Гц накала ламп шкафа ПС (в блоки ТС-2) и на вентиляторы обдува магнетрона. Переменное напряжение ~12,6 В с блока ТС-2 через замкнутые контакты 21-22 контактора Р6 ПС (зоны 5, 6) и контакты 5-6 реле Р3 ПС подается на накал магнетрона У5. При этом загорается лампа Л2 ПС «Накал магн»;

контактами реле Р16-5 ШУ обеспечивается подача напряжения – 27 В на реле Р20-1 ШУ (зоны 14, 15) Р33 ШУ (зона 15) и Р 34 ШУ (зона 16) по цепям: источник - 27 В, контакты реле Р16-5, обмотка реле Р20-1, контакты 3-4 реле Р19-2, корпус, контакты 3-4 реле Р32-1, обмотка реле Р33, корпус и контакты 7-8 реле Р32-2, контакты 7-8 реле Р31-2, обмотка реле Р34, корпус соответственно.

Контактами 1-6 реле Р20-2 ШУ (зоны 16, 17) включаются накальные цепи приемников ПРС-5М. Kontakтами 1-6 реле Р33-1 ШУ (зона 16) через устройство защиты У10 включается напряжение 220 В 400 Гц на вентилятор шкафа 39 К02, а kontakтами 1-6 реле Р34-1 ШУ (зона 16) – питание на аппаратуру шкафа 39К02.

Через 100 с срабатывает модуль выдержки времени У2 (зона 9), с контакта 1 которого напряжение – 27 В подается на контакт 2 модуля выдержки времени У3 и на обмотку реле Р18-1 ШУ. При этом:

контактами реле Р18-3 включается счетчик часов ИП-2 шкафа ШУ-6 (зона 8);

контактами реле Р18-4 включается напряжение – 27 В на обмотку реле Р15-1 (зоны 14, 15), контакты которого Р15-2 (зоны 16, 17) замыкают цепь напряжения 220 В 400 Гц на анодные цепи приемников ПРС-5М;

контактами реле Р18-5 осуществляется подача напряжения – 27 В на реле Р1 блока РС (зона 11), которое подготавливает цепи регулировки токов магнетронов. Kontakты 4-5 этого реле подключают переключатель В6 ПДУ «Рег токов магнетр 1-5» (зона 11) к блоку РС.

Через 200 с срабатывает второй модуль выдержки времени У3 и с контакта 1 его напряжение – 27 В подается на контакт 2 третьего модуля (У4).

Через 300 с с контакта 1 модуля У4 напряжение – 27 В через замкнутые контакты 3-4 концевого переключателя КП-1 блока РС подается на реле Р17-1 ШУ (зона 10). При этом:

контактами реле Р17-2 оно становится на самоблокировку;
контактами реле Р17-3 включается реле Р8 ПС (зона 7), которое подготавливает цепи включения высокого напряжения;

контактами реле Р17-4 (зоны 8, 9) включаются лампы «Анод» Л9 ШУ и Л1 ПДУ (зона 8). При этом отключается диод Д12 и отрицательные полупериоды напряжения ~ 12 В обеспечивают подсвет ламп «Анод» вместе с лампами «Накал».

При включении тумблеров В1...В5 «Вкл накалов ПС-4» на панели ПДУ-4М напряжение – 27 В по цепи: контакты переключателей В1...В5, кольца токосъемника 45, 48, 50, 52, 54, нормально замкнутые контакты реле шкафа ШУ-6 Р1-2, Р1-3, Р1-4, Р1-5, Р2-2, кнопка блокировки КП-1 ПС, обмотка реле Р8 ПС, контакты 23-24 контактора Р4 ПС, контакты реле Р17-3 ШУ, контакты реле Р9 РС, корпус включает реле Р8 ПС. Kontakтами 4-5 этого реле включается контактор Р6 ПС (зона 6) по цепи: источник – 27 В, контакты 23-24, включенного реле Р4 ШУ, тумблер В1 «Шкаф ПС-4», кнопка блокировки КП2 ПС, контакты 4-5 реле Р8 ПС, обмотка контактора Р6, резистор R8, корпус. Через контакты 1-6 контактора Р6 и предохранители Пр7-Пр9 напряжение 220 В 400 Гц поступает на трансформатор Тр1 высоковольтного выпрямителя передатчика (зона 7). При этом подсвечивается лампа Л3 шкафа ПС-4 «Анод».

Контактами 21-22 контактора Р6 (зона 5) размыкается цепь накала магнетрона. Однако накал остается включенным контактами 5-6 реле Р3 ПС. Реле Р3 включено в цепь высоковольтного выпрямителя и по достижению его током номинальной величины реле Р3 срабатывает и размыкает цепь накала магнетрона.

Таким образом, включено высокое напряжение, имеют место токи магнетронов, постоянные их составляющие измеряются миллиамперметрами ИП1 шкафов ПС-4 (зона 5) и параллельно через кольца токосъемника 60, 62, 64, 66,68 – миллиамперметрами ИП1...ИП5 пульта ПДУ-4М. Элементы Др1, Др2, С4, С5 – фильтры, выделяющие постоянные составляющие токов.

Регулировка токов магнетронов дистанционно осуществляется переключателем В6 пульта ПДУ-4М (зона 11). В положении переключателя «Меньше» напряжение –27 В через кольцо токосъемника 63, контакты 7-8 реле Р2-4 ШУ, контакты 4-5 реле Р1 РС и диод Д22 подается на реле Р3 РС (зоны 10, 11). Kontakтами этого реле включается электродвигатель субблока регулировки опорного напряжения У1, вращающийся в направлении его уменьшения. В положении переключателя «Больше» напряжение +27В через диод Д21 включает реле Р2 РС, обеспечивая реверс двигателя, увеличивая опорное напряжение.

Б. Местное включение приемо-передающей аппаратуры.

Местное включение аппаратуры осуществляется с панели шкафа автоматики ШУ-6-01. Оно осуществляется установкой тумблера В1 «Местн-дист» (зона 8) в положение «Местн». При этом цепи накала включаются тумблером В5 «Накал» (зона 9), анодные цепи – тумблером В2 «Анод» (зона 8).

При установке тумблера В1 в положение «Местн» напряжение – 27 В подается на реле Р1-1, Р2-1 и Р3-1 шкафа ШУ-6. При этом контактами реле Р1-2, Р1-3, Р1-4, Р1-5 и Р2-2 (зона 8) подготавливаются цепи включения высокого напряжения всех пяти шкафов ПС-4 (переключение цепей с дистанционного на местное управление), контактами реле Р2-3 (зона 9) подготавливаются цепи включения накала, контактами реле Р2-4 (зона 11) подготавливается цепь регулировки токов магнетронов, контактами реле Р3-2 и Р2-5 (зоны 9, 10) подготавливаются цепи переключения режимов запуска, контактами реле Р3-3 (зона 12) подготавливаются цепи местного управления вращением ППК.

При включении тумблера В5 ШУ «Накал» напряжение – 27 В подается на реле Р16-1 ШУ по цепи: источник – 27 В, диод Д13, контакты реле Р2-3, обмотка реле Р16-1, корпус. Дальнейший процесс включения происходит аналогично рассмотренному при дистанционном управлении, включая и выдержку времени в модулях У2, У3, У4. После загорания лампы Л9 «Анод» (зона 8) и включения тумблера В2 «Анод» напряжение – 27В подается на цепи включения высокого напряжения шкафов ПС-4.

Включение каждого из шкафов ПС-4 осуществляется тумблерами В1 «Шкаф ПС-4» (зона 6) в положение «Вкл» при установке переключателя В4 «Рег.токов ПС-4 меньше-больше» (зона 11) в положение «Меньше».

В. Экстренное включение передатчиков ПС-4

Экстренное включение передатчиков осуществляется только дистанционно тумблером В16 «Диф.1...5, экстр вкл» на пульте ПДУ-4М (зона 4). При включении тумблера В16 напряжение +27 В через контакты тумблера В16 кольцо токосъемника 26 подается на обмотку реле Р14-1 ШУ (зона 9). Контактными реле Р14-2 блокируется временной модуль У4 ШУ и реле Р17-1 включается напряжением со второго модуля У3, а далее включение осуществляется в том же порядке. Таким образом, включение РЛС произойдет через 200 с.

Г. Дистанционное повторное включение передатчиков ПС-4

При аварии анодных цепей передатчика включается реле максимального тока Р2 шкафа ПС-4 (зона 6). Реле Р2 сдвоенное. Контактными 1-2 оно включено в цепь высоковольтного выпрямителя, а контактами 3-4 – в зарядную цепь модулятора. Следовательно, первое реле срабатывает при возрастании тока высоковольтного выпрямителя, второе – при возрастании тока зарядной цепи. При срабатывании любого из этих реле замыкаются контакты Р2-1 ПС, запитывая реле Р7 ПС (зона 6). Контактными 4-5 реле Р7 становится на самоблокировку, отключая (контактами 4-3) питание контактора Р6 ПС. Его разомкнутыми контактами 1-6 снимается анодное питание 220 В 400 Гц, а замкнутыми контактами 21-22 (зона 5) включается накал магнетрона. После снятия анодного напряжения выключается реле Р3 ПС (зона 6), контактами 5-6 которого дополнительно включается накальная цепь магнетрона.

Контактами 6-7 реле Р7 ПС (зона 7) включается питание ламп «Авария» Л1 ШУ и Л3 ПДУ по цепи: источник ~12 В, контакты 6-7 реле Р7, лампа Л1 ШУ, корпус и параллельно через кольцо 47 токосъемника, лампа Л3 ПДУ, корпус. Одновременно включается реле Р5-1 ШУ (зона 8), которое запитывается от

источника ~12 В через выпрямитель Д1-Д4 и резистор R6. Kontakтами реле P5-2 замыкается цепь звонка ЗВ шкафа ШУ-6. Звонок пульта ПДУ-4М включается через диод Д2. Таким образом включается звуковая и световая сигнализация аварии, при этом сохраняется накал магнетрона и вентиляция, что дает возможность осуществить повторное включение анодных цепей.

Для осуществления повторного дистанционного включения необходимо выключить, а затем снова включить тумблер В1...В5 неисправного канала на пульте ПДУ-4М (зона 8), предварительно уменьшив ток магнетронного генератора до минимума. При выключении В1...В5 ПДУ разрывается цепь питания реле P8 ПС (зона 7), контакты 4-5 которого (зона 6) снимают питание с обмотки реле P7 ПС. Kontakтами 6-7 реле P7 отключаются сигнальные цепи аварии, а kontakтами 3-4 готовятся цепи включения контактора P6 (зона 6). При последующем включении одного из тумблеров В1...В5 ПДУ произойдет повторное включение анодных цепей данного шкафа ПС-4.

При этом возможны три случая:

1. После повторного включения сигнал аварии не появляется, передатчик работает нормально. Причинами аварии в таком случае могли быть случайное искрение магнетронов, кратковременный пробой в тиратроне, кратковременный бросок напряжения питающей сети и др.

2. После повторного включения сигнал аварии исчезает, потом снова появляется. Причинами аварии являются стойкие пробои магнетрона, тиратрона, импульсного трансформатора и других элементов.

3. При включении тумблера В1...В5 ПДУ сигнал аварии не исчезает. Причинами аварии являются авария цепей накала и вентиляции, короткое замыкание обмоток электродвигателя вентилятора передатчика, перегорание предохранителей в цепи вентилятора.

В последнем случае срабатывает схема защиты модуля У7 шкафа ПС-4 (зона 5), которая включает реле P5 ПС (зона 6) по цепи: источник -27 В, контакты 23-24 реле P4 ШУ, тумблер В1 «Шкаф ПС-4», обмотка реле P5, контакты 5-6 модуля У7, корпус. Kontakтами 4-5 реле P5 ПС становится на самоблокировку, kontakтами 3-4 отключается контактор P4 ПС, разрывая цепь накала и вентиляции 50 Гц, kontakтами 23-24 контактора P4 (зона 7) разрывается цепь питания реле P8 ПС. Реле P8 kontakтами 4-5 разрывает цепь питания контактора P6 ПС, выключая анодное питание 400 Гц передатчика. Kontakтами 6-7 реле P5 ПС (зона 7) включается световая и звуковая сигнализация аварии.

Если после повторного включения за 1-2 раза передатчик ПС-4 не включился, то необходимо остановить вращение ППК и выяснить причину аварии либо выключить тумблер В1...В5 ПДУ неисправного передатчика и продолжать боевую работу. При этом будет снят сигнал аварии данного передатчика, а лампы аварии и звонки могут подавать сигналы аварии, если один из оставшихся передатчиков будет иметь неисправность.

12.2.3. Подсистема управления приемными каналами

Подсистема обеспечивает дистанционное и местное включение приемных каналов, дистанционную и местную регулировку усиления приемных каналов и дистанционное включение режимов работы приемных устройств: ШОУ, ВАРУ, ШАРУ, МАРУ, дифференцирования и дистанционную подачу импульсов подавления от блока пеленгации П-1.

Дистанционное управление приемными каналами осуществляется с панели ПДУ-4М. Для каждого приемного канала в панели ПДУ-4М установлены делители напряжения –150 В (зона 3) из четырех резисторов (R7, R6, R25, R5 для 1 канала, R10, R9, R26, R8 для 2 канала, R13, R12, R27, R11 для 3 канала, R16, R15, R28, R14 для 4 канала и R19, R18, R29, R17 для 5 канала). Дистанционное включение каждого приемного канала и регулировка их усиления осуществляется установкой переключателя В18 «ДРУ-ШАРУ-МАРУ» (зона 4) в положение «ДРУ». При этом включаются реле Р1 и Р2 узлов ШАРУ-РРУ субблоков УПЧ-А приемников (зона 3) по цепи: источник – 27 В в ПДУ-4М, контакт 4 переключателя В18, переключатель В19, кольцо 23 токосъемника, контакты 1-3 переключателя В5 блока ПРС-5М (в положении «Работа») диоды Д6, Д8, обмотки реле Р1, Р2, корпус. С целью экономии колец токосъемника это напряжение подается через переключатель В19, имеющий три положения: «ШОУ», «Выкл» и «Имп подавл». Напряжение включения режима ДРУ подается в двух положениях переключателя: «ШОУ» и «Выкл».

Включение и выключение каждого канала осуществляется тумблерами В20...В24 «Включение ПРС» (зона 3) путем снятия или подачи отрицательного запирающего напряжения на каскады УПЧ-А блоков приемников. Если тумблер выключен, отрицательное напряжение с потенциометров «Рег усил ПРС» большое, приводящее к запираению УПЧ. При включении канала закорачивается нижний резистор делителя -150 В, уменьшая отрицательное напряжение на каскада УПЧ до уровня, обеспечивающего их открывание.

Дистанционная регулировка усиления осуществляется напряжением с потенциометров «Рег усил ПРС», которое через кольца 15, 16, 21, 22, 24 токосъемника ТК-03/1, контакты 6-7 включенного реле Р8 шкафа ПС-4, резистор R34, контакты включенных реле Р1, Р2 подается на первый и второй каскады УПЧ субблока УПЧ-А. Прохождение напряжения регулирования через контакты реле Р8 ПС означает, что дистанционная регулировка усиления осуществляется только при включенном напряжении передатчика. Пределы дистанционной регулировки усиления устанавливаются потенциометрами «Огранич. усил. ПРС».

В положении «ШАРУ» переключателя В18 напряжение –27 В на реле Р1, Р2 схемы ШАРУ-РРУ не подается и регулировка усиления каскадов УПЧ осуществляется схемой ШАРУ субблока УПЧ-А.

Местная ручная регулировка усиления обеспечивается в положении переключателя В5 блока ПРС-5М «Контроль». При этом в схеме ШАРУ-РРУ включается только реле Р1 по цепи: источник –27 В, контакты 2-6 переключателя В5, диод Д7, обмотка реле Р1, корпус. Kontakтами этого реле подключается резистор РРУ узла ШАРУ-РРУ.

Включение МАРУ осуществляется установкой переключателя В18 в положение «МАРУ». При этом напряжением +27 В включаются реле Р1-Р3 узлов МАРУ субблоков УПЧ-А приемников по цепи: источник +27 В, контакт переключателя В18, переключатель В19 (в положениях «ШОУ» и «Выкл»), кольцо 23 токоъемника, контакты 1-3 переключателя В5 (в положении «Работа»), диод Д4, обмотки реле Р1-Р3 узлов МАРУ субблоков УПЧ-А, корпус. Kontakтами этих реле включаются схемы МАРУ.

Включение режима ШОУ осуществляется установкой переключателя В19 в положение «ШОУ». При этом напряжением – 27 В включается реле Р1, Р2 узлов коммутатора субблоков УПЧ-А по цепи: источник – 27 В, контакты 2-6 переключателя В19, кольцо 25 токоъемника, диод Д1, реле Р1, Р2 узла коммутатора субблока УПЧ-А, корпус. Kontakтами этих реле осуществляется включение режима ШОУ.

Включение режима пеленгации осуществляется установкой переключателя В19 в положение «Имп.подавл». При этом пилообразный импульс подавления положительной полярности от блока П-1, расположенного в индикаторной машине (зона 5), через контакты 2-4 переключателя В19, кольцо 25 токоъемника, диоды Д1, Д2 подается на 4, 5 и 6 каскады УПЧ субблока УПЧ-А для уменьшения коэффициента усиления УПЧ в конце дистанции.

Схема ВАРУ включается тумблером В8 пульта ПДУ-4М «ВАРУ» (зона 4). Напряжение +27 В через тумблер В8, кольцо 68 токоъемника, реле Р2 узла ВАРУ-РРУШ субблока ШОУ. Kontakтами реле включается схема ВАРУ.

Цепи дифференцирования каналов включаются тумблером В16 «Диф 1-5, экстр вкл» (зона 4). При этом напряжение +27 В через контакты тумблера В16, кольцо 26 токоъемника поступает на реле Р3 узла коммутатора, включая его. Kontakтами реле включается цепь дифференцирования (АРП).

Местное управление приемниками обеспечивается установкой переключателя В5 блока ПРС-5М в положение «Контроль». При этом напряжение –27 В подается через контакты 2-6 переключателя В5:

на реле Р1 узла ШАРУ-РРУ субблока УПЧ-А для обеспечения ручной регулировки усиления УПЧ,

на реле Р1 узла ВАРУ-РРУШ субблока ШОУ для обеспечения ручной регулировки усиления широкополосного усилителя,

на реле Р4 коммутатора режимов фазирования субблока УПЧ-К для обеспечения контроля функционирования и настройки когерентного канала приемника.

С помощью лампы Л1 «Контроль» обеспечивается индикация местного включения приемника.

Защита цепей приемных устройств ПРС-5М обеспечивается с помощью реле максимального тока Р10-1 и Р11-1 шкафа ШУ-6 (зоны 16, 17), установленных в цепях питания накала приемников. При увеличении тока в цепях более допустимого срабатывают указанные реле и размыканием контактов Р10-2 и Р11-2 (зона 15) запитывается реле Р19-1 ШУ по цепи: источник –27 В, контакты реле Р16-5 ШУ, резистор R19, обмотка реле Р19-1, диод Д15, кнопка Кн4, корпус. Kontakтами Р19-2 (зона 14) реле Р19-1

становится на самоблокировку (разрывом цепи на корпус до реле Р19-1) и отключает питание реле Р20-1 ШУ. Контакты 1-6 реле Р20-2 (зоны 16, 17) размыкают цепь питания приемников, а контактами Р19-3 (зона 7) включается цепь сигнализации аварии (лампы Л1 ШУ и Л3 ПДУ «Авария» и звонки 3 В в шкафу ШУ-6 и пульте ПДУ-4М).

12.2.4. Подсистема защиты аппаратуры ЦСДЦ (шкафа 39К02)

Авария шкафа 39К02 может происходить по одной из следующих причин: авария источников вторичного питания (выпрямителей) блоков шкафа, аварийный режим вентилятора обдува, приводящий к перегоранию предохранителей,

отсутствие или ослабление воздушного потока вентилятора обдува.

При аварии источников питания напряжение +27 В со шкафа 39К02 подается на обмотку реле Р30 шкафа ШУ-6 по цепи: источник +27 В блока 39КМ02 (зона 21), контакты 2-3 реле К3 схемы включения блока 39КМ01, диод VD1 (зона 23), обмотка реле Р30 ШУ (зона 16), корпус. Напряжение –27 В через контакты реле Р30-1 (зона 15), кольцо 9 токосъемника (зона 20) подается на лампу Л4 «Авария ЧПК» панели ПДУ-4М. Параллельно подается питание на светодиод Д23 «Авария 39К02» шкафа ШУ-6 (зона 15) по цепи: источник –27В, контакты реле Р30-1, диод Д20, светодиод Д23, резистор R26, корпус. На блоке 39КМ02 через схему включения включается светодиод НД1 «Неиспр.питан» (зона 21).

Сброс аварии осуществляется кнопкой Кн2 пульта ПДУ-4М (зона 20). При этом включается реле Р29 ШУ (зона 15) по цепи: источник –27 В, обмотка реле Р29, кольцо 7 токосъемника, кнопка Кн2 ПДУ, корпус. Параллельно включается реле КV1 шкафа 39К02 (зона 22), контактами которого осуществляется сброс аварии. Местно сброс аварии осуществляется кнопкой Кн5 «Сброс аварии 39К02» на шкафу ШУ-6 (зона 15) и кнопкой 5В1 «Сброс» (зона 22) на блоке 39КМ02.

При аварии вентилятора обдува шкафа (замыкание обмоток двигателя и др.) перегорают предохранители У11-У13 (зона 16) в цепи питания вентилятора. При этом срабатывает электронная схема защиты У10. При ее срабатывании замыкаются контакты 5-6 и получают питание реле Р32 ШУ (зона 15) по цепи: источник –27 В, контакты реле Р29-1, кнопка Кн5 «Сброс аварии 39К02», обмотка реле Р32, контакты 5-6 схемы защиты У10, корпус. Контактными Р32-1 этого реле (зона 15) снимается питание с реле Р33 ШУ (зона 15), а контактами 1-6 реле Р33-1 снимается напряжение питания с вентилятора. Контактными реле Р32-1 замыкается цепь питания светодиода Д23 «Авария 39К02» шкафа ШУ-6 и параллельно через диод Д20, кольцо 9 токосъемника – цепь питания лампы Л4 ПДУ (зона 20) «Авария ЧПК».

Контактами Р-32-2 (зона 15) размыкается цепь питания реле Р34 (зона 16 и его контактами 1-6 Р34-1 отключается напряжение питания шкафа 39К02.

Сброс аварии дистанционно осуществляется нажатием кнопки Кн2 ПДУ, приводящему к включению реле Р29 ШУ через кольцо 7 токосъемника. Контактными Р29-1 этого реле разрывается цепь питания реле Р32. Через

контакты этого реле Р32-1 и Р-32-2 подается питание на реле Р33 и Р34, приводящее к общему включению аппаратуры шкафа. 39К02. При этом снимается питание с лампы Л4 ПДУ и светодиода Д23 ШУ. При местном управлении сброс аварии осуществляется кнопкой Кн5 ШУ «Сброс аварии 39К02» (зона 15).

При отсутствии или ослаблении воздушного потока обдува вентилятором замыкается аэродинамический контакт вентилятора, приводящий к включению реле Р31 ШУ (зона 15). Kontakтами Р31-1 этого реле обеспечивается питание реле Р32 по цепи: источник –27 В, контакты реле Р29-1, кнопка Кн5, обмотка реле Р32, контакты реле Р31-1, корпус. Далее процесс отключения питания аппаратуры шкафа 39К02 и вентилятора и включения сигнализации аварии осуществляется так же, как и при аварии вентилятора. Также аналогично осуществляется сброс.

12.2.5. Подсистема управления режимами запуска

Подсистема обеспечивает дистанционное и местное переключение режимов запуска. Дистанционное переключение осуществляется с пульта в один из трех режимов: редкий РІ, редкий РІІ и частый Ч. В режиме РІ частота следования импульсов остается неизменной, в режиме РІІ осуществляется шестипериодная вобуляция частоты следования, в режиме Ч осуществляется добавление промежуточных импульсов к импульсной последовательности режима РІ. Местное переключение осуществляется со шкафа ШУ-6 в режимах редкого и частого запуска. При этом обеспечивается внутренний запуск, импульсы которого формируются в блоке РС. В редком запуске частота следования импульсов внутреннего запуска 400 Гц, в частом – 800 Гц. Местный запуск реализуется при контроле функционирования и настройке приемо-передающей аппаратуры.

Дистанционное управление осуществляется установкой переключателя В13 «Запуск» на пульте ПДУ-4М (зоны 19, 20) в положения «РІ», «РІІ» и «Ч». Режим РІ обеспечивается в положении «РІ» переключателя (контакты 1-10). При этом включается напряжение – 27 В, обеспечивающее подсвет лампы Л11 «РІ» (зона 20), других коммутаций в схемах не производится. Импульсы «Зап І» от системы хронизации через контакты 3-4 выключенного реле Р13 блока РС (зона 10) подаются на запуск приемо-передающей аппаратуры. Реле Р10 РС выключено и через его контакты 1-2 (зона 10), резистор R19 от источника –27 В запитывается обмотка высоковольтного вакуумного выключателя Р1а шкафа ПС-4 (зона 5), его контакты Р1б замкнуты и этим обеспечивается включение всех ячеек накопительной линии ДМ модулятора и длительность его импульса максимальная.

Включение режима РІІ осуществляется установкой переключателя В13 в положение «РІІ» (контакты 1-11). При этом подсвечивается лампа Л13 ПДУ и напряжение – 27 В подается на реле КV3 блока хронизации 39УФ02 (зона 25). Через контакты КV3-1 этого реле (зона 23) подается напряжение питания +5 В на формирователь закона вобуляции ячейки Д2ИК16. Запуск остается редким и других коммутаций не производится.

Включение режима Ч осуществляется установкой переключателя В13 в положение «Ч» (контакты 1-9). При этом напряжение –27 В подается на подсвет лампы Л10 ПДУ и на реле KV4 блока 39УФ02 (зона 25). Через контакты KV4-1 этого реле (зона 23) подается питание +5 В на формирователь частого запуска ячейки Д2ИК17. Кроме того, напряжение – 27 В через контакты 1-9 переключателя В13, кольцо 59 токосъемника ТК-03/1, контакты 10-11 выключенного реле Р2-5 ШУ подается:

на лампу Л11 «Частый» шкафа ШУ-6 (зона 9), подсвечивая ее;

на реле Р4, Р14 схемы переключения редкий-частый блока РС (зона 10), обеспечивая переключение выхода выпрямителя опорного напряжения блока в режим частого запуска;

на реле KV1 блока объединения сигналов 39KM02 (зона 21). Контакты KV1-1 этого реле осуществляют переключение ячейки формирования сигналов Э_{контр} Д2ХК27 в режим частого запуска, контактами KV1-2 включается реле KV2 блока вычитания 39KM01 (зона 22), контактами KV1-2 которого (зона 24) ячейка синхронизации и контроля Д2ИК20 и ячейка фильтра НИП Д2ХК26 переводятся в режим частого запуска;

на реле Р1 субблока АПЧ приемника ПРС-5М, обеспечивая перевод системы в режим частого запуска.

Кроме того, осуществляется отключение трех ячеек накопительной линии ДМ модулятора. Оно обеспечивается программным переключением режимов запуска в блоке РС, подробно рассмотренным в п.4.5 настоящего пособия и заканчивающимся включением реле Р10 РС, контактами которого (зона 10) отключается питание обмотки высоковольтного вакуумного выключателя передатчика Р1а (зона 5) и размыкаются контакты Р1б.

Местное переключение режимов запуска осуществляется при установке переключателя В1 шкафа ШУ-6 (зона 8) в положение «Местн», обеспечивающего включение реле Р2-1 и Р3-1 шкафа ШУ-6 (зона 8). Контактными реле Р2-5 (зона 9) отключается переключатель В13 ПДУ, а подключается цепь переключателя В7 «Частый-редкий» шкафа ШУ-6.

Через контакты реле Р3-2 (зона 10) подается питание на реле Р13 блока РС, переводя блок РС в режим внутреннего запуска. С блока РС через контакты 4-5 реле Р13 импульсы внутреннего запуска поступают на приемо-передающую аппаратуру. Контактными 6-7 реле Р13 выход устройства хронизации подключается на согласованную нагрузку R26.

Управление режимами запуска осуществляется переключателем В7 «Частый-редкий» шкафа ШУ-6, обеспечивая те же коммутации в приемо-передающей аппаратуре, что и при дистанционном управлении.

12.2.6. Подсистема управления вращением ППК

Подсистема управления вращением ППК предназначена для дистанционного и местного включения вращения ППК со скоростями 3 об/мин и 6 об/мин, подачи предупредительного сигнала перед включением вращения и защиты электродвигателя вращения ППК. Вращение осуществляется трехфазным асинхронным двигателем М1 (зона 13). Скорость вращения

электродвигателя 700 об/мин при вращении ППК 3 об/мин и 1500 об/мин при вращении ППК 6 об/мин. Изменение скорости вращения двигателя достигается переключением статорных обмоток с треугольника (3 об/мин) на звезду (6 об/мин). Электродвигатель вращения включается независимо от включения приемо-передающей аппаратуры.

Дистанционное управление вращением осуществляется с пульта ПДУ-4М переключателем В7 «Вращение кабины» (зона 12) и кнопкой Кн1 «Сигнал предупреждения». При этом обеспечивается механическая блокировка переключателя так, что включение вращения невозможно без нажатия кнопки предупреждения. Местное управление вращением осуществляется переключателем В6 «Вращение кабины» на шкафу ШУ-6 (зона 11) также с подачей сигнала предупреждения (кнопка Кн3 шкафа ШУ-6, зона 12).

При дистанционном управлении переключатель В1 шкафа ШУ-6 (зона 8) должен быть установлен в положение «Дист». При этом выключено реле Р3-1 ШУ (зона 8) и его контактами Р3-3 (зона 11) включается цепь дистанционного управления. Нажатием кнопки Кн1 пульта ПДУ-4М получает питание звуковой сигнал по цепи: фаза а напряжения 220 В 50 Гц, кнопка Кн1 ПДУ, кольцо 55 токосъемника, трансформатор Тр1 звукового сигнала. При нажатой кнопке Кн1 переключатель В7 ПДУ переводится из положения «Выкл» в положение «3 об/мин». При этом запитывается реле Р21-1 ШУ (зона 11) по цепи: источник +27 В, предохранитель Пр1 ПДУ (зона 12), контакты 11-0 переключателя В7, кольцо 53 токосъемника, контакты 7-8 реле Р3-3 ШУ, концевые выключатели ОК3, ОК4 блокировки стопора кабины и ручного привода кабины, контакты 4-3 центробежного реле У2, диод Д16, обмотка реле Р21-1, корпус. Контактными 4-5 Р21-2 реле Р21-1 становится на самоблокировку, а контактами 6-7 Р21-3 (зона 12) подается питание на контактор Р7 (зона 12) по цепи: источник -27 В, контакты 3-4 реле Р6-2 ШУ, контакты 6-7 реле Р21-3, обмотка контактора Р7 ШУ, резистор R12, контакты 21-22 реле Р8, корпус.

Контактами 21-22 контактора Р7 разрывается цепь питания контакторов Р8 и Р9 ШУ, исключая тем самым возможность включения их одновременно с контактором Р7. Через контакты 1-6 контактора Р7 (зоны 12, 13) подается трехфазное напряжение питания 220 В 50 Гц через автоматы токовой защиты Р12-1 и Р13-1 на обмотки электродвигателя вращения М1, обеспечивая соединение их треугольником. Двигатель вращается, вращая ППК со скоростью 3 об/мин.

Напряжение +27 В через контакты 11-0 переключателя В7 ПДУ подается в блок хронизации 39УФ02 через диод VD2 на реле KV1 (зона 25). Через контакты KV1-2 этого реле (зона 24) напряжение питания +5 В подается на ячейку Д2ИК13, включающее формирователи отметок азимута. Через контакты KV1-1 реле KV1 (зона 14) напряжение +27 В подается на внешние системы для сигнализации признака вращения ППК со скоростью 3 об/мин.

При достижении ротором электродвигателя М1 скорости вращения 550-610 об/мин срабатывает центробежное реле У2 (зона 11), которое контактами 4-2 готовит цепь включения вращения со скоростью 6 об/мин. Реле Р21-1 при этом

остается включенным контактами Р21-2 и продолжается вращение ППК со скоростью 3 об/мин.

Для перехода на скорость вращения 6 об/мин переключатель В7 ПДУ устанавливается в положение «6 об/мин». При этом снимается напряжение +27 В с реле Р21-1, обеспечивая выключение контактора Р7 и получает питание реле Р22-1 ШУ (зона 11) по цепи: источник –27 В, контакты 7-0 переключателя В7 ПДУ, кольцо 53 токосъемника, контакты 7-8 реле Р3-3 ШУ, кнопки блокировки ОК3, ОК4, контакты 2-4 центробежного реле У2, диод Д17, обмотка реле Р22-1, корпус. Контактными Р22-2 реле становится на самоблокировку. Контактными Р22-3 включаются контакторы Р8, Р9 (зона 12), при условии, что контактор Р7 обесточен (замкнуты его контакты 21-22).

Контактами 1-6 контакторов Р8, Р9 осуществляется переключение обмоток электродвигателя с треугольника на двойную звезду (половины фазовых обмоток, соединенных параллельно, включаются звездой), при этом ППК вращается со скоростью 6 об/мин. Контакты 21-22 контактора Р8 разрывают цепь питания контактора Р7, исключая возможность его одновременного включения с контакторами Р8, Р9.

Напряжение –27 В через контакты 7-0 переключателя В7 ПДУ подается в блок ЗРУФ02 через диод VD3 на реле KV2 (зона 25). С помощью контактов KV2-2 сохраняется напряжение питания +5 В на формирователи отметок азимута. Напряжение +27 В через контакты KV2-1 подается на внешние системы в качестве признака вращения ППК со скоростью 6 об/мин.

В аварийных режимах работы при перегрузке обмоток двигателя срабатывают реле максимального тока Р12-1 и Р13-1 ШУ (зоны 12, 13). Контактными Р12-2 и Р13-2 этих реле (зоны 11, 12) размыкается цепь блокировки реле Р6 ШУ. Реле Р6 получает питание по цепи: источник –27 В, кнопка Кн1 «Сброс аварии», резистор R7, обмотка реле Р6-1, корпус. Контактными Р6-3 реле становится на самоблокировку, а контактами Р6-2 (зона 12) размыкается цепь питания всех трех контакторов, чем обеспечивается отключение напряжения питания от двигателя. Нажатием кнопки Кн1 «Сброс аварии» отключается питание реле Р6-1 и цепь включения вращения восстанавливается. Кнопка сброса аварии имеется только в шкафу ШУ-6.

Местное управление вращением осуществляется со шкафа ШУ-6 после установки переключателя В1 ШУ (зона 8) в положение «Местн». При этом включается реле Р3-1 ШУ (зона 8), контактами Р3-3 которого (зона 12) осуществляется переключение с дистанционного на местное управление. Местное управление вращением осуществляется переключателем В6 ШУ (зона 11) так же, как и дистанционное.

12.2.7. Подсистема управления поляризацией

Подсистема управления поляризацией предназначена для изменения поляризации электромагнитных волн с линейной на круговую и наоборот в трех облучателях (1, 2 и 3 каналов) нижней антенны. Она включает в себя:

блок управления поляризацией УП-01, размещенный в индикаторной машине,

цепи управления поляризацией, защиты и сигнализации, три устройства перестройки поляризации У9-У11 в поляризаторах блока облучателей ОВН-АМ-1.

Управление поляризацией осуществляется дистанционно с блока УП-01. Он обеспечивает включение режимов круговой поляризации «Круг» и линейкой «Лин» отдельно по трем облучателям, индикацию установленного режима «Круг» или «Лин» и индикацию эллиптической поляризации «Эллипт» во время отработки установленного режима поляризации. Таким образом, система управления поляризацией содержит три идентичных канала.

В состав блока УП-01 (зоны 13, 14) входят выпрямитель и три канала переключения поляризации, включающие в себя переключатель поляризации В1...В3 «Круг-выкл-лин», реле Р1...Р3 и лампы индикации вида поляризации «Лин» (лампы Л5, Л8, Л11), «Круг» (Л6, Л9, Л12), «Эллипт» (Л4, Л7, Л10). Выпрямитель питается трехфазным напряжением 220 В 50 Гц и собран по трехфазной схеме Ларионова. Середина вторичной обмотки трансформатора заземлена, так что выпрямитель имеет два выхода: +12 В и -12 В.

На поляризаторах облучателей нижней антенны установлены исполнительные механизмы У11...У13 (зона 17). Установка поляризации осуществляется перемещением фторопластовых пластин поляризаторов, изменяющих сдвиг фаз волн в плечах поляризатора. При линейной поляризации сдвиг фаз должен быть равен нулю и пластины установлены у стенок волноводов, при круговой поляризации – сдвиг фаз 90° и пластины выводятся в некоторое среднее положение. Основой механизма является трехфазный реверсивный электродвигатель М1. Изменение направления вращения обеспечивается изменением чередования фаз двигателя, которое осуществляется с помощью реле Р1 и Р2. Пределы установки фторопластовых пластин при переключении поляризации осуществляется концевыми выключателями Кн1 и Кн2.

Включение круговой поляризации в первом канале осуществляется установкой переключателя В1 в положение «Круг». При этом получают питание реле Р1-а блока УП-01 и Р2а механизма У11 (зоны 14 и 17 соответственно) по цепи: источник – 12 В, контакты 3-1 переключателя В1, обмотка реле Р1а УП-01, кольцо 17 (18, 20) токосъемника, нормально замкнутые контакты реле Р25-3, Р26-2, Р26-3 шкафа ШУ-6, диод Д2, обмотка реле Р2а У11, концевой выключатель Кн2, корпус. Реле Р1а блока УП-01 контактами 1-3 Р1б включает лампу Л4 «Эллипт» по цепи: источник – 12 В, контакты 3-1 переключателя В1, контакты 1-3 Р1б, лампа Л4, резистор R4, контакты 2-4 переключателя В1, источник +12 В.

Реле Р2а механизма поляризатора замыкает контактами Р2б и Р2в фазы а и б напряжения питания электродвигателя, фаза с некоммутируемая. Двигатель М1 вращается в направлении установки круговой поляризации до срабатывания концевой выключателя, после чего цепь реле Р2а размыкается, двигатель останавливается. Размыкается также цепь питания реле Р1а блока УП-01, контакты его Р1б возвращаются в положение 1-2, лампа «Эллипт»

гаснет, а подсвечивается лампа Л6 «Круг». Диоды Д8 (Д10, Д12) и Д7 (Д9, Д11) разделяют цепи питания ламп «Круг» и «Лин».

При включении режима «Лин» переключателем В1 подключается источник +12 В и по аналогичной цепи включается реле Р1а блока УП-01 и через диод Д1 реле Р1а механизма У11. Kontakтами реле Р1б и Р1в механизма У11 изменяется коммутация фаз а и в питающего двигателя напряжения, обеспечивая его вращение в противоположную сторону до размыкания концевого выключателя Кн1. Выключением реле Р1а механизма У11 останавливается двигатель, а выключением реле Р1а блока УП-01 гаснет лампа Л4 «Эллипт» и загорается лампа Л5 «Лин».

При коротких замыканиях и перегрузках электродвигателя поляризатора М1 срабатывает схема защиты У5 (зона 14), установленная в цепи питания двигателя. При срабатывании схемы У5 замыкаются ее контакты 5-6. При этом включается реле Р25-1 ШУ по цепи: источник -27 В, обмотка реле Р25-1, контакты 5-6 схемы У5, кнопка Кн4 «Сброс аварии двиг. поляр», корпус. Kontakтами Р25-2 этого реле включается реле Р26-1 и лампа Л14 ШУ «Авария двиг. поляр». Kontakтами Р25-3, Р26-2 и Р26-3 разрывается цепь дистанционного управления всех трех поляризаторов.

Сброс аварии осуществляется кнопкой Кн4 (зона 15). При этом разрывается цепь питания реле Р25-1 и Р26-1, через их нормально замкнутые контакты снова замыкается цепь дистанционного управления поляризацией.

12.2.8. Подсистема управления наклоном антенн

Подсистема управления наклоном антенн предназначена для дистанционного управления наклоном антенн (независимо нижней и верхней антенны) в сторону положительных и отрицательных голов места относительно установочных углов места антенн. Установочные углы места нижней антенны +3,5°, верхней +10,5°. Нулевые показания стрелок индикаторных сельсинов соответствуют этим установочным углам. Наклон нижней антенны осуществляется в пределах от -4,6° до 4,6°, верхней – от -7,9° до +4,6°.

Дистанционное управление наклоном антенн и контроль осуществляется с панели дистанционного управления ПДУ-4М шкафа ДУС-4М и блоков управления наклоном УН-I, УН-II шкафа ИКО-2М (зоны 17-19). Исполнительные приводы наклона антенн размещены в механизмах качания МК-I, МК-II, механически связанных с антеннами, и осуществляется с помощью трехфазных реверсивных асинхронных двигателей.

Дистанционный контроль углов наклона каждой антенны осуществляется при помощи индикаторной ССП, состоящей из сельсин-датчика и сельсин-приемника. Системы управления наклоном и контроля нижней и верхней антенн одинаковы.

В панели ПДУ-4М установлены два переключателя: В14 (нижней антенны) и В15 (верхней антенны) на три положения: «вверх», «вниз» и среднее фиксированное положение, при котором электродвигатель выключен, и два сельсин-приемника М1, М2 (нижней и верхней антенн), оси которых выведены

на шкальные устройства «АнтI» и «АнтII». Роторы сельсин-приемников соединены последовательно и запитываются напряжением 220 В 50 Гц.

В блоках УН-I (нижней антенны) и УН-II (верхней антенны) шкафа ИКО-2М установлены аналогичные элементы – в каждом из них переключатель и сельсин-приемник со шкальным устройством.

В механизмах качания размещены электродвигатели МК-I, МК-II и сельсин-датчики СД-I и СД-II. Роторы сельсин-датчиков запитываются переменным напряжением 110 В 50 Гц через трансформатор Тр3 шкафа ШУ-6. Роторные обмотки сельсин-датчиков и сельсин-приемников запитываются переменными напряжением одних и тех же фаз – а и в, что является условием работы индикаторной ССП. Две статорные обмотки сельсин-датчиков соединены статорными отмотками сельсин-приемников через кольца токосъемника 31, 33 и 39, 41, а третьи обмотки – через общее кольцо заземления.

Переключатели управления пульта ПДУ-4М и блоков УН-I, УН-II включены параллельно и управление наклоном может осуществляться любым переключателем. Трехфазные обмотки двигателей механизмов качания запитываются от трехфазной сети 220 В 50 Гц и реверсирование их осуществляется изменением чередования фаз при переводе переключателей из положения «Вверх» в положение «Вниз» и наоборот. Изменению чередования подвергаются фазы а и в, а фаза с является некоммутируемой. Напряжения фаз а и в через кольца токосъемника 27, 29 и 36, 37 подаются на статорные обмотки двигателей.

Подсистема управления наклоном (обмотки двигателей) имеют токовую и тепловую защиту с помощью реле Р27 и Р26 шкафа ШУ-6 и в аварийных ситуациях автоматы защиты выключают электродвигатели.

12.2.9. Подсистема управления работой блоков ЦСДЦ и синхронизации

Подсистема обеспечивает дистанционное и местное включение фильтров НИП, управление приемо-передающей аппаратурой в специальных режимах защиты от СНС, а также включение выпрямителей блоков аппаратуры и защиту их в аварийных режимах.

С панели ПДУ-4М обеспечивается дистанционное включение фильтров НИП. Фильтры НИП выполнены на ячейках Д2ХК26. Фильтры НИП имеются в блоках вычитания 39КМ01 аппаратуры ЦСДЦ и обеспечивают защиту от НИП в канале эхо-сигналов ЭА и в блоке хронизации 39УФ02 (две ячейки Д2ХК26) для защиты от НИП в канале опознавания.

Дистанционно с помощью тумблера В11 «Фильтр» ПДУ (зона 20) включаются все фильтры блоков 39КМ01 и блока 39УФ02. При этом напряжение –27 В через контакты тумблера В11, кольцо 8 токосъемника ТК03/1 поступает в блок 39 КМ02 (зоны 21, 22) на переключатель SA2 «Местн-дист» и в положении «Дист» проходит через контакты 3-1 переключателя, диод VD1 на реле KV2. Через контакты этого реле (зона 21) напряжение +27 В подается на ячейки Д2ХК26 блоков 39КМ01 (зона 24) для их включения. Напряжение –27 В через тумблер В11 ПДУ подается также в блок 39УФ02

через диод VD6 на реле KV5 (зона 25). Контактными KV5-1 (зона 24) замыкается цепь включения ячеек Д2ХК26 блока (в положении переключателя SA8 «Работа»).

Таково дистанционное включение фильтров НИП. Местное включение фильтров осуществляется в блоке 39KM02 установкой переключателя SA2 в положение «Местн» и фильтры НИП включаются тумблером SA1 (зона 21) «Фильтр». Кроме того, при местном управлении напряжение +27 В через контакты 2-1 переключателя SA2 подается на реле KV1 блока 39KM01 (зона 24). Контактными этого реле включается схема переключения контрольных сигналов (синхр, непр, бегущий) и обеспечивается режим контроля функционирования аппаратуры ЦСДЦ. В блоке 39УФ02 включение фильтров НИП осуществляется установкой переключателя SA8 «Фильтр» (зона 24) в положение «Контроль» с подсветкой включения светодиодом HD7.

В ячейке формирования управляющих напряжений спецрежимов от СНС Д2ИК13 блока 39УФ02 (зона 25) формируется импульс «Бланк 1» на время запрета излучения, с помощью которого включается реле P1 пульта ПДУ-4М (зона 10). Контакты 3-4 этого реле (зона 3) размыкаются, чем обеспечивается выключение всех приемников на время отсутствия излучения. Импульс «Бланк 1» подается также через кольцо 59 токосъемника и резистор R14 на реле P12 блока РС (зона 10). С помощью этого реле обеспечивается минимальное значение опорного напряжения, устанавливающее минимальное значение напряжения на накопительной линии модуляторов передатчиков, не приводящее к срабатыванию магнетронов.

В блоках ЦСДЦ и синхронизации предусмотрены схемы защиты выпрямителей. Выпрямители включаются через схемы включения. Схема включения обеспечивает включение выпрямителей подачей на них питающих напряжений и защиту выпрямителей в аварийных режимах. Все основные выпрямители блоков аппаратуры: +5 В, ±12,6 В, +27 В, а в блоке питания 39БФ01 еще и +40 В стабилизированные. Каждый стабилизатор оснащен схемой определения неисправности, представляющей собой пороговую схему, которая при аварии открывает тиристор. На схеме рис. 12.2 показан для примера один стабилизатор 12 В. Схема определения неисправности управляет тиристором VD6 (зона 23). Схема включения (зоны 22-24) состоит из реле K1, обеспечивающего напряжение питания на выпрямители, реле выдачи сигнала аварии K3, K4 и реле сброса аварии K2.

При включении блока запрашивается реле K1 по цепи: источник +27В, контакты 1-2 реле K3, обмотка реле K1, источник -27 В. Одновременно напряжение +27 В подается на схему определения неисправности для ее включения. Контактными 2-3 и 5-6 реле K1 замыкается цепь питающего напряжения на выпрямители.

При наличии неисправности открывается тиристор VD6 и включается реле K4 по цепи: источник +27 В, контакты 1-2 реле K2, обмотка реле K4, диод VD7, тиристор VD6, источник - 27 В. Контакты 2-3 реле K4 обеспечивают включение реле K3 по цепи: источник +27 В, контакты 1-2 реле K2, обмотка реле K3, контакты 2-3 реле K4, источник - 27 В. Контактными 4-5 реле K3

становится на самоблокировку, а контактами 2-3 включает цепь сигнализации аварии, при этом напряжение +27 В через диод VD1 подается на реле Р30 ШУ (зона 16) и на панель ПДУ-4М для подсвета лампы Л4 «Авария ЧПК».

Сброс аварии производится дистанционно с панели ПДУ-4М кнопкой Кн2 (зона 20) в порядке, изложенном в п. 12.2.4, при этом разрывается цепь схемы включения с помощью реле KV1 шкафа 39К02 (зона 22). Местно сброс аварии осуществляется кнопками SB1 «Сброс» в блоке 39КМ02 (зона 21) и в блоках 39КМ01 (зона 22).

Реле К2 схемы включения (зона 23) подключено через конденсатор С1 большой емкости, который после включения блока зарядится по цепи: источник +27 В, контакты 4-3 реле KV1 шкафа 39К02 (зона 22), контакты 1-3 кнопки BS1 «Сброс», обмотка реле К2, конденсатор С1, источник -27 В и после заряда его ток через реле К2 прекращается. При нажатии кнопки SB1 конденсатор С1 разряжается на корпус, удерживая во включенном состоянии реле К2. Его контактами 2-3 разрывается цепь сигнализации неисправности, отключаются реле К4, К3, авария снимается. Таким образом, реле К2 выполняет функцию кнопки, обеспечивающей сброс аварии.

Аналогичные схемы включения находятся в блоках 39КМ02 и 39БФ01.