

ПРВ-13
учебник

1. НАЗНАЧЕНИЕ, МЕСТО В РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ РТВ, СОСТАВ РАДИОВЫСОТОМЕРА ПРВ И РАЗМЕЩЕНИЕ НА ПОЗИЦИИ

Подвижный радиовысотомер ПРВ предназначен для работы в качестве средства измерения высоты в составе радиолокационного комплекса 5Н87, совместно с другими дальномерами (П-37, П-35М, 5Н84, 5Н84А), в составе автоматизированных радиотехнических подразделений объектов АСУ 5Н55М ("Межа-М"), 5Н53-Н ("Низина-Н"), 5Н53-У ("Низина-У") системы "Луч-2(3)", 86Ж6 ("Поле"), 5Н60 ("Основа") системы "Луч-4". Он также сопрягается с объектами АСУ "Воздух-1М", "Воздух-1П" (с аппаратурой съема и передачи данных АСПД и аппаратурой приборного наведения "Каскад-М"), с АСУ ЗРВ АСУРК-1МА, АСУРК-1П и кабиной К9 ЗРК С-200.

В качества РЛС обнаружения маловысотных целей высотомер может использоваться в составе автоматизированных радиолокационных постов.

Возможно также автономное использование высотомера в неавтоматизированных подразделениях для обнаружения целей и измерения их трех координат.

В зависимости от характера использования и соединения способов, высотомер обеспечивает:

- обнаружение целей и измерение их трех координат (азимута, дальности и высоты);
- выдачу радиолокационной информации в координатах дальность-азимут на ИКО сопрягаемых изделий;
- измерение высоты целей ручным или полуавтоматическим способом;
- измерение азимута и дальности маловысотных целей;
- определение государственной принадлежности обнаруженных целей с помощью сопрягаемого наземного радиолокационного запросчика НРЗ-4П (1Л22);
- выдачу данных на РЛК 5Н87 для пеленгации постановщиков активных помех по углу места.

Кроме этого, высотомер может решать такие задачи:

- обзор пространства вне зоны обнаружения РЛС кругового обзора, основным образом, под малыми углами места;
- анализ участков пространства при сложной радиолокационной и помеховой обстановке, то есть высотомер может использоваться для выполнения функций РЛС анализа состава целей и силовой борьбы.

Индикаторный шкаф высотомера И7, как правило, выносится на сопрягаемый объект, или КП (ПУ) радиотехнического подразделения.

При сопряжении высотомера с РЛС кругового обзора индикаторный шкаф высотомера выносится на КП (ПУ) подразделения вместе с ИКО РЛС, а при сопряжении с РЛК 5Н87 - в индикаторный прицеп комплекса. Целеуказание оператору индикатора высоты выдается оператором ИКО РЛС голосом, и оператор индикатора высоты осуществляет ручной съем высоты (голосом).

При сопряжении высотомера с объектами АСУ вывод высотомера на азимут цели осуществляется автоматически от сопрягаемых объектов и обеспечивается целеуказание по дальности с помощью маркера. Оператор высотомера осуществляет измерение высоты полуавтоматическим способом путем совме-

щения маркера высоты с серединой отметки от цели. Измеренная координата передается в аналоговой форме в виде постоянного напряжения или цифрового кода.

Высотомер выполнен в подвижном варианте. В состав высотомера входят:

- прицеп В1 на тележке КЛУ с вращающейся кабиной, в которой размещена приемно-передающая аппаратура и антенные устройства;

- прицеп В2 типа 761 с индикаторной аппаратурой, аппаратурой синхронизации и помехозащиты, а также дизель-электрическим агрегатом питания АД-30Т;

- прицеп В3 типа 761 с запасным имуществом и контрольно-измерительной аппаратурой; в нем также размещен агрегат питания АД-30Т и преобразователь частоты ВПЛ-30МД;

- контейнеры с антенными устройствами, кабельным хозяйством и другим вспомогательным оборудованием - 22 шт.

Кроме того, в состав высотомера входит наземный радиолокационный запросчик НРЗ-4П (1Л22), выполненный в автомобильном варианте.

Радиовысотомер разворачивается на ровной площадке диаметром не меньше 100 м, которая имеет углы закрытия относительно электрического центра антенны не больше 10'. Прицепы В2 и В3 размещаются в укрытии, В1 - на горке высотой не меньше 6 м. Взаимное удаление прицепов определяется длиной соединительных кабелей. Индикаторный шкаф может выноситься из прицепа В2 на удаление до 500 м. При размещении на позиции других РЛС необходимо согласование их расположения для уменьшения взаимной экранизации их приемно-передающих кабин.

2. ОСНОВНЫЕ ТАКТИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ВЫСОТОМЕРА.

2.1. Методы обзора пространства и измерения координат высотомером.

Высотомер представляет собой одноканальную РЛС, антенна которой формирует узкий луч в угломестной плоскости шириной по уровню половинной мощности $\Delta\varepsilon_{0,5} = 0,9^\circ$, и несколько более широкий в азимутальной плоскости, шириной по уровню половинной мощности $\Delta\beta_{0,5} = 2^\circ$.

Обзор пространства по азимуту осуществляется вращением приемно-передающей кабины вместе с антенной, а по углу места - сканированием диаграммы направленности антенны путем механического качания антенны.

Система вращения приемно-передающей кабины, обеспечивает такие режимы:

- установка антенны на заданный азимут;
- секторный обзор при размере сектора от 10° до 170° и с произвольной биссектрисой сектора; скорость сканирования в секторе 54 град/мин или 135 град/мин;
- на границах сектора происходит изменение направления вращения антенны на обратное;

- независимое круговое вращение со скоростью 6 и 10 об/мин;
- синхронное с внешними системами вращение антенны;

Система качания антенны работает в таких режимах:

- "Останов" - установка антенны на любой угол места от 2° до 30° ;
- качание в секторе 30° с частотой 25 качаний в мин; границы сектора качания могут быть установлены от 2° до 30° (рис. 2.1);
- качание в секторе 60° с частотой 72 качаний за мин. и амплитудой 30° относительно биссектрисы сектора; биссектриса сектора качания устанавливается вручную в границах от $+10^{\circ}$ до $+27^{\circ}$ (рис. 2.2);

г) "Программа", при котором осуществляется скачкообразное перемещение луча вверх на размер, равный его ширине по углу места, через оборот вращения антенны по азимуту (рис. 2.3); возможно до двух таких скачков со следующим возвращением луча в входное положение. При отсутствии скачков реализуется одновитковый обзор, при одном скачке - двухвитковый и при двух скачках трехвитковый обзор. Требуемый угол места может быть установлен произвольно в границах сектора сканирования антенны по углу места.

Указанные режимы обзора при совместном использовании их по азимуту β и углу места ε позволяют реализовать такие варианты обзора пространства высотомерами:

- автономный секторный высотомерный;
- автономный круговой дальномерный;
- высотомерный по целеуказаниям.

Рассмотрим принципы обзора пространства по этим вариантам.

2.1. 1. Автономный секторный высотомерный

В этом режиме осуществляется медленный обзор пространства в заданном секторе по азимуту и углу места и измерение высоты всех целей «на проходе». Радиолокационная информация при этом отображается на индикаторе высоты.

Обзор пространства осуществляется за счет медленного поворота антенны по азимуту β и быстрого сканирования ее по углу места ε . Реализуется он при совмещении режима секторного обзора по азимуту и качании антенны по углу места (кнопки управления «Сектор качание 30° » и «Сектор качание 6° »).

Принцип обзора пространства иллюстрируется рис. 2.4, на котором в картинной плоскости (в координатах β - ε) показано сечение луча в ходе обзора при секторе сканирования 30° и скорости поворота антенны по азимуту 54 град/мин (рис. 2.4 а) и при секторе сканирования 6° и скорости поворота антенны 135 град/мин (рис. 2.4 б).

Для обеспечения беспровальной зоны при данном варианте обзора угловая скорость поворота луча по азимуту Ω_{β} должна быть такая, чтобы угол поворота за период сканирования по углу места не превышал ширину луча $\Delta\beta_{0,5p}$, то есть, должно быть выполнено условие:

$$\Omega_{\beta} \leq \Delta\beta_{0,5p}/T \quad (2.1)$$

Период сканирования по углу места T_ε должен выбираться таким образом, чтобы время облучения цели $T_{\text{обл.}}$ было не меньше $(8-10) T_n$ (периодов следования зондирующих импульсов), что позволяет принять и обработать пачку эхосигналов, которая содержат 8-10 импульсов

$$T_{\text{обл.}} = (8-10)T_n = (8-10)/F_n \quad (2.2)$$

В свою очередь, время облучения равно

$$T_{\text{обл.}} = T_\varepsilon \Delta\varepsilon_{0,5 p} / 2\Delta\varepsilon_{\text{сект.}} \quad (2.3)$$

тогда скорость поворота антенны по азимуту не должна превышать

$$\Omega_\beta \leq \Delta\beta_{0,5 p} \Delta\varepsilon_{0,5 p} F_n / (16-20)\Delta\varepsilon_{\text{сект.}} \quad (2.4)$$

Из анализа выражения (2.4) можно сделать такие выводы:

1. Скорость обзора высотомера по азимуту является очень медленной, поэтому для обновления информации о высоте данной цели с необходимым темпом одному высотомеру для автономного обзора должен быть выделен относительно узкий сектор $\Delta\beta_{\text{сект.}}$ так, чтобы информация о высоте обновлялась с периодом 30 с (что отвечает требованиям для конечного этапа наведения истребителей), одному высотомеру для автономного обзора должен быть выделен сектор $\Delta\beta_{\text{сект.}} = 30-40^\circ$. Следовательно, для кругового автономного обзора необходимо 10-12 высотомеров. Поэтому этот вариант использования высотомеров не является основным. Он используется при поиске целей в заданном секторе, при работе по нескольким целям на различных азимутах.

2. Повышение скорости обзора высотомера по азимуту приблизительно в 2,5 раза возможно в режиме качания в секторе 6° . При этом значительно снижается объем зоны обнаружения по углу места. Данный режим используется при поиске целей в назначенных по углу места секторах. Следует отметить, что в последних модификациях высотомера ПРВ режим качания в секторе 6° исключен.

2.1. 2. Автономный круговой дальномерный

В данном варианте обзора высота целей не измеряется, а высотомер используется как дальномер. При этом антенна устанавливается на определенные углы места, приемо-передающая кабина вращается вкруговую со скоростью 6 об/мин или 10 об/мин. Реализуется он при совмещении режимов кругового вращения по азимуту и «Останов» или «Программа» по углу места (кнопки управления «Круговой останов» и «Круговой программа»).

Радиолокационная информация в этом варианте обзора отображается на ИКО высотомера. При использовании одного луча по углу места шириной $\Delta\varepsilon_{0,5} = 0,9^\circ$ обзор осуществляется в очень узком угломестном секторе. В этой связи данный вариант обзора используется для наращивания зоны обнаружения дальномеров, с которыми вместе работает высотомер, в заданном угломестном

направлении, чаще всего в области малых положительных и даже отрицательных углов места с целью обнаружения маловысотных целей.

Расширение сектора обзора пространства высотомера в угломестной плоскости возможно при использовании двух - и трехвиткового обзора режима «Программа». В этом режиме высотомер используется как автономная РЛС обнаружения маловысотных целей с измерением их плоскостных координат.

2.1. 3. Высотомерный по целеуказаниям

В данном варианте обзора измеряется высота только тех целей, по которым выданы целеуказания, которые содержат информацию об их плоскостных координатах (азимуту $\beta_{цy}$ и дальности $D_{цy}$). Реализуется он при совмещении режимов установки антенны на заданный азимут качание 30^0 или 6^0 (кнопки управления «Ручной качание 30^0 » и «Ручной качание 6^0 »).

При отработке целеуказания вращающаяся приемо-передающая кабина высотомера устанавливается на азимут цели, а ее высота измеряется в процессе сканирования антенны по углу места в секторе 30^0 или 6^0 . Целеуказание по дальности используется для выделения на индикаторе высоты той цели, высота которой подлежит измерению.

Принцип данного варианта обзора иллюстрируется рис. 2.5. На нем показан процесс измерения высоты на двух азимутах ($\beta_{цy1}$ и $\beta_{цy2}$) и путь перемещения луча с развертыванием антенны на новый азимут (от $\beta_{цy1}$ до $\beta_{цy2}$). Отработка целеуказания по азимуту (разворот антенны) осуществляется с повышенной угловой скоростью. Это позволяет сократить время измерения высоты целей.

С целью повышения пропускной способности высотомера целесообразно выделять для него определенный рабочий сектор или осуществлять целеуказания по такой программе, которая минимизировала бы углы отработки азимута $\beta_{цy}$ при очередных целеуказаниях.

Время, которое затрачивается на один цикл измерения в высотомере при отработке азимута целеуказания 170^0 составляет 11 с.

Отметим, что данный вариант в режиме сканирования 30 градусов является основным режимом работы высотомера, что обеспечивает измерение высоты целей во всей зоне обнаружения по углу месту. Режим сканирования в секторе 6^0 целесообразно использовать на конечном этапе наведения истребителей.

2.1. 4. Принципы измерения координат высотомером

В высотомере измеряются плоскостные координаты (дальность и азимут) и высота целей по параметрам отраженных сигналов.

Измерение азимута и дальности целей осуществляется известными из курса основ радиолокации методами. Дальность измеряется импульсным методом по времени запаздывания отраженного зондирующего сигнала:

$$D_{ц} = ct_{зап} / 2 \quad (2.5)$$

Азимут измеряется одноканальным методом по положению центра пачки отраженных сигналов, полученных в процессе облучения цели при обзоре.

Измерение азимута и дальности осуществляется в дальномерном режиме работы высотомера по индикатору кругового обзора, на экране которого отметки цели отображаются в виде дужек (рис. 2.6). Измерение азимута и дальности осуществляется оператором путем интерполяции середины отметки цели относительно масштабных отметок азимута (радиальные линии) и дальности (концентрические окружности).

Измерение высоты цели $H_{ц}$ сводится к измерению ее дальности $D_{ц}$, угла места $\varepsilon_{ц}$ и расчета высоты по формуле:

$$H_{ц} = D_{ц} \sin \varepsilon_{ц} + D_{ц}^2 / 2R_3 \quad (2.6)$$

где R_3 - радиус Земли.

Первое слагаемое в (2.6) равно высоте цели H_1 над линией горизонта (рис. 2.7), второе - поправка на кривизну Земли H_2 .

В расчетную формулу, используемую в высотомере ПРВ, вместо $R_3 = 6370$ км введен так называемый эквивалентный радиус Земли $R_{3э} = 8470$ км, учитывающий искривление луча при распространении радиоволн. Такое искривление луча называют стандартной рефракцией.

Определение высоты

$$H_{ц} = D_{ц} \sin \varepsilon_{ц} + D_{ц}^2 / 2R_{3э} \quad (2.7)$$

производится в высотомере электронным способом с помощью индикатора высоты. На экране индикатора создается растровая развертка (рис. 2.8) путем запитки горизонтально-отклоняющей катушки, линейным напряжением развертки дальности, а вертикальной-отклоняющей - параболическим напряжением развертки высоты, которое вычисляется по формуле (2.7). Начало формирования обеих разверток определяется импульсом запуска высотомера. Следовательно, на экране индикатора высоты в каждом периоде следования развертка имеет параболическую форму. Значение $\sin \varepsilon$ задается датчиком, связанным с системой качания антенны. При качании антенны развертка пробегает по экрану, формируя растр. Отметка цели имеет вид вертикальной черточки. Положение ее по горизонтали определяет дальность цели, по вертикали - высоту. Для отсчета оператором координат (дальности и высоты) на экране индикатора создается электрическая масштабная сетка дальности (вертикальные линии) и высоты (горизонтальные линии).

В высотомере предусмотрено также автоматизированное снятие дальности и высоты цели на сопрягаемые системы в аналоговой или цифровой форме. Задача оператора в этом случае сводится к совмещению маркерных линий высоты (горизонтальная линия) и дальности (вертикальная линия) с серединой отметки от цели и включения схемы съема данных.

2.2. Основные тактико-технические данные высотомера

2.2.1. Характеристики зоны обнаружения

Как было отмечено в п.2.1, зона обнаружения высотомера формируется путем сканирования по углу места узкой диаграммы направленности антенны с вращением ее в соответствующем режиме по азимуту. Отмечено также, что граница зоны обнаружения по углу места составляют $\varepsilon_{\min} = -2^{\circ}$, $\varepsilon_{\max} = 30^{\circ}$. При этом радиус мертвой воронки составляет: $R_{\text{мв}} = 2H_{\text{ц}}$.

Верхняя граница измерения высоты целей определяется масштабом индикатора высоты и на максимальном масштабе составляет 85 км.

Дальность обнаружения целей в зависимости от высоты их полета при эффективной отражающей поверхности $\sigma_{\text{ц}} = 1\text{м}^2$ приведены в таблице 2.1

Таблица 2.1

Высота полета, м	50	100	200	500	4000	6000 и более.
Дальность обнаружения, км	32	46	60	90	200	310

2.2.2. Точностные характеристики.

Ошибки измерения координат в 80 % измерений составляют:

- а) высоты на масштабе 17 км - 300 м на дальности до 200 км, 500 м на дальности больше 200 км;
- б) дальности - 1000 м на масштабе дальности 300 км;
- в) азимута - не больше 2° в режиме высотомера и 1° в режиме РЛС кругового обзора.

2.2.3. Разрешающая способность

- а) по дальности - 2 км на масштабе 150 км,
- б) по азимуту - 2° ,
- в) по углу места - 1° ,
- г) по высоте - 2 км на дальности до 100 км, 4 км на дальности до 200 км.

2.2.4. Помехозащищенность.

От активных помех помехозащищенность обеспечивается такими мерами.

1. Высоким энергетическим потенциалом и сосредоточением энергии в узком пространственном луче, что определяет значительные возможности высотомера по силовой борьбе с активной шумовой помехой.

2. Для защиты от прицельных по частоте активных шумовых помех, возможен переход на одну из двух рабочих частот, что обеспечивается двухканальным построением передающего устройства с разнесенными по частоте каналами. В каждом канале установлен один из четырех возможных литерных магнетронов. Максимальный разнос частот в литерях - 210 МГц. Время переключения каналов во время боевой работы составляет 2 с, время изменения литеров магнетрона составляет 40-50 мин.

3. Защита от активных шумовых помех по боковым лепесткам диаграммы направленности антенны обеспечивается использованием одноканального квадратурного автокомпенсатора. С этой целью имеется вспомогательный приемный канал со слабо направленной диаграммой направленности антенны, охватывающей боковые лепестки диаграммы направленности основной антенны.

4. Защита от ответно-импульсных помех по боковым лепесткам диаграммы направленности антенны обеспечивается системой ПБО (подавление боковых ответов), принцип которой основан на приеме ответных помех антенной вспомогательного приемного канала и вычитании помех, принятых по основному и вспомогательному каналам.

5. От несинхронных импульсных помех защита обеспечивается в аппаратуре, сопряженной с аппаратурой защиты от пассивных помех.

Принцип защиты от несинхронных помех состоит в выделении несинхронной помехи в канале выделения помехи и бланкировании тракта прохождения сигналов выделенной помехой.

6. Защита от импульсных помех малой длительности и нестационарных активных шумовых помех длительностью менее 0,6 мкс обеспечивается схемой широкая полоса - ограничение - узкая полоса (ШОУ).

7. Ослабление влияния протяженных (более 30 мкс) помех обеспечивается схемой быстродействующей автоматической регулировки усиления приемного канала (БАРУ). Схема БАРУ приводит уровень протяженных помех (любого характера) к уровню собственных шумов приемного тракта ослабляя их влияние.

От пассивных помех (отражений от местных предметов, дипольных отражателей и метеообразований) обеспечивается когерентно-компенсационной системой селекции движущих целей (СДЦ) с двукратным череспериодным вычитанием на видеочастоте в двух квадратурных каналах.

Когерентная аппаратура системы СДЦ может работать в режиме эквивалентной внутренней когерентности (фазирование когерентного гетеродина зондирующим сигналом) или в режиме внешней когерентности (фазирование когерентного гетеродина пассивной помехой).

Двукратное череспериодное вычитание осуществляется в устройстве с дискретными элементами, выполненными на конденсаторах (в ранних модификациях высотомера череспериодное вычитание осуществляется на вычитающих потенциалоскопах).

Система СДЦ высотомера обеспечивает обнаружение и измерение координат целей с эффективной отражающей поверхностью $\sigma = 10 \text{ м}^2$ на фоне пассивных помех типа дипольных отражателей при линейной плотности 2-4 стандартных пачки на 100 м пути. Коэффициент подавления отражений от местных предметов составляет $K_n = 26 \text{ дБ}$.

Защита от самонаводящихся снарядов обеспечивается возможностью установления секторов запрета излучения в границах азимутальных углов от 20° до 200° . При этом бисектриса сектора запрета может устанавливаться на любой азимут.

Для защиты от самонаводящихся снарядов также предусмотрены следующие режимы работы:

- автоматическое включение и выключение излучения с интервалами 12 с.;

- автоматическое включение и выключение с интервалами 25 с.;
- автоматическое включение и выключение излучения при смене азимута в режиме работы высотомера по целеуказаниям;
- включение излучения с помощью педали.

Во время выключения излучения выход передатчика подключается к эквиваленту антенны, а вход антенны замыкается четырьмя штывами волноводных короткозамыкателей.

2.2.5. Мобильность.

Мобильность высотомера определяется возможностями передислокации на новую позицию, условиями транспортирования, временем развертывания (свертывания) и готовности к боевой работе. Для передислокации высотомера необходимо три тягача типа КРАЗ или МАЗ. Скорость транспортирования составляет 20-40 км/час. Время развертывания высотомера из походного положения в боевое и свертывание расчетом из 5 человек составляет не более 4,5 часов. Время включения высотомера при включенных агрегатах питания составляет 5 мин.

2.2.6. Эксплуатационная надежность

Характеризуется средним временем наработки на отказ, которое составляет 130 часов.

Нормальная работа высотомера обеспечивается в таких климатических условиях:

- в диапазоне температур окружающей среды от - 40⁰С до + 50⁰С, при относительной влажности воздуха 95-98% при температуре +20⁰С, при скорости ветра до 25 м/с и гололеде с толщиной корки льда до 4 мм, при высоте над уровнем моря до 1000 м.

2.3. Основные технические параметры высотомера.

2.3.1. Параметры передающей аппаратуры.

Высотомер работает в коротковолновой части дециметрового диапазона волн.

Зондирующий сигнал представляет собой одиночный немодулированный радиоимпульс в таких режимах запуска (рис. 2.9):

а) «Редкий 1» с частотой следования 365 Гц, что соответствует дальности 410 км, используется в амплитудном режиме и когерентном режиме при пассивных помехах малой интенсивности;

б) «Редкий 2» с частотой следования 330 Гц, что соответствует дальности 450 км, используется только в амплитудном режиме;

в) «Частый» с возбуждающей частоты повторения; соседние периоды повторения $T_{ч1}$, $T_{ч2}$ соответствуют дальностям 220 и 190 км. а сумма их равна периоду запуска «редкий 1»; этот вид запуска используется в когерентном режиме при большой интенсивности пассивных помех;

г) «Частый В», при котором осуществляется чередование четырех периодов повторения $T_{ч11}$, $T_{ч12}$, $T_{ч21}$, $T_{ч22}$ со значениями дальностей 220, 190, 224 и 186 км; сумма периодов каждой из пар периода запуска «Редкий 1»; этот вид запуска используется также как и режим «Частый», при пассивных помехах большой интенсивности, обеспечивая устранение неоднозначности в определении дальности целей (за счет приема эхо-сигналов, создаваемых зондирующими сигналами предыдущего периода следования);

д) «Внешний» с периодом следования импульсов запуска сопрягаемых систем. Он, как правило, соответствует режиму «Редкий 1». При необходимости частого запуска для защиты от пассивных помех последний формируется в системе синхронизации высотомера из импульсов внешнего запуска.

Длительность зондирующих импульсов в режимах редкого запуска - 3 мкс, частого - 1,5 мкс.

Таким образом, режимы частого запуска применяются с целью повышения эффективности подавления пассивных помех, так как при этом:

- уменьшение периода следования приводит к повышению коэффициента череспериодной корреляции пассивных помех, а, следовательно, коэффициента их подавления;

- уменьшение длительности импульса обеспечивает уменьшение импульсного объема, а, следовательно, уменьшение мощности принятых пассивных помех;

- применение вобуляции частоты повторения приводит к снижению влияния слепых скоростей в системе СДЦ,

Импульсная мощность зондирующего сигнала, не менее 1,4 Мвт, средняя мощность - не менее 1,6 кВт.

2.3.2. Параметры антенного устройства

Основная антенна высотомера зеркально-рупорная, формирует узкий в обеих плоскостях луч. Ширина луча по уровню половинной мощности по азимуту $\Delta\beta_{0.5p} = 2^\circ$, по углу места $\Delta\epsilon_{0.5p} = 0,9^\circ$

Обзор пространства узким лучом осуществляется: по азимуту - путем вращения приемо-передающей кабины в режимах ручного управления, секторного сканирования и кругового вращения, по углу места - путем качания антенны в режимах ручного управления, сканирования в секторе «Программа».

Характеристики режимов вращения и качания изложены в п. 2.1.

Уровень первых боковых лепестков диаграммы направленности антенны - 25 дБ, средний уровень фона - не больше - 35 дБ. Коэффициент усиления антенны 10000 (40 дБ). Поляризация антенны - горизонтальная.

Вспомогательная антенна, связанная со вспомогательным приемным каналом, используется при подавлении активных шумовых и ответных помех по боковым лепесткам диаграммы направленности основной антенны, а также в тракте СУЛП пеленгационного канала. Она формирует диаграмму направленности, охватывающую боковые лепестки диаграммы направленности основной антенны в обеих плоскостях.

2.3.3. Параметры приемного устройства.

Приемное устройство выполнено по супергетеродинной схеме с однократным преобразованием частоты.

Приемное устройство двухканальное, содержит основной канал и вспомогательный канал для защиты от активных помех.

Режимы работы тракта приема и обработки: - амплитудный, когерентный и смешанный (амплитудно-когерентный). В амплитудном режиме на индикаторную аппаратуру поступают сигналы после амплитудного детектора. В когерентном режиме сигналы поступают на индикаторы после фазового детектирования, пройдя систему СДЦ. В смешанном режиме обеспечивается коммутация амплитудного и когерентного режимов по дальности и высоте: в начальной зоне включается когерентный режим, в остальной части - амплитудный.

Коэффициент шума приемного устройства не более 5.

Полоса пропускания приемного тракта 750 кГц.

2.3.4. Параметры индикаторной аппаратуры.

Индикаторная аппаратура высотомера включает индикатор кругового обзора (ИКО) и индикатор высоты (ИВ).

На ИКО создается радиально-круговая развертка в координатах азимут-дальность. ИКО может работать во внутреннем и внешнем режимах. Во внутреннем режиме на ИКО отображается информация высотомера, работающего в круговом и секторном режимах обзора.

Во внешнем режиме отображается информация сопрягаемых дальномеров, используемая для целеуказания высотомеру на измерение высоты.

Масштабы ИКО по дальности: 100, 200, 300 и 400 км.

Возможен кольцевой режим работы ИКО на масштабе 100 км с задержкой запуска 100, 200 и 300 км.

Для автоматического вывода высотомера на азимут цели на экране индикатора отображается маркер в виде яркостной точки (рис.2.6).

Индикатор высоты предназначен для измерения высоты и дальности целей. На индикаторе высоты формируется растровая развертка в координатах дальность-высота или дальность-угол места.

Масштабы индикатора высоты:

- по высоте 8,5, 17, 34 и 85 км,
- по дальности 150, 200, 300 и 400 км.

Полуавтоматический съем высоты и дальности осуществляется с помощью маркеров дальности и высоты, отображаемых на экране в виде вертикальной и горизонтальной яркостных линий соответственно (рис.2.8).

2.3.5. Питание высотомера осуществляется:

- от внешней сети (от сопрягаемых систем) 220 В 400 Гц;
- от собственного дизель-электрического агрегата АД-30Т;
- от промышленной сети 220 В 50 Гц через преобразователь частоты ВПЛ-30МД.

Мощность, потребляемая высотомером, 21 кВт.

3. СТРУКТУРНАЯ СХЕМА ВЫСОТОМЕРА

Общие принципы построения аппаратуры радиовысотомера ПРВ рассмотрим по структурной схеме, представленной на рис.3.1. На схеме раскрыты основные, наиболее существенные связи аппаратуры, поясняющие принцип формирования зондирующего сигнала, приема и обработки эхо-сигналов, сигналов пеленгации и опознавания, индикации сигналов и целеуказания, управления вращением и качанием антенны.

Высотомеры ПРВ-13, находящиеся на вооружении радиотехнических войск, имеют несколько модификаций, направленные на совершенствование аппаратуры без изменения общих принципов ее функционирования. Здесь и далее в пособии излагается построение систем и устройств одной из последних модификаций высотомера - ПРВ-13МЗР. Основные отличия в построении аппаратуры ранних модификаций высотомера будут отмечены в последующих разделах пособия при изложении построения конкретных систем и устройств.

В целях более полного общего представления принципов функционирования аппаратуры высотомера в данной схеме рассмотрим принципы функционирования не по устройствам и системам, а по трактам, отражающим основные связи аппаратуры при решении вышеперечисленных задач.

3.1. Тракт формирования и канализации сигналов

Зондирующие сигналы высотомера формируются одним из двух генераторов на магнетронах типа МИ-285, работающих на различных несущих частотах. Импульсный режим их работы обеспечивается одним импульсным модулятором, который подключается к различным магнетронам с помощью высоковольтного контактора ВВК-31. Одновременно с переключением импульсного модулятора осуществляется подключение работающего магнетронного генератора в волноводный тракт с помощью волноводного переключателя АК-05. Управление переключателем осуществляется местно (со шкафа автоматики ЦМ-26) или дистанционно с блока дистанционного управления высотомером ЦП-08, расположенного в индикаторном шкафу И-7Р.

Канализация зондирующего сигнала осуществляется по волноводному тракту, включающего в себя циркулятор ФЦ-01, волноводный короткозамыкатель с возбудителем ЗВ-03, волноводный короткозамыкатель ЗВ-02М и вращающееся сочленение АВ-04, к облучателю основной антенны АО-17М.

Ферритовый циркулятор выполняет следующие функции:

- подключение антенны к передатчику на время зондирующего сигнала и к приемнику в остальной части периода следования;
- переключение передатчика в режиме его настройки на поглощаемую нагрузку, (эквивалент антенны АЭ-07М),
- согласование (повышение КБВ) волноводного тракта к антенне.

Волноводные короткозамыкатели ЗВ-03 и ЗВ-02 механически перекрывают тракт к антенне при работе передатчика на эквивалент антенны и при измерении коэффициента шума приемного тракта. В последнем случае, через возбуди-

тель замыкателя ЗВ-03 вводится шумовое напряжение от генератора шума ПУ2А-01.

Вращающееся сочленение АВ-04 обеспечивает передачу электромагнитной энергии от неподвижной части волноводного тракта к подвижной, связанной с качающейся антенной.

Излучение зондирующего сигнала в пространство осуществляется основной антенной, которая состоит из рупорного облучателя АО-17М и отражателя АЗ-17А2.

3.2. Тракт приема и обработка сигналов

Прием электромагнитных волн осуществляется основной антенной и вспомогательной антенной Б-08. Антенна БВ-08 состоит из рупорного облучателя Б-09 и отражателя Б-05. Приемный высокочастотный тракт двухканальный, состоит из основного и вспомогательного каналов. Вспомогательный канал используется для защиты от активных шумовых и ответных импульсных помех по боковым лепесткам диаграммы направленности основной антенны и в качестве тракта СУЛП (системы устранения ложных пеленгов) пеленгационного канала.

Принятые основной антенной сигналы проходят от облучателя антенны по тому же тракту, что и зондирующие, и поступают через приемное плечо ферритового циркулятора на УВЧ основного канала. Сигналы, принятые вспомогательной антенной, через волноводный короткозамыкатель Б-0901 и коаксиальный переключатель РЕ-01 № 2 поступают на УВЧ вспомогательного канала.

Высокочастотные тракты обоих приемных каналов одинаковы и содержат УВЧ на ЛБВ УВ-54А, смеситель РС-18 и предварительный УПЧ ПУПЧ-03.

Местный гетеродин ВГ-12 общий для обоих каналов. Частота его отличается от несущей частоты высотомера на величину промежуточной и используется он при преобразовании несущей частоты в смесителе РС-18 на промежуточную. Поддержание частоты местного гетеродина в соответствии с частотой зондирующего сигнала осуществляется с помощью системы автоподстройки частоты (АПЧ), реализованной в блоке АПЧ РЧ-06. Для этого в частотном дискриминаторе блока АПЧ сравниваются частоты местного гетеродина и зондирующего сигнала. Отбор мощности зондирующего сигнала в системе АПЧ осуществляется с помощью петли связи в ферритовом циркуляторе. Напряжение блока АПЧ, пропорциональное рассогласованию частот местного гетеродина и зондирующего сигнала, управляет механизмом автоподстройки МАП местного гетеродина.

Тракт промежуточной частоты состоит из приемника основного канала РП-09, приемника канала ПБО РО-04, а также блоки защиты от активных помех ШБ-01 (в каждом из двух каналов) и блок автокомпенсации ПЦ-10.

В блоках приемников РП-09 и РО-04 осуществляется усиление сигнала каналов на промежуточной частоте, автоматическое регулирование усиления и детектирование.

Приемник основного канала РП-09 имеет три выхода: амплитудный (А) после амплитудного детектора и два квадратурных когерентных после фазового детектирования (К1 и К2). Сигналы амплитудного выхода подаются в приемник

ПБО, где при необходимости осуществляется подавление ответных помех, после чего они поступают на аппаратуру защиты от несинхронных помех, размещенную в блоке КВ-02. Сигналы когерентных выходов подаются в блок КВ-02 для подавления пассивных помех.

Блоки ШБ-01 предназначены для защиты блоков приемников от перегрузок импульсными и непрерывными помехами. Каждый из них содержит два канала: канал ШОУ и канал БАРУ.

В блоке ПЦ-10 реализован одноканальный квадратурный автокомпенсатор активных шумовых помех по боковым лепесткам диаграммы направленности антенны.

Блок вычитания и защиты от несинхронных помех КВ-02 содержит два канала: амплитудный и когерентный. В амплитудном канале осуществляется подавление несинхронных помех, в когерентном канале - двухкратное череспериодное вычитание сигналов в двух квадратурных каналах с объединением сигналов квадратур после череспериодного вычитания. В соответствии с этим блок КВ-02 имеет два выхода: амплитудный - ЭА и когерентный - ЭК, сигналы с которых подаются на индикаторную аппаратуру.

С помощью коммутации различных блоков защиты от помех, включаемых в тракт, возможны следующие режимы работы приемного тракта:

1. Основной радиолокационный прием, реализуемый при отсутствии помех. При этом не используются вспомогательный канал и блоки защиты от помех, а сигналы амплитудного выхода (А) приемника РП-09 подаются на индикаторную аппаратуру (рис.3.2).

2. Прием с системой СДЦ, реализуемый при наличии пассивных помех. При этом используются когерентные выходы (К1) и (К2) приемника РП-09 и аппаратура защиты от пассивных помех блока КВ-02. С когерентного выхода блока КВ-02 сигналы ЭК поступают на индикаторную аппаратуру (рис.3.3).

3. Прием с защитой от несинхронных помех. При этом сигналы амплитудного выхода приемника РП-09 поступают на канал подавления несинхронных помех блока КВ-02 и с амплитудного его выхода сигналы ЭА поступают на индикаторную аппаратуру (рис.3.4).

4. Прием с защитой от импульсных помех (режим ШОУ или БАРУ). При этом в основной канал включается блок ШБ-01, сигналы с амплитудного выхода приемника РП-09 поступают на индикаторную аппаратуру (рис.3.5).

5. Прием с защитой от активных шумовых помех по боковым лепесткам диаграммы направленности антенны. При этом используются высокочастотные тракты обоих приемных каналов, включается блок АКП ПЦ-10, а для стабилизации уровня не скомпенсированных активных помех включается блок ШБ-01 основного канала в режиме БАРУ (рис.3.6).

6. Прием с защитой от ответных импульсных помех по боковым лепесткам диаграммы направленности антенны (режим ПБО). В этом режиме используются сигналы обоих приемных каналов с включением приемника ПБО РО-04. На субблок вычитания помех, находящийся в блоке РО-04, поступают сигналы амплитудного выхода приемника РП-09. Очищенные от соответствующих помех сигналы с блока РО-04 поступают на индикаторную аппаратуру (рис.3.7).

7. Прием с защитой от импульсных помех и ПБО. Этот режим отличается от предыдущего включением блоков защиты от импульсных помех ШБ-01 в оба приемных канала (рис.3.8).

С выходов блоков КВ-02 эхо-сигналы амплитудного ЭА и когерентного ЭК каналов поступают на субблок электронной коммутации сигналов амплитудного и когерентного каналов ЭК-04, что находится в блоке индикатора высоты ИВ-06М.

В зависимости от положения переключателя режимов, расположенного на блоке ЦП-08, субблок ЭК-04 работает в трех режимах: амплитудном, когерентном и смешанном (амплитудно-когерентном). В первых двух режимах обеспечивается подача соответствующих сигналов на индикаторы высотомера. В смешанном режиме субблок ЭК-04 обеспечивает автоматическое переключение амплитудного и когерентного каналов в каждом периоде следования на выбранных интервалах дальности и высоты. Границы интервалов работы амплитудного и когерентного каналов могут изменяться по дальности и высоте регулирующими, выведенными на лицевую панель блока индикатора высоты ИВ-06М.

Приемное устройство перестраиваемое. При переключении магнетронов автоматически происходит механическая перестройка преселекторов смесителей РС-18 и местного гетеродина ВГ-12 на новую частоту. Задающие устройства системы перестройки, сосредоточены в блоке перестройки ДП-05, исполнительные устройства (механизмы перестройки МП) - в блоках смесителей и местного гетеродина.

Особенностью приемного тракта является использование одного шумового генератора ПУ2А-01 для настраивания обоих приемных каналов. Для этого предусмотрено наличие двух коаксиальных переключателей РЕ-01. Первый из них подключает шумовой генератор к основному тракту - возбудителю ЗВ-03, либо ко второму переключателю РЕ-01 Последний подключает к приемнику вспомогательного канала антенну Б-08 или шумовые сигналы от переключателя РЕ № 1.

С целью настраивания и проверки трудоспособности приемного тракта на приемник РП-09 подаются контрольные сигналы, формируемые из зондирующих импульсов путем понижения их частоты заполнения до промежуточной в блоке РЧ-06 и задержки на 20 км в блоке контроля РК-08. В блоке РК-08 находятся также контрольный осциллограф и спектроанализатор.

3.3. Тракт формирования сигналов пеленгации постановщиков активных помех

В высотомере предусмотрена аппаратура, которая обеспечивает выдачу сигналов для пеленгации постановщиков активных помех по углу места. Для этого используется пеленгационный приемник ИЛП-02, где осуществляется обработка шумовых помех, принятых по основному и вспомогательному приемным каналам, с целью исключения помех по боковым лепесткам диаграммы направленности антенны.

Принятые основной и вспомогательной антеннами шумовые помехи проходят по тем же высокочастотным трактам, что и эхо-сигналы, а с отдельных выходов предварительных УПЧ ПУПЧ-03 поступают на входы основного и

СУЛП каналов блока ИЛП-02. В блоке ИЛП-02 осуществляется усиление помех в широкодиапазонных логарифмических УПЧ и бланкирование начала дистанции с целью исключения влияния отражений от местных предметов на процесс пеленгации помехоносителей.

Усиленные сигналы по основному и СУЛП трактам далее подаются на РЛК 5Н87, с которым сопрягается высотомер, где в блоке отсечки и кодирования ИОК-02 осуществляется формирование сигналов пеленга и измерение угла места постановщиков помех.

3.4. Тракт прохождения сигналов опознавания.

Для определения государственной принадлежности обнаруженных высотомером целей он сопрягается с автономным наземным радиолокационным запросчиком НРЗ-4П (1Л22). Целью сопряжения является привязка сигналов опознавания к эхо-сигналам по азимуту и дальности и отображение отметок опознавания на индикаторах высотомера.

Для этого аппаратурой сопряжения обеспечивается:

- синхронное и синфазное вращения антенны запросчика с антенной высотомера с помощью напряжения синхронно следящей передачи, выдаваемого на НРЗ с блока азимутальных датчиков ДФ-13;

- синхронизация работы НРЗ с высотомером по запуску, то есть излучение запросного сигнала НРЗ синхронизирован с излучением зондирующего сигнала высотомера.

Синхронизация осуществляется подачей импульсов запуска на НРЗ с блока запуска и отметок дистанции высотомера ДД-09.

Сопряжение НРЗ 1Л22 с высотомером по информации осуществляется через блок сопряжения КС-04. После приема, декодирования и обработки соответствующие сигналы общего, гарантированного, индивидуального опознавания и сигналы «Бедствие» с выхода НРЗ подаются на блок сопряжения КС-04. В блоке КС-04 для каждого режима опознавания вырабатываются импульсы формы, обеспечивающей отображение отметок соответствующего вида на экранах индикаторов. Виды отметок опознавания в различных режимах на экране ИКО показаны на рис.3.9. Отметки опознавания отображаются в виде дужки, что следует за отметкой цели. Ширина дужки отметок опознавания по азимуту больше ширины дужки отметок целей, так как ширина диаграммы направленности антенны НРЗ по азимуту больше, чем антенны высотомера.

На блок сопряжения КС-04 подаются эхо-сигналы высотомера для реализации режима «Клапан», заключающегося в том, что сигналы опознавания формируются только при наличии эхо-сигналов. В результате этого ширина отметки опознавания равна ширине отметки цели (рис.3.9).

3.5 Тракт индикации и целеуказания

Индикаторная аппаратура высотомера представлена индикатором высоты (блок ИВ-06М) и индикатором кругового обзора (блок ИКО-02). Блоки индикаторов вместе с блоками, которые обеспечивают формирование и коммутацию сигналов управления режимами работы индикаторов, формирование разверток

и сопряжение аппаратуры высотомера и внешних систем, размещены в шкафе И-7Р. Шкаф И-7Р расположен в прицепе В2 высотомера, а при сопряжении с внешними системами, как правило, выносятся на сопрягаемый объект или КП (ПУ) радиотехнического подразделения.

Измерение высоты целей проводится оператором по индикатору высоты ИВ-06М. На индикаторе отображается воздушная обстановка высотомера по эхо-сигналам амплитудного (ЭА) или когерентного (Э) выходов тракта приема и обработки. На индикатор подаются эхо-сигналы с блока вычитания и подавления НИП КВ-02, импульсы запуска и отметок дистанции с блока запуска и отметок дистанции ДД-09 и напряжение управления разверткой высоты, пропорциональное синусу углу места от датчика ДУ-12М, связанного с системой качания антенны. Масштабные отметки высоты формируются в самом индикаторе.

Индикатор кругового обзора включает в себя два блока - блок формирования разверток ДО-02 и блок индикатора ИКО-02. Индикатор кругового обзора может работать в двух режимах: внутреннем, при котором на экране ИКО-02 отображается радиолокационная обстановка высотомера, и внешнем, при котором отображается обстановка сопрягаемых дальномеров, в частности, РЛК 5Н87.

Во внешнем режиме работы индикатор кругового обзора является индикатором целеуказания оператору индикатора высоты. Для этого на нем отображается радиолокационная обстановка дальномеров. На индикатор заводятся от дальномеров импульсы запуска, масштабные отметки дальности и азимута, эхо-сигналы и сигналы опознавания. При сопряжении с дальномером РЛК 5Н87 на ИКО подаются эхо-сигналы, принятые антеннами нижних углов места (северные) и верхних углов места (южные).

Вращение развертки на экране ИКО-02 осуществляется неподвижной отклоняющей системой путем создания вращающегося магнитного поля отклоняющих катушек. Для этого создается в высотомере или подается с дальномеров напряжение развертки азимута, представляющее собой два переменных напряжения частотой 400 Гц, промодулированных по амплитуде частотой вращения антенн высотомера или дальномеров по закону синуса и косинуса. В блоке ДО-02 выделяются две квадратурные огибающие, что модулируют по амплитуде пилообразные напряжения развертки дальности.

В ИКО-02 предусмотрено одновременное отображение сигналов дальномеров РЛК 5Н87, принятых с различных направлений (северные и южные) на диаметральной круговой развертке. Такая развертка формируется в блоке ДО-02 путем переключения в очередном периоде следования направления радиально-круговой развертки на противоположное. При этом через период коммутируются и эхо-сигналы северного и южного направлений.

Кроме воздушной обстановки, на экране индикатора ИКО-02 отображается специальная отметка в виде яркостной точки - маркер, положением которого на индикаторе по дальности и азимуте можно управлять с помощью рукоятки кнопочного механизма, расположенной на блоке управления маркером ДЛ-06. Органы управления маркером блока ДЛ-06 связаны с задающими устройствами системы управления вращением антенны высотомера. Поэтому при изменении положения маркера по азимуту приемо-передающая кабина высотомер-

ра поворачивается и при совмещении маркера с отметкой от цели устанавливается на азимут данной цели. Одновременно импульс маркера дальности заводится на индикатор высоты ИВ-06М, где отображается в виде вертикальной линии. Положение ее совпадает с отметкой той цели, с отметкой которой совмещен маркер на ИКО-02 и высота которой подлежит измерению.

Для осуществления полуавтоматического снятия высоты целей при работе высотомера с автоматизированными системами управления в индикаторе высоты ИВ-06М формируется маркер высоты, отображающийся на экране индикатора высоты в виде горизонтальной линии. Управление положением маркера высоты осуществляется с блока сопряжения и маркера высоты ЦК-04. Оператор с помощью ручки управления совмещает маркерную линию высоты с серединой отметки цели. Информация о высоте цели при этом передается через блок ЦК-04 на сопрягаемые системы в виде напряжения высоты U_n или в цифровой форме.

Вывод антенны высотомера на азимут цели и целеуказание по дальности может осуществляться и с внешних систем. Для этого через блок сопряжения ЦК-04 на блок ДЛ-06 поступает напряжение синхронно следящей передачи, поворачивающее антенну высотомера на азимут целеуказания, а напряжение маркера дальности целеуказания с ЦК-04 подается на индикаторы ИВ-06 и ИКО-02.

Во внутреннем режиме индикатор ИКО используется для отображения воздушной обстановки в зоне обнаружения высотомера при его автономной работе в качестве дальномера. При этом управление вращением развертки индикатора и формирование отметок азимута осуществляется в блоке азимутальных датчиков ДФ-12, а для отображения информации на индикаторах сопрягаемых систем возможна синхронно следящая передача вращения антенны высотомера с блока азимутальных датчиков ДФ-13.

3.6. Тракт управления вращением приемо-передающей кабины

Система управления вращением высотомера является следящей системой по углу поворота и может работать в режимах ручного управления, азимутального сканирования в секторе $10^0 \dots 170^0$ при произвольной биссектрисе сектора, кругового вращения со скоростью 6 и 10 об/мин. и синхронного с дальномерами кругового вращения.

Органы управления вращением и задающие элементы системы расположены в блоках индикаторного шкафа И-7Р. Управление может осуществляться с блоков ЛЦ-13, ДЛ-06 или от внешних систем в зависимости от положения переключателя «Упр. азим. Высот» на блоке ДЛ-06.

В режиме ручного управления в положении переключателя «ЛЦ-13» включаются сельсин датчики блока ЛЦ-13, управляемые ручным приводом. При этом обеспечивается сельсин трансформаторная связь с сельсинами блока ДФ-09. Напряжение рассогласования в усилителе сигнала ошибки блока ЛУВ-02 и электромашинном усилителе ЭМУ-52В преобразуется в напряжение управления исполнительным двигателем ПБСТ-62. Исполнительный двигатель поворачивает опорно-поворотный механизм прицепа В1Р и роторы сельсин трансформаторов блока ДФ-09 в направлении уменьшения рассогласования.

В режиме секторного обзора в разрыв сельсин трансформаторной цепи включаются дифференциальные сельсины, расположенные в блоке ВЗ-02. Вращение роторов дифференциальных сельсинов и реверсирование двигателя на границах сектора обеспечиваются задающим механизмом вращения.

В режиме независимого кругового вращения сельсин датчики отключаются от усилителя сигнала ошибки, а на его вход подается постоянное задающее напряжение.

При синхронном круговом вращении задающими являются сельсины дальномеров, напряжение с которых подается в блок ЛУВ-02.

В положении переключателя «ДЛ-06» включаются сельсин датчики блока ДЛ-06. Управление азимутальным положением антенны высотомера осуществляется при этом одновременно с перемещением маркера целеуказания по азимуту ручкой кноппельного механизма схемы управления маркером в блоке ДЛ-06.

Дифференциальные сельсины блока ЦК-04, включаемые при управлении от внешних систем, обеспечивают дополнительный поиск цели по азимуту в границах $\pm 3^{\circ}$ от заданного азимута оператором индикатора высоты.

3.7. Тракт управления качанием антенны

Система управления качанием антенны высотомера работает в режимах «Качание 30° », «Останов» и «Программа». В последнем обеспечивается одно-, двух- и трех витковый обзор путем ступенчатого перемещения антенны на ширину ее диаграммы направленности с каждым оборотом приемо-передающей кабины.

Исполнительский механизм системы качания МК-04 вращает кривошип, связанный тягой с зеркалом антенны так, что при вращении кривошипа тяга совершает обратно поступательное движение.

Задание режимов качания осуществляется в блоке управления режимами вращения и качания ЛЦ-13 с помощью кнопочного переключателя режимов качания. В этом же блоке расположен сельсин-датчик качания и дифференциальные сельсины, обеспечивающие скачки по углу места в режиме «Программа».

В режиме «Качание 30° » включается двигатель нерегулируемого привода механизма качания МК-04. На двигатель подается напряжение питания 220 В 400 Гц. Вращение двигателя с постоянной скоростью обеспечивает качание антенны в секторе 30° с частотой 25 качаний в минуту.

В режимах «Останов» и «Программа» система качания является одноканальной следящей системой по углу непрерывного действия.

В режиме «Останов» положение антенны по углу места задается поворотом ротора сельсин датчика в блоке ЛЦ-13. Введенное при этом напряжение рассогласования усиливается в электронном усилителе ГВ-03 и электромашинном усилителе ЛС-03, приводя в действие двигатель следящего привода, с осью которого совмещен сельсин-приемник. Двигатель вращается до тех пор, пока напряжение рассогласования в цепи сельсин-датчик - сельсин-приемник не станет равным нулю.

В режиме «Программа» в разрыв электрической цепи сельсин-датчик - сельсин-приемник включается один из двух дифференциальных сельсинов,

фиксированные положения роторов которых определяют размер одного или другого скачка. Переключение дифференциальных сельсинов осуществляется через оборот антенны с помощью контактной группы в блоке азимутальных датчиков ДФ-09 («Витки»), связанном с вращением приемо-передающей кабины.

4. ПЕРЕДАЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО

4.1. Назначение, основные технические характеристики и состав передающего устройства.

Передающее устройство предназначено для генерирования мощного зондирующего радиоимпульса с заданными параметрами на рабочей частоте высотомера.

Передающее устройство выполнено по однокаскадной схеме и представляет собой мощный магнетронный автогенератор. Преимуществом такой схемы в сравнении с многокаскадной (маломощный возбудитель-усилитель мощности) является простота построения передающего устройства. Однако недостатком ее является сравнительно невысокая стабильность частоты зондирующего сигнала, что отрицательно влияет на эффективность аппаратуры защиты от пассивных помех.

Для повышения защищенности от прицельных по частоте активных помех необходима перестройка несущей частоты высотомера. Применение перестраиваемого магнетрона привело бы к значительному снижению стабильности частоты зондирующего сигнала. Поэтому в высотомере используются не перестраиваемые магнетроны. Они обладают более высокой стабильностью частоты, а перестройка частоты достигается двухканальным построением СВЧ генератора. В каждом из двух каналов установлен магнетрон МИ-285. Частоты магнетронов в каналах различные.

Импульсный режим работы генератора обеспечивается модулятором, собранным по классической схеме с полным разрядом накопителя, выполненного в виде искусственной формирующей линии и резонансным его зарядом от источника постоянного напряжения (высоковольтного выпрямителя).

Основные технические характеристики передающего устройства:

- в передающем устройстве используются любые два литеры магнетронов МИ-285 (в высотомерах ранних выпусков тип магнетронов МИ-14) из четырех (А, Г, Д, З); максимальный разнос частот между каналами (литеры А и З) равен 210 МГц;

- импульсная мощность зондирующего сигнала 1,6 МВт;
- средняя мощность зондирующего сигнала 1,75 кВт;
- длительность зондирующих радиоимпульсов 3 мкс и 1,5 мкс.

Аппаратура передающего устройства размещена в приемо-передающей кабине высотомера. В состав передающего устройства входят шкаф модулятора П-03М и высокочастотный шкаф ВЧ-01. В шкафу модулятора помещен высоковольтный выпрямитель и импульсный модулятор, а в высокочастотном шкафу - два магнетронных автогенератора с импульсными трансформаторами и один общий блок накала магнетронов ПН-05.

4.2. Функциональная схема передающего устройства

Рассмотрим принцип работы передающего устройства по функциональной схеме рис.4.1.

Высоковольтный выпрямитель БВ-01 питается регулируемым переменным напряжением сети 400 Гц и вырабатывает постоянное напряжение положительной полярности величиной от 6 до 14 кВ. Высоковольтный выпрямитель собран по трехфазной мостовой схеме на мощных ламповых диодах (кенотронах). На выходе выпрямителя установлен фильтр Др, С, сглаживающий выпрямленное напряжение.

Регулирование выходного напряжения высоковольтного выпрямителя обеспечивается изменением питающего переменного трехфазного напряжения с помощью трех магнитных регуляторов БМГ-02 (по одному в каждой фазе). Принцип работы магнитного регулятора состоит в изменении индуктивного сопротивления переменному току сетевой обмотки трансформатора при изменении постоянного тока в обмотке подмагничивания, которая намотана на трансформаторе. Обмотка подмагничивания питается постоянным напряжением +110 В выпрямителя в шкафу автоматики ЦМ-26 через реостат с электроприводом, изменяющий это напряжение в границах 60-110 В.

Импульсный модулятор содержит элементы классической схемы: формирующую линию ПЛ-01, зарядный дроссель $L_{др}$ и зарядные диоды Л1-Л8 (блок ПД-02), коммутирующий тиратрон Л1 и диоды цепи перезаряда Л2...Л4 в блоке ПТ-03М. Напряжение с выхода высоковольтного выпрямителя через зарядный дроссель и зарядные диоды поступает на формирующую линию ПЛ-01, обеспечивая ее заряд за время паузы между импульсами запуска.

Зарядный дроссель с емкостями формирующей линии образует последовательный колебательный контур, обеспечивающий резонансный заряд накопительной линии. Это позволяет получить на накопительной линии напряжение $U_{лmax}$ почти в два раза большее, чем напряжение выпрямителя $U_{ввв}$ (рис.4.2).

Зарядный дроссель выполняет также роль ограничителя тока выпрямителя при разряде формирующей линии, так как при этом открытый коммутирующий тиратрон и выпрямитель замкнут на корпус через его малое внутреннее сопротивление.

Зарядные диоды обеспечивают фиксирование максимального напряжения на линии к приходу импульса запуска, при котором происходит разряд линии.

Формирующая линия ПЛ-01 является искусственной линией, выполненной из сосредоточенных емкостей С1...С6 и индуктивностей L1...L5.

Импульсы запуска из блока синхронизации ДД-09 поступают на генератор импульсов запуска, которые формируют импульсы поджига тиратрона Л1 амплитудой 700В, поступающие на его сетку. Пусковые импульсы открывают тиратрон (происходит ионизация газа в его баллоне), обеспечивая цепь разряда формирующей линии: нижний (по рисунку) конец линии - индуктивность Др1 - тиратрон Л1 - корпус - первичная обмотка импульсного трансформатора - контакты ВВК-31 - верхний конец линии. На вторичной обмотке импульсного трансформатора выделяется модулирующий импульс отрицательной полярности амплитудой 50 кВ. Он подается на катод магнетрона (анод его заземлен),

обеспечивая генерацию радиоимпульса. Длительность модулирующего импульса определяется числом ячеек формирующей линии и изменяется путем коммутации их с помощью высоковольтного контактора ВВК-31. Переключение осуществляется подачей на электромагнит контактора напряжения +110В со шкафа автоматики ЦМ-26 при изменении режима запуска. В режиме редкого запуска линия включается целиком, что соответствует длительности импульса 3 мкс. При переходе в режим частого запуска включается половина ячеек линии - длительность импульса 1,5 мкс.

Индуктивность $Dp1$ служит для увеличения крутизны фронта импульса тока, проходящего через тиратрон, а также для улучшения формы модулирующего импульса (уменьшение колебаний на плоской части импульса).

Устройство снятия перезаряда, выполненное на диодах Л2...Л4 с последовательно включенными резисторами R6, R7, обеспечивает снятие перезаряда формирующей линии, возникающего на линии при искрении магнетрона и коротком замыкании в нагрузке. При искрении магнетрона линия оказывается нагруженной на очень малое сопротивление, в результате чего перезарядается до отрицательного напряжения. Диоды Л2...Л4 включены параллельно формирующей линии так, что обеспечивают разряд ее при наличии напряжения перезаряда отрицательной полярности.

Последовательно в цепи снятия перезаряда включено реле Р2. При этом постоянная времени цепи перезаряда R6, R7, С9 выбрана так, чтобы от единичных искрений магнетрона реле Р2 не срабатывало. Цепь контактов реле Р2 выведена в шкаф ЦМ-26. При срабатывании реле в результате длительных искрений или короткого замыкания в нагрузке срабатывает система защиты, которая выключает высокое напряжение передатчика.

В блоке модулятора расположена также цепь коррекции модулирующих импульсов и цепь гашения «хвоста» импульса.

Цепь коррекции модулирующих импульсов исключает выброс на переднем фронте модулирующего импульса (рис.4.3). Цепь установлена параллельно первичной обмотке импульсного трансформатора и состоит из последовательно соединенных резистора R19 и конденсаторов С17, С19. Выброс устраняется в силу достаточно большой инерционности этой схемы - постоянная времени ее подбирается равной времени установления высокочастотных колебаний в магнетроне.

«Хвост» модулирующего импульса возникает вследствие переходных процессов в импульсном трансформаторе по истечении модулирующего импульса. Переходные процессы носят колебательный характер, обусловленный контуром, составленным из индуктивности импульсного трансформатора и межвитковой емкости его обмоток (рис.4.4). Отрицательная полуволна этого процесса способна вызвать повторное возбуждение магнетронного генератора. Для устранения этого явления параллельно первичной обмотке импульсного трансформатора включен тиратрон Л5. Тиратрон поджигается при возникновении положительной полуволны переходного процесса и гасит возникшие колебания.

Возбуждение магнетронов первого и второго каналов осуществляется от одного модулятора, а подключение каналов к модулятору осуществляется с помощью высоковольтного контактора ВВК-31 шкафа ВЧ-01. Если электромагнит

контактора обесточен, подключен первый канал, при подаче напряжения +110 В подключается второй канал. Одновременно с переключением каналов (магнетронов) шкафа ВЧ-01 осуществляется подключение волноводного выхода магнетрона соответствующего канала к антенне с помощью коммутатора АК-05. Время переключения каналов в процессе боевой работы составляет 2 секунды. Время смены магнетронов составляет 40-50 мин. Каждый из блоков высокочастотного генератора (БГ-03 и БГ-04) содержит магнитную систему, магнетрон и конструктивные элементы крепления магнетрона и магнитной системы.

В качестве магнитной системы используется постоянный магнит роговидной формы ОМР-6, что создает в центре зазора равномерное магнитное поле напряженностью 2350 эрстед.

Питание накала обоих магнетронов осуществляется постоянным напряжением 15В от одного блока накала магнетронов ПН-05. Блок накала состоит из двух одинаковых регулируемых выпрямителей. Регулировка напряжения накала одного и другого каналов осуществляются ручками, выведенными на переднюю панель блока. Накал подается всегда на оба магнетрона, неработающий в данное время магнетрон находится в горячем резерве.

5. АНТЕННО-ФИДЕРНАЯ СИСТЕМА

5.1. Назначение, состав и структурная схема антенно-фидерной системы

Антенно-фидерная система высотомера предназначена для:

- передачи энергии зондирующего сигнала от передатчика к основной антенне или к эквиваленту антенны;
- направленного излучения энергии в пространство в границах заданной диаграммы направленности;
- приему электромагнитных волн по основному и вспомогательному каналам;
- передачи принятых антеннами сигналов на входы основного и вспомогательного приемных каналов;
- контроля чувствительности приемных каналов.

Антенно-фидерная система двухканальная, включает основной радиолокационный канал, работающий на передачу и прием, и вспомогательный канал, используемый при защите от активных шумовых и ответных помех по боковым лепесткам диаграммы направленности основной антенны и в тракте СУЛП пеленгационного канала. Вспомогательный канал работает только на прием.

Каждый из каналов антенно-фидерной системы содержит в себе антенное устройство и высокочастотный тракт.

Структурная схема антенно-фидерной системы представлена на рис.5.1.

Антенна основного канала состоит из зеркала АЗ-17А2 и облучателя АО-17М. Антенна вспомогательного канала Б-08 включает в себя зеркало Б-05 и облучатель Б-09.

Высокочастотный тракт основного канала волноводный, вспомогательного - коаксиальный.

В состав высокочастотного тракта основного канала входят:

- волноводные переходы с фазовращателями ПКП-02 - 2 шт;

- волноводный переключатель АК-05;
- ферритовый циркулятор ФЦ-01 с разрядником защиты приемника;
- волноводный короткозамыкатель с возбудителем ЗВ-03;
- волноводный короткозамыкатель ЗВ-02М;
- волноводное вращающееся сочленение АВ-04;
- герметические заслонки ГЗ-01 - 2 шт;
- эквивалент антенны АЭ-07М;
- генератор шума ПУ2А-01;
- коаксиальный переключатель РЕ-01 № 1;

В состав высокочастотного тракта вспомогательного канала входят:

- волноводный короткозамыкатель Б-0901;
- коаксиально-волноводный переход КВП-07;
- коаксиальный переключатель РЕ-01 № 2.

Рассмотрим функционирование системы по структурной схеме.

Волноводный переключатель АК-05 подключает выход одного из двух магнетронов передающего устройства к высокочастотному тракту и энергия зондирующего сигнала через волноводный переход с круглого волновода на прямоугольный ПКП-02 поступает на переключатель АК-05 и далее - на передающее плечо ферритового циркулятора ФЦ-01. Основными функциями ферритового циркулятора является переключение тракта на передачу и на прием при боевой работе и переключение тракта с антенны на эквивалент антенны в режиме настройки передающего устройства.

При боевой работе энергия зондирующего сигнала через антенное плечо ферритового циркулятора, волноводный короткозамыкатели ЗВ-03 и ЗВ-02М и вращающееся сочленение АВ-04 поступает в основную антенну и излучается в пространство.

Волноводный короткозамыкатель с возбудителем ЗВ-03 обеспечивает механическое перекрытие волноводного тракта к антенне при работе передатчика на эквивалент антенны и при измерении коэффициента шума основного приемного канала. При измерении коэффициента шума в тракт вводятся шумы от генератора шума ПУ2А-01 через коаксиальный коммутатор РЕ-01 № 1 и возбудитель блока ЗВ-03.

Коммутатор РЕ-01 № 1 коммутирует шумы генератора шума в основной или вспомогательный приемный канал (на коммутатор РЕ-01 № 2).

Волноводный короткозамыкатель ЗВ-02М обеспечивает дополнительное уменьшение энергии зондирующего сигнала, просачивающегося через блок ЗГ-03 в антенну, также путем механического перекрытия волноводного тракта.

Энергия зондирующего сигнала от неподвижной части волноводного к подвижной, связанной с качающейся антенной осуществляется через вращающееся сочленение АВ-04. Для повышения электрической прочности вращающегося сочленения в нем создается избыток давления воздуха, подаваемого от дегидратора. Ограничение пространства с избыточным давлением обеспечивается герметическими заслонками ГЗ-01 из радиопрозрачного материала на входе и выходе вращающегося сочленения.

Принятые основной антенной СВЧ колебания проходят поэтому же тракту и через приемное плечо ферритового циркулятора и разрядник защиты прием-

ника поступают на вход основного приемного канала. Разрядник защиты приемника обеспечивает защиту входных элементов приемного тракта от мощного проникающего в тракт зондирующего сигнала.

СВЧ колебания, принятые вспомогательной антенной, через волноводный короткозамыкатель Б-0901 и коаксиальный переключатель РЕ-01 поступают на вход вспомогательного приемного канала. Волноводный короткозамыкатель осуществляет коммутацию числа рупоров облучателя антенны - четыре или два, что обеспечивает изменение ширины диаграммы направленности вспомогательной антенны в различных режимах защиты от помех. Коаксиально-волноводный переход КВП-07 обеспечивает переход с волноводного выхода рупоров облучателя к коаксиальному тракту. Коаксиальный переключатель РЕ-01 №2 коммутирует на вход вспомогательного приемного канала сигналы от антенны Б-08 в боевом режиме или шумы генератора шума ПУ2А-01 в режиме установки и измерения коэффициента шума вспомогательного приемного канала.

5.2. Антенное устройство

Основная антенна формирует узкий пространственный луч в режиме передачи и приема. Ширина диаграммы направленности по азимуту $\Delta\beta_{0.5p}=2^{\circ}$, по углу места $\Delta\varepsilon_{0.5p}=0.9^{\circ}$. Более широкая диаграмма направленности по азимуту избрана для повышения возможности беспойскового вывода антенны на азимут цели при работе по целеуказаниям.

Уровень первых боковых лепестков диаграммы направленности не больше 25 дБ. Коэффициент усиления антенны 40 дБ.

Размеры зеркала антенны АЗ-17А2 4x10 м, фокусное расстояние 3,5 м. Поляризация антенны горизонтальная.

Облучатель АО-17М представляет собой пирамидальный рупор.

Зеркало антенны превращает сферический фронт волны, распространяющийся от облучателя, в плоский. Получающееся при этом синфазное возбуждение раскрыва зеркала ведет к образованию узкого пространственного луча. В режиме приема улавливаемая зеркалом электромагнитная энергия фокусируется его отражающей поверхностью в точку, где расположен облучатель, давая такой же выигрыш в мощности по сравнению с ненаправленной антенной, как и в режиме передачи.

Зеркало представляет собой несимметричную вырезку из параболоида вращения, облучатель вынесен к краю зеркала (рис.5.2). Это обеспечивает минимальное затенение зеркала облучателем, что позволяет снизить уровень боковых лепестков и уменьшить обратную реакцию зеркала на облучатель.

Вспомогательная антенна Б-08 зеркально-рупорная, состоит из зеркала Б-05 и облучателя Б-09. Антенна формирует в угломестной плоскости диаграмму направленности секторной (столонеподобной) формы шириной по уровню - 6 дБ $36-39^{\circ}$ в режиме ПБО и СУЛП и $16-19^{\circ}$ в режиме автокомпенсации помех. В горизонтальной плоскости в обоих режимах формируется диаграмма направленности типа «двойной косеканс» с шириной 10° по уровню -3 дБ и

(50–60)⁰ по уровню - 12 дБ. Коэффициент усиления антенны в режиме ПБО и СУЛП 18 дБ, в режиме автокомпесации помех 21 дБ.

Размеры зеркала антенны 2,5x1 м, фокусное расстояние 1,1 м.

Реализация различных диаграмм направленности в угломестной плоскости достигается включением различного числа рупоров в облучателе (четыре при формировании широкой диаграммы направленности и два при узкой). Переключение рупоров осуществляется с помощью короткозамыкающего устройства Б-0901.

Формирование столоподобной диаграммы направленности осуществляется с целью получения большой крутизны ее внешних скатов, что позволяет значительно снизить величину принимаемых сигналов, отраженных от земной поверхности.

Формирование диаграммы направленности в горизонтальной плоскости «двойной косеканс» осуществляется выбором формы поверхности отражающего зеркала, имеющего в центральной части параболический участок, формирующий сравнительно узкий луч, а загнутые в сторону и назад края рассеивают излучаемую энергию, формируя широкую диаграмму направленности.

В вертикальной плоскости зеркало имеет параболическую поверхность.

Облучатель включает в себе четыре рупора, волноводный разветвитель и короткозамыкатель (рис.5.3). Он представляет собой Н-плоскостную линейную решетку из четырех рупоров коробчатого типа, соединенных Н-плоскостным волноводным разветвителем. Разветвитель состоит из двух волноводных тройников, соединенных третьим тройником, в одном из плеч которого установлено короткозамыкающее устройство Б-0901. Замыкание обеспечивается введением штыря в волновод. При выведенном из волновода штыре энергия делится в тройнике поровну в его плечи, при этом подключаются все четыре рупора. При введении штыря энергия проходит только в одно плечо тройника, и подключаются два рупора. Привод короткозамыкающего устройства электромеханический.

5.3. Высокочастотный тракт

Состав высокочастотного тракта перечислен в п. 5.1, далее будет дана характеристика элементов тракта.

Волноводный переход с фазовращателем ПКП–02 предназначен для соединения выхода магнетрона с волноводным трактом и для подбора фазы входного сопротивления волноводного тракта, при котором обеспечивается стабильная работа магнетрона. Он представляет собой плавный переход волновода с круглого на прямоугольное сечение. Принцип его действия основан на трансформировании волны H_{11} круглого волновода в волну H_{10} прямоугольного.

Подбор фазы входного комплексного сопротивления тракта осуществляется фазовращателем. Фазовращатель представляет собой две диэлектрические пластины, помещенные в волновод. Перемещение пластин вдоль широкой стенки волновода от краев к центру, в область интенсивного электрического поля волновода, приводит к изменению скорости распространения волны в диэлектрике в сравнении со скоростью в воздухе, следовательно, к изменению фазы распространяемой волны. Перемещение пластины осуществляется вручную с

помощью механизма перемещения. Конструкция фазовращателя показана на рис.5.4.

Ферритовый циркулятор ФЦ-01 выполняет функции переключателя прием-передача, вентиля, не пропускающего волны, отраженные от неоднородностей волноводного тракта, на магнетрон, и переключателя антенна-эквивалент.

Как известно, принцип работы ферритового циркулятора основан на использовании устройств волноводных трактов, являющихся невзаимными фазовращателями. В описанном ферритовом циркуляторе применен сдвоенный ферритовый мост с двумя щелевыми волноводными мостами и фазосдвигающей секцией, (рис.5.5). Ферритовый мост представляет собой участок прямоугольного волновода, содержащего ферритовые пластины, намагниченные в направлении, перпендикулярном широкой стенке волновода (продольно намагниченные) с помощью соленоида с напряженностью поля H . Сдвиг фаз волн по направлениям в ферритах показан на рис.5.5. Щелевой мост представляет собой два прямоугольных волновода с общей узкой стенкой, в которой прорезана щель. Принцип работы моста заключается в том, что если в одном из его плеч распространяется волна, она не проходит в смежное плечо, а ее энергия делится поровну между двумя противоположными плечами, в которых волны сдвигаются на 90° . Фазовыравнивающая секция представляет собой сдвоенный волновод, плечи которого по длине отличаются на $\lambda/4$. Эта секция является взаимным фазовращателем.

При работе ферритового циркулятора на передачу волны от магнетрона через первый щелевой мост, где они получают фазовый сдвиг 90° , поступают в ферритовый мост, который увеличивает фазовый сдвиг между волнами до 180° . Фазовыравнивающая секция уменьшает фазовый сдвиг до 90° . На входе второго щелевого моста оказывается, что в нижнем его плече волны в противофазе, а в верхнем в - фазе (за счет сдвига фаз вторым щелевым мостом), следовательно, волны, складываясь, будут распространяться в верхнем плече, а в нижнем распространяться не будут. Таким образом, электромагнитная энергия распространяется к антенне. Ввиду наличия неоднородностей в тракте и неполном согласовании его с рупорным облучателем часть энергии неизбежно отразится снова в циркулятор. После него волна попадает не в магнетрон, а в приемное плечо на разрядник, который поджигается и не пропускает мощный сигнал на приемник. Волна, отраженная от разрядника, пройдет через ферритовый мост так, что после него попадет в эквивалент антенны АЭ-07, где она поглотится. Таким образом, магнетрон оказывается защищенным от отраженного неоднородностями сигнала, что эквивалентно улучшению согласования магнетрона с нагрузкой. Аналогично проходит волна в режиме приема сигнала с той лишь разницей, что разрядник не поджигается от слабого эхо-сигнала и сигнал проходит на вход приемника.

Для работы на эквивалент антенны достаточно изменить сдвиг фаз волн в ферритах на противоположный, что достигается изменением полярности намагничивающего ферриты поля.

Волноводный короткозамыкатель с возбудителем ЗВ-03 установлен после выходной секции ферритового циркулятора и служит для подключения генератора шума к волноводному тракту при проверке чувствительности приемника и закорачивания на это время волноводного тракта, идущего к антенне. Создание

плоскости короткого замыкания осуществляется с помощью движущихся навстречу друг другу штоков внутри волновода со стороны широких стенок. Перемещение их осуществляется дистанционно с помощью электромагнитов. Ослабление просачивающейся в антенну мощности, при работе на эквивалент антенны не менее 30 дБ.

Возбудительная головка, через которую вводятся в тракт шумы от генератора шума, состоит из неподвижного корпуса, внутри которого перемещается в волновод коаксиальный штырь. Введение штыря в волновод осуществляется вручную.

Волноводный короткозамыкатель ЗВ-02М служит для обеспечения дополнительного затухания (не менее чем на 90 дБ) просачивающейся в антенну мощности при работе передатчика на эквивалент антенны. Он состоит из трех штоков, введенных в волновод, которые установлены последовательно в одном волноводном отрезке. Таким образом, суммарное затухание волны к антенне с учетом блока ЗВ-03 составляет 120 дБ.

Вращающееся сочленение АВ-04 предназначено для электрического соединения неподвижного волноводного тракта с подвижной частью, соединенной с облучателем антенны. Конструкция вращающегося сочленения представлена на рис.5.6. Оно представляет собой отрезок жесткой коаксиальной линии с переходами во входной и выходной прямоугольные волноводы. При этом происходит преобразование волны H_{10} прямоугольного волновода в волну ТЕМ коаксиальной линии и обратно.

Особенностью волны ТЕМ является осевая симметрия электрического поля, следовательно, во вращающемся сочленении не происходит изменения мощности при вращении.

Трансформации типов волн в волноводе и коаксиальной линии оказывают содействие обтекатели. Коаксиальная линия состоит из двух частей, соединенных бесконтактным дроссельным сочленением. Согласование в волноводно-коаксиальных переходах осуществляется с помощью настроечных волноводных шлейфов и индуктивных штырей, установленных в обоих плечах устройства (на рисунке не показаны).

Особенностью вращающегося сочленения является то, что в нем для повышения электрической прочности создается избыточное давление воздуха, поддерживаемое дегидратором. Для герметизации объема вращающегося сочленения используются герметические заслонки ГЗ-01, представляющие собой электрически прозрачные пластины, выполненные из СВЧ диэлектрика. Устанавливаются они между волноводными фланцами.

Коаксиальный переключатель РЕ-01 представляет собой жесткий коаксиальный тройник. Центральный проводник среднего выхода тройника представляет собой штырь, на который замыкаются центральные проводники двух других выходных разъемов, представляющих собой плоские пружины. Эти пружины замыкаются либо на центральный проводник среднего выходного разъема, либо на корпус. Если центральный пружинный проводник одного выходного разъема соединен с центральным проводником среднего выхода, то пружинный проводник другого выхода соединен с корпусом и наоборот.

Генератор шума ПУ2А-01 представляет собой широкополосный шумовой генератор, построенный на газоразрядной лампе ГШ-5. Он используется при

контроле коэффициента шума основного и вспомогательного приемных каналов в качестве источника калиброванного уровня мощности шума.

В заключение отметим особенности антенно-фидерной системы высотомеров ранних выпусков.

1. В качестве вспомогательной антенны используется вместо неподвижной антенны Б-08 качающаяся вместе с основной антенна, состоящая из зеркала АЗ-26 и облучателя АО-26. Вспомогательная антенна формирует в азимутальной плоскости широкий луч (в секторе $\pm 60^\circ$), а в угломестной плоскости - узкий луч столообразной формы в пределах $\pm 5^\circ$.

2. В тракте отсутствует волноводный короткозамыкатель ЗВ-02, обеспечивающий дополнительное затухание в тракте антенны.

6. ПРИЕМНОЕ УСТРОЙСТВО

6.1. Назначение, основные характеристики и состав приемного устройства

Принципы функционирования приемного устройства рассмотрены в разделе 3 при изучении структурной схемы высотомера (рис.3.1). Строго говоря, под приемным устройством следует понимать устройство, включающее все элементы тракта приема и обработки до оконечного устройства, каковым является индикаторная аппаратура. Т.е. в состав приемного устройства входят и блоки, обеспечивающие обработку сигналов с целью защиты от активных и пассивных помех. Однако методически целесообразно разделить приемное устройство по функциям, вынеся изложение блоков и устройств, обеспечивающих защиту от помех, последующие разделы, здесь же рассмотреть блоки и устройства, обеспечивающие выполнение типовых для приемных устройств функций.

Поэтому под приемным устройством в данном разделе будем понимать тракт, обеспечивающий выполнение следующих задач:

- усиление принятых антеннами сигналов на высокой частоте;
- преобразование сигналов на промежуточную частоту;
- усиление на промежуточной частоте;
- амплитудное детектирование сигналов.

Приемное устройство выполнено по супергетеродинной схеме с однократным преобразованием частоты. Приемное устройство двухканальное, включающее основной канал и вспомогательный канал, использующийся для защиты от активных шумовых и ответных импульсных помех по боковым лепесткам диаграммы направленности антенны. Высокочастотные тракты обоих каналов идентичны. Кроме того, в состав приемного устройства входит канал приема сигналов для пеленгации помехоносителей по углу места. В нем используются сигналы основного канала и вспомогательного канала (СУЛП). Высокочастотные тракты радиолокационного и пеленгационного каналов являются общими.

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 осуществляется с помощью системы автоматической подстройки частоты (АПЧ).

С точки зрения возможности и эффективности использования системы СДЦ для защиты от пассивных помех целесообразна автоподстройка частоты генератора передающего устройства под частоту местного гетеродина. Но в силу того, что генератор передающего устройства - не перестраиваемый магнетрон, автоподстройке частоты подвергается местный гетеродин. При этом возможность использования системы СДЦ обеспечивается специальным режимом автоподстройки местного гетеродина - прерывистой АПЧ.

Приемное устройство перестраиваемое. Перестройка его осуществляется при переключении магнетронов передающего устройства. Для этого имеется система перестройки, представленная блоком ДП-05 и исполнительными механизмами перестройки в блоках, подвергающихся перестройке частоты: местном гетеродине ВГ-12 и смесителях РС-18 основного и вспомогательного каналов.

Основные технические характеристики приемного устройства:

- коэффициент шума не более 5;
- промежуточная частота 30 МГц;
- полоса пропускания трактов на выходах ПУПЧ-03 основного и вспомогательного каналов не менее 10 МГц;
- полоса пропускания трактов УПЧ основного и вспомогательного каналов 750 кГц;
- точность подстройки частоты местного гетеродина ± 100 кГц;
- амплитуда сигналов на выходе амплитудного канала приемника 4...6 В.

В состав приемного устройства входят:

- элементы высокочастотных трактов основного и вспомогательного каналов, усилители высокой частоты, смесители РС-18 и предварительные УПЧ ПУПЧ-03;
- блок приемника основного канала РП-09;
- блок приемника канала ПБО РО-04;
- местный гетеродин ВГ-12;
- блок АПЧ РЧ-06;
- блок контроля РК-08.

Приемное устройство пеленгационного канала, кроме общих с радиолокационным каналом элементов высокочастотного тракта, представлено блоком приемника ИЛП-02.

6.2. Функциональная схема приемного устройства

Функциональная схема приемного устройства представлена на рис.6.1. Рассмотрение схемы будем вести по отдельным блокам и устройствам.

6.2.1. Высокочастотный приемный тракт

Отраженные сигналы основного канала с приемного плеча ферритового циркулятора ФЦ-01 поступают на УВЧ, собранный на ЛБВ УВ-54А. УВЧ является широкополосным прибором, усиливающим сигналы во всем диапазоне частот высотомера. Она представляет собой сверхмалощумящую пакетирован-

ную лампу бегущей волны с ленточным электронным потоком и фокусирующей системой на постоянных магнитах. Применение ленточного электронного потока, эмитируемого катодом соответствующей формы, обеспечивает снижение собственных шумов лампы за счет высокой плотности пространственного заряда в луче на значительной его длине и уменьшения неоднородности плотности электронов в пределах всего луча. Снижению неоднородностей плотности в луче и уплотнению пространственного заряда способствуют конструктивные меры: количество электродов, их форма, расположение относительно катода и потенциалы на них. Кроме катода и коллектора, в УВЧ установлено 9 электродов.

Коэффициент шума ЛБВ - не более 3.

Коэффициент усиления - не менее 18 дБ.

ЛБВ выполнена в металлокерамическом корпусе в форме прямоугольной коробки и имеет высокочастотные вход и выход. Вход ЛБВ коаксиальный, поэтому перед УВЧ используется волноводно-коаксиальный переход. Разрядник РР-32 обеспечивает защиту ЛБВ от зондирующего сигнала, проникающего в приемное плечо ферритового циркулятора в результате отражений от неоднородностей в волноводном тракте после циркулятора.

Кроме того, ЛБВ осуществляет ослабление частично проникающих на ее вход зондирующих импульсов и, следовательно, предохраняет от выхода из строя кристаллический диод смесителя РС-18.

Усиленные сигналы в УВЧ по коаксиальному кабелю подаются в смеситель РС-18. Он предназначен для преобразования сигналов с высокой частоты на промежуточную и обеспечения избирательности приемного устройства по зеркальному каналу. Блок РС-18 включает в себя волноводно-коаксиальный переход КВП-02, преселектор, смеситель и механизм перестройки ЛР-06.

Преобразование частоты осуществляется в смесителе, выполненном на кристаллическом диоде. На диод подаются высокочастотные сигналы от УВЧ и высокочастотное колебание местного гетеродина. В результате преобразования как нелинейной операции возникает множество комбинированных составляющих частот, из которых полезной является составляющая разностной частоты:

$$f_c - f_{\text{мг}} = f_{\text{пр.}}$$

Остальные комбинационные составляющие являются мешающими. Наиболее близкой по частоте, следовательно, наиболее опасной является составляющая на так называемой зеркальной частоте (рис.6.2), отличающейся от частоты сигнала на $2f_{\text{пр.}}$. На этой частоте отсутствует сигнал и колебания на выходе смесителя воспринимаются как помехи по зеркальному каналу. Поэтому перед подачей на смеситель необходимо сигналы всех комбинационных частот и в первую очередь зеркальной, отфильтровать. Это осуществляется в преселекторе, представляющем собой полосовой фильтр, настроенный на частоту сигнала с амплитудно-частотной характеристикой $K_{\text{прес}}(f)$, показанной на рис.6.2.

Ввиду того, что в высотомере используется однократное преобразование частоты с очень высокой несущей на достаточно низкую промежуточную частоту, для фильтрации помех по зеркальному каналу необходим очень узкополосный, следовательно, высокодобротный фильтр преселектора. Реализовать фильтр с требуемой узкой полосой возможно только на волноводном резонаторе. Поэтому блок РС-18 выполнен волноводным.

Конструкция блока РС-18 представлена на рис.6.3. Коаксиально-волноводный переход обеспечивает подключение коаксиального тракта от УВЧ к волноводному преселектору. Коаксиально-волноводный переход представляет собой отрезок волновода, на расстоянии $\lambda/4$ (λ – длина волны СВЧ колебания) от закороченной стенки которого введен штырь 1. Штырь соединен с центральным проводником коаксиального разъема от УВЧ 2.

Преселектор представляет собой объемный волноводный резонатор. Настройка преселектора осуществляется с помощью емкостного штыря 3. Перестройка преселектора обеспечивается посредством введения в резонатор керамического стержня 4, изменяющего эквивалентную емкость контура. Перемещение штыря осуществляется с помощью механизма перестройки ЛР-06, управляемого с блока ДП-05. С целью согласования тракта в волноводе преселектора установлены индуктивные диафрагмы 5.

Смеситель представляет собой тот же отрезок волновода, в который с помощью емкостного зонда 6 вводятся колебания местного гетеродина ВГ-12. В качестве смесителя используется высокочастотный диод 7 типа Д-403. Колебания промежуточной частоты с коаксиального выхода смесителя подаются в блок ПУПЧ-03 через фильтр 8, развязывающий цепь высокой и промежуточной частот. Фильтр выполнен в виде четвертьволнового шлейфа, включенного последовательно в коаксиальную линию.

Смесительная секция заканчивается коротко замыкающим поршнем 9, предназначенным для компенсации реактивного сопротивления смесительного диода.

Сигналы, принятые вспомогательной антенной, обрабатываются на высокой частоте аналогично сигналам основного канала.

Далее сигналы на промежуточной частоте усиливаются в предварительном УПЧ ПУПЧ-03. Он включает в себя входной усилитель на лампе Л1, катодный повторитель (Л2) и выходной регулируемый усилитель (Л3). С выхода катодного повторителя сигналы подаются на приемник пеленгационного канала ИЛП-02, а с выхода регулируемого усилителя сигналы коммутируются на вход приемника РП-09 (РО-04) или на вход блоков защиты от активных помех ШБ-01 или ПЦ-10.

6.2.2. Приемник основного канала РП-09

На функциональной схеме рис.6.1. приемник РП-09 представлен только субблоками РПУ-02 и БАРУ-02, обеспечивающими его работу в амплитудном режиме. Когерентная часть приемника РП-09 будет изложена в разделе 8.

Сигналы промежуточной частоты с выхода предварительного УПЧ ПУПЧ-03 поступают на вход субблока РПУ-02, который включает в себя восьмиканальный УПЧ на лампах Л1...Л8 с одиночными контурами, настроенными на промежуточную частоту, и амплитудный детектор на лампе Л9. Одновременно на катод лампы Л2 подаются контрольные импульсы с блока контроля РК-08. При включенной аппаратуре защиты от активных помех сигналы с выхода блока ШБ-01 подаются в третий каскад УПЧ.

После амплитудного детектирования сигналы усиливаются в видеоусилителе на лампе Л1 и катодном повторителе (Л2) субблока БАРУ-02 и поступают

на амплитудный выход А блока. Сигналы на видеоусилитель поступают прямо с детектора или через дифференцирующую цепь, которая включается с помощью реле Р1 одновременно с включением схемы БАРУ. Схема дифференцирования осуществляет дробление (дифференцирование) помех большой длительности, чем уменьшает засвет индикатора такими помехами.

Схема быстродействующей автоматической регулировки усиления (БАРУ) обеспечивает защиту от перегрузки помехами большой амплитуды с длительностью, что превышает длительность полезного сигнала. Схема БАРУ расположена в субблоке БАРУ-02 и представляет собой схему с обратной связью. На схему БАРУ подаются сигналы приемного канала с седьмого каскада УПЧ. Она включает в себя усилитель на лампе Л5 и детектор (Л6). Напряжение регулирования с выхода детектора БАРУ подается на 3-6 каскады УПЧ, обеспечивая регулирование их усиления. Постоянная времени БАРУ выбрана равной $\tau_{бару}=(5-10)\tau_{и}$, где $\tau_{и}$ - длительность импульса эха-сигнала. Это позволяет стабилизировать уровень помех большой длительности на уровне собственных шумов приемника, не ослабляя полезные сигналы (не совпадающих по времени с помехой). При выключении БАРУ обеспечивается ручное регулирование усиления с помощью потенциометра, выведенного на переднюю панель приемника.

Схема временного автоматического регулирования усиления (ВАРУ) предназначена для уменьшения усиления мощных сигналов, принятых 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. Т.к. мощность принимаемых сигналов связана с дальностью уравнением радиолокации, то для стабилизации уровня сигналов по дальности необходимо изменять коэффициент усиления тракта пропорционально четвертой степени от дальности.

Схема ВАРУ размещена в субблоке БАРУ-02, собрана на лампах Л3, Л4 и обеспечивает формирование отрицательного напряжения регулирования коэффициента усиления тракта в каждом периоде следования (с импульсом запуска), уменьшающегося по дальности до нуля по закону, близкому к указанному выше (рис.6.4). Восстановление усиления тракта (окончание напряжения ВАРУ) осуществляется на дальности 90-120 км. Напряжение регулирования ВАРУ подается на второй каскад УПЧ. Со схемы ВАРУ напряжение регулирования подается также для регулирования усиления в блок ШБ-01.

Сигналы с выхода блока РП-09 подаются в субблок вычитания СВ-03 блока приемника ПБО РО-04.

6.2.3. Приемник ПБО РО-04

Тракт обработки сигналов в приемнике ПБО РО-04 аналогичен тракту основного канала. Приемник включает в себя субблоки УПЧ-02 и АРУ-03, выполняющие функции, аналогичные субблокам приемника основного канала, и субблок вычитания СВ, где обеспечивается подавление ответных помех по боковым лепесткам диаграммы направленности антенны.

Сигналы с выхода ПУПЧ-03 вспомогательного канала поступают на вход УПЧ (лампы Л1...Л8), который по построению и характеристикам аналогичен УПЧ приемника основного канала. После амплитудного детектирования в детекторе на лампе Л9а сигналы усиливаются в усилителе-ограничителе (Л10) и через катодный повторитель (Л11) подаются на субблок вычитания СВ-03. При использовании блока ШБ-01 сигналы с его выхода поступают на третий каскад УПЧ.

В отличие от основного канала, в детекторе приемника РО-04 осуществляется ограничение снизу регулировкой «Ограничение шумов» местно регулированием на передней панели блока РО-04 или дистанционно в блоке ДЛ-06. Этой регулировкой осуществляется отсечка шумов на выходе приемника РО-04. Отсечка необходима для того, чтобы при вычитании сигналов основного и ПБО каналов в субблоке СВ-03 не ухудшалось отношение сигнал-шум тракта за счет суммирования шумов основного и ПБО каналов.

В субблок АРУ входят схемы ВАРУ, БАРУ и шумовой автоматической регулировки усиления (ШАРУ).

Назначение и принципы функционирования схем ВАРУ и БАРУ аналогичны соответствующим схемам приемника основного канала. Схема ВАРУ собрана на лампах Л4, Л5 и обеспечивает подачу регулирующего напряжения на второй каскад УПЧ и на блок ШБ-01 вспомогательного канала. Схема БАРУ выполнена на лампах Л6 (УПЧ) и Л7 (детектор) и обеспечивает подачу регулирующего напряжения в 3...6 каскады УПЧ. Схема БАРУ может быть выключена и вместо нее регулирование коэффициента усиления УПЧ может осуществляться шумовой АРУ или ручной регулировкой усиления.

Шумовая АРУ обеспечивает стабилизацию уровня собственных шумов приемника с целью эффективной их отсечки в детекторе приемника, а также для снижения коэффициента усиления тракта при воздействии непрерывной активной шумовой помехи. Схема ШАРУ включает в себе детектор ШАРУ (лампа Л9б субблока УПЧ-02), ключевую схему на лампе Л1 и усилитель постоянного тока на лампе Л2. Ключевая схема управляется импульсами с фантастрона на лампе Л3, формируемыми в каждом периоде следования (с импульсом запуска).

Схема ШАРУ по принципу построения, как и схема БАРУ, является схемой с обратной связью. Основным отличием ее является то, что схема ШАРУ имеет значительно большую по сравнению с БАРУ постоянную времени срабатывания, в результате чего она реагирует на медленные изменения уровня собственных шумов и непрерывных помех. Постоянная времени ее определяется постоянной времени интегрирующей (сглаживающей) цепи усилителя постоянного тока. Для того, чтобы управляющее напряжение ШАРУ не вырабатывалось от мощных протяженных сигналов, отраженных от местных предметов, в начале дистанции, в зоне местных предметов обратная связь ШАРУ размыкается ключевой схемой, управляемой импульсами с фантастрона. Длительность импульсов фантастрона 700-800 мкс.

Сигналы с выхода блока УПЧ-02 поступают в субблок вычитания СВ-03. При включенном режиме ПБО в субблоке осуществляется вычитание сигналов основного и вспомогательного каналов. Более подробно работа субблока вычитания СВ-03 изложена в разделе 7. При выключенном режиме ПБО сигналы с

выхода вспомогательного канала отсутствуют и эхо-сигналы с выхода приемника РП-09 транзитом через линию задержка ЛЗ2, компенсирующую запаздывание сигналов при обработке в субблоке вычитания, поступают на выход амплитудного канала приемника на аппаратуру защиты от несинхронных импульсных помех.

6.2.4. Местный гетеродин ВГ-12

Местный гетеродин предназначен для формирования гетеродинного напряжения, используемого в смесителях РС-18 для преобразования частоты принятых сигналов на промежуточную.

Основу блока ВГ-12 составляет высокостабильный СВЧ генератор, колебания которого через делитель мощности ВГ1-11 подаются на три высокочастотных смесителя - два смесителя РС-18 приемных каналов и смеситель системы АПЧ РА-07.

Генератор выполнен на СВЧ триоде ГС-13 и колебательной системе в виде коаксиальных резонаторов. Конструкция СВЧ генератора показана на рис.6.5.

СВЧ лампа ГС-13 имеет электроды цилиндрической конструкции - катод 1, сетку 2 и анод 3. На электроды надеваются отрезки жестких линий (трубы) - анодная труба 4, сеточная 5 и катодная 6. Пространство между этими трубами образуют резонаторы (контур). Катодно-сеточный контур 7 ограничен внутренней поверхностью внешней (катодной) трубы и внешней поверхностью средней (сеточной) трубы. Анодно-сеточный контур 8 ограничен внутренней поверхностью средней (сеточной) трубы и внешней поверхностью анодной трубы. Положительная обратная связь выходного (анодно-сеточного) контура во входной (катодно-сеточный) обеспечивается емкостным элементом обратной связи 9, связанным петлей связи с анодно-сеточным контуром.

Пространство анодно-сеточного резонатора разделено на две части - анодно-сеточный контур 8 и стабилизирующий резонатор 10. На рис.6.5. показаны также цепи питания накала (постоянное напряжение 6,3 В) и аноды + E_a через схему фильтрации L, C1, C2.

Настройка генератора осуществляется с помощью плунжера катодно-сеточного контура 13 изменением объема резонатора. Изменение частоты генератора при перестройке достигается изменением объема стабилизирующего резонатора 10 с помощью плунжера 11. Отбор мощности осуществляется зондом 14 на коаксиальный выход.

Для эффективной работы системы СДЦ необходимая высокая межпериодная стабильность частоты местного гетеродина, обеспечивающая минимальную нестабильность межпериодного набега фаз эхо-сигналов целей и пассивных помех.

Генератор СВЧ блока ВГ-12 имеет очень высокую межпериодную стабильность частоты - уход частоты за период следования не превышает 15 Гц.

Высокая стабильность частоты генератора обеспечена принятием следующих мер:

1. Применением в колебательной системе, кроме катодно-сеточного и анодно-сеточного резонаторов, высокодобротного ненагруженного стабилизирующего резонатора, имеющего связь с мало добротным анодно-сеточным ре-

зонатором. Этим стабилизирующим резонатором определяется, в основном, значение генерируемой частоты.

2. Работой генератора в недонапряженном режиме при неполном использовании лампы по мощности.

3. Слабой связью с нагрузкой, чем уменьшается влияние нагрузки на стабильность частоты генератора.

4. Питанием накала постоянным током, а анода - от стабилизированного выпрямителя БР-11М через схему фильтрации.

5. Пружинной подвеской генератора в блоке, защищающей его от вибрации, ударов и других механических влияний.

6. Высоким качеством обработки внутренних поверхностей коаксиальных резонаторов, исключением гальванических контактных соединений, чем уменьшаются потери в контурах.

Делитель мощности ВГ1-11 выполнен на отрезках несимметричных полосковых линий.

Соответствие разностной частоты $f_c - f_{мг}$ промежуточной устанавливается в высотомере автоматическим подстраиванием частоты (АПЧ) генератора с помощью системы АПЧ. Исполнительским элементом этой системы является механизм автоподстройки ЛА-03, приводящий в движение (поворачивающий) элемент подстройки частоты 12 в стабилизирующем контуре генератора СВЧ.

Наличие автоподстройки частоты местного гетеродина ВГ-12 исключает возможность использования системы СДЦ, так как фаза гетеродина будет постоянно изменяться в процессе автоподстройки. В то же время автоподстройка частоты необходима в силу наличия медленных уходов частоты магнетрона и местного гетеродина вплоть до выхода преобразованного на промежуточную частоту сигнала за пределы полосы пропускания УПЧ. Для разрешения этих противоречивых требований в высотомере осуществляется автоподстройка частоты в прерывистом режиме (ПАПЧ). Это означает, что в течение достаточно длительного времени (22 с) сигналы управления не поступают на исполнительный механизм ЛА-03 и автоподстройка частоты местного гетеродина не осуществляется, а по истечении этого времени на 0,6 с включается автоподстройка частоты и происходит компенсация медленных уходов частоты.

При изменении несущей частоты зондирующего сигнала (при переключении магнетронов) вместе с преселекторами смесителей РС-18 перестраивается и генератор СВЧ блока ВГ-12 с помощью механизма перестройки ЛГ-01, управляемого также с блока ДП-05. При этом с помощью поршня 11 (рис.6.5) изменяется объем стабилизирующего резонатора, а, следовательно, частота его настройки.

6.2.5. Система автоподстройки частоты

Система АПЧ предназначена для поддержки постоянства промежуточной частоты с заданной точностью путем управления частотой местного гетеродина. Система АПЧ является электромеханической астатической следящей системой с астатизмом первого порядка. Исполнительным элементом системы является механизм автоподстройки ЛА-03 в блоке местного гетеродина ВГ-12, осуществляющий механическое перемещение элемента автоподстройки частоты.

ты в стабилизирующем контуре местного гетеродина. Напряжение управления механизмом ЛА-03 формируется в блоке АПЧ РЧ-06.

Система АПЧ может работать в двух режимах - прерывистой (ПАПЧ) и непрерывной (НАПЧ) автоподстройки. Основным режимом, используемым при боевой работе, является режим ПАПЧ, непрерывный режим используется только при настройке системы АПЧ.

Рассмотрим работу системы по функциональной схеме рис.6.1 и характеристику элементов системы.

На смеситель РА-07 подаются зондирующие радиоимпульсы с петли связи ферритового циркулятора ФЦ-01 и непрерывное напряжение местного гетеродина с делителя мощности ВГ1-11. Смеситель РА-07 выполнен на отрезке волновода и по построению аналогичен смесителю РС-18. Импульсные радиосигналы разностной частоты $f_c - f_{мг}$ с выхода смесителя усиливаются в УПЧ и через ограничитель подаются на частотный дискриминатор. Для обеспечения автоподстройки в достаточно больших пределах частот УПЧ должен быть широкополосным. Ширина его полосы составляет $\Delta f_{упч} = 11 + 1,5$ МГц. Такая полоса обеспечивается взаимной расстройкой одиночных контуров трехкаскадного УПЧ (лампы Л1...Л3) на 5 МГц друг от друга. Контур первого каскада настроен на частоту $f_{пч} - 5$ МГц, второго на $f_{пч}$ третьего - на $f_{пч} + 5$ МГц.

После УПЧ поставлен ограничительный каскад, который служит для уменьшения влияния паразитной амплитудной модуляции сигналов на работу частотного дискриминатора. Ограничитель (лампа Л4) представляет собой обычный каскад усиления сигналов промежуточной частоты с пониженным динамическим диапазоном. Нагрузкой каскада является трансформатор, который является частью схемы частотного дискриминатора.

Частотный дискриминатор формирует видеоимпульсы с частотой следования зондирующих импульсов и с изменяющимися амплитудой и полярностью. Он выполнен по двухтактной схеме детектора на лампе Л5 (двойном диоде) с взаимно расстроенными входными контурами. Упрощенная схема частотного дискриминатора представлена на рис.6.6. Входные контуры дискриминатора, образованные частями вторичной обмотки трансформатора Т и емкостями С1 и С2, взаимно расстроены на 3 МГц от промежуточной. Детекторы дискриминатора (Л5а и Л5б) и их нагрузка (С3, R1 и С4, R2) выполнены по балансной схеме, так что амплитудно-частотная характеристика имеет вид, представленный на рис.6.7, где кривые левой и правой частей характеристики повторяют АЧХ взаимно расстроенных входных контуров дискриминатора. Регулировкой R3 «Баланс» обеспечивается симметрия АЧХ дискриминатора.

Из анализа АЧХ дискриминатора следует, что амплитуда выходных видеоимпульсов частотного дискриминатора определяется величиной, а полярность - направлением отклонения разностной частоты от промежуточной

$$\Delta f = (f_c - f_{мг}) - f_{пч}$$

В пиковом детекторе НЧ-06 импульсы с выхода частотного дискриминатора преобразуются в постоянное напряжение, пропорциональное их амплитуде, так что величина и полярность этого напряжения определяется величиной и направлением отклонения разностной частоты от промежуточной.

Сигнал рассогласования далее усиливается магнитными усилителями МО-11 и МО-40 субблока УМ-06. В них сигнал преобразуется в напряжение частоты

ты 400 Гц, которое через согласующий трансформатор и реле РЗ-ЗП, обеспечивающее прерывистый режим АПЧ, подается на электродвигатель механизма ЛА-03. Электродвигатель поворотом элемента автоподстройки контура местного гетеродина отрабатывает ошибку в промежуточной частоте.

Для обеспечения достаточной чувствительности следящей системы при сохранении устойчивости ее работы в ней применена коррекция по скорости. Корректирующий сигнал (сигнал демпфирования) образуется тахогенератором механизма ЛА-03 и вводится через усилитель обратной связи в магнитный усилитель МО-11 в противофазе с сигналом управления. Это обеспечивает высокое для электромеханических систем быстродействие, позволяющее производить подстройку частоты местного гетеродина в течение 0,6 с.

6.2.6. Система перестройки частоты

Система перестройки обеспечивает быструю перестройку преселекторов смесителей РС-18 и местного гетеродина одновременно с переключением передающего устройства с одного магнетрона на другой.

Изменение частоты местного гетеродина при перестройке осуществляется путем одновременного перемещения плунжеров анодно-сеточного и катодно-сеточного контуров генератора СВЧ. Это осуществляется с помощью кулачкового механизма перестройки ЛГ-01 в блоке ВГ-12. Перестройка преселекторов смесителей осуществляется перемещением керамического стрелки внутрь преселектора механизмом ЛР-06.

Управление перестройкой осуществляется с помощью маломощных следящих систем. В системе перестройки местного гетеродина в качестве измерительного элемента следящей системы используется пара потенциометров - задающий потенциометрический датчик в устройстве (блок ДП-05) и потенциометр в исполнительном механизме ЛГ-01. При перестройке двигатель исполнительного механизма отрабатывает заранее установленное с помощью потенциометра рассогласование, перестраивая местный гетеродин.

В системе перестройки каждого преселектора смесителя используется следящая система, измерительным элементом которой является сельсинная пара: сельсин-датчик в блоке ДП-05 и сельсин-приемник в исполнительном механизме ЛР-06. При перестройке двигатель исполнительного механизма отрабатывает также заранее установленное с помощью сельсинов рассогласование, перестраивая преселектор.

Для устранения колебаний исполнительного устройства около согласованного положения в следящих системах вводятся напряжения обратной связи, снимаемые с тахогенераторов исполнительных механизмов.

Перестройка с одной частоты на другую производится тумблерами «Канал 1-Канал 2» или дистанционно с блока ЦП-08, или местно со шкафа ЦМ-26.

6.2.7. Приемное устройство пеленгационного канала

В высотомере установлено приемное устройство пеленгационного канала ИЛП-02, которое предназначено для выдачи сигналов с целью определения пеленга постановщиков активных помех по углу места на блок отсечки и кодиро-

вания ИОК-02, расположенный в РЛК 5Н87. Блок ИОК-02 решает задачу исключения приема шумовых помех по боковым лепесткам диаграммы направленности и формирование сигналов пеленга постановщиков помех.

Таким образом, блок ИЛП-02 высотомера может быть использован только в случае сопряжения его с РЛК 5Н87. Поэтому в настоящем учебном пособии не излагаются принципы функционирования пеленгационного канала. Кратко изложим лишь построение приемника ИЛП-02.

Основным назначением пеленгационного приемника ИЛП-02 является усиление сигналов в широком динамическом диапазоне (не менее 60Дб) и сжатие динамического диапазона на выходе. Усиление в широком динамическом диапазоне обеспечивается применением УПЧ с логарифмической амплитудной характеристикой.

Структурная схема пеленгационного приемника ИЛП-02 представлена на рис.6.8. Он включает в себя два одинаковых субблока логарифмического усилителя ИЛП1-02 - основного и вспомогательного (СУЛП) каналов, субблок генератора контрольных сигналов ИЛП2-02 и субблок видеоусилителей и бланкирования ИЛП3-02. На входы субблоков логарифмических УПЧ поступают сигналы с предварительных УПЧ ПУПЧ-03 основного и вспомогательного каналов. Наличие двух каналов обеспечивает исключение ложных пеленгов помехоносителей за счет приема помех по боковым лепесткам диаграммы направленности антенны.

Субблоки ИЛП1-02 содержат многокаскадный УПЧ, первый каскад которого работает в режиме линейного усиления с коэффициентом усиления B , остальные девять каскадов представляют собой логарифмический УПЧ. В силу того, что УПЧ выполнен по схеме с детектированием в каждом каскаде и сложением сигналов детекторов, на выходе УПЧ имеют место шумовые видеосигналы. После дополнительного усиления в видеоусилителях субблока ИЛП3-02 шумовые сигналы по основному и СУЛП каналам поступают на выход блока для подачи в блок ИОК-02.

С целью исключения влияния мощных сигналов, отраженных от местных предметов, на процесс пеленгации постановщиков активных шумовых помех в приемнике осуществляется бланкирование начала дистанции, то есть зоны интенсивных отражений от местных предметов. Длительность бланка устанавливается в блоке ИОК-02 и может регулироваться ступенчато в пределах 300-1100 мкс. В результате бланкирования начала дистанции на выходах блока вместо непрерывных шумовых помех имеют место шумовые видеоимпульсы, промодулированные по амплитуде диаграммами направленности основной антенны (рис.6.9) и вспомогательной антенны (рис.6.10).

Эффективность отсечки шумов по боковым лепесткам диаграммы направленности антенны существенным образом зависит от установленных коэффициентов усиления линейного тракта (до логарифмирования) B и коэффициенты усиления тракта после логарифмирования A . Регулировка коэффициента B осуществляется в первом, линейном каскаде УПЧ местно с блока ИЛП-02 или дистанционно с блока ИОК-02. При дистанционном регулировании коэффициента B регулирующие напряжения основного и СУЛП трактов подаются на первые каскады УПЧ субблоков ИЛП1-02. Регулировка коэффициентов усиления после

логарифмирования А осуществляются в последующих (в блоке ИОК-02) каскадах видеоусилителей.

Для контроля функционирования и настройки пеленгационного канала используется генератор контрольных сигналов (субблок ИЛП2-02), основой которого является генератор синусоидальных колебаний промежуточной частоты (30 МГц), который имитируют шумовую помеху.

Генератор под действием команд управления может работать в нескольких режимах, обеспечивая такие операции по контролю функционирования и настройки пеленгационного канала:

- проверку логарифмичности и идентичности амплитудных характеристик трактов;
- проверку и установку коэффициентов усиления трактов к логарифмированию В и после логарифмирования А;
- сквозной контроль функционирования всего пеленгационного канала.

6.2.8. Блок контроля РК-08

Блок контроля РК-08 предназначен для проверки и настройки приемного устройства и системы АПЧ и формирования контрольного сигнала.

С выхода УПЧ блока РЧ-06 зондирующий сигнал, преобразованный на разностную (промежуточную) частоту, подается на когерентный гетеродин (в блок РП-09) системы СДЦ в качестве фазирующего. Фазирующий импульс в i -м периоде следования описывается выражением

$$U_{\text{фаз}i}(t) = U(t)\cos[(\omega_c - \omega_{\text{МГ}})t + \varphi_{\text{зи}} - \varphi_{\text{МГ}i}]$$

где $U(t)$ - огибающая зондирующего импульса;

$\varphi_{\text{зи}}, \varphi_{\text{МГ}i}$ - случайные начальные фазы зондирующего сигнала и местного гетеродина в i -м периоде следования.

Этот же сигнал используется в блоке контроля РК-08 для формирования контрольного сигнала. Контрольный сигнал используется для проверки работоспособности и настройки тракта промежуточной и видеочастоты приемного устройства. Он формируется из фазирующего импульса путем его задержки в ультразвуковой линии на $\tau_{\text{зад}} = 133,33$ мкс и в i -м периоде следования описывается выражением

$$U_{\text{кци}}(t) = U_{\text{фаз}i}(t - \tau_{\text{зад}})\cos[(\omega_c - \omega_{\text{МГ}})t + \varphi_{\text{зи}} - \varphi_{\text{МГ}i} - (\omega_c - \omega_{\text{МГ}})\tau_{\text{зад}}] \quad (6.1)$$

Из (6.1) вытекает, что начальная фаза контрольного сигнала с точностью до постоянной фазы $(\omega_c - \omega_{\text{МГ}})\tau_{\text{зад}}$ повторяет начальные фазы зондирующего сигнала и местного гетеродина, а частота заполнения равна разностной $\omega_c - \omega_{\text{МГ}}$. Таким образом, по фазовой структуре сигнал может имитировать отражение от неподвижного местного предмета и следовательно, может использоваться для настройки приемника и системы СДЦ.

Компенсация затухания в линии задержке достигается в блоке РК-08 постановкой двух усилителей: УПЧ-I и УПЧ-II (РК1-05 и РК2-05).

В блоке РК-08 территориально также размещены контрольный осциллограф ИК-05 со схемой задержки запуска ЗРО-01, позволяющий наблюдать контрольный импульс на задержанной развертке, и анализатор спектра АС-02 для контроля спектра зондирующего сигнала на промежуточной частоте. Для этого зондирующий сигнал подается на спектроанализатор через усилитель-разделитель УР-02, осуществляющий отдельную подачу сигналов на линию задержки и спектроанализатор.

Для проверки коэффициента шума и настройки на максимальную чувствительность основного и вспомогательного тракта приемного устройства используется калиброванный генератор шума ПУ2А-01. Подключение его к основному или вспомогательному тракту осуществляется коаксиальным переключателем РЕ-01 №1. При подключении к основному тракту шумовой сигнал подается в волноводный тракт через возбудитель волноводной секции ЗВ-03, при этом тракт к антенне перекрывается короткозамыкателем. От возбудителя шумовой сигнал через приемное плечо ферритового циркулятора поступает на УВЧ.

В тракт ПБО шумовой сигнал подается через коаксиальный переключатель РЕ-01 №2, который подключает к УВЧ либо вход антенны, либо шумовой генератор.

Питание и управление шумовым генератором ПУ2А-01 осуществляется специальной схемой, находящейся в блоке РО-04. Последняя вырабатывает напряжение питания шумового генератора и формирует импульс поджига (3 кВ), формируемый в момент включения генератора шума.

Питающие напряжения УВЧ основного и вспомогательного трактов формируются в блоке питания БШ-03.

7. АППАРАТУРА ЗАЩИТЫ ОТ АКТИВНЫХ ПОМЕХ

7.1. Назначение, принципы построения и состав аппаратуры

В разделе 2 изложены меры, обеспечивающие защиту высотомера от активных помех, которые осуществляются следующими схемными методами:

- от импульсных, нестационарных активных шумовых помех - схемами ШОУ И БАРУ;

- от активных шумовых помех по боковым лепесткам диаграммы направленности антенны - схемой автокомпенсации помех;

- от соответствующих импульсных помех по боковым лепесткам диаграммы направленности антенны - использованием вспомогательного приемного тракта с вычитанием сигналов основного и вспомогательного (ПБО) каналов;

- от несинхронных импульсных помех - аппаратурой, осуществляющей выделение помехи и бланкирования ею тракта.

В данном разделе будут изложены принципы функционирования блоков радиоприемного устройства, реализующих эти методы.

Аппаратура защиты от активных помех обеспечивает помехозащищенность приемного устройства только в амплитудном режиме при воздействии вышеперечисленных помех, устранение перегрузок в приемном и индикаторном устройствах, вызываемых мощными отражениями от местных предметов и метеобразований.

Одним из режимов работы приемного устройства является режим БАРУ. Работа БАРУ основана на селекции сигналов и помех по длительности. Обладая определенной инерционностью, схема БАРУ не срабатывает по коротким (менее 30 мкс) сигналам, а срабатывает по более длительным сигналам.

Принципы работы БАРУ поясняется графиками на рис.7.1.

С приходом на вход приемника мощных отражений от местных предметов или других помех, значительно превосходящих по длительности эхо-сигналы (рис.7.1 а), схема БАРУ вырабатывает управляющее напряжение (рис.7.1 б), изменяющее коэффициент усиления тракта так, чтобы уменьшить уровень помех к уровню собственных шумов. Исходя из оптимального режима работы приемника, постоянная времени БАРУ выбрана равной 30-50 мкс. Поэтому по эхо-сигналам схема БАРУ срабатывать не успевает и они не ослабляются. При следовании протяженных помех на выход проходят только передние кромки помех (рис.7.1 в).

Для уменьшения этих кромок по длительности в видеоусилителе приемного устройства применена дифференцирующая цепь.

Таким образом, схема БАРУ обеспечивает:

- защиту приемного тракта от перегрузок нерегулярными протяженными помехами с выделением сигналов от целей, находящихся вне помехи или превышают уровнем помех;

- поддержка постоянства уровня шумов на выходе приемника.

Режим БАРУ следует использовать при наличии активных непрерывных или протяженных импульсных помех, мощных отражений от местных предметов и метеобразований.

Режим ШОУ обеспечивается построением приемного тракта по схеме широкополосный усилитель - ограничитель - узкополосный фильтр (рис.7.2.) и обеспечивает защиту от короткоимпульсных помех. Усиленные в широкополосном усилителе сигналы претерпевают жесткое ограничение на уровне собственных шумов (рис.7.3 а). Таким образом, эхо-сигналы и импульсные помехи после ограничения не превосходят уровня собственных шумов приемника. Узкая полоса обеспечивается трактом промежуточной частоты приемника РП-09 (или РО-04) и согласована по ширине со спектром зондирующего сигнала. В результате эхо-сигналы накопятся в узкополосном тракте и превысят уровень шумов, а короткоимпульсные помехи накопиться не успеют и не превысят уровня шумов (рис.7.3 б.).

Аналогичным образом схема ШОУ воздействует на нестационарные активные помехи, например, скользящие по частоте активные шумовые помехи при достаточно большой скорости сканирования помехи по частоте.

Таким образом, схема ШОУ обеспечивает:

- защиту от импульсных синхронных и несинхронных помех, имеющие длительность меньшую $0,2 \tau_{эс}$;

- защиту от скользящих по частоте активных шумовых помех со скоростью сканирования частоты не меньше 100 кГц/мкс;

- стабилизацию уровня шумов на выходе приемника.

Автокомпенсатор помех - устройство из корреляционным обратной связью, обеспечивающее автоматическую настройку помехи во вспомогательном канале по амплитуде и фазе так, чтобы помеха в этом канале была равна по ам-

плитуде и противофазна помехе в основном канале. Этим обеспечивается ее компенсация.

Для селекции эхо-сигналов при наличии активных шумовых помех, принятых боковыми лепестками диаграммы направленности антенны, используются различия в направлениях прихода помех и полезного сигнала (пространственные различия). Эти пространственные различия приводят к амплитудным и фазовым расхождениям сигналов на входах приемных каналов, которые обрабатывает автокомпенсатор как система автоматического регулирования.

Амплитудные расхождения связаны с различными значениями коэффициентов усиления основной и вспомогательной антенн в направлении на помехоноситель (П на рис.7.4). Фазовые расхождения связаны с разностью хода сигналов к основной и вспомогательной антеннам Δr . Автокомпенсатор, настраиваясь на эти различия, обеспечивает компенсацию помех на выходе. Эхо-сигналы, приходящие с другого направления (Ц на рис.7.4), имеют другие амплитудные и фазовые различия в основном и вспомогательном каналах. Автокомпенсатор с целью подавления эхо-сигналов должен настроиться на эти различия, но в силу его конечного быстродействия (постоянная времени его много больше длительности импульса эха-сигнала) он не успевает настроиться и не подавляет эхо-сигнал.

Ответная импульсная помеха представляет собой серию радиоимпульсов, получаемую путем размножения зондирующего сигнала, который принимается постановщиком помех. В силу большой мощности ответных импульсных помех серии радиоимпульсов принимаются как по основному, так и по боковым лепесткам диаграммы направленности антенны, создавая на экранах индикаторов маскирующий фон, затрудняющий обнаружение целей. На рис. 7.5. показан вид ответной импульсной помехи, создаваемой одним помехоносителем, на экране ИКО.

Таким образом, ответная помеха повторяет структуру зондирующего сигнала, следовательно, она не имеет различий с полезным сигналом, которое можно было бы использовать для селекции целей на фоне таких помех. Единственное различие этой помехи от эха-сигнала состоит в направлении ее прихода вне главного лепестка диаграммы направленности антенны. Ответная помеха принимается боковыми лепестками, а эхо-сигналы, имеющие много меньшую мощность, принимаются только основным лепестком, а боковыми лепестками не принимаются. Поэтому можно подавить ее только по боковым лепесткам диаграммы направленности антенны. Система ПБО обеспечивает это подавление, принцип которого сводится к компенсации помехи по боковым лепесткам диаграммы направленности основной антенны той же помехой, но принятой вспомогательной антенной.

Принцип подавления несинхронных импульсных помех будет рассмотренный в разделе 8, так как аппаратура защиты от несинхронных помех совмещена с аппаратурой защиты от пассивных помех как по составу аппаратуры, так и по ее функционированию.

В данном разделе будет изложена аппаратура защиты от активных помех, размещенная в таких блоках:

- блоки защиты от импульсных помех ШБ-01 - по одному в основном и вспомогательном каналах;

- блок автокомпенсации помех ПЦ-10;
- субблок вычитания СВ-03 приемника ПБО РО-04.

7.2. Блок защиты от активных импульсных помех ШБ-01

В высотомере используются два идентичных блока ШБ-01 - в основном и вспомогательном каналах.

7.2.1. Назначение и режимы работы блока

Блок ШБ-01 предназначен для защиты от перегрузок импульсными и непрерывными помехами блоков приемного устройства основного и вспомогательного каналов. Он может работать в одном из двух режимов: БАРУ и ШОУ.

Как отмечено в п. 3.2, блоки ШБ-01 используются в таких режимах работы приемного тракта:

- прием с защитой от импульсных помех (рис.3.5);
- прием с защитой от активных шумовых помех по боковым лепесткам диаграммы направленности антенны (рис.3.6);
- прием с защитой от импульсных помех и ПБО (рис.3.8).

В режиме приема с защитой от импульсных помех блок ШБ-01 основного канала включен между блоком ПУПЧ-03 и блоком РП-09. При этом сигналы контактами реле на выходе ПУПЧ-03 коммутируются на вход блока ШБ-01 вместо входа блока РП-09 (см.рис.6.1). С выхода блока ШБ-01 сигналы поступают на третий каскад УПЧ субблока РПУ-02 блока РП-09. При этом в блоке РП-09 включается схема БАРУ независимо от того, в каком режиме работает блок ШБ-01 - ШОУ или БАРУ. Включение режима ШОУ или БАРУ осуществляется дистанционно переключателем «Защита» на блоке ЦП-08.

В режиме БАРУ работают два кольца БАРУ: первое в блоке ШБ-01, другое в РП-09. Благодаря этому достигается стабилизация уровня собственных шумов приемного тракта и эффективность работы системы БАРУ в диапазоне входных сигналов не меньше 60 дБ при обеспечении динамического диапазона на выходе тракта 15-20 дБ.

В режиме ШОУ блок ШБ-01 обеспечивает усиление в широкой полосе частот (не меньше 10 МГц), ограничение и предварительное сужение полосы до 1,2 МГц с помощью фильтра сосредоточенной селекции. Схема БАРУ блока РП-09 при этом включена, обеспечивая выполнения следующих функций:

- стабилизацию уровня собственных шумов приемного тракта при отсутствии помех;
- подавление протяженных узкополосных помех, которые проходят через канал ШОУ без ослабления.

В режиме приема с защитой от активных шумовых помех по боковым лепесткам диаграммы направленности антенны к выходу блока ПУПЧ-03 подключается блок АКП ПЦ-10, а с его выхода после автокомпенсации помех сигналы поступают на блок ШБ-01 основного канала и после обработки в нем - на третий каскад УПЧ блока РП-09. При этом блок ШБ-01 автоматически включается в режим БАРУ, обеспечивая стабилизацию уровня некомпенсированных остатков активных помех.

В режиме защиты от импульсных помех и ПБО, кроме блока ШБ-01 основного канала, во вспомогательном канале включается второй блок ШБ-01 так же, как и в основном канале. В режимах ШОУ и БАРУ этого блока в блоке РО-04 аналогично блоку РП-09 включается второе кольцо БАРУ, а схема ШАРУ суб-блока АРУ отключается. Работа вспомогательного тракта в режимах ШОУ и БАРУ блока ШБ-01 осуществляется так же, как и основного тракта.

7.2.2. Структурная схема блока

Структурная схема блока ШБ-01 приведена на рис.7.6. Блок включает в себя два канала: канал БАРУ и канал ШОУ. При включении соответствующего режима питающие напряжения подаются только на элементы канала включенного режима.

Сигналы с выхода блока ПУПЧ-03 подаются на широкополосный усилитель, выполненный по схеме с тройкой взаимно расстроенных каскадов. Полоса пропускания усилителя не менее 10 МГц обеспечивается расстройкой контуров на +5 МГц. На первый каскад усилителя подается напряжение БАРУ со схемы БАРУ блока РП-09 (или РО04) для защиты тракта от перегрузок мощными сигналами в начале дистанции.

Усиленные сигналы поступают на сумматор 1, на который также поступают контрольные импульсы с блока контроля РК-08, усиленные регулируемым усилителем 2. На выходе сумматора 1 осуществляется коммутация режимов БАРУ и ШОУ с помощью реле, управляемого дистанционно с блока ЦП-08.

При включенном режиме БАРУ сигналы поступают в канал БАРУ на регулируемый усилитель 1, коэффициент усиления которого регулируется управляющим напряжением схемы БАРУ или напряжением с потенциометра ручной регулировки усиления, включаемого тумблером «РРУ-ВЫКЛ» на передней панели блока. Усиленные в усилителе 1 сигналы через согласующий каскад поступают на фильтр сосредоточенной селекции ФСС1, формирующий полосу пропускания канала БАРУ. С выхода усилителя 2 сигналы поступают через сумматор 2 и выходной усилитель на выход блока, а также в цепь обратной связи БАРУ. Цепь обратной связи содержит усилитель 3, детектор БАРУ и усилитель постоянного тока. Управляющее напряжение схемы БАРУ с усилителя постоянного тока подается на регулируемый усилитель 1.

Канал ШОУ включает в себя усилитель-ограничитель, согласующий каскад 2 и фильтр сосредоточенной селекции ФСС2. Сигналы с широкополосного усилителя через сумматор 1 поступают на усилитель-ограничитель, с выхода ограничителя - на фильтр сосредоточенной селекции ФСС2, формирующий полосу пропускания канала ШОУ. Далее сигналы через сумматор 2 и выходной каскад поступают на выход блока. Усиление в узкой полосе частот осуществляется выходным усилителем блока ШБ-01 и УПЧ блока РП-09 (или РО-04).

В заключение отметим, что блок выполнен на унифицированных функциональных узлах, элементной базой которых являются транзисторы.

7.3. Аппаратура автокомпенсации активных шумовых помех

Аппаратура автокомпенсации предназначена для подавления активных шумовых помех, принятых по боковым лепесткам диаграммы направленности антенны. Подавление помех осуществляется одноканальным корреляционным автокомпенсатором квадратурного типа. Одноканальный автокомпенсатор кроме главного содержит один вспомогательный канал. Применение одноканального автокомпенсатора обеспечивает эффективное подавление активной шумовой помехи, создаваемой одним постановщиком. При действии двух и более постановщиков активных помех эффективность аппаратуры существенным образом снижается. Повышение эффективности подавления может быть достигнуто применением двух и более вспомогательных каналов, тем не менее это приведет к важному усложнению аппаратуры высотомера.

Коэффициент подавления активной шумовой помехи в автокомпенсаторе высотомера составляет 17 дБ.

Для защиты от активных шумовых помех используется вспомогательный приемный канал со слабонаправленной антенной, охватывающей боковые лепестки основной антенны (рис.7.7.). Электрические центры основной и вспомогательной антенн разнесены, что обеспечивает выявление различий в направлении прихода полезных сигналов и помех. Компенсация помех возможна, если шумовые колебания помех на входах основного и вспомогательного каналов автокомпенсатора имеют высокую корреляцию. Корреляция обеспечивается тем, что помеха принимается обеими антеннами одновременно. Для сохранения корреляции сигналов на входах автокомпенсатора высокочастотные тракты следования сигналов должны быть идентичными.

Аппаратура автокомпенсации активных шумовых помех состоит из:

- СВЧ тракта основного приемного канала;
- СВЧ тракта вспомогательного приемного канала;
- блока автокомпенсации помех ПЦ-10.

Аппаратура СВЧ тракта показана на функциональной схеме приемного устройства (рис.6.1) и содержит идентичные в каждом тракте элементы: УВЧ, смеситель РС-18, предварительный УПЧ ПУПЧ-03. Идентичность по времени задержки в трактах осуществляется подбором длины коаксиального кабеля во вспомогательном тракте. Блок автокомпенсатора помех ПЦ-10 включается в тракт при включении режима автокомпенсации помех дистанционно с блока ЦП-08. При этом на основной и вспомогательный входы блока ПЦ-10 подаются сигналы с выходов блоков ПУПЧ-03 соответствующего СВЧ тракта.

Структурная схема блока ПЦ-10 представлена на рис.7.8.

Автокомпенсатор помех включает в себя основной канал и вспомогательный канал с корреляционной обратной связью. Сигналы с выходов ПУПЧ-03 поступают на входные широкополосные УПЧ основного и вспомогательного каналов. Основной канал включает в себя линейный сумматор, выходной широкополосный УПЧ и фильтры сосредоточенной селекции, определяющие полосу обработки шумовых сигналов.

В сумматоре происходит сложение сигналов основного канала и вспомогательного канала с выходов балансных усилителей. Коэффициент передачи балансных усилителей автоматически с помощью корреляционной обратной связи устанавливается так, чтобы сигналы основного и вспомогательного каналов на входах сумматоров были равны и противофазны, т.е. чтобы обеспечивалась

компенсация помехи. Балансный усилитель представляет собой совокупность двух каскадов, объединенных по выходу так, что амплитудная характеристика усилителя разнополярна (рис.7.9). При отсутствии управляющих напряжений с коррелятора (фазовые детекторы) коэффициент передачи усилителей равен нулю - усилители закрыты. При положительном или отрицательном управляющем напряжении сигнал на выходе балансного усилителя соответственно положительный или отрицательный.

Результат сложения сигналов основного и вспомогательного каналов через широкополосный УПЧ поступает на выход блока и в цепь обратной связи на фазовые детекторы. На фазовые детекторы поступают также шумовые сигналы вспомогательного канала. На фазовых детекторах выполнены корреляторы, вычисляющие коэффициент корреляции сигналов основного (с выхода сумматора) и вспомогательного каналов. Вычисление коэффициента корреляции, как известно, сводится к перемножению сигналов и их интегрированию (сглаживанию). Функции перемножителя выполняют фазовые детекторы, а сглаживание осуществляется в узкополосных фильтрах, установленных на выходах фазовых детекторов.

Узкополосные сглаживающие фильтры определяют быстродействие автокомпенсатора. Постоянная времени автокомпенсатора выбирается много большей длительности эха-сигнала, чтобы автокомпенсатор не успевал настроиться на подавление эха-сигнала. С другой стороны, постоянная времени автокомпенсатора не должна быть слишком большой, чтобы автокомпенсатор успевал отрабатывать амплитудные и фазовые различия сигналов основного и вспомогательного каналов с учетом вращения антенны и изрезанности диаграммы направленности антенны в области боковых лепестков (рис.7.7).

В квадратурных автокомпенсаторах напряжение управления (корреляционной обратной связи) является постоянным или медленно меняющимся, тогда для сохранения информации о фазе сигналов при регулировании необходимо создания двух квадратурных каналов с взаимным сдвигом фаз напряжений в них 90° . Поэтому вспомогательный тракт содержит два ортогонального канала (два коррелятора и два балансных усилителя), а сдвиг фаз в одном из каналов обеспечивается фазовращателями на 90° . В качестве фазовращателей используются отрезки коаксиальных кабелей.

Для компенсации временных задержек в трактах, которые приводят к снижению корреляции сигналов, во вспомогательном канале установлена линия задержки, выполненная также на отрезке коаксиального кабеля.

Генератор шума предназначен для контроля работоспособности автокомпенсатора помех. Он выполнен на полупроводниковом диоде и генерирует шумы в полосе 10 МГц. Подключение генератора шума к входным цепям автокомпенсатора осуществляется с помощью контактов реле в режиме контроля.

Сигналы с выхода блока ПЦ-10 поступают на блок ШБ-01 основного канала, работающего в режиме БАРУ и обеспечивающего стабилизацию уровня остатков активных помех. Далее с блока ШБ-01 сигналы поступают в приемник РП-09 для дальнейшей обработки в амплитудном канале.

7.4. Аппаратура ПБО

Аппаратура ПБО обеспечивает подавление ответных импульсных помех, принятых по боковым лепесткам диаграммы направленности антенны.

Для подавления ответных помех создается вспомогательный приемный канал, аналогичный основному: высокочастотный тракт и приемник ПБО РО-04 (рис.6.1). В приемнике РО-04 осуществляется такая же обработка сигналов, как и в блоке приемника основного канала РП-09. Подавление помех осуществляется в субблоке вычитания СВ-03, размещенном в блоке РО-04. Схема субблока показана на функциональной схеме рис.6.1. На схему вычитания субблока, выполненную на лампе Л1, поступают сигналы с амплитудного выхода приемника РП-09 и сигналы с выхода приемника ПБО.

Антенна канала ПБО имеет слабо направленную диаграмму, что перекрывает боковые лепестки диаграммы направленности основной антенны (рис.7.7). Ввиду того, что коэффициент усиления антенны ПБО мал, в канале ПБО имеют место только интенсивные помеховые импульсы, а полезный сигнал не превышает уровня собственных шумов канала. Коэффициенты усиления основного и компенсационного каналов подбираются так, чтобы помеховые импульсы на выходе компенсационного канала были по амплитуде больше помеховых импульсов на выходе основного канала при приеме по боковым лепесткам диаграммы направленности основной антенны. Тогда импульсы на выходе схемы вычитания имеют отрицательную полярность и, следовательно, отсекаются в выходном катодном повторителе при соответствующем выборе рабочей точки анодно-сеточной характеристики лампы. Полезный же сигнал, присутствующий только в основном канале, практически без ослабления проходит на выход.

На выходе вычитающего устройства, шумы основного и вспомогательного каналов складываются, следовательно, ухудшается отношение сигнал-шум на выходе приемника. Для исключения сложения шумов приемных каналов в приемнике ПБО предусмотрена схема ШАРУ и ограничение шумов в детекторе (регулирование «Ограничение шумов» на схеме рис.6.1).

Для надежности совпадения во времени помеховых импульсов, проходящих по обоим каналам, в субблоке СВ-03 предусмотрено расширение импульсов канала ПБО на 4 мкс с помощью расширителя и задержка их в основном канале с помощью линии задержки ЛЗ1 на 1 мкс. При этом исключаются некомпенсированные остатки на фронтах импульсов. Принцип вычитания задержанных и расширенных импульсов показан на рис.7.10. На графиках а и б показаны импульсы на выходах приемников основного и ПБО каналов. Эхо-сигналы присутствуют только в основном канале. Амплитуда импульсов соответствующей помехи ОИП на выходе канала ПБО больше, чем на выходе основного канала. На графиках в и г показаны задержанные и расширенные импульсы, а на графике д - результат вычитания.

Следует отметить, что система ПБО обеспечивает подавление как ответных синхронных, так и несинхронных импульсных помех, принятых боковыми лепестками диаграммы направленности антенны высотомера. Однако она не имеет возможности подавлять импульсные помехи, принятые основным лепестком. В связи с этим защита от несинхронных помех осуществляется в специальной аппаратуре, совмещенной с аппаратурой защиты от пассивных помех.

В заключение отметим, что в высотомерах ранних выпусков отсутствуют блоки защиты от импульсных помех ШБ-01 и блок автокомпенсации помех

ПЦ-10, то есть в них не реализуется защита от импульсных и активных шумовых помех.

8. АППАРАТУРА ЗАЩИТЫ ОТ ПАССИВНЫХ И НЕСИНХРОННЫХ ПОМЕХ

В высотомере использованы: для защиты от пассивных помех - система селекции движущих целей (СДЦ), от несинхронных помех - аппаратура защиты от них, комплексированная с аппаратурой защиты от пассивных помех по составу аппаратуры и по функционированию. Аппаратура защиты от несинхронных импульсных помех (НИП), используя сигналы амплитудного выхода приемника, обеспечивает подавление НИП как в амплитудном, так и в когерентном канале, в том числе и на фоне пассивных помех. В настоящем разделе излагаются принципы функционирования указанной аппаратуры.

8.1. Принципы построения системы СДЦ

Система СДЦ обеспечивает выделение сигналов, отраженных от движущихся объектов и подавление отражений от местных предметов, метеобразований и дипольных отражателей. В системе реализован когерентно-компенсационный метод СДЦ с череспериодным вычитанием сигналов на видеочастоте.

Основные технические характеристики системы СДЦ:

- коэффициент подавления отражений от местных предметов 26 дБ;
- динамический диапазон выходных сигналов когерентного канала приемника не менее 35 дБ;
- коэффициент подавления контрольных сигналов постоянной амплитуды - не менее 60 единиц (36 дБ).

Рассмотрим состав и особенности построения системы СДЦ высотомера по упрощенной схеме (рис.8.1).

Систему СДЦ можно условно разделить на две части - когерентную и компенсационную. Когерентная часть системы размещена в блоке приемника РП-09, компенсационная часть - в блоке вычитания КВ-02.

Система СДЦ имеет следующие особенности.

8.1.1. Система СДЦ может работать в двух режимах фазирования:

а) В режиме внутренней когерентности - фазирование зондирующим сигналом. В этом режиме система отвечает классической схеме когерентно-импульсной РЛС с эквивалентной внутренней когерентностью и когерентным гетеродином на промежуточной частоте.

Наличие когерентного гетеродина связано с тем, что зондирующий сигнал, вследствие случайной начальной фазы возбуждения магнетронного генератора представляет собой некогерентную последовательность радиоимпульсов. В каждом периоде следования когерентному гетеродину навязывается фаза зондирующего импульса, и он является хранителем ее в течение всего периода следования.

Напряжение когерентного гетеродина используется в качестве опорного при фазовом детектировании сигналов, то есть фаза отраженных сигналов равна фазе опорного напряжения (зондирующего сигнала). Амплитуда видеоимпульсов на выходе фазового детектора пропорциональна разности фаз сигнального и опорного напряжений. Отраженные от движущихся целей эхо-сигналы претерпевают межпериодное изменение фазы за счет доплеровской частоты и на выходе фазового детектора будут промодулированы этой частотой (рис.8.2). Результат их череспериодного вычитания в вычитающем устройстве будет не нулевым и такие сигналы выделяются на выходе системы СДЦ. Фаза отраженных от неподвижного объекта сигналов не изменяется от периода к периоду, на выходе фазового детектора амплитуда их одинакова, результат череспериодного вычитания равен нулю.

Фазирующий импульс, представляющий собой преобразованный на промежуточную частоту зондирующий сигнал, подается на когерентный гетеродин с УПЧ блока АПЧ РЧ-06. Компенсация сигналов от дипольных отражателей, движущихся под действием ветра, осуществляется вручную с помощью схемы компенсации действия ветра (СКДВ). Она включена в тракт опорного напряжения после когерентного гетеродина и обеспечивает ввод межпериодного изменения фазы в опорное напряжение, равное межпериодному изменению фазы сигналов от движущихся помех.

б) В режиме внешней когерентности - фазирование помехой.

При этом система СДЦ работает по схеме когерентно-импульсной РЛС с внешней когерентностью и помеховым гетеродином. В этом режиме обеспечивается автоматическое подавление сигналов от движущихся под действием ветра диполей, поэтому СКДВ не используется. Фазирование когерентного гетеродина осуществляется сигналами с УПЧ приемника, вводимыми через переключатель фазирования. Для того, чтобы не происходила компенсация сигналов от целей, в этом режиме фазирования необходима задержка опорного напряжения, которая осуществляется в усилителе с задержкой на время τ_0 , примерно равное длительности импульса.

Принцип внешней когерентности поясним временными графиками напряжений (рис.8.3). Если имеет место протяженная пассивная помеха, то на сигнальном входе фазового детектора напряжение повторяет фазу помехи (рис.8.3 б). При наличии цели межпериодное изменение фазы ее сигнала значительно отличается от помеховой. Когерентный гетеродин работает в режиме автоколебаний, а с приходом помехи с учетом задержки на τ_0 - начинает повторять фазовую структуру помехи (рис.8.3 в). В зоне пассивных помех на участках 2 и 5 рис.8.3 в результате одинаковости межпериодного изменения фаз на входах фазового детектора напряжение на его выходе не изменяется от периода i к периоду $i+1$ (рис. 8.3 г, д) и результат череспериодного вычитания - нуль (рис.8.3 е). На участке 3, где присутствует цель, за счет значительного межпериодного изменения фазы сигнала цели относительно опорного, в котором за счет сдвига на τ_0 действует в это время помеха, на выходе фазового детектора имеет место межпериодное изменение напряжения (рис.8.3 г, д). Результат череспериодного вычитания не нуль (рис.8.3 е) и сигнал цели выделяется. На участке 4, наоборот, на сигнальном входе фазового детектора действует напряжение помехи, а

опорном - цели (за счет того же сдвига на τ_0). На выходе фазового детектора также будет межпериодное изменение амплитуды и в системе ЧПВ сигнал выделяется. На участке 1 графиков 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 его.

Таким образом, система СДЦ обеспечивает подавление протяженных пассивных помех, которые двигаются с произвольной скоростью, т.е система является адаптивной, самонастраивающейся на частоту помехи. В этом ее преимущество. Однако она обладает рядом недостатков.

1. Эффективность ее ниже, чем в системе с внутренней когерентностью, так как за счет сдвига сигналов во времени на τ_0 снижается корреляция случайных помеховых напряжений на входах фазового детектора.

2. Наличие некомпенсированной передней кромки помехи.

3. Расширение приблизительно в два раза сигнала цели, что ухудшает разрешающую способность РЛС по дальности.

8.1.2. Система СДЦ работает при двух видах запуска - частом и редком.

При частом запуске эффективность системы СДЦ существенным образом повышается по следующим причинам:

- вдвое уменьшается длительность зондирующего импульса, при этом уменьшается мощность пассивных помех на входе приемника, следовательно, улучшается отношение сигнал/помеха;

- уменьшение периода следования приблизительно вдвое обеспечивает более высокий коэффициент межпериодной корреляции помехи;

- применение вобуляции частоты следования обеспечивает ослабление влияния слепых скоростей.

Поэтому частый запуск используется в сложной помеховой обстановке. Однако в этом режиме запуска дальность действия высотомера в когерентном режиме составляет лишь 180 км, что является существенным недостатком. При несложной помеховой обстановке используется режим редкого запуска. Дальность действия СДЦ при этом увеличивается до 250 км.

8.1.3. Система СДЦ является двухканальной. Обработка сигналов осуществляется в двух квадратурных каналах, для чего используются два фазовых детектора и два канала вычитания блока КВ-02.

Напряжение сигнала подается на оба фазовых детектора в фазе, а опорное напряжение в фазосдвигающей цепи разделяется на два сдвинутых на 90° напряжения.

Применение двух квадратурных каналов обеспечивает оптимизацию обработки сигналов со случайной начальной фазой на фоне флюктуационных шумов. Оптимальная обработка предполагает выполнения на выходе системы операции вида

$$U_{\text{вых}} = \sqrt{U_{\text{чпв cos}}^2 + U_{\text{чпв sin}}^2}$$

где U_{\cos} , U_{\sin} - напряжения на выходах устройств ЧПВ квадратурных каналов

Это обеспечивает исключение флюктуаций пачки импульсов на выходе системы. Однако используемая в системе СДЦ больше просто реализованная операция

$$U_{\text{вых}} = |U_{\text{чпв cos}}| + |U_{\text{чпв sin}}|$$

не приводит к не обнаружению сигналов, имеют место лишь флюктуации пачки в небольших пределах. Это иллюстрируется графиками на рис.8.4.

На рисунке показаны временные графики пачки сигналов от движущейся цели в системе СДЦ. Амплитуда сигналов промодулирована доплеровской частотой. При наличии одного канала (синусного или косинусного) имели бы место потери сигналов в пачке из-за наличия «слепых» фаз фазового детектора и существенные искажения формы пачки (рис.8.4 а и б). В результате сложения модулей сигналов (рис.8.4 д) потерь сигналов в пачке не происходит, имеют место флюктуации амплитуды импульсов в пачке, не превышающие 15%.

8.1.4. В системе реализовано двукратное череспериодное вычитание сигналов на видеочастоте (после фазового детектирования) с помощью дискретных устройств вычитания в блоке КВ-02 с последующим преобразованием сигналов в однополярные и суммированием сигналов двух квадратурных каналов.

Применение двукратного череспериодного вычитания приводит к расширению зоны режекции амплитудно-частотной характеристики системы, что обеспечивает подавление, кроме сигналов от неподвижных местных предметов, сигналы от движущихся с малой скоростью дипольных отражателей и метеорообразований.

На рис.8.5 показана амплитудно-частотная характеристика однократной системы череспериодного вычитания

$$K_{1 \text{ чпв}}(f) = 2|\sin \pi F_d T_n|$$

и двукратного череспериодного вычитания

$$K_{2 \text{ чпв}}(f) = 4\sin^2 \pi F_d T_n$$

где F_d - доплеровская частота сигналов, пропорциональная радиальной скорости перемещения объекта V_r ,

T_n - период следования импульсов высотомера.

Минимальное значение K_{\min} характеризует минимальный уровень выделяемого уровня сигнала. Он определяется собственными шумами тракта. Из рис.8.5 следует, что при двукратной ЧПВ зона режекции (подавление сигналов) ΔF_2 шире, чем при однократной ΔF_1 .

8.1.5. Система СДЦ является нелинейной из-за амплитудного ограничения сигналов и опорного напряжения перед подачей на фазовый детектор.

Это является отступлением от оптимальной схемы обработки, которая предполагает наличие линейного тракта. Наличие ограничения приводит к снижению коэффициента межпериодной корреляции сигналов, следовательно, к ухудшению работы системы. Применение амплитудного ограничения вызвано следующими обстоятельствами:

- трудностью построения линейных трактов с большим динамическим диапазоном, соответствующим диапазону амплитуд помеховых сигналов;
- снижением влияния паразитной амплитуды модуляции импульсов на работу фазовых детекторов;
- выравниванием интенсивностей остатков вычитания на выходе системы или уровня ложных тревог.

8.2. Когерентная часть системы СДЦ

8.2.1. Функциональная схема когерентной части системы СДЦ

Когерентная часть системы СДЦ размещена в блоке приемника РП-09. Принципы ее работы рассмотрим по функциональной схеме, представленной на рис. 8.6.

Рассмотрим вначале функционирование системы при формировании опорного напряжения.

Сигналы, используемые для фазирования когерентного гетеродина, поступают на вход переключателя фазирования, выполненного на двух резонансных усилителях - усилителе зондирующего сигнала, и усилителя помехи (субблок РПП-01) с общей нагрузкой. На управляющие сетки ламп усилителей соответственно поступают фазирующие импульсы от блока АПЧ РЧ-06 и ограниченные эхо-сигналы на промежуточной частоте с УПЧ (субблок РПУ-02). Переключение режимов фазирования осуществляется запирающим одним из усилителей при обеспечении нормального режима работы другого усилителя. С этой целью запирающее напряжение E_c , подается на сетки ламп усилителей через контакты реле Р4, что срабатывает при поступлении на его обмотку напряжения +27В через переключатель В1 в положении «Фазир. зондир».

Фазирующие сигналы далее поступают в субблок когерентного гетеродина РПГ-01, где после усиления и задержки на $\tau_0=2\text{мкс}$ в пятикаскадном усилителе через каскад фазирования воздействует на когерентный гетеродин. Колебания когерентного гетеродина через катодный повторитель, играющий роль буферного каскада, поступают в субблок РПП-01 на схему компенсации действия ветра. Субблок РПП-01 включает смесители 1 и 2, усилитель разностной частоты $f_{\text{разн}}=23,3\text{ МГц}$, усилитель суммарной частоты $f_{\text{сум}}=30\text{ МГц}$ и фазосдвигающий каскад. На входы смесителей 1 и 2 заводятся гетеродинные напряжения частоты $f_{\text{кв}}=6,7\text{ МГц}$, формируемые в субблоках РПГ-02 и РПГ-03.

В режиме внутренней когерентности (переключатель В1 в положении «Фазир. зондир.») при включенной СКДВ (переключатель В2 в положении «Комп») на смесителе 1 и 2 поступают напряжения от двух кварцевых генераторов субблока РПГ-02. При указанных положениях переключателей В1 и В2 подается анодное напряжение на кварцевый генератор 1 через контакты обесточенного реле Р2, подключается кварцевый генератор 2 к смесителю 2 через контакты сработавшего реле Р1 и снимается анодное напряжение с субблока РПГ-03 контактами обесточенного реле Р3. При этом с помощью потенциометра «Рег. комп.» имеется возможность изменять частоту кварцевого генератора 2 путем влияния на реактивную лампу субблока РПГ-02.

В режиме внешней когерентности (переключатель В1 в положении «Фазир. помех») схема компенсации ветра выключается. Это достигается тем, что реле Р1 обесточивается и подключает вход второго смесителя к генератору 1.

В режиме внутренней когерентности при выключенной СКДВ (переключатель В2 в положении «Выкл») на смесителе 1 и 2 субблока РПП-01 гетеродинные напряжения поступают только от субблока РПГ-03. Такое переключение достигается при срабатывании реле Р2 и Р3 и обесточивании реле Р1.

Субблок РПГ-03 включает гетеродин с двумя выходами и реактивной лампой. Схема гетеродина выполнена так, что при управлении реактивной лампой частота его ω_r не изменяется, а формируются напряжения на два его выхода

$$U_{r1}(t) = U_r \cos(\omega_{rt} + \varphi_{r1}) \text{ и } U_{r2}(t) = U_r \cos(\omega_{rt} + \varphi_{r2})$$

имеющие фазовый сдвиг между ними $\Delta\varphi_r = \varphi_{r2} - \varphi_{r1}$

Этот фазовый сдвиг изменяется при управлении реактивной лампой в границах $0 - \pi$. В этом случае фаза опорного напряжения равна $\varphi_{оп} = \varphi_{кг} + \Delta\varphi_r$. При подавлении неподвижных помех $\Delta\varphi_r$ должна быть постоянной. Поэтому изменение настройки гетеродина (изменение $\Delta\varphi_r$) при боевой работе недопустимо и предусматривает только в режиме настройки системы СДЦ по контрольному сигналу, формируемому в блоке РК-08. Фаза контрольного сигнала, полученного в блоке РК-08 путем задержки фазирующего импульса на $\tau_{зад} = 133,33$ мкс,

$$\varphi_{кc}(t) = (\omega_c - \omega_{мг})t + \varphi_c - (\omega_c - \omega_{мг})\tau_c$$

отличается от фазы опорного напряжения

$$\varphi_{оп} = \varphi_{кг}(t) + \Delta\varphi_r = \omega_{кг} t + \varphi_c - \varphi_{мгi} + \Delta\varphi_r$$

на величину

$$\Delta\varphi = \Delta\varphi_r - (\omega_c - \omega_{мг})\tau_c$$

Это позволяет при настройке синусного и косинусного фазовых каналов изменять напряжения $U_{\varphi_{cos}}$ и $U_{\varphi_{sin}}$ контрольного сигнала на выходах фазовых детекторов изменением $\Delta\varphi_r$ с помощью потенциометра «Рег. Комп», подключаемого в этом случае к реактивной лампе субблока РПГ-03.

Опорное напряжение расщепляется в фазосдвигающем каскаде на две квадратурные составляющие и далее подаются на фазовые детекторы.

Фазовое детектирование эхо-сигналов осуществляется двумя фазовыми детекторами субблока РПФ-01. Для исключения влияния амплитудной модуляции входных сигналов на работу фазовых детекторов в субблоке РПФ-01 производится амплитудное ограничение как эхо-сигналов, так и опорных напряжений.

Выходные сигналы косинусного и синусного фазовых детекторов поступают в субблоки усиления сигналов фазовых каналов РПВ-03, каждый из которых содержит видеоусилитель и катодный повторитель, рассчитанный на передачу положительных и отрицательных видеоимпульсов достаточно большой амплитуды по коаксиальному кабелю из прицепа В1 к блоку вычитания в прицеп В2.

8.2.2. Принципы настройки когерентной части системы СДЦ

Настройка когерентной части системы СДЦ содержат в себе ряд проверок. В инструкции по эксплуатации дается порядок выполнения этих проверок без объяснения их физического содержания. В отличие от инструкции по эксплуа-

тации, в настоящем подразделе рассматривается не порядок настройки и проверки, а принципы, лежащие в основе настройки системы.

Настройка когерентной части системы СДЦ (блока РП-09) включает:

- проверку качества фазирования и следования сигналов в когерентной части приемника;
- установку частоты когерентного гетеродина, измерение и установку допустимого уровня нестабильностей работы аппаратуры системы СДЦ;
- проверку схемы компенсации действия ветра;
- проверку и установку квадратурности фазовых детекторов.

1. Проверка качества фазирования и следование сигналов в когерентной части приемника РП-09 проводится путем наблюдения на осциллографе контрольного сигнала с выходов видеоусилителей РПВ-03 фазовых каналов. Контрольный сигнал, как известно, формируется в блоке РК-08 и имитирует отражение от местного предмета, поэтому на выходе фазового детектора и видеоусилителя при внутренней когерентности и выключенной СКДВ сигнал должен наблюдаться в виде видеоимпульсов различной амплитуды, полярности и изрезанности (рис.8.7 а, б, в). При этом степень изрезанности импульсов (рис.8.7 в) зависит от отклонения $\Delta\omega$ частоты когерентного гетеродина от промежуточной частоты приемника, а его амплитуда и полярность (рис.8.7 а, б) - от фазы опорного напряжения (ручка «Рег. фазы»). В случае плохого фазирования когерентного гетеродина контрольный сигнал будет флюктуировать от периода к периоду.

Проверка качества фазирования также может быть произведена путем наблюдения протестированного фазирующего импульса в гнезде Г2 «Фазир. имп» на субблоке РПГ-01 (рис.8.8 а). Передний фронт и частично вершина наблюдаемого импульса могут быть «размыты» в силу флуктуаций его амплитуды при добавлении векторов фазирующего импульса $U_{\text{фи}}$ и собственных колебаний когерентного гетеродина $U_{\text{кг}}$ (рис.8.8 б) в различных периодах следования. Однако задний фронт фазирующего импульса должен иметь стабильную форму, поскольку в течении импульса фазирования заканчивается и при этом наблюдается сумма двух всегда синфазных процессов (рис.8.8 в).

2. Установка частоты когерентного гетеродина проводится с целью достижения минимально возможной вертикальной разрезки импульса на выходе фазового детектора. Измеряется разрезка по осциллограммам контрольного импульса (рис.8.9), полученным в режиме внутренней когерентности («Фазир. зондир») и при различных положениях потенциометра «Рег. фазы».

В первом из этих положений устанавливается и измеряется максимальная амплитуда A контрольного импульса (рис.8.9 а), во втором - минимальная (рис.8.9 б). При точной установке частоты когерентного гетеродина

$$\omega_{\text{кг}} = \omega_{\text{пр}} = \omega_{\text{с}} - \omega_{\text{мг}} \text{ то есть при } \Delta\omega = 0$$

осциллограмма во втором положении должна иметь форму, показанную на рис.8.9 в. Однако поскольку всегда имеет место некоторая расстройка частоты $\omega_{\text{кг}}$, форма импульса на осциллограмме имеет вид, показанный на рис.8.9 б и имеет максимальное значение B в некоторый момент времени.

Разрезка P измеряется как отношение $P = B/A$, ее допустимая величина должен быть не более 0,6 при редком запуске и 0,3 при частом.

Другой способ установления минимальной разрезки заключается в следующем. Производится наблюдение контрольного сигнала при включенной СКДВ (рис.8.10). Поскольку от периода к периоду амплитуда контрольного сигнала изменяется (за счет СКДВ), то при отсутствии вертикальной разрезки в осциллограмме наблюдается горизонтальная штриховка (рис.8.10 а). Если ж разрезка имеет место, то появляется вертикальная штриховка (рис.8.10 б). Установку частоты когерентного гетеродина удобно производить по минимуму вертикальной штриховки осциллограммы.

3. Измерение и установка допустимого уровня нестабильностей работы аппаратуры.

В результате нестабильности частоты передатчика, местного и когерентного гетеродинов разность фаз между опорным напряжением и напряжением контрольного импульса изменяется от периода к периоду на величину $\Delta\varphi_{\text{нестаб.}}$. Поэтому в отличие от осциллограммы рис.8.9 б форма контрольного сигнала имеет размыв Н (рис.8.11). Размер размыва измеряется как отношение максимальных флуктуаций амплитуды Н к максимальному размеру контрольного сигнала А (рис.8.9 а) и при нормально работающей аппаратуре не должна превышать 0,2.

На величину $\Delta\varphi_{\text{нестаб.}}$, в основном, оказывает влияние нестабильность частоты магнетронного генератора, уход частоты за период которого может составлять десятки килогерц. Уменьшение влияния нестабильностей частоты передатчика достигается выбором наилучшего согласования магнетрона с нагрузкой фазовращателем в волноводном переходе ПКП-02, а также установкой номинальных значений тока накала магнетрона и величины модулирующего импульса.

4. Схема компенсации действия ветра проверяется путем наблюдения формы контрольного сигнала при включенной СКДВ и внутренней когерентности. Осциллограмма в этом случае за счет линейного изменения фазы опорного напряжения имеет горизонтальную штриховку (рис.8.10 а).

При изменении частоты одного из кварцевых генераторов субблока РПГ-02 (ручка «Рег. компенс») частота пульсаций напряжения контрольного сигнала должна изменяться, а при значениях $\Delta F_{\text{кв}} = i F$, $i=1,2,3,\dots$ (когда изменение фазы опорного напряжения за период равно $\Delta\varphi_{\text{т}} = 2\pi\Delta F_{\text{кв}} T = 2\pi i$) горизонтальная штриховка исчезает совсем.

Диапазон изменения разностной частоты субблока РПГ-02 лежит в пределах $\pm(800-900)\text{Гц}$, а частота следования 365 Гц. Поэтому при нормально работающей СКДВ исчезновение горизонтальной штриховки должно наблюдаться не меньше 4-5 раз во всем диапазоне регулирования частоты $\Delta F_{\text{кв}}$ потенциометром «Рег. компенс».

5. Квадратурность фазовых детекторов проверяется путем наблюдения формы контрольного сигнала на обоих выходах фазовых каналов - К1 и К2. Если установить потенциометром «Рег. фазы» (при отключенной СКДВ) максимальный сигнал на выходе одного из каналов (рис.8.9 а), то при идеальной квадратурности на выходе другого канала должен наблюдаться минимальный контрольный сигнал (рис.8.9 б). Установка квадратурности каналов достигается регулировкой каскада фазосдвигающего субблока РПП-01.

8.3. Компенсационная часть системы СДЦ.

Компенсационная часть системы СДЦ размещена в блоке вычитания КВ-02 и обеспечивает двукратное череспериодное вычитание сигналов в двух квадратурных каналах с объединением квадратур на выходе.

8.3.1. Структурная схема компенсационной части системы СДЦ

Рассмотрим принципы работы компенсационной части системы по структурной схеме (рис.8.12).

На входы двух квадратурных каналов блока поступают эхо-сигналы «Эхо К1» и «Эхо К2» с выходов фазовых детекторов квадратурных каналов приемника РП-09, представляющие собой разнополярные видеосигналы. Первым элементом трактов являются аттенюаторы, предназначенные для начальной установки уровней входных сигналов на данном высотомере (в заводских условиях). Далее сигналы через переключатель «Режим» поступают на фильтры нижних частот ФНЧ1 и ФНЧ2. Переключатель «Режим» обеспечивает коммутацию на устройства череспериодного вычитания эхо-сигналов в режиме «Работа» или контрольных сигналов в режиме контроля. Последние формируются в генераторе контрольных импульсов.

Полосы прозрачности фильтров ФНЧ1 и ФНЧ2 согласованы с шириной спектра сигналов в режимах запуска «Редкий» и «Частый», что обеспечивает увеличение отношения сигнал-шум. Изменение полосы пропускания - переключение фильтров осуществляется с помощью электронных коммутаторов по командам с блока синхронизации ДД-09 через устройство управления и синхронизации.

Далее через выходные усилители сигналы поступают на устройства череспериодного вычитания, в которых осуществляется двукратное ЧПВ в каждом квадратурном канале. Устройства череспериодного вычитания квадратурных каналов одинаковы. Каждый квадратурный канал состоит из двух включенных последовательно ступеней вычитания, выполненных на дискретных элементах. Принцип работы каждой ступени вычитания состоит в следующем. Вся обрабатываемая дистанция разбивается на 576 элементарных участков дальности (дискрет обработки). Информация каждой дискреты обрабатывается в отдельности и после подавления сигналов пассивных помех снова объединяется в сумматоре. В каждой дискрете осуществляется преобразование входного сигнала в постоянное в границах дискреты напряжение. Дискретизированные по амплитуде сигналы проходят устройства череспериодного вычитания, выполненные на функциональных узлах вычитания Е-1201. Каждое с четырех устройств вычитания содержит 24 узла вычитания. Каждый узел вычитания обеспечивает обработку в 24 последовательных дискретах дальности.

Для обеспечения работы схем череспериодного вычитания в устройстве управления и синхронизации и усилителе импульсов вычитания вырабатывается набор служебных импульсов и тактовых последовательностей импульсов. Синхронизация этих устройств осуществляется импульсами запуска, поступающим с блока ДД-09.

Объединенные по дискретам дальности сигналы после двукратного ЧПВ в каждом квадратурном канале в преобразователях полярности сигналов превращаются в однополярные (вычисляется модуль сигнала квадратуры) и объединяются в сумматоре. В фильтре нижних частот ФНЧЗ осуществляется подавление высокочастотных составляющих шумов коммутации, которые возникают при переключении дискретных элементов устройства череспериодного вычитания.

Схема задержки с электронным коммутатором обеспечивает задержку выходных сигналов на такую величину, чтобы в режимах запуска «Редкий» и «Частый» время задержки сигналов было бы одинаково. Сигналы «Эхо К» после обработки в блоке КВ-02 через выходной усилитель подаются на субблок электронной коммутации ЭК-03 блока индикатора высоты ИВ-06М.

8.3.2. Функциональная схема устройства череспериодного вычитания.

Рассмотрим принцип работы устройства череспериодного вычитания, выполненного на дискретных элементах по функциональной схеме, представленной на рис.8.13 и временных графиках рис.8.14.

Как указывалось ранее, обрабатываемая дистанция разбивается на 576 дискрет. Длительность дискрет определяется периодом следования тактовых импульсов и отвечает длительности эхо-сигналов: 3 мкс для режима редкого запуска и 1,5 мкс - частого.

Эхо-сигналы (рис.8. 14 б) поступают на устройство дискретизации, которое превращает входной сигнал в постоянное в границах дискреты напряжение, амплитуда и полярность которого соответствует амплитуде и полярности входного сигнала в начале дискреты. Таким образом, непрерывно изменяющиеся во времени эхо-сигналы, преобразуются в напряжение ступенчатой формы (рис.8.14 г).

Длительность каждой ступеньки определяется периодом импульсов управление дискретизатором (имп. Д), поступающих с формирователя импульсов Д. Длительность имп. Д в каждом режиме запуска равно 0,2 мкс (рис.8.14 г).

Входные сигналы устройства дискретизации поступают на вход 24 узлов вычитания, включенных последовательно, каждый из которых обеспечивает обработку в 24 смежных дискретах дальности.

Рассмотрим принцип работы на примере первого узла вычитания УВ-1.

Каждый узел вычитания включает регистр сдвига единицы, 24 двухвходовых схем совпадения И1... И24, 24 ключа 1...24, 24 запоминающих конденсатора С1... С24 и один ключ управления вычитанием - ключ 25.

Ключи 1...24 открываются поочередно 24 импульсами управления, поступающими со схем совпадения так, что в течении одной дискреты обработки открыт только один из ключей.

Формирование импульсов управления ключами происходит следующим образом. Регистр сдвига единиц запускается импульсом «1», совпадающим по времени с импульсом запуска. На второй вход регистра подаются тактовые импульсы имп. Т, период следования которых соответствует длительности обрабатываемой дискреты. Формирование указанных импульсов осуществляется в формирователе тактовых импульсов и импульсов «1».

С приходом тактового импульса на одном из выходов регистра сдвига единицы поочередно появляется импульс «1», который подается на входы схем И1... И24. На вторые входы этих схем подаются последовательности импульсов «Вырезка» с формирователя импульсов «Вырезка». Импульсы «Вырезка» представляют собой последовательности прямоугольных импульсов с длительностью, равной длительности одной дискреты обработки и сдвинутых друг относительно друга также на одну дискрету обработки. В результате этого на выходе схем И1... И24 поочередно появляются импульсы управления ключами 1...24 (рис.8.14 д).

На сигнальные входы ключей 1...24 подаются сигналы с устройства дискретизации. Между выходом канала обработки и выходом каждого из ключей 1...24 включены запоминающие конденсаторы С1... С24. Параллельно выходу канала обработки подключен ключ управления вычитанием (ключ 25).

Управление работой ключа 25 осуществляется последовательностью импульсов «Управл. выч.», поступающих с регистра сдвига. На каждом из выходов регистра сдвига 1...24 формируются последовательно во времени серии с 24 импульсов «Управл. выч» (рис.8.14 е).

Особенностью построения схем череспериодного вычитания с использованием запоминающих конденсаторов по сравнению со схемами ЧПВ на линиях задержки, является необходимость выполнения двух противоречивых требований.

Во-первых, при череспериодном вычитании на нагрузке должно выделяться напряжение постоянной амплитуды, равное разности напряжений предыдущего и текущего периодов следования зондирующих импульсов, что достигается при постоянном токе перезаряда (большом значении постоянной времени цепи перезаряда запоминающего конденсатора).

Во-вторых, к концу дискреты обработки запоминающий конденсатор должен успеть зарядиться до амплитуды сигнала текущего периода следования, что возможно при малом значении постоянной времени цепи перезаряда. Разрешение этого противоречия возможно при осуществлении череспериодного вычитания пассивных помех в два этапа. На первом этапе в начале дискреты обработки производится сравнение амплитуды входного сигнала дискретизатора с уровнем напряжения предыдущего периода следования на запоминающем конденсаторе С соответствующей дискреты. На втором этапе осуществляется ускоренный перезаряд конденсатора С до напряжения дискретизатора в данном периоде следования.

Эквивалентная схема цепи вычитания для этапа сравнения напряжений приведена на рис.8.15, а для этапа ускоренного перезаряда на рис.8.16.

На первом этапе один из ключей 1...24 замкнут, например, ключ 1, а ключ 25 разомкнут и выход канала обработки нагружен на высокое входное сопротивление сумматора. Выходной сигнал (рис.8.17 г) является разностью входного напряжения $U_{вх}$ (рис.8.17 а) и напряжения на запоминающем конденсаторе U_c (рис.8.17 в). Если амплитуда входного эха-сигнала в данной дискрете обработки от периода к периоду следования зондирующего сигнала неизменна, что соответствует пассивной помехе при скомпенсированной скорости ветра, то напряжения $U_{вх}$ и U_c равны между собой и выходной сигнал отсутствует.

Если амплитуда входного сигнала изменяется от периода к периоду следования, что соответствует эхо-сигналам движущих целей, то на выходе появляется разностное напряжение $U_{\text{вых}} = U_{\text{вх}} - U_{\text{с}}$.

Поскольку входное сопротивление сумматора велико и запоминающий конденсатор на этапе сравнения перезаряжается медленно, выходной импульс является практически прямоугольным. На втором этапе через 0,5 мкс после замыкания ключа 1 с регистра сдвига на ключ 25 поступает импульс «Управл. выч 1» и ключ 25 запирается (этап ускоренного перезаряда запоминающего конденсатора С1). Запоминающий конденсатор С1 быстро заряжается до нового значения входного напряжения через малое сопротивление ключа 25 $R_{\text{кл}25} \ll R_{\text{вх}\Sigma}$. Этап перезаряда заканчивается к концу обрабатываемой дискреты и ключи 1 и 25 размыкаются.

Поскольку длительность импульса на выходе сумматора (рис.8. 14 ж) определяется временами сравнения сигналов $\tau = 0,5\text{мкс}$) и существенным образом меньше длительности дискреты обработки, то с выхода сумматора сигналы поступают на расширитель, формирующий импульсы длительности, равной длительности дискреты, для дальнейшей обработки во второй ступени череспериодного вычитания либо в преобразователе двухполярных сигналов в однополярные. Длительность импульсов на выходе расширителя (рис.8.14 и) определяется периодом следования сигналов «Имп. Расш» (рис.8.14 з), вырабатываемых в формирователе импульсов Д.

Тактовые импульсы имп. Т и импульсы «Вырезка» поступают на все 24 узла вычитания параллельно, а импульс «1» проходит через все регистры сдвига единицы последовательно.

С выхода регистра сдвига единицы двадцать четвертого узла вычитания импульс «1» возвращается на формирователь тактовых импульсов и имп. 1, анализируя об отсутствии неисправности устройства формирования дискрет обработки.

8.4. Устройство подавления несинхронных помех

Несинхронные помехи в основном создаются не синхронизированными по запуску близкорасположенными радиоэлектронными способами, поэтому интенсивность их достаточно большая и затрудняется работа оператора индикаторной аппаратуры. Возможный вид НИП на экране ИКО показан на рис.8.18.

Особенно эффективными несинхронные помехи будут при включенной системе СДЦ. Это обусловлено тем, что в системе СДЦ происходит размножение помех соответственно кратности череспериодного вычитания.

В высотомере предусмотрена защита от НИП с помощью аппаратуры, размещенной в блоке КВ-02 с использованием селекции сигналов и помех по частоте следования. Принцип подавления несинхронных помех может быть пояснен с помощью упрощенной схемы и временных графиков, приведенных на рис.8.19.

Полезные сигналы и несинхронные помехи с выхода приемного устройства (рис.8.19а) поступают одновременно на устройство вычитания (канал выделения помехи) и клапанирующее устройство (канал подавления помехи). В устройстве вычитания путем череспериодного вычитания устраняются по-

лезные сигналы, е следующие с частотой следования высотомера, а импульсы несинхронной помехи выделяются в устройстве вычитания и подаются на клапанирующее устройство, запрещающее прохождение импульсов несинхронной помехи на выход блока (рис.8.19 б). Ввиду того, что первый импульс пачки эхо-сигналов проходит на клапанирующее устройство, он также будет присутствовать на выходе устройства вычитания (рис.8.19б). Полезные сигналы, за исключением первого импульса пачки, проходят на выход блока беспрепятственно (рис.8.19 в).

Этот способ защиты эффективен только при амплитудном режиме приемного канала, когда амплитуда эхо-сигналов существенным образом не изменяется от периода к периоду.

В высотомере ПРВ МР возможно также подавления НИП и в когерентном канале, которое стало реализуемым при использовании устройства череспериодного вычитания на дискретных элементах с управлением процессом перезаряда элементарных емкостей. Суть его состоит в том, что выделенной в амплитудном канале несинхронной помехой бланкируется дискретная емкость устройства вычитания («Бланк НИП» на схеме рис.8.13). Перезаряд ее под действием несинхронной помехи не осуществляется, а в результате бланкирования на ней остается напряжение, соответствующее пассивной помехе в предыдущем периоде следования на том же элементе дальности.

Устройство подавления несинхронных импульсных помех предназначено для подавления несинхронных помех в амплитудном канале обработки сигналов и для формирования управляющих импульсов «Бланк НИП», обеспечивающих подавление НИП в устройствах череспериодного вычитания когерентного канала. Упрощенная структурная схема устройства подавления несинхронных импульсных помех представлена на рис.8.20.

Устройство подавления НИП содержит канал выделения несинхронных помех, формирователь импульсов бланка, ключевую схему и линию задержки.

Принцип работы устройства подавление НИП состоит в выделении импульсов несинхронной помехи в текущем периоде следования и использовании их в качестве бланкирующих импульсов для ключевой схемы, на вход которой подается смесь эхо-сигналов и несинхронных импульсных помех.

Поскольку период следования импульсов несинхронной помехи не равен периоду следования зондирующих импульсов высотомера, положение НИП на временной оси в отличие от эхо-сигналов от периода к периоду следования будет непрерывно изменяться.

Следовательно, импульсы несинхронной помехи можно выделить, сравнивая временное положение сигналов текущего периода следования с временным положением сигналов предыдущего. Эта задача решается в канале выделения НИП следующим образом.

Смесь эхо-сигналов и НИП с амплитудного выхода «Эхо А» приемника РП-09 (рис.8.21 а) подается на дифференцирующую цепь с целью исключения прохождения протяженных сигналов. Постоянная времени дифференцирующей цепи определяется максимальной длительностью зондирующего сигнала.

Продифференцированный сигнал (рис.8.21 б) поступает на устройство нормирования по амплитуде и длительности. В этом устройстве обеспечивается ограничение снизу с целью отсеки внутренних шумов приемника, нормирова-

ние по амплитуде сигналов, превысивших порог ограничения, и нормировка по длительности.

Нормировка импульсов по длительности и привязка их к соответствующему разрешаемому элементу дистанции осуществляется в схеме вписывания в тактовый интервал с помощью тактовых импульсов (рис.8.21 в), поступающих с формирователя. Период следования тактовых импульсов определяется разрешаемым элементом дистанции.

Пронормированные эхо-сигналы и НИП (рис.8.21 г) поступают на схему антисовпадений и регистр сдвига (цифровая линия задержки на период следования), где в виде «0» и «1» записываются сигналы всех разрешаемых элементов дистанции.

Выделение импульсов несинхронной помехи текущего периода следования осуществляется на выходе схемы антисовпадений, которая обеспечивает сравнение информации с каждым разрешаемым элементом дистанции сигналов данного и предыдущего периодов следования. Следование сигналов в цифровом регистре сдвига обеспечивают тактовые импульсы.

С выхода схемы антисовпадений импульсы несинхронной помехи поступают на формирователь импульсов бланка. Длительность бланкирующих импульсов, «Бланк НИП» (рис.8.21 д) выбирается, исходя из условий надежного бланкирования импульсов НИП в амплитудном канале. Бланкирующие импульсы поступают на ключевую схему, на другой вход которой поступает смесь эхо-сигналов и НИП с амплитудного выхода приемника через линию задержки.

Ключевая схема закрывается бланкирующими импульсами и тем самым исключается прохождение НИП на выход схемы (рис.8.21 е). Линия задержки служит для обеспечения совпадения во времени импульсов НИП и бланкирующих импульсов.

Для обеспечения подавления НИП в когерентном канале устройства обработки импульсы «Бланк. НИП» выдаются также на устройство формирования служебных сигналов блока КВ-02. При поступлении импульса «Бланк НИП» прекращается формирование импульсов «Вырезка», что соответствует команде запрета вычитания.

В этом случае ключ дискретности обработки, где присутствуют импульсы НИП, не открывается, и на запоминающем конденсаторе сохраняется информация об амплитуде пассивной помехи в предыдущем периоде следования (экстраполяция пассивной помехи). Таким образом, исключается следование импульсов НИП на выход АЗПП в данном и следующих периодах следования.

В высотомерах ранних выпусков компенсационная часть системы СДЦ выполнена на вычитающих потенциалоскопах. В составе аппаратуры два блока вычитания КВ-02 и блок питания и контроля БП-06. Каждый из блоков КВ-02 обеспечивает двукратное череспериодное вычитание сигналов одного квадратурного канала. Объединение сигналов квадратур осуществляется в субблоке электронной коммутации ЭК-03 блока индикатора высоты ИВ-06М.

Блок БП-06 является вспомогательным, он обеспечивает напряжениями питания вычитающие потенциалоскопы и формируют сигналы контроля аппаратуры вычитания.

Защита от несинхронных помех в высотомерах ранних выпусков также реализуется на вычитающих потенциалоскопах в блоке ФП-02.

Рассмотрим работу устройства на вычитающих потенциалоскопах: устройства череспериодного вычитания пассивных помех и устройства подавления несинхронных помех.

8.5. Принцип построения устройства череспериодного вычитания на потенциалоскопах

8.5.1. Принцип работы вычитающего потенциалоскопа

Вычитающий потенциалоскоп представляет собой электронно-лучевую трубку с электростатическим фокусированием и электромагнитным отклонением луча (рис.8.22). Он содержит в себе электронную пушку, отклоняющие катушки, коллектор, сигнальную пластину, мишень и барьерную сетку.

Основным узлом потенциалоскопа является диэлектрическая мишень с высоким поверхностным сопротивлением, благодаря чему заряд, создаваемый на участке мишени, не растекается по поверхности. С противоположной стороны к мишени плотно прилегает сигнальная пластина. Таким образом, между элементом мишени, подвергающийся действию луча, и сигнальной пластиной существует емкость $C_{см}$, диэлектриком которой служит материал мишени.

Работа потенциалоскопа основана на использовании явления повторной эмиссии электронов с поверхности мишени, бомбардируемой электронным лучом (первичный ток I_1). Вторичные электроны двигаются 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 равно первичному току I_1 , что соответствует равновесному состоянию мишени. Потенциал элемента мишени при этом остается равным нулю. При подаче положительного или отрицательного напряжения на сигнальную пластину равновесное состояние нарушается, токи I_1 и I_2 не равны. Элемент мишени получает соответствующий потенциал под действием разности токов $I_c = I_2 - I_1$, то есть осуществляется перезаряд емкости $C_{см}$. Этот потенциал удерживается на элементе мишени длительное время. Если в следующем периоде следования напряжение на сигнальной пластине не изменится, то сохранится равновесное состояние и перезаряда емкости $C_{см}$ не будет, на нагрузке R_n напряжение отсутствует. Таким образом, сигналы с не изменяющейся от периода к периоду следования амплитудой подавляются. При изменяющихся от периода к периоду следования амплитудой имеет место ток через емкость $C_{см}$ и напряжение на нагрузке, которое пропорционально разности амплитуд сигналов в данном периоде следования и запомненном на элементе мишени предыдущем периоде. Таким образом, в потенциалоскопе осуществляется череспериодное вычитание сигналов.

Для обработки сигналов на всей дальности действия РЛС 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.8.23. Спиральная развертка создается подачей на горизонтально и верти-

кально отклоняющие катушки квадратурных (сдвинутых по фазе на 90^0) гармонических напряжений с возрастающей амплитудой. Начало развертки определяется импульсом запуска РЛС, а конец - импульсом срыва от системы синхронизации.

Нагрузка потенциалоскопа R_n , на котором выделяется сигнал в результате ЧПК, подключается или к сигнальной пластине, или к барьерной сетке, которая связана с мишенью емкостью мишень - барьерная сетка. То есть существует сильная связь между входными и выходными сигналами, следовательно, необходима их развязка. Развязка входных и выходных сигналов обеспечивается в потенциалоскопе частотным методом. Для этого первичный электронный луч потенциалоскопа модулируется высокочастотным напряжением (в высотомере частота его 13 МГц) от отдельного генератора. Выходной нагрузкой потенциалоскопа является контур LC, 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 $L_{вх}$.

Для подачи на вторую ступень ЧПК необходимо сохранение разнополярности видеосигналов на его входе. Поэтому выходные радиосигналы первого потенциалоскопа преобразуются в видеосигналы с помощью синхронного детектора, на который в качестве опорного подается напряжение частотой 13 МГц. Принцип синхронного детектирования поясняется графиками рис.8.24.

Выходные радиосигналы потенциалоскопа на частоте 13 МГц либо совпадают по фазе с опорным напряжением, либо противофазны ему (рис.8.24 а). При сложении радиосигналов с опорным напряжением, которое осуществляется на выходе полосового усилителя, происходит или увеличение напряжения, если сигнал в фазе с опорным напряжением, или уменьшение, если сигнал и опорное напряжение противофазны (рис.8.24 в). На выходе амплитудного детектора выделяется огибающая суммарного напряжения (рис.8.24 г). После отфильтровывания постоянной составляющей в переходной цепи на выходе амплитудного детектора выделяются положительные или отрицательные импульсы (рис.8.24 д).

8.5.2. Структурная схема устройства череспериодного вычитания

Структурная схема компенсационной части системы СДЦ на потенциалоскопах представлена на рис.8.25.

Двукратное череспериодное вычитание сигналов $U_{\phi\cos}$ и $U_{\phi\sin}$ производится в двух идентичных блоках КВ-01. Блок КВ-01 осуществляет двукратное череспериодное вычитание в одном квадратурном канале и содержит два последовательно включенных устройства вычитания, двухполярный выпрямитель разностных сигналов, а также элементы, обеспечивающие работу потенциалоскопов.

Каждое устройство вычитания включает входной усилитель, находящийся в субблоке ФНУ-03, вычитающий потенциалоскоп ЛН-12 и выходной усилитель (субблок КВУ-03). Входной усилитель здесь используется не только для усиления, а и для обеспечения неискаженной передачи сигналов на вход потенциалоскопа. Он состоит из видеосуилителя и катодного повторителя. Схема ка-

тодного повторителя выбрана такой, чтобы обеспечить неискаженную передачу разнополярных сигналов на емкостную нагрузку, какой является вход потенциалоскопа.

Субблок выходного усилителя КВУ-03 объединяет четырехкаскадный резонансный усилитель ($f = 13$ МГц), детектор, видеоусилитель и согласующий катодный повторитель. Коэффициент усиления субблока КВУ-03 регулируется с помощью специальной схемы.

Субблок КВУ-02 является выходным элементом блока КВ-01. Он включает в себя двухполярный выпрямитель и катодный повторитель. В двухполярном выпрямителе осуществляется изменение полярности только отрицательных видеоимпульсов. Катодный повторитель обеспечивает согласование блока КВ-01 с нагрузкой - входными цепями субблока электронной коммутации ЭК-03 индикатора высоты ИВ-06М.

Для обеспечения работы потенциалоскопов в блоке КВ-01 имеются два генератора спиральной развертки и каскад подсвета, управляемые схемой расширения. Длительность расширенных импульсов, формируемых с помощью импульсов запуска и срыва высотомера, равна временному расстоянию между этими импульсами. При редком запуске это расстояние соответствует 250 км по дальности, в режиме частого запуска - 130 км.

Для распределения входных и выходных сигналов в потенциалоскопах осуществляется разнесение спектров этих сигналов путем модуляции луча потенциалоскопа, а следовательно, и выходных импульсов модулирующим напряжением частотой 13 МГц. Это напряжение вырабатывается специальным генератором в блоке питания и контроля БП-06 и через усилитель модулирующего напряжения $f_{\text{мод}} = 13$ МГц (субблок ПВЧ-012) подается на потенциалоскопы.

В блоке БП-06 формируются также контрольные сигналы, используемые при настройке блоков вычитания. Схема формирования контрольных сигналов унифицирована, что позволяет применять ее также для настройки блока подавления несинхронных помех ФП-02. В схеме формируются контрольные сигналы одного из следующих видов:

- непрерывная синхронная последовательность видеоимпульсов постоянной амплитуды;
- череспериодная синхронная последовательность видеоимпульсов постоянной амплитуды;
- пачка из восьми синхронных импульсов, следующих с интервалами в восемь периодов следования;
- несинхронная непрерывная последовательность видеоимпульсов постоянной амплитуды.

Принцип формирования контрольных сигналов иллюстрируется временными графиками, изображенными на рис.8.26, и состоит в следующем.

Импульсы запуска и срыва (рис.8.26 а) задерживаются с помощью схемы задержки, собранной на кipp-реле, на 40-50 мкс. Генератор задержанных импульсов представляет собой заторможенный блокинг-генератор и обеспечивает формирование импульсов, задержанных относительно импульсов запуска и срыва на 40-50 мкс (рис.8.26 б).

Незадержанные импульсы запуска подаются на схему деления частоты следования импульсов. Схема деления включает в себя 4 делителя частоты, со-

бранных по схеме триггера со счетными входами. На рис. 8.26 в, г, д, е показаны напряжения на выходах всех делителей частоты.

Если блок работает в режиме генерации непрерывной последовательности, то задержанные импульсы запуска и срыва через соответствующее положение переключателя поступают на схему формирования выходных импульсов. При работе блока в режиме генерации череспериодной последовательности или пачки импульсов на схему формирования выходных импульсов сигналы поступают со схем формирования соответствующей последовательности импульсов, которые представляют собой схемы совпадения. На выходах этих схем совпадения наблюдаются сигналы только при совпадении задержанных импульсов (рис.8.26 б) с управляющими сигналами, которые снимаются с первого и четвертого делителей частоты импульсов запуска (рис.8.26 в, е). На выходе схемы формирования выходных импульсов в соответствующих положениях переключателя будет либо череспериодная последовательность импульсов (рис.8.26 ж), либо пачка импульсов (рис.8.26 з).

При работе блока в режиме генерации несинхронной последовательности блокинг-генератор задержанных импульсов переводится переключателем в автоколебательный режим. При этом частота следования импульсов блокинг-генератора может регулироваться потенциометром «Несинхр». Эти импульсы (рис.8.26 и) поступают на выход схемы.

В блоке БП-06 находится высоковольтный выпрямитель, обеспечивающий питание потенциалоскопов блоков КВ-01, а также индикатор контроля ИК-05, с помощью которого осуществляется осциллографический контроль работы системы вычитания. При настройке блоков КВ-01 переключатель ВЗ устанавливается у положение «Контроль». При этом обеспечивается возможность наблюдать процессы записи, списывания и вычитания контрольных импульсов, задержанных на 40-50 мкс, и производить проверку эксплуатационных параметров потенциалоскопов.

Контрольные сигналы, сформированные из задержанных импульсов срыва, при настройке блока КВ-01 не используются (потенциалоскопы в это время заперты) и используются только при настройке одного из потенциалоскопов фильтра несинхронных помех ФП-02.

Сигналы с выходов блоков КВ-01 №1 и №2 объединяются на входе субблока электронной коммутации ЭК-03 индикатора высоты ИВ-06М.

8.6. Структурная схема блока защиты от несинхронных помех ФП-02

Структурная схема блока представлена на рис.8.27. Подавление несинхронных помех блоком ФП-02 проводится на всей дистанции с помощью двух потенциалоскопов. Применение двух потенциалоскопов связано с ограниченной разрешающей способностью последних. Потенциалоскопы работают поочередно в течении периода следования: первый - от импульса запуска до импульса срыва, второй - от импульса срыва до следующего импульса запуска. Таким образом, при редком запуске первый потенциалоскоп работает на участке дистанции 0-250 км, второй – 250 - 410 (450) км, при частом запуске первый потенциалоскоп работает на участке 0 - 130 км, второй 130 - 220 (190) км. Очередность работы потенциалоскопов определяется импульсами запуска и срыва, по-

ступающими с блока ДД-09. Под действием этих импульсов схема расширения вырабатывает импульсы, которые определяют длительность работы генераторов спиральной развертки потенциалоскопов. Расширенные импульсы через каскады подсвета подаются на потенциалоскопы в качестве импульсов подсвета прямого луча. Как и в блоке КВ-01, модуляция луча потенциалоскопов осуществляется напряжением частоты 13 МГц, поступающим с блока БП-06 через усилитель модулирующего напряжения (субблок ФПУ-05).

Эхо-сигналы вместе с несинхронными помехами с амплитудного выхода приемника РП-09 через приемник ПБО РО-04 поступают на канал подавления помехи и на нормирующий каскад субблока ФПУ-02.

Чтобы устранить влияние флуктуации амплитуд входных сигналов на качество вычитания потенциалоскопами и обеспечить нормальную работу потенциалоскопов при значительном диапазоне амплитуд входных сигналов, превышающим динамический диапазон потенциалоскопов, необходима нормировка импульсов по амплитуде. Для обеспечения качественного подавления помехи необходимо расширение импульсов канала выделение помехи, управляющих подавлением, и задержка входных импульсов канала подавления помехи для вывода их в центр расширенных импульсов подавления. Поэтому в нормирующем каскаде проводится расширение входных импульсов, выравнивание их по амплитуде и отсечка шумов приемного устройства для устранения ложных срабатываний схемы.

Входной усилитель, как и в блоке КВ-01, предназначен для обеспечения работы схемы на большую емкостную нагрузку, какой являются входы потенциалоскопов. В потенциалоскопах осуществляется череспериодное вычитание сигналов, в результате которого эхо-сигналы не проходят на вход субблока ФПУ-03, за исключением первого импульса пачки. За счет нормировки импульсов по амплитуде остатки вычитания эхо-сигналов оказываются малыми. Ввиду того, что импульсы несинхронной помехи попадают на различные участки мишени потенциалоскопа, череспериодного вычитания их не происходит, а импульсы записи и списывания проходят на выходной усилитель (субблок ФПУ-03).

После усиления в четырехкаскадном резонансном усилителе, настроенном на $f=13$ МГц производится детектирование выходных импульсов потенциалоскопов и частичное ограничение импульсов списывания в видеоусилителе путем соответствующего выбора рабочей точки характеристики его лампы. Через катодный повторитель сигналы поступают на усилитель-ограничитель, в котором производится ограничение остатков вычитания эхо-сигналов, остатков импульсов списывания и собственных шумов потенциалоскопов соответствующим выбором уровня ограничения. После этого остаются сигналы, сформированные из расширенных несинхронных импульсов - импульсы подавления помехи и первый импульс пачки эхо-сигналов. Эти сигналы управляют работой каскада подавления помехи, на который поступают входные сигналы через линию задержки.

Эхо-сигналы, очищенные от несинхронных помех, поступают через выходной каскад на субблок электронной коммутации эхо-сигналов ЭК-03, расположенный в индикаторе высоты ИВ-06М. Включение блока ФП-02 осуществляет-

ся с блока ЦП-08 установкой переключателя режимов работы в положение «Селекция».

8.7. Принципы контроля параметров потенциалоскопов

При настройке устройства череспериодного вычитания и устройства защиты от несинхронных помех осуществляется контроль эксплуатационных параметров потенциалоскопов и установка их номинальных значений. Для контроля параметров потенциалоскопов используются контрольные импульсы, формируемые в блоке БП-06 (рис.8.26).

Эксплуатационные параметры потенциалоскопа определяют качество череспериодного вычитания в заданном динамическом диапазоне входных сигналов. К ним относятся: коэффициент перезаряда η , коэффициент подавления p и динамический диапазон D . Принцип контроля параметров потенциалоскопа иллюстрируется графиками и осциллограммами, представленными на рис.8.28.

Коэффициент перезаряда характеризует скорость установления равновесного потенциала на мишени потенциалоскопа. За время облучения элемента мишени лучом на нем не успевает полностью установиться равновесный потенциал. Равновесный потенциал достигается за несколько периодов следования. Для измерения коэффициента перезаряда η на вход потенциалоскопа подается контрольный сигнал «Пачка» (график Ia) от блока БП-06. При идеальном (полном) перезаряде на входе потенциалоскопа должны наблюдаться только импульсы записи U_{31} в начале пачки и списывания $U_{сп1}$ в конце пачки. Реально при неполном перезаряде достижение равновесного потенциала продолжается в течение нескольких периодов следования. Поэтому на выходе потенциалоскопа, кроме основных сигналов записи и списывания U_{31} и $U_{сп1}$ наблюдаются остаточные: $U_{32}, U_{33}, U_{сп2}, U_{сп3}$ (график Ib).

На осциллографе с быстрой разверткой в этом случае наблюдается осциллограмма, показанная на рис.Ив. Коэффициент перезаряда вычисляется по измеренным значениям U_{31} и U_{32} (либо $U_{сп1}$ и $U_{сп2}$) по формуле:

$$\eta = \frac{U_{31} - U_{32}}{U_{31}}$$

Коэффициент перезаряда η должен быть не менее 0,8. Он зависит от тока луча и его фокусировки и устанавливается регулировками «Ток I(II)» и «Компенс I(II)».

Коэффициент подавления характеризует относительный уровень остатков при вычитании импульсов одинаковой амплитуды. Уровень остатков обусловлен тем, что в течение периода следования происходит частичное растекание заряда по поверхности мишени. Для измерения коэффициента подавления на вход потенциалоскопа подается контрольный сигнал в виде непрерывной последовательности импульсов $U_{непр}$ (график IIa). На графике IIб показан остаточный сигнал $U_{ост}$. На осциллографе с быстрой разверткой (рис.IIв) измеряется значение $U_{ост}$ и коэффициент подавления вычисляется по формуле:

$$p = \frac{U_{31}}{U_{ост}}$$

Коэффициент подавления зависит от качества мишени и параметров тока луча потенциалоскопа и должен быть не менее 7.

Динамический диапазон потенциалоскопа характеризуется отношением амплитуд сигналов максимальной и минимальной интенсивности, при котором осуществляется нормальное череспериодное вычитание. Максимальная интенсивность сигнала ограничивается параметрами потенциалоскопа (током луча, емкостями мишень – барьерная сетка $C_{мб}$, сигнальная пластина – мишень $C_{см}$ и др.). Минимальная интенсивность сигнала ограничивается собственными флуктуациями выходного напряжения, связанными с неравномерностью структуры мишени, флуктуациями тока луча и т.п.

Для измерения динамического диапазона на вход потенциалоскопа подается контрольный сигнал в виде череспериодной последовательности $U_{чересп.}$ (график IIIа). На выходе потенциалоскопа будут присутствовать импульсы запуска $U_{з1}$ и списывания $U_{сп1}$ (график IIIб). При осциллографировании выходных напряжений в этом случае на фоне собственных шумов потенциалоскопа наблюдаются импульсы записи и списывания (рис. IIIв). Поскольку контрольные импульсы имеют максимальную допустимую для данного потенциалоскопа амплитуду, динамический диапазон D определяется по формуле:

$$D = \frac{U_{з1} + U_{сп1}}{2U_{ш}}$$

и должен быть не менее 10.

Измерение перечисленных параметров потенциалоскопа производится по контрольным импульсам, которые записываются на определенном участке мишени. Этот участок соответствует задержке контрольного импульса на 40-50 мкс (рис. 8.26б). При этом качество других участков мишени (вдоль спиральной развертки) не проверяется. Проверка остальных участков мишени осуществляется при подаче контрольного сигнала в виде несинхронной последовательности импульсов (рис. 8.26 и). Импульсы такой последовательности записываются и списываются на различных участках мишени в течение длительного времени равномерно распределены вдоль развертки. Поэтому на осциллографе будут наблюдаться импульсы записи и списывания вдоль всей спирали (рис. IVа). Амплитуда сигналов записи и списывания зависит от качества участков мишени. При наличии дефектов мишени осциллограмма будет иметь вид, показанный на рис. IVб.

Степень прохождения входных видеосигналов через паразитные емкости на выход канала вычитания должна быть такой, чтобы они не наблюдались на фоне собственных шумов потенциалоскопа. Проверка факта не прохождения входных сигналов производится путем выключения модулирующего напряжения (кнопка «Выкл. несущей»). В этом случае выходные сигналы не наблюдаются, входные же сигналы могут быть видны на осциллографе только при неудовлетворительном подавлении составляющих их спектров на частоте модулирующего напряжения (13 МГц).

9. СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ ВЫСОТЫ И УГЛА МЕСТА

9.1. Назначение, состав и основные технические характеристики системы измерения высоты и угла места

Система измерения высоты и угла места предназначена для определения высоты и угла места целей, находящихся в зоне обнаружения радиовысотомера, и выдачи этих данных на внешние системы.

В состав системы входят:

- индикатор высоты ИВ-06М;
- датчик угла места ДУ-12М или ДУ-22 (в высотомерах ранних выпусков ЛД-01);
- схема управления маркером высоты (или угла) блока ЦК-04;
- схема коммутации напряжения развертки и схема задержки запуска блока ИКС-02.

Система позволяет определять высоту и угол места целей в таких двух режимах работы: «Высота» и «Угол места». При этом соответственно используются системы координат «Дальность - высота» и «Дальность - угол места».

Индикатор высоты имеет четыре масштаба высоты: 8,5 км, 17 км, 34 км, 85 км и четыре масштаба дальности: 150 км, 200 км, 300 км и 400 км. Кроме того, имеется возможность задержки развертки по дальности до 300 км с дискретностью 50 км. При этом масштаб дальности устанавливается 75 км.

Калибровка экрана индикатора ИВ-06М осуществляются масштабными отметками: по высоте через 0, 5 км, 1 км, 2 км и 5 км соответственно с перечисленными масштабами по высоте, а по дальности - через 10 км и 50 км.

Время определения высоты одиночной цели не больше 11 с.

9.2. Принцип работы системы измерения высоты

Определение высоты цели в высотомере в режиме «Высота» производится путем решения электронным способом известного уравнения высоты (см. п. 2.1)

$$H_{ц} = D_{ц} \sin \varepsilon_{ц} + D_{ц}^2 / 2R_{зэ} \quad (9.1)$$

В этом режиме на экране индикатора создается растровая развертка в координатах "дальность-высота" (рис.9.1) путем подачи на горизонтально - отклоняющую систему линейного напряжения развертки дальности $U_{д} = \alpha t$ и на вертикально - отклоняющую систему параболического напряжения развертки высоты $U_{н} = at \sin \varepsilon_{а} + bt^2$ (где $\varepsilon_{а}$ -угол места антенны). Формирование напряжений развертки проводится в блоке ИВ-06М. Для формирования линейной части напряжения развертки высоты (первое слагаемое выражения 9.11) с датчика угла места ДУ-12М, находящегося на одной оси с качающейся антенной, на ИВ-06М подается напряжение, величина которого изменяется пропорционально синусу угла наклона антенны. Параболическая часть этого напряжения (второе слагаемое выражения 9.11) получается путем интегрирования напряжения развертки дальности. В результате этого перемещение луча в вертикальном направлении будет пропорционально высоте. Таким образом, траектория луча на экране индикатора в каждом периоде следования параболическая (рис. 9.2), а крутизна ее определяется углом места антенны ε .

Результатом решения уравнение высоты является наличие на экране индикатора отметок высоты, высвечиваемых в виде горизонтальных линий (рис.9.1). Отметки дальности отображаются в виде вертикальных линий. Кроме того, на экране индикатора отображаются маркерные линии высоты (горизонтальная) и дальности (вертикальная). Отметки от целей на экране (рис.9.2) имеют вид ярких вертикальных штрихов, длина которых зависит от ширины диаграммы направленности антенны по углу места и дальности цели. С увеличением дальности длина их увеличивается.

Определение высоты цели производится по положению середины ее отметки относительно масштабных отметок высоты при ручном съеме или совмещением линий маркера с серединой отметки цели и нажатием кнопки «Выдача данных» при полуавтоматическом съеме.

Недостатком режима «Высота» является то, что скорость перемещения луча по вертикали на больших расстояниях больше, чем на малых. Это может вызывать разрыв отметки от цели, находящейся на большой дальности, и, следовательно, увеличению ошибки в определении высоты из-за неправильного определения середины отметки, а при слабом эхе-сигнале цель вообще не будет обнаружена из-за отсутствия эффекта накопления экраном индикатора. Кроме того, недостатком данного режима является то, что цели, летящие на высотах более 85 км, обнаруживаться не будут (в заштрихованной на рис.9.3 части зоны обнаружения высотомера).

В режиме «Угол места» развертка по горизонтали осуществляется так же, как в режиме «Высота», а по вертикали - по закону изменения синуса угла места антенны. В качестве напряжения развертки по вертикали используется напряжение, поступающее с датчика синуса угла места ДУ-12М. В случае, когда высотомер сопрягается с кабиной К9М комплекса С-200, развертка по вертикали производится по закону изменения угла места антенны. При этом вместо синусоидального датчика ДК-12М используется линейный датчик ДУ-22 (или ЛД-01). Вид экрана индикатора в данном режиме показан на рис.9.4. Скорость перемещения луча на экране индикатора по вертикали на всей дальности одинакова. Поэтому размеры отметок от целей, находящихся на различных дальностях, будут одинаковы. За счет меньшей скорости перемещения развертки по вертикали на больших дальностях по сравнению с режимом «Высота» увеличивается эффект накопления, что повышает вероятность обнаружения слабого эха-сигнала. Кроме того, режим развертки «Угол места» позволяет лучше использовать тактико-технические возможности высотомера, поскольку обеспечивает обнаружение целей, летящих выше 85 км, то есть во всей зоне обнаружения высотомера.

Режим работы индикатора высоты «Угол места» целесообразно использовать при поиске целей, при сопровождении целей на больших дальностях или с небольшими отражающими эффективными поверхностями и при сопровождении целей, находящихся на высотах более 85 км.

Однако следует заметить, что точность измерения высоты в режиме «Угол места» в общем случае ниже, чем в режиме «Высота». Обусловлено это тем, что в данном режиме расстояние между линиями равных высот, имеющими на экране в силу зависимости $\sin \epsilon_a = H/D$ вид гипербол (рис.9.4), значительно мень-

ше чем в режиме «Высота», в особенности на больших дальностях и на малых дальностях под большими углами места.

9.3. Функциональная схема системы измерения высоты

Функциональная схема системы измерения высоты изображена на рис.9.5 и имеет в своем составе:

- канал развертки дальности (кипп-реле дальности, генератор напряжения дальности, каскад горизонтальной развертки, каскад срыва по дальности);
- канал развертки высоты (кипп-реле высоты, генератор напряжения высоты, инвертор развертки высоты, каскады вертикальной развертки, каскад срыва по высоте блока ИВ-06М а также блок ДУ-12М);
- канал формирования отметок высоты (инвертор напряжения высоты, каскад формирования отметок высоты, усилитель отметок высоты блока ИВ-06М);
- канал формирования маркера высоты (инвертор, схема формирования маркера высоты, усилитель маркера высоты блока ИВ-06М и потенциометрический датчик постоянного напряжения маркера блока ЦК-04);
- канал подсвета;
 - канал видеосигналов (усилители эхо-сигналов, маркера дистанции, отметок дистанции, отметок высоты, маркера высоты);
- канал коммутации напряжения развертки и маркера углу места;
 - электронно-лучевая трубка с элементами управления и питания.

Кроме того, в блоке ИВ-06М территориально находится субблок электронной коммутации сигналов ЭК-04, обеспечивающий автоматическую коммутацию когерентного и амплитудного выходов приемника при подаче сигналов на индикаторы.

Работу системы измерения высоты рассмотрим по каналам для режима «Высота» и отметим особенности для режима «Угол места».

9.3.1. Канал развертки дальности.

Импульсы редкого запуска С-6-II с блока запуска ДД-09 поступают на схему задержки запуска блока ИКС-02 и через нормально замкнутые контакты реле Р2 и нормально замкнутые контакты реле Р1 «Растяжка» поступают в блок ИВ-06М. В блоке ИВ-06М они поступают через плату В9а переключателя «Дистанция» и линию задержки ЛЗ на кипп-реле дальности. Импульсы частого запуска С-6-I на кипп-реле дальности подаются на масштабе дальности 150 км при срабатывании реле Р2 в блоке ИКС-02 и реле Р1 в блоке ИВ-06М.

С помощью линии задержки ЛЗ можно задержать момент запуска схем кипп-реле дальности и высоты в пределах 0-4 мкс. Величину задержки устанавливают при настройке блока таким образом, чтобы обеспечить наилучшее согласование отметок дистанции с отметками высоты на всех контрольных углах места.

Кипп-реле дальности, срабатывая от импульса запуска, формирует отрицательный прямоугольный импульс длительностью, соответствующей установленному масштабу по дальности (рис.9.7 а, б). Он подается на генератор напряжения дальности, а также на каскад подсвета в режиме «Угол».

В генераторе напряжения дальности формируется трапецеидальное напряжение (рис.9. 7 в), которое поступает на каскад горизонтальной развертки через резисторный делитель, коммутируемый платой В9в переключателя «Дистанция». С помощью делителя обеспечивается наклон пилы, соответствующий масштабу по дальности (рис.9.6).

При достижении напряжением развертки дальности уровня срыва, устанавливаемого в каскаде срыва по дальности, в нем формируется импульс срыва или импульс конца дистанции (рис.9. 7 г), осуществляющий опрокидывание кипп-реле дальности и окончания напряжения развертки дальности.

При срабатывании реле Р2 «Редк. 2» в блоке ИВ-06М включается масштаб 400 км.

Регулировкой «Срыв по дист» в каскаде срыва изменяется амплитуда пилообразного напряжения дальности и тем самым изменяется горизонтальный размер изображения на экране индикатора на всех масштабах. Регулировка «Скорость разв.дист» в генераторе напряжения дальности позволяет изменить скорость нарастания напряжения развертки (рис.9.6), то есть изменять длительность горизонтальной развертки на всех масштабах.

Каскад горизонтальной развертки под влиянием трапецеидального напряжения генератора развертки дальности вырабатывает линейно нарастающий ток, протекающий через горизонтально - отклоняющие катушки электронно-лучевой трубки. Регулировка «Гориз.сдвиг» изменяет величину отклоняющего тока, смещая начало развертки по горизонтали.

В положении «Угол» переключателя «Высота-угол» возможна работа генератора развертки дальности с задержкой запуска от 0 до 300 км через 50 км, включаемой тумблером «Растяжка» на блоке ИКС-02. При этом включается реле Р1 в блоке ИКС-02 и реле Р5 в блоке ИВ-06М. С помощью реле Р5 блока ИВ-06М переключаются постоянная времени генератора напряжения дальности и делитель на его выходе так, что формируется развертка, обеспечивающая масштаб дальности 75 км. контактами реле Р1 в блоке ИКС-02 подключается цепь задержки запуска: усилитель, каскад задержки и блокинг-генератор задержанных импульсов.

Для обеспечения задержки с дискретностью 50 км на каскад задержки с блока ДД-09 подаются импульсы отметок дистанции. Каскадом срыва обеспечивается выделение 50-км отметок дистанции. Величина дискретной задержки устанавливается переключателем «Растяжка2, а задержанный импульс формируется блокинг-генератором.

9.3.2. Канал развертки высоты

Формирование развертки высоты осуществляется в режиме работы индикатора 2Высота» (в положении «Высота» переключателя «Высота-угол»).

Кипп-реле высоты при подаче на него импульсов редкого или частого запуска вырабатывает прямоугольные видеоимпульсы положительной полярности, подаваемые на генератор напряжения развертки высоты (рис.9. 7 д) и отрицательной полярности, подаваемые на схему формирования маркера высоты и канал подсвета (рис.9. 7 з).

Формирование напряжения развертки высоты осуществляется в генераторе напряжения высоты, представляющем собой интегратор. В нем формируется напряжение вида $U = at\text{Sin}\varepsilon + bt^2$, исходя из уравнения высоты (9.1). Напряжение высоты состоит из линейной составляющей $a t \text{Sin}\varepsilon$, скорость нарастания которой изменяется с изменением угла места при качании антенны, и параболической составляющей bt^2 , образующейся путем интегрирования пилообразного напряжения с генератора напряжения дальности.

Так как в высотомере обеспечивается обзор как положительных, так и отрицательных углов места, напряжение развертки высоты имеет различную полярность при положительных и отрицательных углах места (рис.9. 7 е). При $\varepsilon > 0$ полярность его отрицательная, а при $\varepsilon < 0$ - положительная. В соответствии с этим в канале имеются два каскада срыва по высоте, осуществляющие срыв кипп-реле высоты, то есть определяют длительность развертки высоты.

Срыв кипп-реле высоты при положительных углах места осуществляется первым каскадом срыва по высоте («Срыв по выс I») по достижении напряжения развертки высоты установленного уровня (рис.9. 7 е, ж при углах места $\varepsilon_2, \varepsilon_3$) либо, если развертка высоты при малых углах места не достигает этого уровня ранее, чем будет импульс срыва по дальности, кипп-реле высоты срывается последним (рис.9.7 г, д при угле места ε_1). При отрицательных углах места срыв кипп-реле высоты осуществляется импульсами второго каскада срыва по высоте («Срыв по выс. II»).

Крутизна линейной части напряжения развертки высоты управляется напряжением с датчика угла места ДУ-12М. Это напряжение подается на генератор напряжения высоты при установке переключателя «Автоном-выкл» в положение «Автоном» и переключателя «Контр.выс.» в положение «Работа». Напряжение развертки дальности для формирования параболической составляющей напряжения высоты подается с генератора напряжения дальности через потенциометры 2Ампл. Параб» при включенном тумблере «Парабола». Потенциометрами регулируется размер этого напряжения на различных масштабах дальности, переключаемых платой В9б переключателя «Дистанция».

Крутизна нарастания напряжения высоты регулируется потенциометром «Скор. напр. Высоты» на каждом масштабе высоты (переключатель В2 «Высота»), а исходное значение этого напряжения, соответствующее углу места ($\varepsilon = 0$ - регулировкой «Уст. нуля»).

Напряжение высоты через инвертор развертки высоты и переключатель «Высота-Угол» в положении «Высота» поступает на вход усилителя вертикальной развертки, в анодах ламп которого включены вертикально – отклоняющие катушки электронно-лучевой трубки. Регулировкой «Верт.масшт.» изменяется величина отклоняющего тока, а следовательно, размер раstra на экране трубки, а регулировка «Вертикал. Сдвиг» определяет положение начала развертки по вертикали.

В режиме работы индикатора «Угол места» (переключатель «Высота-угол» в положении «Угол») на усилитель вертикальной развертки подается напряжение углу места с датчика ДУ-12М. При этом отклонение луча трубки по вертикали будет пропорционально углу качания антенны. Регулировка «Баланс раз-

в.выс.» служит для совмещения на экране индикатора нулевой линии растров в обоих режимах работы индикатора.

Для настраивания генератора напряжения высоты с эталонного делителя напряжения снимаются напряжения, отвечающие углам места при формировании развертки высоты 0° , 6° , 12° и 30° (синусы углов соответственно равны 0; 0.1; 0.2 и 0.5). Последовательной установкой переключателя «Контр. выс.2 (при включенном тумблере «Парабола») в указанные положения производится настройка генератора напряжения высоты таким образом, чтобы отметки высоты оказались согласованными с отметками дистанции в соответствии с уравнением $H = D \sin \epsilon_{\text{контр}}$. Например, при установке контрольного угла ($\sin 6^\circ = 0.1$) необходимо совмещение однокилометровых отметок высоты с каждой 10-км отметкой дистанции. При положении «Работа» переключателя «Контр.выс.» переключателем «15-452 коммутируются контрольные углы места $15'$ и $45'$.

9.3.3. Канал формирования отметок высоты

Отметки высоты формируются в каскаде формирования отметок высоты, выполненном на импульсно-формирующей трубке Л7 типа ИФ-17. Формирование их осуществляется с помощью напряжения развертки высоты.

Импульсно-формирующая трубка - это электронно-лучевая трубка с электростатическим отклонением луча (рис.9.8). Она включает в себя электронную пушку, одну пару отклоняющих пластин, обеспечивающих вертикальное отклонение луча, матрицу и коллектор, выход которого соединен с нагрузкой R_n . На отклоняющие пластины подается прямое и инвертированное (через инвертор напряжения высоты) напряжение развертки высоты. Матрица представляет собой 17 горизонтально натянутых проволочных нитей, каждая пята из которых выполнена более толстой.

При прохождении лучом проволочных нитей ток в коллекторе уменьшается, уменьшается отрицательное напряжение на резисторе R_n , что равносильно формированию положительных импульсов. Принцип формирования отметок высоты поясняется рисунками 9.7 и, к для трех значений углов места ($\epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon_3$).

Таким образом, на любом масштабе высоты формируется 17 отметок высоты. Цена распределения отметок высоты определяется скоростью изменения напряжения высоты, то есть масштабом высоты. На масштабах 8,5 км, 17 км, 34 км и 85 км градация отметок соответственно равна 0,5 км, 1 км, 2 км и 5 км.

В случае обзора пространства при отрицательных углах места в индикаторе возможно формирования так называемых отрицательных отметок высоты в следующей расстановке (для масштаба 17 км): -2 км, -1 км, 0 км, 1 км и т.д. до 14 км. Это обеспечивается при использовании той же импульсно-формирующей трубки путем инвертирования напряжения развертки высоты на отклоняющих пластинах. Инвертирование осуществляется включением тумблера «Отриц.отм.выс». При этом срабатывает реле Р4 и своими контактами изменяет подачу прямого и инвертированного напряжения высоты на отклоняющие пластины на обратную. В результате луч трубки перемещается не снизу вверх, как показан на рис.9.9 а для обычного режима формирования отметок высоты, а сверху вниз (рис.9.9 б). Это сделано для того, чтобы при формировании отрицательных от-

меток высоты более яркие отметки высоты были бы в том же месте экрана индикатора, что и в обычном режиме.

Сформированные отметки высоты через двухкаскадный усилитель отметок высоты подаются в канал видеосигналов для отображения их на экране индикатора.

В канале формирования отметок высоты имеются такие регулировки. Регулировкой «Ампл. отм. выс.» изменяется ток луча в импульсно-формирующей трубке, следовательно, изменяется и яркость отметок высоты. Регулировкой «Длит. отм. Выс» производится фокусировка электронного луча. При сфокусированном луче отметки имеют минимальную длительность. Регулировки «Сдвиг отм.выс.» и «Сдвиг отриц. отм. Выс» обеспечивают установку входного уровня напряжения высоты на отклоняющих пластинах с целью совпадения отметок в обоих режимах их формирования. Кроме того, возможна отсечка отметок высоты (ограничение снизу) регулировкой «Отсечка отм.выс» путем подачи отрицательного подзапирающего усилителя напряжения от источника - 125В и выключение отметок тумблером «Отм. выс. -выкл», при этом усилитель отметок высоты запирается полностью.

9.3.4. Канал формирования маркера высоты

Канал формирует импульс маркера высоты, аналогичный импульсам отметок высоты, но только на одном уровне (высоте), определяемом напряжением с потенциометрического датчика маркера высоты R_m , блока ЦК-04.

Маркер высоты формируется в схеме формирования маркера высоты, являющейся одноуровневой схемой сравнения. Порог срабатывания схемы задается оператором вручную. Схема сравнения представляет собой электронное реле уровня. На него подаются импульсное напряжение с кипп-реле высоты (рис.9.10 а), напряжение развертки высоты через инвертор и постоянное напряжение с потенциометра датчика маркера высоты блока ЦК-04 через нормально замкнутые контакты реле РЗ блока ИКС-02 (рис.9. 10б). Первое перебрасывание электронного реле уровня осуществляется при превышении напряжением развертки высоты уровня напряжения с датчика маркера высоты блока ЦК-04, второе его перебрасывание осуществляется задним фронтом расширенного импульса кипп-реле высоты (рис.9. 10 в).

Напряжение с выхода электронного реле уровня дифференцируется и из первого дифференцированного импульса формируется импульс маркера (рис.9.10 г), который вводится в тракт видеосигналов через усилитель маркера высоты. Яркость маркера на экране индикатора регулируется потенциометром «Ампл. марк. Высоты». На экране индикатора высоты он высвечивается в виде горизонтальной линии.

В канале предусмотрена регулировка «Уст. нуля марк. Выс», с помощью которой осуществляется согласование положения маркера высоты со шкалой датчика маркера в блоке ЦК-04.

9.3.5 Канал подсвечивания.

Канал подсвета предназначен для открывания электронно-лучевой трубки индикатора на время прямого хода развертки и закрывания на время ее обратного хода и содержит каскад подсвета.

Каскад подсвета управляется или импульсами кипп-реле высоты при работе в координатах «дальность-высота» (для исключения отображения на экране индикатора обратного хода развертки высоты при больших углах места), или импульсами кипп-реле дальности при работе в координатах «дальность - угол места» (которые определяют максимальную дальность). На время прямого хода развертки формируется отрицательный импульс прямоугольной формы, который подается на катод электронно-лучевой трубки и отпирает ее.

Коммутация импульсов кипп-реле высоты и дальности осуществляется контактами реле РЗ при переключении режимов переключателем «Высота-угол».

Каскад подсвечивания представляет собой катодный повторитель, повторяющий отрицательные импульсы кипп-реле высоты или дальности. В каскаде осуществляется затягивание начала импульса подсвета на 5-8 км от нуля дистанции для исключения прогорания экрана от сильных засветов.

9.3.6. Канал видеосигналов

Канал видеосигналов предназначен для подачи на электронно-лучевую трубку видеосигналов с целью их яркостного отображения на экране трубки. Видеосигналы подаются на сумматор сигналов, представляющий собой пять видеоусилителей с объединением их на общей нагрузке в выходном усилителе.

На входы видеоусилителей подаются:

- эхо-сигналы высотомера с субблока электронной коммутации ЭК-04; эти эхо-сигналы подаются также на индикатор ИКО-02;
- импульсы маркера целеуказания с индикатора кругового обзора ИКО-02, отображаемые на экране индикатора высоты как маркер дистанции в виде вертикальной линии;
- отметки дистанции с блока синхронизации и отметок дистанции ДД-09 через плату В9г переключателя «Дистанция»;
- отметки высоты с канала формирования отметок высоты;
- маркер высоты с канала формирования маркера высоты.

Эти сигналы объединяются в выходном усилителе и подаются на управляющий электрод трубки.

Органами управления на блоке обеспечивается включение и выключение сигналов, регулировка их амплитуды, а также отсечка отметок дистанции. Предусмотрена также регулировка амплитуды смешанных сигналов в выходном усилителе потенциометром «Яркость».

9.3.7. Канал коммутации развертки и маркера угла места

Канал работает только при включении режима «Угол места» переключателем «Высота-угол» на блоке ИВ-06М.

В этом режиме высотомер может использоваться при работе в составе РЛК 5Н87 для измерения высоты цели при лучшей наблюдаемости отметок целей на

больших дальностях (устранение недостатков режима «Высота») или при работе с ЗРК для измерения и передачи угла места цели.

При работе в составе РЛК 5Н87 переключатель «Автон-выкл» устанавливается в положение «Автон». В этом случае на генератор напряжения высоты подается напряжение, пропорциональное синусу угла места с датчика ДУ-12М через резисторный делитель R1, R2. Этим обеспечивается меньшая скорость нарастания напряжения высоты и, следовательно, большее расстояние между отметками высоты на экране индикатора. Напряжение развертки высоты на каскады вертикальной развертки не подается (разрывается цепь его подачи контактами переключателя «Высота-Угол» в положении «Угол»), а используется только, для формирования отметок и маркера высоты. Они отображаются на экране индикатора в виде гипербол (рис.9.4).

При работе в составе ЗРК высотомер обеспечивает измерение и выдачу угла места целей с помощью маркера угла места. В этом случае переключатель «Автон-выкл» на блоке ИВ-06М устанавливается в положение «Выкл», а переключатель «РЛС-сопряж» на блоке ИКС-02 - в положение «Сопряж». При этом контактами реле Р3 блока ИКС-02 включается схема коммутации напряжения развертки. При обеспечении целеуказания ЗРК по углу места в высотомере устанавливается датчик ДУ-22, напряжение на выходе которого пропорционально углу места антенны. Генератор напряжения высоты при этом не работает, отметки высоты и маркер высоты не формируются. Датчик маркера в блоке ЦК-04 формирует напряжение, пропорциональное углу места. Согласование напряжения датчика со шкалой угла места обеспечивается регулировками $H5_{\min}$ (в блоке ЦК-04) и $H5_{\max}$ (в блоке ДЛ-06М). Маркер угла места на экране индикатора высоты высвечивается в 16 периоде следования.

Коммутация напряжения развертки и маркера осуществляется схемой коммутации в блоке ИКС-02. Для этого используются импульсы, формируемые триггером в 16 периоде следования.

Управление схемой коммутации напряжения развертки осуществляется импульсами срыва по дальности (импульсами конца дистанции), которые через катодный повторитель блока ИВ-06М поступают от каскада срыва по дальности на блокинг-генератор повторения и блокинг-генератор 16 интервала.

Блокинг-генератор повторения формирует импульсы в течение 15 периодов следования, устанавливая триггер в такое состояние, при котором через ключевую схему проходит напряжение развертки с датчика угла места ДУ-22. Блокинг-генератор 16 интервала работает в режиме распределения частоты следования импульсов конца дистанции на 16. Импульсом блокинг-генератора 16 интервала триггер устанавливается в противоположное состояние, при котором через ключевую схему проходит напряжение маркера угла места.

Индикатор может работать на двух масштабах по углу места: 15° и 30° . Переключение масштабов осуществляется переключателем на блоке ИКС-02.

Напряжения развертки и маркера угла места через выходной катодный повторитель подаются на каскад вертикальной развертки индикатора. Положение раstra развертки регулируется потенциометром «Уст. 0» в блоке ИКС-02. Работа индикатора в этом режиме может быть проконтролирована подачей напряжений, соответствующих углам места $15'$ и $45'$ от эталонного делителя напряжений.

9.3.8. Субблок электронной коммутации ЭК-04

Субблок электронной коммутации ЭК-04 предназначен для автоматического переключения эхо-сигналов амплитудного и когерентного каналов приемника в течение периода следования. В результате такого переключения в каждом периоде следования на экране индикатора высоты формируются зоны отображения эхо-сигналов амплитудного или когерентного каналов.

Субблок работает в когерентном, амплитудном и смешанном режимах, определяемых положениями переключателя «Режим работы» на блоке дистанционного управления высотомером ЦП-08.

В когерентном и амплитудном режимах соответствующие эхо-сигналы транзитом проходят на выход субблока и дальше в канал видеосигналов индикатора на усилитель эхо-сигналов.

В смешанном режиме при работе в редком запуске от начала дистанции до 40-250 км на канал смешивания сигналов проходят эхо-сигналы когерентного канала, а дальше, до конца дистанции, эхо-сигналы амплитудного канала.

При работе в частом запуске без задержки запуска системы СДЦ от начала дистанции до 40-130 км проходят эхо-сигналы когерентного канала, а затем, до конца дистанции - эхо-сигналы амплитудного канала. При включенной задержке запуска системы СДЦ от начала дистанции до 60 км проходят эхо-сигналы амплитудного канала, от 60 км до 100-180 км - эхо-сигналы когерентного канала и затем, до конца дистанции - снова эхо-сигналы амплитудного канала.

Зона по высоте может устанавливаться в пределах вертикального размера экрана индикатора.

Условно отображение эхо-сигналов соответствующих каналов на экране индикатора в просматриваемой зоне показано на рис.9.11.

Субблок состоит из таких каналов:

- канала коммутации эхо-сигналов;
- канала управления по дальности;
- канала управления по высоте.

Эхо-сигналы амплитудного А и когерентного К каналов поступают на видеоусилители. Режимы работы субблока определяются состоянием реле Р4 и Р5. При обесточенных обоих реле на выход субблока поступают сигналы амплитудного канала, при включенном реле Р5 - сигналы когерентного канала и при включенном реле Р4 (реле Р5 автоматически выключается) обеспечивается автоматическое переключение амплитудного и когерентного каналов (смешанный режим). Далее рассмотрим работу субблока в смешанном режиме.

В этом режиме эхо-сигналы амплитудного и когерентного каналов поступают на катодный повторитель, управляемый коммутирующим триггером. При одном состоянии триггера через катодный повторитель на выход проходят эхо-сигналы когерентного канала, при другом - амплитудного.

Условно будем называть первое состояние триггера рабочим. В это состояние триггер переводится импульсом запуска с канала управления по дальности. Второе состояние триггера будем называть исходным. Оно устанавливается импульсом срыва.

Импульс запуска триггера подается в канал управления по дальности или без задержки относительно общего запуска (реле Р1 обесточено), или с задержкой на 60 км (при включенном реле Р1). В первом случае каскад регулируемой задержки (фантастрон) запускается непосредственно импульсом запуска индикатора, во втором - через кипп-реле задержки. Фантастрон вырабатывает положительный прямоугольный импульс, длительность которого регулируется потенциометром «Строб дист». Этот импульс подается на две дифференцирующие цепи.

Дифференцирующей цепью 1 выделяется задний фронт импульса фантастрона, переводящий триггер в исходное состояние. Дифференцирующая цепь 2 выделяет передний фронт импульса фантастрона только при отсутствии импульса запрета с канала управления по высоте. Импульсом дифференцирующей схемы 2 триггер переводится в рабочее состояние.

На канал управления по высоте поступает напряжение развертки высоты, которое в схеме сравнения сравнивается с пороговым уровнем $N_{гр}$ (рис.9.11), устанавливаемым регулировкой «Строб выс.». При достижении напряжением развертки высоты предельного уровня формируется импульс запрета, подаваемый на схему запрета. Дифференцирующая схема 3 выделяет передний фронт импульса запрета, который через каскад срыва поступает на триггер, переводя его в исходное состояние.

Рассмотрим работу субблока в режиме с задержкой запуска на 60 км при трех положениях развертки на экране индикатора, показанных на рис.9.11.

При малых углах места (линия развертки в положении 1) напряжение развертки высоты не достигает уровня $N_{гр}$ (рис.9.12 а). Импульсы запуска (рис.9.12б) задерживаются в кипп-реле на время, соответствующее 60 км и поступают на схему регулируемой задержки (фантастрон). Фантастрон формирует импульс с регулируемым состоянием заднего фронта (рис.9.12 в), который дифференцируется обоими дифференцирующими цепями. Импульсы дифференцирующей цепи 1 (рис.9.12 г) переводят триггер в рабочее состояние, а импульсы дифференцирующей цепи 2 - в входное состояние (рис.9.12 д). Таким образом, сформированный рабочий импульс триггера в пределах от точки А до точки Б линии развертки (рис.9.12 е), в пределах которого включается когерентный канал.

При положении линии развертки 2 процесс происходит аналогично до точки Г линии развертки (рис.9.13 б, в, г). В этот момент срабатывает схема сравнения (рис.9.13 а). Она формирует импульс запрета (рис.9.13 д), запрещая прохождения импульса, соответствующего заднему фронту импульса фантастрона (рис.9.13 г). Фронтом импульса запрета после дифференцирования в дифференцирующей цепи 3 (рис.9.13 е) возвращается в входное состояние триггер (рис.9.13 ж), переключая тракт из когерентного в амплитудный канал.

При больших углах места (линия развертки в положении 3) напряжение развертки быстро достигает уровня, соответствующего $N_{гр}$ (рис.9.14 а), формируется импульс запрета (рис.9.14 г) и импульс перевода триггера в исходное состояние (рис.9.14 д), который в нем и находился. Импульсом запрета запрещается прохождение импульса, соответствующего переднему фронту импульса каскада регулируемой задержки в точке Е (рис.9.14 б). Это приводит к тому,

что импульс триггера не формируется (рис.9.14 е) и переключение режима не происходит.

На заключение отметим, что регулировкой «Пьедестал» в коммутирующем каскаде устанавливается одинаковая яркость засветки на экране индикатора в когерентном и амплитудном каналах без подачи эхо-сигналов на входы субблока. Регулировкой «Рег. выс» устанавливается нижний предел коммутации когерентного и амплитудного режимов по высоте. Регулировкой «60» устанавливается длительность импульсов кипп-реле задержки соответственно дальности 60 км.

10. СИСТЕМА КРУГОВОГО ОБЗОРА.

10.1. Назначение, состав и основные технические характеристики системы

Система кругового обзора высотомера предназначена для отображения радиолокационной информации дальномеров в режиме работы высотомера по целеуказанию и для отображения радиолокационной информации, полученной от высотомера, работающего в автономном (дальномерном) режиме.

Для облегчения управления высотомером в режиме работы его по целеуказанию на ИКО отображается маркер. Положение маркера по азимуту и дальности может быть установлено кноппельным устройством в блоке ДЛ-06М.

При целеуказании оператор индикатора высоты совмещает маркер с целью, высоту которой необходимо измерить. Антенна высотомера автоматически поворачивается на азимут цели. На экране индикатора будет отображаться обстановка на данном азимуте, при этом вертикальная линия маркера дальности на индикаторе высоты будет совмещена с целью, высоту которой необходимо измерить.

При работе высотомера в автономном режиме высотомер обеспечивает выдачу всех трех координат, для чего в высотомере, кроме отметок высоты и дальности, формируются и отметки азимута.

Аппаратура системы кругового обзора включает в себя:

- блок индикатора кругового обзора ИКО-02;
- блок выделения огибающих и формирования отметок азимута ДО-02;
- блок датчиков радиально-круговой развертки и отметок азимута ДФ-12;
- датчики дальности и азимута маркера (субблоки ДЛД-01 и ДЛА-02) в блоке ДЛ-06М.

Основные технические характеристики системы:

- развертка ИКО радиально-круговая (при работе от дальномеров П-37 и других РЛС или при автономной работе) и диаметрально-круговая (при работе от дальномеров 5Н87), причем, электронно-лучевая трубка имеет неподвижную отклоняющую систему, вращение развертки обеспечивается созданием вращающегося магнитного поля в отклоняющей системе;

- масштабы ИКО по дальности 100, 200, 300 и 400 км;
- возможен кольцевой режим на масштабе 100 км с задержкой запуска 100, 200 и 300 км;

- на ИКО формируется электрическая масштабная сетка с помощью 10 и 50 км отметок дальности и 10^0 и 30^0 отметок азимуту.

10.2. Принцип работы системы кругового обзора

В связи с применением электронно-лучевой трубки с неподвижной отклоняющей системой, состоящей из катушек горизонтального отклонения X и вертикального отклонения Y , для создания радиально-круговой развертки на эти катушки подаются пилообразные напряжения, амплитуда пины которых изменяется по закону синуса и косинуса азимута антенны

$$\begin{aligned} U_x(t) &= U_0 \alpha t \sin \beta_{\text{ант}} \\ U_y(t) &= U_0 \alpha t \cos \beta_{\text{ант}}, \text{ при } 0 \leq t < T_{\text{разв}} \end{aligned} \quad (10.1)$$

где α - скорость нарастания пилообразного напряжения,
 U_0 - максимальная амплитуда пилообразного напряжения,
 $\beta_{\text{ант}}$ - азимут антенны.

И если $\beta_{\text{ант}} = \Omega_{\text{ант}} t$, где $\Omega_{\text{ант}}$ - угловая скорость вращения антенны, то вектор напряжения развертки $U_0 \alpha t$ (рис.10.1) вращается со скоростью вращения антенны.

Для формирования напряжений, пропорциональных синусу и косинусу азимута антенны при работе от дальномеров РЛК 5Н87 в блоке основных датчиков РЛК ГД-04 размещенный сельсин-датчик СКВТ (синусно-косинусный вращающийся трансформатор), а в блоке ДЛ-06М сельсин-трансформатор также типа СКВТ. Ротор сельсин - датчика запитывается опорным напряжением частоты 400 Гц, подаваемым от высотомера на блок ГД-04 РЛК и вращается синхронно и синфазно с вращением ППК дальномеров. Поэтому на роторных обмотках сельсин-трансформатора напряжение частоты 400 Гц будет промодулировано по амплитуде с частотой вращения ППК. Вид этих напряжений показан на временных графиках рис.10.2 а, б. Огибающие этих напряжений, получаемые в блоке ДО-02 путем фазового детектирования напряжения синусного и косинусного выходов СКВТ, (рис.10.2 в, г) используются для модуляции напряжения генератора пилообразного напряжения, которое принимает вид, показанный на рис.10.2 д, е.

В автономном режиме работы высотомера напряжение СКВТ вида рис.10.2 а, б поступает с датчика развертки и отметок азимута ДФ-12.

Если высотомер сопрягается с радиолокационными станциями, в ССП, которых используется опорное напряжение частоты 50 Гц, перед блоком ДЛ-06М включается повторитель вращения ЛП-35. Он осуществляет преобразование напряжения ССП 50 Гц в синусное и косинусное напряжения частоты 400 Гц, промодулированные по амплитуде частотой вращения антенны сопрягаемой РЛС (рис.10 а,б).

От дальномеров РЛК и сопрягаемых РЛС на ИКО поступают эхо-сигналы, сигналы опознавания, масштабные отметки дальности и азимута. Маркер целеуказания высвечивается на экране в виде точки, отображающей положение соответствующих датчиков целеуказания по азимуту и дальности.

Сигналы дальномеров и маркер подаются на экран индикатора в различные периоды следования: в 15 периодах высвечивается информация дальномеров, в 16 периоде на азимуте антенны высотомера высвечивается маркер. Для обеспечения такого одновременного отображения проводится:

- коммутация азимутальных напряжений: в течение 15 периодов следования поступает напряжение развертки (10.1), в течение 16-го периода следования - напряжение азимута маркера

$$U_{\text{хмарк}}(t) = U_0 \alpha t \sin\beta_{\text{марк}}$$

$$U_{\text{умарк}}(t) = U_0 \alpha t \sin\beta_{\text{марк}}, \text{ при } 0 \leq t \leq T_{\text{разв}}; \quad (10.2)$$

- коммутация видеосигналов, используемых для яркостной модуляции: в течение 15 периодов - эхо-сигналы, отметки дальности и азимута, в течение 16-го периода - импульс маркера.

Это иллюстрируется графиками, изображенными на рис.10.3.

Напряжения, пропорциональные $\sin\beta_{\text{марк}}$ и $\cos\beta_{\text{марк}}$, задаются сельсином типа СКВТ датчика азимута маркера ДЛА-02, расположенного в блоке ДЛ-06М. Сельсин приводится во вращение электродвигателем, управляемым кнопочным устройством. Этим же кнопочным устройством обеспечивается управление электродвигателем, вращающим сельсин - датчики грубого и точного отсчета ССП высотомера (при управлении с блока ДЛ-06М), что позволяет установить азимут антенны соответственно азимуту маркера.

Задержка маркера по дальности задается потенциометрическим датчиком ДЛД-01, расположенным в блоке ДЛ-06М. Для правильного целеуказания по дальности напряжение потенциометрического датчика согласовывается с разверткой дальности ИКО.

Если при сопряжении высотомер работает в режиме целеуказания, то есть когда управление вращением антенны высотомера по азимуту производится от сопрягаемого объекта, на экране ИКО высвечивается маркер с сопрягаемого объекта, указывающий положение антенны высотомера по азимуту. Маркер целеуказания поступает на ИКО с блока ЦК-04.

10.3.Функциональная схема системы кругового обзора

Функциональная схема системы кругового обзора представлена на рис.10.4.

В функциональной схеме можно выделить такие каналы:

- канал формирования развертки (схема формирования импульса конца дистанции, схемы формирования пилообразного напряжения и пилообразного тока отклоняющих катушек, и схема выделения огибающей напряжения азимута);
- канал формирования маркера (схема формирования импульса маркера, схема выделения напряжения азимуту маркера);
- канал череспериодной коммутации развертки и сигналов;
- канал коммутации напряжений в 16 интервале;
- канал подсвета;
- канал формирования отметок азимута;

- канал видеосигналов;
- электронно-лучевая трубка с элементами питания и управления.

10.3.1 Канал формирования развертки

На схему формирования развертки в блоке ИКО-02 подаются импульсы редкого Сб-П или частого Сб-И запуска, коммутируемые реле Р1, и импульсы запуска с внешних систем. Внешний запуск включается переключателем «Режим работы» в положении «Внешн». При этом срабатывает реле Р4 и своими контактами подключает вход внешнего запуска.

Импульсы запуска через плату В2в переключателя «Дистанция» и плату В3а переключателя «Задержка» поступают на схему формирования импульсов конца дистанции (ИКД). Схема формирования ИКД состоит из фантастрона и генератора ИКД (блокинг-генератора). Импульсом запуска запускается фантастрон. Длительность импульса фантастрона определяет длительность расширенного импульса, а следовательно, длительность развертки.

Задним фронтом импульса фантастрона запускается блокинг-генератор, формируя ИКД. Длительность импульса фантастрона задается постоянными напряжениями, снимаемыми с делителя R40 - R46 и устанавливается платой В2г переключателя «Дистанция». Плавное установление длительности импульса обеспечивается регулировкой «Длит. разв».

При необходимости задержки в кольцевом режиме работы ИКО импульс запуска на схему формирования ИКД поступает через схему бланкирования и задержки запуска. Схема содержит в себе кипп-реле, блокинг - генератор, генератор импульсов 50- км отметок дальности и катодный повторитель бланкирования. Кипп-реле запускается импульсами запуска. Срыв кипп-реле осуществляется четными 50-км отметками дистанции, выделяемыми в генераторе импульсов ОД, обеспечивая задержку на 100, 200 и 300 км. Величина задержки запуска указывается в сотнях км цифрами на световом табло, расположенном на личной панели блока ИКО-02. Задержанные импульсы запуска формируются блокинг - генератором, запускаемым задним фронтом импульсов кипп-реле.

Для исключения засвета экрана электронно-лучевой трубки сильными сигналами в начале дистанции в кипп-реле формируются импульсы положительной полярности длительностью, соответствующей 7-40 км. Эти импульсы через катодный повторитель бланкирования подаются на катод электронно-лучевой трубки для ее запираения. Длительность этих импульсов определяется постоянной времени зарядной цепи (конденсатор С1 и регулирующий потенциометр «Бланк»). При включении задержки в кольцевом режиме платами В3в и В3г переключателя «Задержка» подключается конденсатор С2 и резисторы, увеличивающие постоянную времени зарядной цепи кипп-реле.

Формирование пилообразного напряжения осуществляется в схеме, включающей генератор расширенных импульсов, генераторы пилообразного напряжения (ГПН) X и У с усилителями и генераторы пилообразного тока (ГПТ) X и У, в анодах ламп которых включены вертикально - и горизонтально отклоняющие катушки электронно-лучевой трубки. Генератор расширенных импульсов включает в себя триггер и выходной катодный повторитель и формируют им-

пульсы длительностью от импульса запуска до ИКД. Эти импульсы определяют время прямого хода развертки.

Управляющее напряжение, определяющее амплитуду пилообразного напряжения в каждом периоде следования, вырабатывается в блоке ДО-02. Исходными элементами формирования этих напряжений являются сельсин СКВТ М1 блока ДЛ-06 в режиме внешней синхронизации или СКВТ блока датчиков развертки и отметок азимута ДФ-12 при автономной работе.

Статорные обмотки сельсина СКВТ М1 связаны со статорными обмотками СКВТ блока главных датчиков ГД-04 РЛК 5Н87, на роторную обмотку которого подается опорное напряжение частоты 400 Гц от высотомера. Тогда на роторных обмотках СКВТ М1 имеет место синусное и косинусное напряжение вида рис.10.2 а, б, промодулированные по амплитуде частотой вращения антенн дальномеров. Такие же напряжения снимаются с роторных обмоток СКВТ блока ДФ-12 при автономной работе, но промодулированные частотой вращения антенны высотомера.

Эти напряжения через контакты реле РЗ блока ДО-02 поступают на входы фазовых детекторов основной развертки синусного и косинусного каналов. Реле РЗ управляется переключателем «Режим работы» на блоке ИКО-02.

На фазовые детекторы поступает также опорное напряжение частоты 400Гц, то же, что и на СКВТ. В результате фазовые детекторы выделяют огибающие напряжения с СКВТ (рис.10.2 в, г).

Регулировками «Ампл. разв. X(Y)» устанавливается величина напряжений на входах фазовых детекторов, а регулировками «Баланс разв. X(Y)» устанавливаются нулевые напряжения на выходах фазовых детекторов при отсутствии входных сигналов. Огибающие синусного и косинусного каналов через ключи череспериодной коммутации и ключи 16 интервала поступают на генераторы пилообразного напряжения. На каждый из ключей череспериодной коммутации поступают две огибающие в противофазе. Ключи пропускают одновременно одну из них.

Огибающие поступают в ГПН через резисторы, переключаемые платами В2а и В2б переключателя «Дистанция» и определяющую скорость пилы на каждом масштабе, и ключевые схемы. Ключевые схемы обеспечивают восстановление исходного потенциала рабочей емкости ГПН. Реле РЗ блока ИКО-02 обеспечивает скорость нарастания пилообразного напряжения соответственно масштабу 100 км при включенном кольцевом режиме (задержке запуска).

10.3.2 Канал формирования маркера

Маркер целеуказания представляет собой видеоимпульс, задержанный относительно начала запуска на время, пропорциональное дальности датчика маркера и отображается на экране индикатора в виде яркостной точки на азимуте, соответствующем азимуту датчика маркера.

Схема задания дальности маркера включает в себя схему задержки, запускаемую импульсами запуска при внутреннем или внешнем запуске маркера (в зависимости от положения переключателя «Запуск марк.»), и генератор импульса маркера. Схема задержки-фантастрон, управление задержкой которого осуществляется потенциометром датчика дальности ДЛД-01 в блоке ДЛ-06М.

При повороте ручки механизма съема (кнопельного устройства) вперед и назад осуществляется перемещение движка потенциометра в одну или другую сторону. При этом длительность импульса схемы задержки регулируется в пределах, соответствующих дальности от 25 до 400 км. Согласование положения маркера по дальности с отметками дальности на экране индикатора осуществляется регулировками «Макс.», и «Мин.».

Управление маркером по дальности может осуществляться и с внешних систем. Этот режим включается переключателем «Маркер» на блоке ДЛ-06М в положении «Внешн.».

Генератор импульса маркера представляет собой блокинг-генератор, управляемый задним фронтом импульса схемы задержки.

В схеме совпадения обеспечивается прохождение импульса маркера на видеоусилитель и на каскад подсвета только в 16 интервале, для чего на схему совпадения подается импульс от генератора импульсов 16 интервала в блоке ДО-02.

Управляющее напряжение маркера по дальности от отдельного потенциометра субблока ДЛД-02 может выдаваться на внешние системы (объекты АСУ).

Кроме того, через схему совпадения может быть введен маркер целеуказания от внешних систем через блок ЦК-04. Для этого в блоке ЦК-04 имеется усилитель маркера и блокинг-генератор, повторяет импульс маркера внешнего целеуказания.

Для управления положением маркера по азимуту в блоке ДО-02 формируется управляющее напряжение аналогично напряжению основной развертки. Задающим является сельсин СКВТ М4 субблока ДЛА-02 в блоке ДЛ-06М, с ротора которого снимаются синусное и косинусное напряжения частоты 400 Гц, промодулированные по амплитуде частотой перемещения антенны высотомера по азимуту при управлении кнопельным устройством. Управление положением ротора СКВТ осуществляется той же ручкой механизма съема (кнопельного устройства), что и управление маркером по дальности, при перемещении ручки вправо или влево.

Напряжения с СКВТ М4 через потенциометры «Ампл. марк X(Y)» и опорное напряжение 400 Гц подаются на фазовые детекторы напряжений маркера Sin и Cos. В фазовых детекторах выделяются огибающие этих напряжений и через ключи 16 интервала в каждом 16 периоде следования поступают на ГПН. Таким образом, на время следования импульса маркера на электронно-лучевую трубку, на ГПН подаются управляющие напряжения азимута маркера, определяя положение маркера на экране по азимуту. При этом в качестве импульса подсвета используется сам импульс маркера, то есть электронно-лучевая трубка открыта только на время импульса маркера. Это необходимо в связи со следующим. В 16 периоде развертка на экране ИКО перебрасывается на азимут маркера (рис.10.5), а эхо-сигналы, принимаемые в данном периоде, соответствуют направлению антенны дальномера. Отображаясь на развертке, соответствующей азимуту маркера, эти сигналы будут представлять ложную информацию, поэтому необходимо исключить их следование на электронно-лучевую трубку.

Регулировки в канале азимута маркера аналогичны регулировкам в канале азимутальной развертки.

Импульсы маркера с генератора импульсов маркера поступают на блок ИВ-06М, где они отображаются на экране индикатора в виде вертикальной линии на заданной дальности при развороте антенны на заданный азимут.

10.3.3 Канал череспериодной коммутации развертки и сигналов

Канал череспериодной коммутации развертки и сигналов обеспечивает формирование диаметрально-круговой развертки при работе от задающих устройств дальномеров РЛК 5Н87 с одновременным переключением эхо-сигналов дальномеров по направлениям. При этом необходимо включение внешнего режима работы переключателем «Режим работы» в блоке ИКО-02, что обеспечит включение реле Р3 в блоке ДО-02 и Р4 в блоке ИКО-02.

Коммутация развертки и сигналов обеспечивается схемой, включающей в себя генератор череспериодных импульсов, схему управления ключами, ключи череспериодной коммутации развертки в блоке ДО-02 и ключ эхо в блоке ИКО-02. Генератор череспериодных импульсов представляет собой триггер со счетными входами, управляемый импульсами конца дистанции.

ИКД подаются на триггер через инвертор. На анодах триггера имеют место разнополярные импульсы, полярность которых изменяется на обратную с каждым ИКД. Эти импульсы через схему управления ключами (катодные повторители) и контакты включенного реле Р3 поступают на ключи череспериодной коммутации. Ключи череспериодной коммутации осуществляют переключение полярности огибающих синусной и косинусной разверток с фазовых детекторов, а это, в свою очередь приводит к изменению полярности напряжений ГПН (рис.10.6). В результате осуществляется череспериодное перебрасывание развертки на экране ИКО на 180° . Одновременно ключом эхо в блоке ИКО-02 осуществляется переключение эхо-сигналов, соответствующих направлениям развертки (усилители Эхо 1 или Эхо 2).

На эти усилители эхо-сигналы дальномеров РЛК поступают через переключатели «Э1» и «Э2» («нижние» и «верхние» для дальномеров) на блоке ДЛ-06М через контакты включенного реле Р4. Другими контактами переключателей «Э1» и «Э2» выключаются реле Р1 и Р2 в блоке ДО-02. В положении этих переключателей «Выкл.» замкнуты контакты реле Р1 и Р2. При этом на катод электронно-лучевой трубки ИКО подается напряжение +100 В и она закрыта, а триггер генератора череспериодных импульсов закрыт напряжением - 250 В на сетках ламп.

При включении тумблера «Э1» или «Э2» открывается электронно-лучевая трубка, а триггер генератора череспериодных импульсов устанавливается в одном из состояний, обеспечивая установку ключей череспериодной коммутации развертки и эхо в необходимое положение. При включении обоих тумблеров «Э1» и «Э2» обеспечивается череспериодная коммутация развертки и эхо-сигналов, причем, это возможно лишь при положении «Разд» переключателя «Совм разд» в блоке ДЛ-06М.

Положение «Совм» используется при работе с РЛС П-35М, П-37, 5Н84. В положении переключателя «Внутр» в блоке ИКО-02 схема череспериодной коммутации отключается, а ключи устанавливаются в определенное положение

подачей на них постоянных напряжений -125 В и $+125\text{ В}$ при отключенном реле РЗ блока ДО-02.

10.3.4 Канал коммутации напряжений в 16 интервале

Канал коммутации напряжений в 16 интервале обеспечивает временный раздел напряжений основной и маркерной разверток и импульсов подсвета электронно-лучевой трубки при основной и маркерной развертках. В течение 15 очередных периодов следования формируется основная развертка, в каждом 16-м периоде - маркерная развертка. Соответственно коммутируются и импульсы подсвета. Он содержит в себе генератор выделения 16 импульса, генератор импульсов 16 интервала, схему управления ключами, ключи 16 интервала в блоке ДО-02 и формирователи уровня 16 интервала в блоке ИКО-02.

Генератор импульсов 16 интервала - триггер, запускаемый 16 импульсом конца дистанции с блокинг-генератора. Блокинг-генератор заторможенный, работающий в режиме деления частоты ИКД на 16. Триггер срывается очередным импульсом конца дистанции.

С анодов триггера снимаются разнополярные напряжения, полярность изменяется на противоположную при перебрасывании триггера импульсами блокинг-генератора и очередного за ним ИКД. Эти напряжения через схему управления ключами (катодные повторители) подаются на ключи 16 интервала. Ключи обеспечивают коммутацию огибающих основной и маркерной разверток. Ключ 16 интервала отметок азимута запрещает формирование отметок азимута в 16 периоде ввиду того, что азимутульная отметка в этом случае не будет совпадать с азимутом развертки.

Импульс с генератора импульсов 16 интервала поступает также на схему совпадения канала формирования импульса маркера, обеспечивая прохождение импульса маркера на видеоусилитель, и на каскад подсвета и на формирователь уровня 16 интервала канала подсвета.

10.3.5 Канал подсвета

Канал обеспечивает подсвет прямого хода основной развертки. На каскад подсвета через схему несовпадений подается импульс с генератора расширенных импульсов длительностью, равной длительности прямого хода развертки. В каскаде подсвета в течение 15 периодов следования вырабатывается импульс отрицательной полярности, который подается на катод электронно-лучевой трубки, открывая ее.

Схема несовпадений, управляемая импульсом с формирователя уровня 16 интервала, запрещает прохождение импульсов с генератора расширенных импульсов, а на каскад подсвета подается отрицательный импульс маркера, открывая электронно-лучевую трубку только на длительность импульса маркера.

10.3.6 Канал формирования отметок азимута

Принцип формирования отметок азимута поясняется графиками рис.10.7.

Датчиком отметок азимута является сельсин в блоке ДФ-12, ротор которого вращается со скоростью в 18 раз большей, чем скорость вращения ППК. Поэтому напряжение сельсина за оборот антенны 36 раз примет значение равное 0 (рис.10. 7 а). При этих значениях напряжений формируются 10^0 отметки азимута.

В схеме выделения 10^0 отметок азимута, представляющей собой нуль-компаратор, вырабатываются импульсы отметок, длительность которых достаточно большая (рис.10.7 б), так что через схему совпадения проходит несколько импульсов запуска С-6-II (рис.10. 7 г). Отметки азимуту должны быть привязаны к импульсам запуска, а длительность их должна быть равна длительности прямого хода развертки. Это обеспечивается следующим образом.

Блокинг-генератор срабатывает от первого импульса запуска со схемы совпадения. Начало формирования 10^0 отметки в генераторе импульсов 10^0 0А задается импульсом запуска с блокинг-генератора, конец - очередным импульсом конца дистанции, поступающим с блока ИКО-02. Постоянная времени восстановления схемы блокинг-генератора выбрана так, что он срабатывает только от одного импульса запуска из пачки, прошедшей схему совпадения. Импульсами с дифференцирующей цепи запускается делитель частоты импульсов 10^0 отметок на 3, после чего в генераторе импульсов 30^0 отметок формируются импульсы 30^0 отметок. Далее происходит смешивание отметок азимута и подача их на смеситель масштабных отметок канала видеосигналов.

Схема установки на 0 обеспечивает формирование одной из 30^0 отметок при прохождении разверткой 0^0 на ИКО. С этой целью на схему установки 0 подается напряжение от СКВТ основной развертки (рис.10.2 а). При этом происходит установка делителя частоты импульсов в исходное состояние при прохождении напряжения развертки азимута через нуль.

10.3. 7 Канал видеосигналов

Канал видеосигналов включает в себе сумматор видеосигналов, являющийся видеоусилителем с общей анодной нагрузкой, и выходной каскад, через который сигналы поступают на управляющий электрод электронно-лучевой трубки для яркостной индикации. В состав сумматора входят усилитель Эхо 1, усилитель Эхо 2, усилитель Эхо внутр., смеситель масштабных отметок дальности и азимута, усилитель масштабных отметок и маркера. Переключателем «Режим работы» обеспечивается коммутация всех видеосигналов в режиме автономной работы высотомера или сопряжения ИКО с внешними системами. Имеется возможность в канале видеосигналов регулировать усиление сигналов, выключать масштабные отметки и т.д.

В заключение следует отметить, что в блоке ЦК-04 имеется устройство селекции нуля, включающее в себя магнитный усилитель, управляемый сигналами ССП вращения ППК высотомера, и реле Р7. Это устройство автоматически отключает цепь выдачи информации с высотомера на внешние системы при отработке антенной высотомера угла азимутального рассогласования. Информация на внешние системы выдается только после того, как антенна высотомера остановится на заданном азимуте.

11. СИСТЕМА СИНХРОНИЗАЦИИ И ОТМЕТОК ДИСТАНЦИИ

11.1 Назначение, состав и основные характеристики системы синхронизации и отметок дистанции

Система синхронизации и отметок дистанции предназначена:

- для формирования и распределения импульсов запуска, параметры и временная расстановка которых обеспечивают синхронную работу аппаратуры высотомера при автономной работе и при сопряжении его с внешними системами, объектами АСУ или радиодальномерами, с которыми сопрягается высотомер;
- для формирования импульсов отметок дистанции (10 км и 50 км), образующих шкалу дистанции на экранах индикаторов высоты и кругового обзора.

В состав системы входят:

- блок запуска и отметок дистанции ДД-09, размещенный в шкафу Д-3Р прицепа В2Р;
- схема усиления импульсов запуска и отметок дистанции, поступающих от внешних систем при работе высотомера в режиме внешнего запуска; размещенная в блоке формирования огибающих и отметок азимута ДО-02;
- схема управления запуском в блоке дистанционного управления высотомером ЦП-08, обеспечивающая коммутацию режимов запуска;
- блок питания БП-25 (в шкафу Д-3Р);

Схема взаимодействия системы синхронизации и отметок дистанции представлена на рис. 11.1. Основным элементом системы является блок запуска и отметок дистанции ДД-09, который формирует следующие импульсные последовательности:

- импульсы запуска приемо-передающей аппаратуры С-3 (блок тиратронов ПТ-03М, блоки приемников РП-09 и РО-04, блок контроля РК-08);
- импульсы запуска С-2 и С-4, выдаваемые на внешние системы;
- импульсы запуска индикаторной аппаратуры: индикатора высоты ИВ-06М и индикатора кругового обзора ИКО-2 С-6-1 (частый запуск) и С-6-2 (редкий запуск);
- импульсы запуска С-7 и срыва С-21 для аппаратуры защиты от пассивных помех (импульсы С-21 используются при наличии аппаратуры защиты на потенциалоскопах - шкаф К-2 или К-3);
- импульсы отметок дистанции 10-км и 50-км, выдаваемые на индикаторную аппаратуру;
- импульсы запуска С-5, «АПОС» и «К. ДИСТ.» для наземного радиолокационного запросчика 1Л22; импульсы С-5 определяют начало формирования запросных сигналов, импульсы «К. ДИСТ.» соответствуют концу дистанции обработки сигналов, а импульсы «АПОС» (анализ пачки ответных сигналов) обеспечивают работу аппаратуры анализа пачки ответных сигналов в запросчике;
- тактовые импульсы С-25 с периодом повторения 13.3 мкс (2 км по дальности), выдаваемые на объекты АСУ.

В зависимости от выполняемых задач и варианта работы высотомера, система синхронизации может работать в режиме внутреннего или внешнего запуска. Импульсы внешнего запуска и отметок дистанции после усиления со-

ответствующими схемами, расположенными в блоке ДО-02, поступают в блок ДД-09 для его синхронизации.

Временная расстановка импульсов запуска С-2, С-3, С-4, С-5, С-6-1, С-6-2 и «К. ДИСТ.» относительно начала отсчета в режимах внутренней и внешней синхронизации приведена на рис. 11.2.3, за начало отсчета в обоих режимах синхронизации принята нулевая 10-км отметка дистанции.

Момент излучения зондирующего сигнала определяется импульсом С-3. Ввиду того, что зондирующие и отраженные сигналы претерпевают задержки в трактах при их формировании и обработке, необходимо обеспечение упреждения импульса С-3 относительно нуля дистанции. Оно устанавливается при юстировке системы в пределах 0...66.7 мкс. Для этой цели в блоке ДД-09 предусмотрены органы установки упреждения с тремя градациями:

- грубо с дискретностью 16.7 мкс.(2.5 км);
- точно-1 с дискретностью 1 мкс.(150 м);
- точно-2 с дискретностью 0.2 мкс.(30 м).

Установка упреждения осуществляется по совмещению контрольного импульса с блока РК-08 с 20-км отметкой дистанции. Импульсы запуска собственных индикаторов С-6-1 и С-6-2 и индикаторной аппаратуры внешних систем С-2 и С-4 соответствуют нулю дистанции. Для учета задержек сигналов опознавания при их кодировании и дешифрации упреждение запуска НРЗ 1Л22 (импульса С-5) составляет 162 мкс.

При внутреннем запуске высотомер может работать в одном из четырех режимов запуска: «РЕДКИЙ 1», «РЕДКИЙ 2» (импульсы С-6-2), «ЧАСТЫЙ», «ЧАСТЫЙ В» (импульсы С-6-1) со следующими значениями периодов повторения (рис. 11.3):

- в режиме «РЕДКИЙ 1» - 2.73 мс (410 км);
- в режиме «РЕДКИЙ 2» - 3.0 мс (450 км);
- в режиме «ЧАСТЫЙ» - чередование значений периодов: 1.47 мс (220 км) и 1.26 мс (190 км) так, что сумма двух соседних периодов следования частого запуска равно периоду запуска «РЕДКИЙ 1»;
- в режиме «ЧАСТЫЙ В» - чередование значений четырех периодов следования: 1.47 мс (220 км), 1.26 мс (190 км), 1.49 мс(224 км) и 1.24 мс (186 км); сумма периодов следования каждой из пар данного режима равна периоду запуска «РЕДКИЙ 1».

При сопряжении высотомера с внешними системами на блок ДД-09 подаются импульсы запуска амплитудой не менее 20 В, длительностью 0.8...5 мкс и 10-км ОД амплитудой не менее 20 В и длительностью 0.3...3 мкс с частотой следования 15 кГц. Необходимым условием является постоянство периода следования импульсов внешнего запуска. Допустимый диапазон частот следования импульсов внешнего запуска 333...400 Гц. При внешнем запуске высотомер может работать в одном из трех режимов:

- «ВНЕШНИЙ 2»;
- «ВНЕШНИЙ 1»;
- «ВНЕШНИЙ 1 В».

Режим «ВНЕШНИЙ 2» соответствует режиму «РЕДКИЙ 1» внутреннего запуска с неизменным периодом следования, задаваемым внешней системой.

Режим «ВНЕШНИЙ 1» соответствует режиму «ЧАСТЫЙ» внутреннего запуска. В этом режиме четыре соседних периода следования имеют различные значения T_1 , T_2 , T_3 и T_4 , а сумма каждой из двух пар равна периоду следования «ВНЕШНИЙ 2».

Режим «ВНЕШНИЙ 1В» соответствует режиму «ЧАСТЫЙ В» внутреннего запуска с четырьмя изменяющимися периодами следования: T_1 , T_2 , $T_1 + 27$ мкс (4 км) и $T_2 - 27$ мкс (4км). Сумма каждой пары периодов следования равна периоду следования «ВНЕШНИЙ 2».

При этом на высотомер поступает от внешних систем только импульсы запуска, соответствующие режиму «ВНЕШНИЙ 2», т.е. редкого запуска. Последовательности импульсов режимов «ВНЕШНИЙ 1» и «ВНЕШНИЙ 1В» (частого запуска) формируются в системе синхронизации высотомера.

Импульсные последовательности С-2, С-5 и С-6-2 в системе синхронизации высотомера формируются всегда с периодом редкого запуска. Остальные последовательности (С-3, С-4, «К. ДИСТ.», С-7, С-21) формируются с периодами, соответствующими режиму запуска внутренней или внешней синхронизации. Импульсы С-6-1 имеют периоды только частых запусков. Режим запуска «РЕДКИЙ 2» используется, как было отмечено в разделе 2 пособия, в амплитудном режиме при обнаружении целей на максимальных дальностях. Режимы запуска «РЕДКИЙ 1» и «ВНЕШНИЙ 2» используется при работе как в амплитудном, так и в когерентном режимах. Режимы запуска «ЧАСТЫЙ» и «ВНЕШНИЙ 1» используются при работе в когерентном или смешанном режимах при наличии интенсивных пассивных помех. Вобуляция частоты следования импульсов запуска исключает пропадание отметок целей в когерентном режиме из-за наличия слепых скоростей. Режимы запуска «ЧАСТЫЙ В» и «ВНЕШНИЙ 1В» используются при работе в тех же режимах, что и запуск «ЧАСТЫЙ» и «ВНЕШНИЙ 1», но в этих режимах запуска появляются ложные отметки целей из-за неоднозначностей по дальности. Такие отметки в действительности находятся на дистанции, большей дистанции первого периода частого запуска, но отображаются на втором периоде. При этом на экранах индикаторов появляется еще одна такая же отметка, смещенная по дистанции на 3-4 км.

При работе в режиме внешней синхронизации и внезапном исчезновении импульсов внешнего запуска система синхронизации автоматически переходит в режим внутренней синхронизации.

На сопрягаемые системы при работе ПРВ-13 в высотомерном режиме выдаются импульсы запуска, соответствующие запуску, поступающему на индикаторную аппаратуру шкафа И-7Р (редкому или частому). При работе высотомера в дальномерном режиме на сопрягаемые системы подается только запуск «РЕДКИЙ 1».

Временное положение импульсов С-7 и С-21 относительно начала отсчета зависит от режима запуска и от типа системы СДЦ, используемой в высотомере. Для системы СДЦ, выполненной на потенциалоскопах (блоки вычитания КВ-01, блок защиты от НИП ФП-02, блок питания и контроля БП-06, показанные на схеме рис. 11.1 пунктиром), импульс запуска С-7 совпадает с нулевой отметкой дальности. В режимах частого запуска импульс С-7 может быть задержан относительно нулевой отметки дальности на 133 мкс (20 км) или на 400

мкс (60 км). Импульс срыва С-21 задержан относительно импульса С-7 в зависимости от режима запуска в следующих пределах:

- в режимах запуска «РЕДКИЙ 1», «РЕДКИЙ 2» и «ВНЕШНИЙ 2» - на 1,64 мс (250 км);

- в режимах запуска «ЧАСТЫЙ», «ЧАСТЫЙ В», «ВНЕШНИЙ 1», «ВНЕШНИЙ 1В» - на 0,87 мс (130 км).

При задержке импульса С-7 относительно нулевой ОД на 60 км, задержка импульсов С-21 относительно С-7 - 800 мкс (120 км), а при задержке импульса С-7 относительно нулевой ОД на 20 км, задержка импульсов С-21 относительно С-7 - 867 мкс (130 км).

Импульсы запуска С-7 и срыва С-21 определяют пределы работы потенциалоскопов по дальности.

Для дискретно-аналоговой системы СДЦ (блок вычитания КВ-02 и блок контроля К-04) импульс С-7 совпадает с нулевой отметкой дальности или может быть задержан относительно нулевой отметки дальности на 66.7 мкс (10 км), а импульс С-21 не используется. Пределы работы устройств вычитания по дальности определяются устройством синхронизации и управления в блоке КВ-02.

11.2. Структурная схема блока запуска и отметок дистанции ДД-09

Рассмотрим принцип функционирования блока ДД-09 по структурной схеме, представленной на рис.11.4.

Блок ДД-09 построен на элементах дискретной техники и выполнен в виде функциональных узлов и ячеек. В качестве основной элементной базы этих узлов и ячеек используются интегральные микросхемы и полупроводниковые приборы.

В состав блока ДД-09 входят следующие типы узлов и ячеек:

- схема ограничения и нормирования команд по амплитуде (ячейка И2ПЖ2);

- генератор сигналов (ячейка И2ГС3);

- схема формирования периодов повторения (последовательностей импульсов $C_{об}$, $C_{с}$) при внутренней синхронизации (узел И1ИК39);

- схема измерения периода повторения при внешнем запуске (узел И1ИК40);

- схема формирования кодов предварительной установки делителей (узел И1ИД10);

- схема формирования импульсов $C_{об}$, $C_{оп}$ при внешней синхронизации (ячейка И2ИЕ5);

- схема формирования исходной последовательности импульсов и обеспечения вобуляции частоты повторения (ячейка И2ИК37);

- схемы сравнения сигналов (ячейки И2СА4);

- схема формирования, усиления и задержки сигналов АПОС (ячейка И2ИП17);

- схема формирования импульсов с малым периодом повторения (ячейка И2ИЕ6);

- схема распределения импульсных последовательностей по нескольким каналам (узел И1ИП19);
- многоступенчатая схема электронной задержки импульсов (узел И1БР2);
- двухступенчатая схема задержки импульсов (ячейка И2БР1);
- схема электронной задержки и коммутации сигналов (узел И1БР3);
- схема одноступенчатой многоканальной электронной задержки импульсов и формирования их длительности (узел И1БР4);
- схема формирования тактовых импульсов и задержки сигналов (узел И1ИК41);
- схема формирования стробов и коммутации (узел И1ИК42);
- схема делителей частоты с дешифраторами (ячейка Д2ИК38);
- ключевая схема (узел К-0118);
- цифровое табло ИН-12А.

Генератор сигналов И2ГС3 формирует импульсные последовательности, синхронизирующие работу всего блока. Основной ячейки является автогенератор; стабилизируемый по частоте кварцем. Он формирует напряжение типа «меандр» частотой $F_0 = 2698,68$ кГц (≈ 3 МГц). Путем деления частоты F_0 на 50 в ячейке формируются также последовательности импульсов И1, И2, И3 с параметрами:

- частота следования 60 кГц ($T_a = 16,7$ мкс);
- импульс И2 задержан относительно И1 на 10 мкс;
- импульс И3 задержан относительно И1 на 4 мкс.

В дальнейшем последовательность И1 является основной тактовой периодичностью импульсов для формирования периодов повторения импульсов в режимах «РЕДКИЙ 1», «РЕДКИЙ 2», «ЧАСТЫЙ», «ЧАСТЫЙ В» при внутренней синхронизации, а также совместно с И2, И3 и F_0 используется в качестве дискретных электронных схем задержки импульсов и формирования малой вобуляции периодов повторения $T_a \pm 27$ мкс (4 км) в режиме «ЧАСТЫЙ В» при внутренней и внешней синхронизации. Кроме того, последовательность «меандр» F_0 используется в качестве тактовых импульсов для работы контрольного устройства блока при измерении периодов повторения выходных импульсов и в качестве дискрета при формировании длительностей импульсов запуска.

В режиме внешней синхронизации автогенератор синхронизируется внешними отметками дальности, поступающими на ячейку от схемы измерения периода повторения внешнего запуска (узел И1ИК40).

Принцип формирования импульсов запуска в блоке ДД-09 основан на формировании базовой последовательности импульсов $C_{об}$, C_6 , которые следуют с опережением относительно начала отсчета на 267 мкс (40 км) как в режиме внутренней, так и распределения импульсов по нескольким каналам, соответствующим видам запуска, обеспечивается формирование последовательностей импульсов запуска С-2, С-3, С-4, С-5, С-6-1, С-6-2, С-7, С-21, «К. ДИСТ».

В зависимости от режима синхронизации формирование опережающих импульсов осуществляются различными схемами.

В режиме внутренней синхронизации импульсы, следующие с опережением, формируются схемой формирования $C_{об}$, C_6 внутренней синхронизации (узел И1ИК39) путем деления частоты последовательности И1, подводимой к узлу. При этом величина первого периода последовательностей $C_{об}$, C_6 одинаково-

ва во всех режимах запуска и равна 1,47 мс (220 км), что соответствует коэффициенту деления триггерного делителя равному 88. Второй период этих последовательностей зависит от режима запуска и равен 1,33 мс (190 км) в режимах «РЕДКИЙ 1», «ЧАСТЫЙ» и «ЧАСТЫЙ В» и 1,54 мс (230 км) в режиме «РЕДКИЙ 2», что соответствует коэффициентам деления делителя 76 и 92 соответственно. Далее значения периодов повторяются: 220 км и 190 (230) км и т.д.

Таким образом, сумма двух соседних периодов равна 2,73 мкс (410 км) или 3,0 мс (450 км), что соответствует режимам запуска «РЕДКИЙ 1» или «РЕДКИЙ 2» соответственно в режиме внутренней синхронизации. Формирование последовательности режима «РЕДКИЙ 2» определяется командой «РЕДКИЙ 2» в виде высокого уровня ИМС, подводимого к узлу И1ИК39 от ячейки Д2ПЖ2. В дальнейшем импульсы $C_{об}$, C_6 подаются на схему формирования исходных последовательностей импульсов и возбуждения - ячейку И2ИК37. Ко второму входу ячейки подводятся импульсы C_6 внешние режима внешней синхронизации от узла И1ИД10, которые также следуют с опережением относительно нулевой внешней отметки дальности на 266,7 мкс (40 км).

Рассмотрим принцип формирования опережающей последовательности импульсов в режиме внешней синхронизации. Отметим, что при внешней синхронизации на выотомер подаются импульсы только редкого запуска «ВНЕШНИЙ 2» и 10-км отметки дистанции. Последовательность импульсов запуска при внешней синхронизации должна удовлетворять следующим условиям:

- постоянство периода повторения;
- пределы частот повторения должны составлять 333 - 400 Гц;
- величина периода повторения должна быть кратна числу периодов 10-км отметок дистанции внешних.

В системе синхронизации выотомера по импульсам редкого запуска «ВНЕШНИЙ 2» формируются промежуточные импульсы, образующие частый запуск «ВНЕШНИЙ 1» с изменяющимися значениями периода на четыре значения в четырех соседних периодах (T_1 , T_2 , T_3 , T_4) в соответствии с таблицей 11.1. В режиме «ВНЕШНИЙ 1В», как и в режиме «ЧАСТЫЙ В», вторая пара периодов (T_3 , T_4) изменяется на значения, соответствующие ± 4 км по дальности.

Таблица 11.1

Частота внешнего запуска (Гц)	Дистанция периода следован. (км)	Дистанции периодов запуска «ВНЕШНИЙ 1» (км)			
		T_1	T_2	T_3	T_4
400	370	200	170	190	180
394	380	210	170	200	180
384	390	210	180	200	190
375	400	220	180	210	190
365	410	220	190	210	200
357	420	220	200	210	210
350	430	220	210	210	220
340	440	220	220	210	230

Так как значения периодов T_1, T_2, T_3, T_4 зависят от значения периода следования внешнего запуска, для формирования импульса частых запусков при внешней синхронизации предварительно необходимо измерить период следования внешнего запуска. Поэтому процесс формирования опережающих импульсов запуска осуществляется в два этапа - в течение двух периодов следования внешнего запуска. На первом этапе осуществляется измерение периода следования импульсов внешнего запуска, на втором - формирование исходных, опережающих на 40 км нулевую внешнюю 10-км отметку импульсов.

В режиме внешней синхронизации в формировании импульсов, следующих с опережением, задействованы узлы И1ИК40, И1ИД10 и ячейка И2ИЕ5. На схему измерения периода повторения внешнего запуска И1ИК40 подводятся импульсы внешнего запуска и внешние отметки дистанции. В узле И1ИК40 они ограничиваются по амплитуде до уровня логической единицы ИМС (2,4...4,5 В), нормируются по длительности, а также производится совмещение импульса запуска с нулевой отметкой дальности и задержка импульсов внешнего запуска на 16,7 мкс (2,5 км). Задержанный импульс используется далее для установки счетчика с произвольным коэффициентом деления в нуль. В качестве задержки на 16,7 мкс используется период повторения последовательности И1, подаваемой на узел И1ИК40. Нормированные внешние отметки дистанции подаются на счетный вход счетчика с произвольным коэффициентом деления - измерителя периода повторения внешнего запуска. С помощью счетчика производится первый этап формирования опережающих импульсов в течение первого периода внешнего запуска. Количество импульсов отметок дистанции, просчитанное счетчиком, соответствует периоду повторения внешнего запуска. Так, при частоте импульсов внешнего запуска 365 Гц период соответствует 410 км, а число внешних отметок дальности равно 41. Следовательно, с сороковой отметкой дальности (первая имеет номер 0) совпадает очередной импульс внешнего запуска. Состояние семиразрядного счетчика при этом равно 0101000 и является признаком частоты 365 Гц, выдаваемым на схему формирования кодов предварительной записи И1ИД10. Задержанным на 16,7 мкс импульсом запуска счетчик устанавливается в исходное состояние, подготовленное для измерения частоты следования в следующем периоде внешнего запуска.

В схеме узла И1ИД10 по признакам частоты внешнего запуска формируются коды предварительной установки делителей ячейки И2ИЕ5 в соответствие признаков частоты внешнего запуска с учетом формирования величины опережения 40 км.

Схема ячейки И2ИЕ5 представляет собой два делителя - счетчика с переменным коэффициентом деления, работающих последовательно во времени. Первый счетчик в результате подсчета 10-км внешних отметок дальности формирует первый импульс частого запуска $C_{оп}$, второй, начиная счет после первого счетчика, формирует второй импульс частого запуска $C_{об}$, совпадающий с импульсом редкого запуска. Сумма периодов $C_{оп}$ и $C_{об}$ равна периоду повторения внешнего запуска.

Кодами со схемы узла И2ИД10 производится предварительная установка счетчиков на основе измерения частоты следования для формирования импульсов запуска периодов Т1, Т2, Т3 и Т4 в соответствии с таблицей 11.1. Например, для частоты следования 365 Гц (410 км по дальности), первый счетчик формирует импульс с периодом, соответствующим 220 км, далее второй счетчик - с периодом 190 км, после новой установки делителей формируются периоды, соответствующие 210 и 200 км. В результате общая периодичность повторения импульсов $C_{об}$ и $C_{оп}$ будет изменяться следующим образом: 220 км, 190 км, 210 км, 200 км и т.д. Для других частот следования внешнего запуска эти соотношения будут другими.

Обобщенная периодичность импульсов $C_{оп}$ и $C_{об}$ с указанной периодичностью в виде импульсной последовательности $C_{б\text{ внеш}}$ подается через узел И1ИД10 на второй вход схемы формирования исходных последовательностей и вобуляции И2ИК37.

Схема, выполненная на базе ячейки И2ИК37, формирует базовые импульсы $C_{об-С5}$, $C_{об-С3}$, $C_{б-С6}$, $C_{б-С7}$, которые разнесены между собой во времени на постоянные величины независимо от режима синхронизации. Импульсная последовательность $C_{об-С5}$ опережает последовательность $C_{об-С3}$ на 200мкс (30 км), импульсы $C_{об-С3}$ опережают импульсы $C_{об-С7}$ на 66,7мкс (10 км), импульсы $C_{об-С6}$ опережают импульсы $C_{об-С7}$ на 66,7мкс (10 км). Из перечисленных импульсов формируется последовательность $C_{б-3675}$, которая представляет собой объединение импульсов $C_{об-С5}$, $C_{об-С3}$, $C_{б-С6}$ и $C_{б-С7}$, разнесенных между собой на указанные величины. Для обеспечения этих временных интервалов используются импульсы И1. Помимо этого, в ячейке осуществляется малая вобуляция периодов повторения импульсов (± 4 км). В качестве дискрета вобуляции используются периоды повторения импульсов И1, И2, подводимые к ячейке. Включение малой вобуляции обеспечивается командой «Вобул» в режимах запуска «ЧАСТЫЙ В» или «ВНЕШНИЙ 1В».

Импульсы $C_{б-3675}$ подаются на схему формирования последовательностей С-2, С-3, С-4, С-5, С-6-1, С-6-2, С-7, С-21, «К. ДИСТ», С-25, ОД и их временной расстановки относительно начала отсчета (узлы И1БР1, И1БР3, И1БР4, И1ИП19, И1ИК41, ячейки И2БР2, И2ИЕ6). Схема осуществляет следующие процессы:

- распределение импульсов последовательности $C_{б-3675}$ по каналам в соответствии с типом запуска в режимах внутренней и внешней синхронизации (узел И1ИП19);

- формирование временной расстановки импульсов запуска С-7 и С-21, а также их задержку относительно нулевой ОД (С-7) и относительно С-7-импульса срыва С-21 для аппаратуры помехозащиты на потенциалоскопах (узел И1ИП19);

- формирование временной расстановки импульсов запуска С-7 относительно нулевой ОД для аппаратуры помехозащиты на дискретных элементах (узел И1ИК41);

- формирование тактовых импульсов - импульсов С-25 и их усиление (узел И1ИК41);

- формирование 10-км и 50-км ОД (узел И1БР4 и ячейка И2ИЕ6);

- формирование временной расстановки импульсов запуска С-3 и обеспечение ручной установки величины временного опережения с помощью переключателей «Диапазон», «Задержка грубо», «Точно-1» и «Точно-2» (узел И1БР2);
- формирование временной расстановки импульсов запуска С-2, С-4, С-6-1, С-6-2, «К. дист» относительно нулевой ОД (узлы И1БР3, И1БР4);
- формирование длительности импульсов всех видов запуска (узел И1БР4).

Временная расстановка импульсов всех видов запуска осуществляется с помощью электронных схем задержки и многоотводных линий задержки. В качестве дискретов электронных схем задержки используются периоды повторения импульсов И1, И2, И3 и F_0 . При этом периоды повторения импульсов И1, И2 и И3 используются в качестве грубого дискрета задержки, F_0 - в качестве дискрета «Точно-1», а отводы линий задержки - в качестве дискрета задержки «Точно-2».

Десяти и пятидесятикилометровые отметки дистанции формируются путем деления частоты на 5.

Сформированные последовательности импульсов С-2, С-3, С-4, С-5, С-6-1, С-6-2, С-7, С-21, «К. ДИСТ», С-25, ОД-10, ОД-50 поступают на схему усиления (кабельные усилители К-0120), обеспечивающую усиление импульсов по мощности и согласование выходов блока с коаксиальными кабелями. По кабелям импульсы с блока выдаются потребителям, а также ответвляются на контрольное устройство.

Схемы сравнения сигналов (две ячейки И2СА4) и схема формирования, усиления и задержки сигналов (ячейка И2ИП17) предназначены для формирования импульсов АПОС (анализа пачки ответных сигналов), подаваемых на НРЗ 1Л22. Импульс АПОС представляет собой импульс длительностью 333 мкс (50 км), положение которого изменяется в пределах 60...2500 мкс относительно импульса С-5 с помощью управляющего напряжения от блока ИКС-02, изменяющегося в пределах 0...+125 В.

Формирование импульсов АПОС осуществляется следующим образом. На схему формирования, усиления и задержки (ячейку И2ИП17) подаются импульсы запуска С-5 и ОД 50-км. С помощью электронных схем задержки формируются импульсы С-5-1 и С-5-2, задержанные относительно импульсов С-5 на 10 мкс и на 340 мкс соответственно. Импульсами С-5-1 и С-5-2 запускаются генераторы пилообразного напряжения компараторов ячеек И2СА4. Методом сравнения изменяющегося опорного напряжения с пилообразным в ячейках формируются импульсы К1 и К2, разнесенные во времени на 333 мкс (50 км). Импульсы К1 и К2 подаются в ячейку И2ИП17 на входы триггера и на схему суммирования. Импульс К1 устанавливает триггер в состояние 1, импульс К2 - в состояние 0. В результате формируется широкий импульс АПОС длительностью 333 мкс, который затем усиливается в узле И1ИК41 и выдается через кабельные усилители К-0120 на выход блока.

Просуммированные импульсы К1, К2 представляют собой пару импульсов «Контроль АПОС», которые замешиваются с 10-км отметками дистанции для контроля в контрольном устройстве по команде «Контроль».

Управление режимами работы блока ДД-09 осуществляется с помощью переключателя «Запуск» на блоке ДД-09, на шкафу автоматики ЦМ-26 (прицеп В1Р) или на блоке ЦП-08 (прицеп В2Р) в зависимости от положения переключателя «Род работы» на щите ИЩ-03 (прицеп В2Р) и на шкафу ЦМ-26. В положении переключателя «Род работы» на ИЩ-03 «МЕСТН» управление режимами запуска осуществляется переключателем блока ДД-09. В положении переключателя на ИЩ-03 «ДИСТ» управление режимами запуска осуществляется либо со шкафа ЦМ-26, либо с ЦП-08 в зависимости от положения переключателя «Род работы» на шкафу ЦМ-26 - «МЕСТН» - управление от ЦМ-26, или «ДИСТ» - управление от блока ЦП-08.

Команды на включение соответствующих режимов подаются на схемы блока ДД-09 в виде напряжения ± 27 В через схему ограничения и нормирования команд (ячейка И2ПЖ2). Ячейка И2ПЖ2 предназначена для преобразований напряжений команд управления ± 27 В в напряжения уровней логической 1 и логического 0 используемых интегральных микросхем.

На ячейку И2ПЖ2 в соответствии с положениями переключателя «Запуск» подаются напряжение $+ 27$ В признака внешнего запуска, напряжение $+ 27$ В признака «РЕДКИЙ 2». По цепи «ЧАСТЫЙ» подаются напряжения $+ 27$ В или $- 27$ В. Положительное напряжение соответствует положениям переключателя «ЧАСТЫЙ» или «ВНЕШНИЙ 1», отрицательное напряжение - положениям «ЧАСТЫЙ В» или «ВНЕШНИЙ 1В».

Установка задержки запуска С-7 на 20 км или 60 км осуществляется переключателем «ЗАДЕРЖКА ЗАП. КВ» на блоке ИКС-02. При этом на ячейку И2ПЖ2 подаются напряжения $+27$ В или -27 В «Задержка КВ». Положительному напряжению соответствует задержка запуска С-7 на 20 км, отрицательному - на 60 км.

Команда «Контроль АПОС» подается на ячейку И2ПЖ2 и с нее на ячейку И2ИП17 в режиме контроля блока ДД-09.

Контрольное устройство включает в себя схему формирования стробов (узел И1ИК42), схему формирования коммутирующих импульсов (ячейка И2ИК38), ключевую схему (узел К-0118) и цифровое табло ИН-12А. Контрольное устройство обеспечивает:

- измерение параметров выходных импульсов по экрану осциллографа;
- проверку временной расстановки импульсов С-2, С-3, С-4, С-5, С-6-1, С-6-2, С-7, С-21, «К. ДИСТ» на соответствие данным, приведенным на рис. 11.2;
- контроль периодов повторения выходных импульсов запуска, отметок дистанции и подводимых к блоку импульсов внешнего запуска и отметок дистанции по показаниям цифрового табло.

В заключение отметим, что в первых модификациях высотомера использовался блок запуска и отметок дистанции ДД-07, в более поздних модификациях - блок ДД-08. Если принципы построения блока ДД-08 незначительно отличаются от блока ДД-09, то блок ДД-07 имеет более существенные отличия, они заключаются в следующем:

- блок выполнен на старой элементной базе - электронных лампах, с более простыми схемными решениями;
- в нем не формируются последовательности импульсов для НРЗ: С-5, АПОС, К. ДИСТ;

- в качестве задающего используется кварцевый генератор частоты 75 кГц, период колебаний которого соответствует дистанции 2 км;
- в блоке отсутствует режим запуска с малой возбуждающей «ЧАСТЫЙ В»;
- учет упреждения последовательностей импульсов осуществляется путем задержки начала формирования отметок дальности и импульсов С-6-1, С-6-2 относительно импульсов С-3.

12. СИСТЕМА ВРАЩЕНИЯ ПРИЕМО-ПЕРЕДАЮЩЕЙ КАБИНЫ

12.1. Назначение, состав и основные технические характеристики системы вращения приемо-передающей кабины

Система вращения предназначена для вращения приемо-передающей кабины и установки ее на любой заданный азимут. Она может работать в любом из следующих режимов:

- ручное управления вращением кабины;
- независимое кругового вращения кабины с постоянными скоростями $6 \pm 0,5$ или $10 \pm 0,5$ об/мин;
- синхронное с дальномерами круговое вращение со скоростями $3 \pm 0,2$ и $6 \pm 0,3$ об/мин;
- азимутальное сканирование кабины в секторе углов $10^0 \dots 170^0$ со скоростью 44 град/мин или 108 град/мин. Выход кабины в заданный сектор осуществляется по кратчайшему пути с повышенной скоростью вращения. Биссектриса сектора может быть установлена на любой азимут.

В состав системы входят:

- блок дистанционного управления режимами ЛЦ-13 (часть блока, включающая редуктор с задающими сельсинами грубого и точного отсчета, коммутатор режимов и устройства задания ширины сектора азимутального сканирования);
- блок задания сигналов управления системой вращения при азимутальном сканировании ВЗ-02;
- блок суммирования и усиления сигналов управления и сигналов обратных связей системы вращения ЛУВ-02;
- усилитель мощности - электромагнитный усилитель ЭМУ-52В;
- исполнительный двигатель постоянного тока с независимым возбуждением и с встроенным тахогенератором ПБСТ-62;
- редуктор вращения кабины ЛВР-01;
- блок азимутальных датчиков ДФ-09;
- блок управления маркером по азимуту и дальности ДЛ-06 (часть блока включающая редуктор с задающими сельсинами грубого и точного отсчета, электропривод и переключатель «Упр. азим. высот»);
- элементы системы управления, защиты и контроля, расположенные в блоке дистанционного управления ЦП-08, в шкафу автоматики ЦМ-26 и в панели ПУ-01, установленной в заднем кармане повозки КЛУ-10.

Основные технические характеристики системы вращения:

- статическая ошибка в режиме ручного управления - не более $\pm 20'$;

- чувствительность в режиме ручного управления - не хуже $\pm 10'$;
- динамическая ошибка в режиме ручного управления - не более $\pm 30'$;
- динамическая ошибка в режиме азимутального сканирования со скоростью 44 град/мин - не более $\pm 1,5^{\circ}$;
- динамическая ошибка в режиме кругового синхронного вращения - не более $\pm 1^{\circ}$;
- время обработки угла рассогласования 170° не более 9с;
- максимальный выбег кабины при установке на любой заданный азимут - не более 5° .

Управление вращением осуществляется при помощи элементов, расположенных в блоках ЛЦ-13 и ДЛ-06 или от внешних систем (при соответствующих положениях переключателя «Упр. азим. высот.» на блоке ДЛ-06).

12.2. Функциональная схема системы вращения приемо-передающей кабины

Принцип работы системы вращения рассмотрим по функциональной схеме, рис. 21.1.

Система вращения представляет собой замкнутую силовую двухканальную следящую систему непрерывного действия. Угол рассогласования между азимутальным положением кабины и угловым положением задающего элемента преобразуется в электрический сигнал, который суммируется с сигналами обратных связей и, после соответствующего усиления воздействует на исполнительный двигатель системы вращения в направлении, устраняющем рассогласование. Таким образом, поворот оси задающего устройства на любой определенный угол вызывает поворот кабины в ту же сторону на тот же угол. Обратные связи предназначены для улучшения динамических характеристик системы - повышения устойчивости и качества переходных процессов.

В режимах ручного управления, секторного обзора и синхронного кругового вращения система вращения представляет собой астатическую следящую систему по углу поворота непрерывного действия, а в режиме независимого кругового вращения - статическую систему автоматического регулирования скорости. В качестве элементов, измеряющих угол рассогласования между задающим и исполнительным устройствами и преобразующих его в сигнал переменного тока, используются сельсины, работающие в трансформаторном режиме. С целью повышения точности обработки угла рассогласования, система выполнена двухканальной. Сельсин-приемники грубого отсчета (ГО) и точного отсчета (ТО) расположены в блоке ДФ-09 и связаны с осью вращения кабины передаточными отношениями 1:1 и 23:1 соответственно. Нечетное передаточное отношение выбрано для исключения возможности согласования системы в ложном нуле канала ГО. Сигналы рассогласования угловых положений кабины и задающего устройства снимаются с соответствующих сельсин-датчиков, подключение которых к сельсин-приемникам осуществляется переключателем «Упр. азим. высот.», расположенном на лицевой панели блока ДЛ-06 и имеющем три положения: «ЛЦ», «Внеш.» и «ДЛ».

К сельсин-приемникам блока ДФ-09 подключаются при установке переключателя блока ДЛ-06 «Упр. азим. высот» в положение:

- «ЛЦ» - сельсин-датчики блока ЛЦ-13;
- «Внеш» - сельсин-датчики внешней системы через дифференциальные сельсины блока ЦК-04;
- «ДЛ»-сельсин-датчики блока ДЛ-06.

Статорные обмотки соответствующих сельсин-приемников соединяются со статорными обмотками сельсин-датчиков блока ДФ-09.

При работе в режиме азимутального сканирования в секторе в разрыв статорных цепей сельсинов блоков ДФ-09 и ЛЦ-13 подключаются дифференциальные сельсины блока ВЗ-02. При этом изменение углового рассогласования задается этими дифференциальными сельсинами, а скорость изменения углового рассогласования задается скоростью вращения шагового двигателя субблока ВЗР-01, приводящего во вращение оси дифференциальных сельсинов. Для управления шаговым двигателем используется замкнутая импульсная система управления, обеспечивающая возможность плавной регулировки величины сектора в пределах $10^0 \dots 170^0$ и задания скорости вращения дифференциальных сельсинов равной 44 град/мин. Реверсирование двигателя на границах сектора осуществляется изменением полярности управляющих импульсов шагового двигателя. Биссектриса азимутального сканирования задается угловым положением сельсин-датчика ГО блока ЛЦ-13.

Роторные обмотки сельсин-датчиков блока ДФ-09 запитываются напряжением частоты 400 Гц.

Сигналы рассогласования каналов ГО и ТО снимаются с роторов сельсин-датчиков и поступают в блок ЛУВ-02. Просуммированный с сигналами обратных связей сигнал рассогласования подается на усилитель-преобразователь, состоящий из модулятора, предварительного усилителя и демодулятора. С выхода демодулятора снимается сигнал постоянного тока, полярность которого зависит от фазы сигнала рассогласования, а амплитуда - от величины сигнала рассогласования. Постоянное напряжение, снимаемое с демодулятора, усиливается выходным усилителем, нагрузкой которого являются обмотки управления электромагнитного усилителя ЭМУ-52В.

Выходной каскад усилителя выполнен по дифференциальной схеме усилителя постоянного тока с двумя выходами. Магнитные потоки, создаваемые токами в обмотках управления ЭМУ, направлены навстречу друг другу и за счет разности этих токов, при наличии рассогласования на входе системы, в ЭМУ создается управляющий магнитный поток. Напряжение на якоре (его амплитуда и полярность) при этом определяется амплитудой и полярностью сигнала рассогласования снимаемого с выхода блока ЛУВ-02.

Напряжение на якоре ЭМУ подается на исполнительный двигатель системы. Двигатель вращается до устранения рассогласования между положением оси задающего элемента и положением оси кабины.

Устойчивость и качество работы следящей системы обеспечивается обратной связью:

- отрицательной обратной связью по скорости в виде постоянного напряжения (ТД), пропорционального скорости вращения исполнительного двигателя и снимаемого с тахогенератора, который встроен в исполнительный двигатель системы (первая производная по углу поворота);

- отрицательной обратной связью по скорости в виде постоянного напряжения ТП, снимаемого с тахогенератора внешней системы (первая производная по углу);

- отрицательной обратной связью по току с компенсационной обмотки ЭМУ (третья производная по углу).

Сигналы обратных связей поступают в блок ЛУВ-02 и суммируются в соответствующих сумматорах с сигналами рассогласования.

Полное включение системы вращения производится только при дистанционном управлении высотомера со шкафа И-7Р путем включения тумблера «Вращение» на блоке дистанционного управления высотомером ЦП-08.

Для проверки режимов работы блоков ЛУВ-02 и ВЗ-02 и настройки системы вращения предусмотрено включение системы вращения со шкафа автоматики ЦМ-26 при местном управлении без включения ЭМУ.

Рассмотрим более подробно взаимодействие элементов системы вращения в различных режимах управления.

а) Режим ручного управления вращением

Ручное управление вращением может производиться с блоков ЛЦ-13 или ДЛ-06. Включение этого режима осуществляется нажатием на одну из кнопок «Ручной. Качание 30°» или «Ручной Останов.», расположенных на столике управления блока ЛЦ-13, при установке переключателя «Упр. азим. высот», расположенного на лицевой панели блока ДЛ-06 в положение «ЛЦ».

При этом напряжение +27 В из блока ЛЦ-13 поступает в блок ВЗ-02 на реле Р2, контактами которого отключаются дифференциальные сельсины блока ВЗ-02, а статоры сельсин-приемников блока ДФ-09 подключаются к статорам сельсин-датчиков блока ЛЦ-13, управляемым ручным приводом «Азимут».

Сигналы углового рассогласования в виде переменных напряжений частоты 400 Гц, снимаемые с роторов сельсин-датчиков блока ЛЦ-13 по каналам грубого и точного отсчетов, поступают в блок ЛУВ-02 на сумматор ГО и ТО. В сумматоре производится суммирование этих сигналов, а также ограничение сигнала ГО при углах рассогласования свыше 45°. Суммирование производится таким образом, что при углах рассогласования до 1° 30' результирующий сигнал определяется сигналом канала ТО, а свыше 1° 30' - сигналом канала ГО. Переменная крутизна изменения искажения выходного сигнала сумматора (по каналу ГО или ТО) дает возможность уменьшить статические и динамические ошибки системы. В сумматоре сигнал также преобразуется в напряжение постоянного тока и подается на вход модулятора, где на суммирующем резисторе складывается с сигналами обратных связей. Преобразование сигналов ГО и ТО в постоянное напряжение связано с необходимостью объединения их с сигналами обратных связей, представляющих собой напряжения постоянного тока. Полученный в результате этого управляющий сигнал постоянного тока в модуляторе преобразуется в сигнал переменного тока с частотой 400 Гц, амплитуда и полярность которого определяется амплитудой и полярностью управляющего сигнала. Далее сигнал управления усиливается в предварительном усилителе и поступает на демодулятор. Здесь он преобразовывается в постоянное напряже-

ние, величина и полярность которого также определяется величиной и полярностью сигнала на входе модулятора.

После усиления в выходном усилителе напряжение подается на обмотки управления электромашинного усилителя (ЭМУ). Для работы ЭМУ используется специальный приводной двигатель, статорные обмотки которого последовательно коммутируются с соединения «Звезда» во время пуска (10...14с) на соединение «Треугольник» для нормального режима работы. Эта коммутация обеспечивается аппаратурой панели управления ПУ-01. Усиленный в ЭМУ сигнал подается на обмотки возбуждения исполнительного двигателя системы вращения, который поворачивает кабину высотомера в сторону согласования угловых положений между сельсин-приемниками блока ДФ-09 и сельсин-датчиками блока ЛЦ-13.

Исполнительный двигатель типа ПБСТ-62, реверсивный, постоянного тока со встроенным тахогенератором.

Устойчивость и качество работы системы вращения обеспечивается применением обратных связей. Сигналы обратных связей в виде напряжений постоянного тока поступают на сумматор обратных связей, где производится их ограничение и формирование выходного сигнала.

Рассмотрим особенности влияния на работу системы вращения сигналов обратных связей в различных режимах работы. При малых скоростях вращения исполнительного двигателя (ручной режим работы) обратная связь действует очень сильно, что дает возможность быстро затормозить систему при смене направления вращения. В момент разгона исполнительного двигателя напряжение обратной связи ТД мало и двигатель разгоняется под действием суммарного сигнала рассогласования постоянного напряжения, его первой производной (сигнала ТД) и сигнала обратной связи с компенсационной обмотки ЭМУ.

При азимутальном сканировании или круговом вращении по мере увеличения скорости вращения исполнительного двигателя напряжение обратной связи ТД возрастает. Наклон характеристики становится положе, а обратная связь по сигналу ТД уменьшается, что дает возможность повысить быстродействие системы при обработке угловых рассогласований.

При достаточной величине сигнала ТД, соответствующей скорости 4...5 об/мин, наклон характеристики возрастает и обеспечивается возможность поддержания номинально стабильной скорости вращения исполнительного двигателя системы вращения.

Влияние обратной связи по току с компенсационной обмотки ЭМУ проявляется следующим образом. При номинальном токе якоря ЭМУ напряжение обратной связи мало и не влияет на работу системы. При увеличении тока якоря напряжение обратной связи, суммируясь с сигналом рассогласования, ограничивает ток якоря до величины, не превышающей номинальный ток в 2,5 раза. Этот сигнал представляет собой результат суммирования сигнала обратной связи по току и сигнала обратной связи по скорости. На входе модулятора он суммируется с сигналом рассогласования.

Ручное управление вращением с блока ДЛ-06 (переключатель блока «Упр. азим. высот» в положении «ДЛ») отличается лишь тем, что вместо сельсин-датчиков блока ЛЦ-13 к сельсин-приемникам блока ДФ-09 подключаются управляемые с помощью кноппельного устройства сельсин-датчики блока ДЛ-06.

Кроме того, для уменьшения динамической ошибки системы на сумматор обратных связей блока ЛУВ-02 с тахогенератора ДЛ-06 подается сигнал компенсации ошибки.

б) Режим азимутального сканирования в секторе

Включение этого режима осуществляется нажатием на одну из кнопок «Сектор. Качание 6^0 » или «Сектор. Качание 30^0 », расположенных на столике управления блока ЛЦ-13, при установке переключателя «Упр. азим. высот», расположенного на лицевой панели блока ДЛ-06, в положение «ЛЦ».

При этом контактами реле Р2 в разрыв, соединяющий трехфазные статорные обмотки сельсин-датчиков блока ЛЦ-13 и сельсин-приемников блока ДФ-09, включаются роторные и статорные обмотки дифференциальных сельсинов блока ВЗ-02. Из блока ЛЦ-13 в блок ВЗ-02 поступает сигнал, по которому шаговый двигатель начинает вращать через редуктор дифференциальный сельсин ГО с постоянной скоростью 44 или 108 град/мин, а дифференциальный сельсин ТО - со скоростью в 23 раза большей.

В системе вращения к неизменному угловому положению сельсинов блока ЛЦ-13, задающим середину сектора азимутального сканирования, непрерывно прибавляется угол поворота дифференциальных сельсинов, изменяющийся по линейному закону. Сигналы рассогласования, пропорциональные алгебраической сумме угловых положений сельсинов блока ВЗ-02, поступают в блок ЛУВ-02. Формирование и преобразование сигнала управления в блоке ЛУВ-02 происходит так же, как и режиме ручного управления. Сигналы рассогласования после суммирования с сигналами обратных связей усиливаются усилителями блока ЛУВ-02 и ЭМУ и воздействуют на исполнительный двигатель системы вращения, который устраняет рассогласование, вращая кабину со скоростью вращения дифференциальных сельсинов блока ВЗ-02.

Границы сектора вращения в пределах $10^0 \dots 170^0$ определяются путем сравнения постоянного напряжения, снимаемого с потенциометра «Сектор азимута», имеющего шкалу установки сектора и расположенного на столике управления блока ЛЦ-13, с напряжением, вырабатываемым в блоке ВЗ-02, пропорциональным углу поворота дифференциальных сельсинов.

Биссектриса сектора обзора и скорость вращения кабины в этом секторе задаются в блоке ВЗ-02 через дифференциальные сельсины, приводимые во вращение шаговым двигателем. Обеспечивается это схемой управления шаговым двигателем в состав которой входят: схема формирования запускающих импульсов, схема коммутации статорных обмоток шагового двигателя границ сектора, схема задания направления вращения и сельсины задания сектора и направление вращения, показанные на структурной схеме блока ВЗ-02 (рис.12.2).

Блок ВЗ-02 обеспечивает реверсивное вращение роторов дифференциальных сельсинов, а следовательно, и реверсивное вращение приемо-передающей кабины.

Скорость вращения шагового двигателя, а соответственно и дифференциальных сельсинов определяется частотой подключения его статорных обмоток к источнику питания, а направление его вращения - порядком их подключения.

В соответствии с этим, схемой управления формируются импульсы с определенной частотой следования, обеспечивающие подключение обмоток двигателя к источнику питания, и осуществляется изменение порядка их подключения на границах заданного сектора.

Подключение обмоток производится схемой коммутации статорных обмоток двигателя. Для этого на нее через схему задания границ сектора подаются импульсы, вырабатываемые в схеме формирования запускающих импульсов. Формирование их производится путем преобразования переменного напряжения 400 Гц в импульсы с частотами следования 8, 20 и 200 Гц, соответствующие скоростям вращения 44 град/мин, 108 град/мин и 3 об/мин. Скорость вращения 44 град/мин используется в режиме «Сектор. Качание 30^0 », 108 град/мин, - в режиме «Сектор. Качание 6^0 », а 3 об/мин - только для ускоренного вывода антенны в заданный сектор в обоих указанных режимах.

Задание величины сектора и направления обзора осуществляется схемами задания границ сектора и направления вращения. Кроме того, этими же схемами производится включение ускоренного вывода антенны в заданный сектор по кратчайшему пути. Принцип задания величины сектора обзора и направления вращения поясняются с помощью временных диаграмм, рис.12.3.

Напряжение сельсина задания сектора (график 12.3 а) после выпрямителя (график 12.3 б) ограничивается снизу в схеме ограничения с помощью постоянного напряжения $U_{огр}$. Уровень ограничения устанавливается потенциометром «Сектор азимута». Блокинг-генератор формирует последовательность импульсов (график 12.3 в) в течение времени превышения выпрямленным напряжением уровня ограничения. Они проходят через одну из схем совпадения I в зависимости от полярности напряжения на выходах схемы задания направления вращения (график 12.3 д, е), устанавливая триггер в одно из двух состояний. При этом открывается одна из двух схем совпадений II.

Через открытую схему совпадений II проходят запускающие импульсы с соответствующей частотой повторения (8 или 20 Гц) на дешифратор I или II. Дешифраторы осуществляют коммутацию запускающих импульсов для обеспечения вращения шагового двигателя в одном или другом направлении. Таким образом, величина сектора определяется постоянным напряжением с потенциометра «Сектор азимута», а направление вращения - напряжением сельсина направления вращения.

Включение ускоренного ввода кабины в заданный сектор осуществляется теми же импульсами, формируемыми в схеме задания границ сектора. С их помощью формируется сигнал, разрешающий прохождение на вход схемы коммутации импульсов с частотой следования 200 Гц. Вращение кабины производится в этом случае по кратчайшему пути.

Отключение ускоренного ввода происходит при прекращении формирования импульсов в схеме задания границ сектора, т.е. с выходом кабины в заданный сектор.

в) Режим независимого кругового вращения

Включение этого режима осуществляется нажатием на кнопку «Круговой. Программа», расположенную на столике управления блока ЛЦ-13 (переключа-

тель блока ДЛ-06 должен быть в положении «ЛЦ»). При этом напряжение +27 В поступает в блок ЛУВ-02 на реле, контактами которого отключаются каналы ГО и ТО от входа модулятора блока ЛУВ-02, а на его вход подается постоянное задающее напряжение. Это задающее напряжение суммируется в блоке с сигналами обратных связей, усиливается и воздействует на исполнительный двигатель системы вращения, которая начинает вращать кабину в сторону увеличения отсчета азимута (т.е. по часовой стрелке).

Система управления вращением в этом режиме превращается из следящей по углу поворота в замкнутую систему автоматического регулирования скорости вращения. Поддержание постоянной скорости вращения обеспечивается за счет обратной связи, замыкающейся через тахогенератор, встроенный в исполнительный двигатель. Таким образом, измерительным звеном данной системы автоматического регулирования является тахогенератор, напряжение с которого, пропорциональное скорости вращения кабины, сравнивается с задающим напряжением. Напряжение тахогенератора подается на вход модулятора, где оно суммируется с задающим напряжением. В дальнейшем преобразование управляющего сигнала происходит так же, как и в режиме ручного управления.

Регулировка круговой скорости вращения осуществляется за счет изменения величины задающего напряжения с помощью регулировок «6 об/мин», и «10 об/мин», расположенных на лицевой панели блока ЛУВ-02.

г) Режим синхронного кругового вращения

Этот режим используется при сопряжении радиовысотомера с дальномерами РЛК 5Н87 или другими двухкоординатными РЛС. Он устанавливается нажатием на кнопку «Синхронный Программа» при положении переключателя блока ДЛ-06 «Внеш.». Задающими в данном режиме являются сельсин-приемники сопрягаемых станций, напряжение с которых по тракту «рассогласование ГО, ТО» подается на сумматор ГО и ТО блока ЛУВ-02 (рис. 12.1).

Для контроля за рассогласования угловых положений кабины ведущей станции и кабины высотомера используется схема контроля. При возникновении угла рассогласования между угловым положением роторов сельсин-приемников блока ДФ-09 и положением роторов сельсин-датчиков ведущей станции более $1^{\circ}30'$ выдается признак рассогласования.

При сопряжении высотомера с объектами АСУ возможно ручное управление выводом антенны высотомера на заданный азимут с аппаратуры объекта АСУ. При этом переключатель на блоке ДЛ-06 устанавливается в положение «Внешн». Напряжения рассогласования каналов ГО и ТО подаются на вход блока ЛУВ-02 и ротора системы осуществляется так же, как и в режимах «ЛЦ» и «ДЛ». Кроме того, в разрыв цепей, соединяющих статорные обмотки сельсин-приемников блока ДФ-09 и сельсин-датчиков аппаратуры объекта АСУ, включаются дифференциальные сельсины блока сопряжения ЦК-04 для дополнительного поиска по азимуту в пределах $\pm 3^{\circ}$ при не обнаружении цели на заданном азимуте.

13. Система качания антенны

13.1. Назначение, режим работы и состав системы качания

Система качания антенны предназначена для управления наклоном антенны по углу места в соответствии с заданным режимом работы.

Система обеспечивает перемещение антенны по углу места в секторе 30° . При этом начальное (минимальное) значение угла места может быть установлено в пределах значения от $-2^{\circ}30'$ до $-30'$.

Система качания антенны работает в следующих режимах:

- «Останов», при котором осуществляется ручное управление углом места антенны в пределах всего сектора от -2° до 29° ;

- «Качание 30° », при котором качание антенны производится по синусоидальному закону с амплитудой 15° и частотой 25 качаний в минуту в секторе 30° ; границы сектора - $30'$ ($-2^{\circ}30'$)... $29^{\circ}30'$ ($27^{\circ}30'$);

- «Качание 6° », при котором качание антенны производится по синусоидальному закону с амплитудой 3° и частотой 72 качания около любого значения биссектрисы в пределах от 1° до 27° ;

- «Программа» - при котором через каждый оборот антенны по азимуту осуществляется перемещение ее скачками на ширину диаграммы направленности относительно любого начального положения в пределах полного сектора 32° . Предусмотрена возможность выбора количества скачков: 0, 1 или 2, и затем возврата антенны в исходное положение с последующим многократным автоматическим повторением заданной программы.

По программе 1 угол места антенны не изменяется и равен исходному - одновитковый обзор пространства.

По программе 2 антенна совершает один скачок вверх с последующим возвратом в исходное положение - двух витковый обзор пространства.

По программе 3 выполняются последовательно два скачка вверх с последующим возвратом на исходный угол - трех витковый обзор.

Система качания антенны высотомера выполнена либо гидравлической, либо электромеханической. В высотомерах ранних выпусков применена гидравлическая система качания, в изучаемом высотомере ПРВ-13МР - электромеханическая.

Рассмотрим вначале принципы построения электромеханической системы качания. Отметим, что в электромеханической системе качания исключен режим качания в секторе 6° .

В состав электромеханической системы качания входят:

- блок управления режимами качания ЛЦ-13;
- блок преобразования и усиления сигналов управления качанием ГВ-03;
- блок электромашинного усилителя ЛС-03, в состав которого входит электромашинный усилитель ЭМУ-50 с приводным электродвигателем АО-51-16;

- исполнительный механизм качания МК-04, включающий в себя асинхронный электродвигатель нерегулируемого привода АО-51-16, электродвигатель постоянного тока следящего привода МИ-42, редуктор с кривошипом, электромагнитную муфту и сельсин-датчик следящей системы;

- контактная группа «Витки» в блоке азимутальных датчиков ДФ-09;

- элементы системы управления, защиты и контроля в шкафу автоматики ЦМ-26.

13.2.Функциональная схема электромеханической системы качания

Рассмотрим принцип работы по функциональной схеме, представленной на рис.13.1.

В режимах «Останов» и «Программа» система качания является одноканальной астатической силовой следящей системой по углу непрерывного действия. Сканирование в секторе 30^0 осуществляется нерегулируемым приводом.

Включение системы качания антенны может производиться дистанционно с блока дистанционного управления высотомером ЦП-08 в шкафу И-7Р тумблером «Качание» или местно тумблерами «Качание» и «ЭМУ Кач.» со шкафа автоматики ЦМ-26. При включении системы со шкафа ЦМ-26 подается напряжение +27 В «Вкл. качан.» на реле Р4 блока ЛЦ-13. Реле своими контактами Р4а и Р4б включает коммутатор режимов качания и кнопочный переключатель. Первоначально при включении системы качания на 10 с включается сирена, предупреждающая личный состав о включении привода антенны, а затем автоматически включается режим «Сектор Качание 30^0 », обеспечивающий сканирование антенны с частотой 25 качаний в минуту.

Местное включение и управление системой качания является вспомогательным и используется для проверки и регулировки системы.

Изменение режимов работы системы качания при дистанционном управлении осуществляется кнопками кнопочного переключателя на блоке ЛЦ-13. Режим «Качание 30^0 » включается кнопками «Ручной. Качание 30^0 » и «Сектор. Качание 30^0 », режим «Останов» включается кнопкой «Ручной Останов», режим «Программа» включается кнопкой «Круговой Программа», тумблером «Скорость вращения» (положения «б» и «10») и переключателем «Программа».

Переход с дистанционного управления на местное осуществляется переключателем «Род работы.» шкафа ЦМ-26.

Перемещение антенны в угломестной плоскости осуществляет механизм качания МК-04, включающий в себя электродвигатель нерегулируемого привода АО-51-16 и электродвигатель следящего привода МИ-42, которые в зависимости от режима качания подключаются к редуктору с помощью электромагнитной муфты. Редуктор приводит во вращение рычаг кривошипа. Последний предназначен для преобразования кругового вращения редуктора в возвратно-поступательное движение антенны. Рычаг кривошипа механически связан с антенной посредством тяги. Изменением длины тяги возможна неоперативная установка начального (минимального) угла места в пределах от $-2^0 30'$ до $-30'$.

В режиме «Останов» задающими является сельсин-приемник блока ЛЦ-13, статорные обмотки которого в этом случае соединены со статорными обмотками сельсин-датчика механизма МК-04. Ротор сельсин-датчика поворачивается при изменении угла места антенны, а в роторе сельсин-приемника при этом вырабатывается сигнал углового рассогласования.

С коммутатора режимов качания блока ЛЦ-13 в шкаф ЦМ-26 подается напряжение +27 В «Останов». В шкафу ЦМ-26 при этом производятся следующие коммутации:

- включается питание электромагнитной муфты подачей напряжения +24 В «Муфта». Муфта подсоединяет входной вал редуктора к двигателю МИ-42;
- подается напряжение ~220 В 400 Гц на приводной электродвигатель блока ЛС-03, который приводит во вращение ротор электромашинного усилителя;

- включается блок ГВ-03 подачей напряжения +27 В на реле Р1 блока.

Ротор сельсин-датчика блока МК-04 запитывается переменным напряжением частотой 400 Гц. Сигнал рассогласования частоты 400 Гц $\sim U_{\varepsilon}$ с ротора сельсин-приемника ЛЦ-13 поступает в блок усиления и преобразования сигналов ГВ-03 на демодулятор. Демодулятор представляет собой двухполупериодный фазочувствительный выпрямитель и осуществляется преобразование переменного напряжения рассогласования в постоянное, величина которого определяется амплитудой сигнала рассогласования, а полярность - фазой сигнала рассогласования относительно фазы опорного напряжения, которое подается на демодулятор.

Выпрямленный сигнал рассогласования в сумматоре складывается с напряжением обратных связей обратных связей, поступающими с якорной цепи исполнительного двигателя следящего привода и обеспечивающими устойчивую работу следящей системы:

- отрицательной обратной связью по напряжению двигателя $U_{\text{я}}$ для ограничения максимальной величины напряжения на двигателе,
- напряжением $U_{\text{я}}$ с корректирующего контура (дифференцирующего звена), используемым для демпфирования переколебаний в системе,
- отрицательной обратной связью по току двигателя $J_{\text{я}}$, ограничивающей максимальный момент вращения двигателя.

Суммарный сигнал управления $U_{\text{у}}$ поступает на усилитель-преобразователь, осуществляющий усиление сигналов и широтно-импульсную модуляцию, т.е. преобразование постоянного напряжения в импульсы постоянной амплитуды частотой повторения 400 Гц, длительность которых определяется величиной и знаком сигнала рассогласования.

Принцип широтно-импульсной модуляции поясним по структурной схеме узла И-0306 (рис. 13.2) и временным графикам (рис.13.3).

Переменное напряжение синусоидальной формы частоты 400 Гц (рис.13.3 а) поступает на ограничитель, где производится его двухстороннее ограничение, в результате чего формируются прямоугольные импульсы (рис.13.3 б), которые подаются на интегратор. Интегратор преобразует прямоугольные импульсы в импульсы треугольной формы (рис.12.3 в). Эти импульсы подаются на один вход компаратора. На другой вход компаратора подается постоянное напряжение сигнала управления $U_{\text{у}}$, величина и полярность которого определяется величиной и направлением рассогласования (рис.13.3 г).

На компаратор подается также напряжение со схемы баланса, схема баланса представляет собой стабилизированный выпрямитель. Регулировкой схемы устанавливается такое смещение на компараторе, при котором выходные

импульсы компаратора (при отсутствии управляющего сигнала U_y) представляют собой меандр (рис.13.3 д). При значениях управляющего напряжения $U_y < 0$ или $U_y > 0$ импульсы компаратора имеют большую (меньшую) длительность по сравнению со случаем $U_y = 0$.

Этот широтно-импульсный сигнал подается через импульсный усилитель ячейки И-0306 на вход выходного усилителя. Выходной усилитель представляет собой мощный двухтактный усилитель, выполненный на остальных транзисторах. Для получения инверсного сигнала двухтактной схемы на входе усилителя установлен инвертор.

Выходной усилитель имеет два инверсных выхода, подключаемых к управляющим обмоткам электромашинного усилителя блока ЛС-03 (рис.13.3 е, ж). В управляющих обмотках ЭМУ происходит сглаживание широтно-импульсных токов и выделение их постоянных составляющих. Магнитный поток возбуждения обмоток ЭМУ определяется разностью токов управления J_{y1} и J_{y2} .

На выходе ЭМУ имеет место постоянное напряжение, величина и полярность которого зависит от амплитуды и фазы сигнала рассогласования. Это напряжение подается на электродвигатель следящего привода. Электродвигатель, вращаясь, отрабатывает угол рассогласования.

Напряжением рассогласования определяется скорость вращения двигателя. Так как измеряемый параметр следящей системы - угол места, являющийся интегралом от скорости двигателя, он является интегрирующим звеном, а следовательно, система является астатической.

В режиме «Программа» функциональное состояние системы качания соответствует режиму «Останов». С помощью программного механизма в разрыв цепи сельсин-датчик блока МК-04 - сельсин-приемник блока ЛЦ-13 включаются дифференциальные сельсины, установленные в блоке ЛЦ-13. Дифференциальные сельсины имеют заторможенные роторы, установленные на углы рассогласования, соответствующие одной и двум ширинам диаграммы направленности антенны по углу места соответственно (дифференциальные сельсины первого и второго витков). Управление программным механизмом осуществляется с блока азимутальных датчиков ДФ-09 с помощью I и II контактных групп, на которые в этом режиме подается напряжение +27В «Витки».

При одновитковом обзоре (переключатель «Программа» в положении «0») дифференциальные сельсины не переключаются и антенна вращается на заданном угле места, установленной вручную ручкой «Угол места».

При двух - или трехвитковом обзоре (переключатель «Программа» в положениях «1» или «2») из блока ДФ-09 через каждые 423^0 поворота антенны по азимуту на программный механизм поступают напряжения по цепям первой или второй контактных групп. Программный механизм формирует последовательно напряжения включения реле Р1 и Р2 блока ЛЦ-13 через оборот антенны (через 423^0). Контактными реле подключаются последовательно первый и второй дифференциальные сельсины. После отработки заданной программы обзора программный механизм снимает команды (напряжения включения реле Р1 и Р2) и антенна возвращается в исходное положение.

В системе предусмотрена ручная установка величины одного и другого скачков диаграммы направленности по углу места в пределах от 0° до 2° при настройке системы путем поворота роторов дифференциальных сельсинов.

Режим «Качание 30° » включается кнопкой «Ручной Качание 30° ». В этом режиме коммутатор режимов качания снимает напряжение + 27 В «Останов» на шкаф ЦМ-26 и включает напряжение + 27 В «Качание 30° ». Снятие напряжения «Останов» приводит к выключению питания приводного двигателя ЭМУ, питания блока ГВ-03 и питания электромагнитной муфты. Электромагнитная муфта переходит в состояние, подключающее двигатель нерегулируемого привода АД-51-16. Напряжением + 27 В «Качание 30° » в блоке ЦМ-26 включается контактор 220 В 400 Гц питания электродвигателя нерегулируемого привода. Двигатель, вращаясь непрерывно, через редуктор с кривошипом осуществляет качание антенны в пределах углов места 30° со скоростью 25 качаний в минуту.

Рассмотрим далее принципы функционирования гидравлической системы качания антенны.

13.3. Функциональная схема гидравлической системы качания антенны

Принцип работы системы управления качанием антенны рассмотрим по функциональной схеме (рис.13.4).

В состав системы входят:

- элементы блока управления режимами системы качания и вращения ЛЦ-09;
- блок датчиков угла места антенны ГС-02;
- субблок задающих сигналов качания частоты 0.5 Гц и 1.2 Гц;
- усилитель сигналов управления - блок ГВ-01;
- силовой гидравлический привод качания антенны.

По принципу построения система управления качанием антенны является статической следящей системой по углу непрерывного действия, причем в режимах «Останов» и «Программа» - двухканальной, а в режимах «Качание 30° » и «Качание 6° » - одноканальной с программным управлением.

Включение системы может производиться дистанционно с блока ЦП-05 (ЦП-08) или местно со шкафа ЦМ-23 (ЦМ-26). Управление режимами качания осуществляется с блока ЛЦ-09, в котором находятся датчики угла места антенны, коммутатор режимов качания с кнопчным переключателем режимов и программный механизм, обеспечивающий режим «Программа».

В режиме «Останов» задающими являются сельсин-датчики каналов ГО и ТО блока ЛЦ-09, статорные обмотки которых в этом случае соединены с роторными обмотками сельсин-приемников блока ГС-02. Статорные обмотки сельсин-приемников запитываются напряжением 90 В 400 Гц.

Сигнал углового рассогласования с роторных обмоток сельсин-датчиков блока ЛЦ-09 по каналам ГО и ТО поступают на переключатель каналов блока ГВ-01, обеспечивающий до угла рассогласования 7° работу системы по каналу ТО, а более 7° - по каналу ГО. Далее сигнал рассогласования через нормально-замкнутые контакты реле Р4 поступает на сумматор и затем после усиления подается на фазовый детектор, где преобразуется в сигнал постоянного тока

(сигнал управления). Величина и знак этого сигнала определяются соответственно величиной и фазой сигнала рассогласования. С выхода фазового детектора сигнал управления подается через корректирующее звено на дифференциальный усилитель, нагрузкой которого являются встречно включенные обмотки электромагнита механизма управления гидронасосом гидропривода качания. Механизм управления через гидроусилитель управляет гидронасосной станцией ГН-02. При этом давление рабочей жидкости, подаваемой на исполнительный механизм, определяется величиной сигнала управления. Гидронасосная станция совместно с исполнительным механизмом осуществляет перемещение антенны по углу места, Величина перемещения определяется давлением рабочей жидкости.

Для установки антенны в исходное состояние при отсутствии сигнала управления на механизм управления с генератора осцилляции подается переменное напряжение 125 В 75 Гц.

Корректирующее звено представляет собой реальное дифференцирующее звено и предназначено для обеспечения требуемого быстродействия и точности системы управления качанием антенны.

В режиме «Программа» к каналу ТО следящей системы, образованной сельсин-датчиками блока ЛЦ-09 и сельсин-приемниками блока ГС-02, контактами реле Р4 подключается программный механизм, управляемый дискретным перемещением антенны по углу места и осуществляющий ее возврат в исходное состояние после выполнения заданной программы обзора, Выбор программы обзора (одно - , двух - или трехвиткового) производится переключателем «Программа», расположенном на передней панели блока ЛЦ-09.

При одновитковом обзоре (переключатель «Программа» в положении «0») программный механизм не работает и антенна вращается на заданном угле места, устанавливаемом вручную ручкой «Угол места».

При двух - или трехвитковом обзоре (переключатель «Программа» в положении «1» или «2») из блока ДФ-09 системы вращения через каждые 393^0 поворота антенны на программный механизм по цепям первой или второй контактной группы подается напряжение + 27 В. В нем вырабатываются одна или две команды в виде переменного напряжения определенной амплитуды соответственно для одного или двух перемещения антенны по углу места. Эти команды совместно с сигналом ТО подаются в блок ГВ-01. После отработки заданной программы обзора программный механизм снимает команды и антенна возвращается в исходное положение, определяемое ручкой «Угол места».

В системе предусмотрено ручное управление программным механизмом. Используется оно для настройки величины дискретного перемещения антенны по углу места, которая проводится только при выключенной системе вращения. Для этого на программный механизм через замыкающиеся при этом контакты реле Р15 подается из блока ДФ-09 напряжение + 27 В, обеспечивающее формирование команд на перемещение антенны по углу места.

В режиме «Качание 6^0 » срабатывает реле Р4 блока ГВ-01. При этом на двигатель субблока ГВС-01 подается питающее напряжение и на входе сумматора блока ГВ-01 отключается канал ТО. На вход сумматора в этом

режиме через делитель Д2 поступает сигнал канала ГО и через делитель Д1 – управляющее напряжение с сельсин-датчика 6^0 субблока ГВС-01. Управляющее напряжение представляет собой переменное напряжение 400 Гц, промодулированное по амплитуде частотой 1.2 Гц. Амплитуда этого напряжения определяет величину сектора качания антенны. Регулировка ее производится делителем Д1. Бисектриса сектора качания устанавливается по каналу ГО ручкой «Угол места». Делитель Д2 предназначен для регулировки коэффициента усиления блока ГВ-01 в режиме «Качание 6^0 » и «Качание 30^0 ».

Система управления качанием в рассматриваемом режиме является разомкнуто-замкнутой системой автоматического управления. Она разомкнута по входному сигналу с субблока ГВС-01, представляющая собой программную автоматическую систему, и замкнутую по входному сигналу с блока ЛЦ-09, представляющую собой следящую систему по углу места.

В режиме «Качание 30^0 » срабатывает реле Р3 блока ЛЦ-09 и Р2, Р4 блока ГВ-01. На вход сумматора блока ГВ-01 поступает сигнал с датчика бисектрисы 30^0 , являющегося в этом случае датчиком канала ГО, и управляющее напряжение с датчика 30^0 субблока ГВС-01. Управляющее напряжение представляет собой переменное напряжение 400 Гц, промодулированное по амплитуде частотой 0.5 Гц.

Система управления качанием антенной в режиме «Качание 30^0 » является разомкнуто-замкнутой системой автоматического управления. Регулировка величины сектора качания осуществляется также с помощью делителя Д1. Датчик бисектрисы 30^0 позволяет устанавливать бисектрису сектора качания в пределах $13^0 \dots 17^0$.

13.4. Принцип работы гидравлического привода качания

Гидравлический привод качания антенны предназначен для преобразования и усиления сигнала управления, поступающего с блока ГВ-01, до мощности, необходимой для перемещения антенны по углу места по закону, определяемому сигналом управления. Принцип его работы рассмотрим по функциональной схеме (рис.13.5).

В состав гидравлического привода входят: механизм управления гидронасосом, гидроусилитель, две насосные станции ГН-02, ГН-03 и гидравлический исполнительный механизм ГИ-03. Механизм управления гидронасосом выполнен по схеме «сопло-заслонка» и состоит из электромагнита, преобразующего электрический сигнал управления в механическое перемещение заслонки, и гидроусилителя, включающего в себя гидронасос ГН-03, поршни механизма управления и соединительные трубопроводы с соплами.

При поступлении на электромагнит с блока ГВ-01 управляющего сигнала заслонка, расположенная между его якорями, поворачивается, приближаясь к одному из соплел и удаляясь от второго. В результате сопротивление вытекания жидкости из одного сопла увеличивается, а второго уменьшается, что вызывает перепад давления жидкости на поршни. Последние, перемещаясь, поворачивают валик управления на определенный угол, пропорциональный величине и знаку сигнала управления.

На этот же угол поворачивается люлька гидронасоса ГН-02, связанная с валиком управления через гидроусилитель. Поворот люльки создает боковой наклон цилиндров, приводимого во вращение приводным двигателем. Этим же двигателем приводится во вращение шестеренчатый насос, предназначенный для нагнетания жидкости в гидроусилитель и через подпиточные клапаны в магистральные трубопроводы для восполнения утечек из замкнутого объема – магистральные трубопроводы - силовые цилиндры исполнительного механизма ГИ-03.

При вращении блока цилиндров его поршни совершают возвратно-поступательное движение. Перемена направления движения поршней происходит в момент прохождения их в горизонтальной плоскости блока цилиндров. При этом те из них, которые находятся по одну сторону этой плоскости (на рис.13.5 ниже), нагнетают рабочую жидкость в один из силовых цилиндров, а те, которые по другую сторону - отсасывают из второго. Создается тракт нагнетания и тракт отсасывания рабочей жидкости. В результате этого происходит соответствующее перемещение поршней силовых цилиндров блока ГИ-03, а вместе с ними и антенны высотомера. Величина угла наклона антенны определяется амплитудой сигнала управления.

При изменении полярности сигнала управления люлька насоса отклоняется от нейтрального положения в другую сторону. При этом меняются местами тракты нагнетания и отсасывания, поршни силовых цилиндров перемещаются в другую сторону, обеспечивая отклонение антенны по углу места также в другую сторону.

При отсутствии сигнала управления люлька насоса находится в нейтральном положении. При этом вращение блока цилиндров не вызывает возвратно-поступательного движения его поршней. Поддачи рабочей жидкости в силовые цилиндры не будет и поэтому их поршни, а вместе с ними и антенна не перемещаются. Установка люльки насоса в нейтральное положение при отсутствии сигнала управления обеспечивается соответственно установкой заслонки механизма управления гидронасосом в нейтральное положение. Для этого на электромагнит с генератора осцилляции блока ГВ-01 подается переменное напряжение 125 В 75 Гц. Гидронасос ГН-03 выполнен по той же конструктивной силовой схеме, что и насос ГН-02. Отличие состоит в том, что угол наклона оси блока цилиндров постоянен и равен 30° . Все силовые элементы гидропривода рассчитаны на прочность и износ при действии на них нагрузок, возникающих при давлении рабочей жидкости в 150 кг/см^2 .