

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ВОЕННО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА

УСТРОЙСТВО РЛС РТВ ВВС

РАДИОЛОКАЦИОННАЯ СТАНЦИЯ П-18Р

Допущено Министерством обороны Российской Федерации в качестве учебника для студентов, обучающихся по программам подготовки офицеров запаса на военных кафедрах по военно-учетной специальности «Эксплуатация и ремонт радиолокационных комплексов противовоздушной обороны Военно-воздушных сил», а также курсантов учебных военных центров

*Под общей редакцией доктора технических наук
полковника Е.Н. Гарина*

В двух частях
Часть 1

Красноярск
СФУ
2012

УДК 621.396.96(07)
ББК 68.8я73
В634

Авторы:

Е.Н. Гарин, Д.Д. Дмитриев, В.Н. Тяпкин, Ю.Л. Фатеев,
В.М. Владимиров, В.Ю. Градусов, А.Н. Фомин, Б.К. Саргин,
Н.Е. Анпилогов, А.Д. Сосновский, В.А. Абалмасов, В.А. Леусенко

В634 Военно-техническая подготовка. Устройство РЛС РТВ ВВС.
Радиолокационная станция П-18Р : учеб. : в 2 ч. Ч. 1 / Е.Н. Га-
рин, Д.Д. Дмитриев, В.Н. Тяпкин [и др.] ; ред. Е.Н. Гарин. –
Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2012. – 268 с.
ISBN 978-5-7638-2719-4 (Ч. 1)
ISBN 978-5-7638-2721-7

В учебнике изложены общие сведения о РЛС П-18Р, ее устройстве, принципах работы отдельных систем и блоков. Особое внимание уделено описанию физического смысла процессов, происходящих при работе систем РЛС. Работа отдельных систем и устройств рассмотрена в объеме структурных и функциональных схем, а в необходимых случаях дополнена и элементами принципиальных схем.

Учебник предназначен для студентов, обучающихся по программам подготовки офицеров запаса на военных кафедрах по военно-учетной специальности «Эксплуатация и ремонт радиолокационных комплексов противовоздушной обороны Военно-воздушных сил», а также курсантов учебных военных центров. Может быть использован инженерно-техническим составом, обслуживающим РЛС П-18Р.

УДК 621.396.96(07)
ББК 68.8я73

ISBN 978-5-7638-2719-4 (Ч. 1)
ISBN 978-5-7638-2721-7

© Сибирский федеральный университет, 2012

ПРЕДИСЛОВИЕ

Воздушно-космическое пространство в современных условиях превратилось в сферу вооруженного противоборства. С этой целью ведущие государства непрерывно совершенствуют средства воздушно-космического нападения.

Успешное решение задач обороны от воздушно-космического нападения, защиты объектов страны, населения, войск и сил флота от ударов с воздуха невозможно без постоянно действующей эффективной разведки воздушного противника. Выполнение задач разведки возложено в основном на радиотехнические войска (РТВ) Военно-воздушных сил (ВВС).

Радиотехнические войска выполняют ответственные задачи по ведению радиолокационной разведки средств воздушного нападения противника и выдачи радиолокационной информации, необходимой для решения задач управления войсками и радиолокационного обеспечения боевых действий зенитных ракетных войск (ЗРВ) и авиации. Для выполнения этих задач РТВ оснащаются средствами радиолокации, позволяющими в любое время года и суток, независимо от метеорологических условий и помех, решать задачи радиолокационного наблюдения средств воздушного нападения (СВН) противника.

Для эффективного использования радиолокационных станций (РЛС) необходимо, чтобы инженерный состав РТВ имел высокий уровень как оперативно-тактической, так и специальной технической подготовки. Поэтому инженерному составу РТВ требуются глубокие технические знания конкретного образца РЛС, соответствующие умения и навыки с целью его эффективного боевого применения, грамотной технической эксплуатации и ремонта.

Раздел «Устройство РЛС РТВ ВВС» дисциплины «Военно-техническая подготовка» в системе подготовки офицеров запаса по военно-учетной специальности «Эксплуатация и ремонт радиолокационных комплексов ПВО ВВС» занимает одно из ведущих мест в учебной программе.

Данная дисциплина является профилирующей и обеспечивает формирование у выпускника необходимого объема знаний и умений выполнять функциональные обязанности по должности предназначения.

Настоящий учебник разработан на основе учебной программы подготовки офицеров запаса на военной кафедре Института военного обучения по военно-учетной специальности «Эксплуатация и ремонт радиолокационных комплексов ПВО ВВС», вошедшей в сборник учебных

программ военно-профессиональных учебных дисциплин ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», утвержденный Главкомандующим ВВС 22.01.2009 г.

В результате изучения дисциплины обучающиеся должны:

Иметь представление:

- о принципах и методах радиолокации;
- о структуре и организации функционирования автоматизированных систем управления группировки ВВС, перспективах их развития;
- об основных типах и направлениях совершенствования радиотехнических систем;
- о тенденциях развития теории и техники радиотехнических систем РТВ, расширения их функциональных возможностей и повышения эффективности применения;
- об основных положениях теории надёжности.

Знать:

- методы обзора пространства и измерения координат воздушных объектов;
- назначение РЛС, технические характеристики и их влияние на тактические параметры;
- основы теории построения и техническую реализацию антенно-фидерных систем;
- основы теории построения и техническую реализацию передающих устройств;
- основы теории построения и техническую реализацию приёмных устройств, алгоритмы обработки радиолокационной информации, реализованные в существующих и перспективных радиотехнических средствах;
- принципы, методы и устройства селекции радиолокационных сигналов на фоне внешних помех;
- методику организации технического обслуживания и ремонта;
- физический смысл регулировок и проверок функционирования трактов и систем изучаемых образцов РЛС;
- требования руководящих документов, регламентирующих организацию эксплуатации и боевого применения РЛС;
- размещение и конструктивное исполнение элементов РЛС;
- принципы построения и работу наземного радиолокационного запросчика (НРЗ) РЛС;
- алгоритм инженерной методики поиска неисправностей в аппаратуре РЛС;
- порядок оценки готовности РЛС к боевому применению;
- требования безопасности при работе на РЛС;
- возможности по сопряжению РЛС с комплексами средств автоматизации (КСА).

Уметь:

- включать РЛС и готовить аппаратуру к боевому применению;
- выявлять типовые неисправности, возникающие в процессе эксплуатации РЛС, устранять их с использованием имеющихся запасных частей, инструментов, принадлежностей (ЗИП) и штатной контрольно-измерительной аппаратуры;
- проводить ежедневное техническое обслуживание и оценивать готовность РЛС к боевому применению;
- эксплуатировать системы энергоснабжения РЛС;
- обеспечивать выполнение требований безопасности в процессе эксплуатации РЛС;
- проводить занятия с личным составом по технической подготовке;
- вести эксплуатационную документацию.

В первой главе учебника приведена сравнительная характеристика метрового и дециметрового диапазона волн, рассмотрены назначение, состав РЛС и боевые возможности: форма и размеры зоны обнаружения (ЗО); информационная способность и качество радиолокационной информации (РЛИ); помехозащищенность, мобильность, живучесть и эксплуатационная надежность.

Даны технические характеристики РЛС П-18Р, перечислены системы и устройства РЛС по структурной схеме, последовательно, кратко изложена их работа, начиная с антенно-фидерной системы и далее по основным трактам РЛС.

Обращено особое внимание на принцип формирования диаграммы направленности антенны (ДНА) РЛС в метровом диапазоне волн. Объяснена физическая сторона лепесткового характера результирующей диаграммы направленности, сформированной при участии подстилающей поверхности.

Во второй главе подробно изложена работа в целом тракта генерирования и излучения зондирующего сигнала РЛС, при этом обращено внимание на вопрос стабилизации частоты генерируемых колебаний. Приведены основные характеристики антенно-фидерной системы (АФС), так как её параметры оказывают существенное влияние на тактико-технические характеристики (ТТХ) РЛС. Для получения требуемой ширины ДНА в горизонтальной плоскости с минимально возможным уровнем боковых лепестков подробно описано распределение мощности между волновыми каналами и их синфазное питание.

В третьей главе исследованы вопросы работы тракта приема и выделения сигналов на фоне помех. Даны технические параметры приемного устройства и показано их влияние на боевые возможности РЛС.

Основное внимание при изложении вопросов системы защиты от пассивных и несинхронных импульсных помех обращено на объяснение физической стороны процесса обработки сигналов на фоне помех.

В четвертой главе рассмотрены принципы работы системы отображения информации. В начале главы даны общие сведения об индикаторных устройствах РЛС, классификация индикаторных устройств по разным основаниям деления, затем изложены назначение, состав и особенности работы индикатора кругового обзора (ИКО) по функциональной схеме.

В пятой главе представлена работа структурной схемы системы вращения, качания антенны и синхронно-следающего привода (ССП) в различных режимах.

Шестая глава посвящена описанию работы системы управления, защиты и контроля, хронизирующего устройства и аппаратуры специальных режимов работы.

В седьмой главе изложены общие сведения о работе системы сопряжения РЛС П-18Р при сопряжении с КСА, РЛС, НРЗ и подвижными радиовысотомерами (ПРВ).

В восьмой главе содержатся общие сведения о системе энергоснабжения, вторичных и первичных источников электропитания РЛС.

Каждая глава снабжена вопросами для самоконтроля с целью повторения и закрепления учебного материала обучающимися.

В конце учебника приведены перечень сокращений, библиографический список и два приложения.

В первом приложении дан поблочно состав аппаратуры РЛС.

Во втором приложении кратко рассмотрены варианты и направления модернизации РЛС П-18Р.

Изложение учебного материала соответствует учебной программе дисциплины «Военно-техническая подготовка», при этом предполагается, что обучаемые имеют необходимый объем знаний по основным разделам математики, физики, теории электрорадиоцепей, электронных приборов и прослушали курс раздела «Основы построения РЛС».

В основу учебника положен учебный материал, апробированный на протяжении ряда лет авторами при проведении занятий по дисциплине «Военно-техническая подготовка» студентам, обучающимся на военной кафедре Института военного обучения СФУ.

Актуальность данного учебника обусловлена требованиями к высокому качеству подготовки офицеров запаса, необходимостью проводить обучение на высоком теоретическом и методологическом уровне, а также отсутствием учебной литературы по данной теме. Настоящий учебник является первым изданием после практически тридцатилетнего перерыва.

Учебник предназначен для студентов военной кафедры, обучающихся по военно-учетной специальности «Эксплуатация и ремонт радиолокационных комплексов ПВО ВВС».

Глава 1

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

О РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СТАНЦИИ П-18Р

РЛС П-18Р (изделие 1РЛ131Р) является следующим логическим этапом в развитии целой серии РЛС метрового диапазона. В 1946 г. по заданию Правительства Нижегородский радиозавод имени В.И. Ленина приступил к разработке подвижной РЛС метрового диапазона. Эта РЛС размещалась в двух фургонах на автомобильном шасси и обозначалась П-3А. Серийный выпуск РЛС П-3А был начат в 1948 г. Следующей разработкой в 1950 г. стала РЛС П-8 «Волга», у которой были значительно улучшены многие технические параметры и впервые применен круговой обзор воздушного пространства.

В 1953 г. появилась РЛС П-10 «Волга-А», в которой была реализована система перестройки частоты. В 1957 г. был начат выпуск РЛС серии П-12 «Енисей» с когерентно-импульсной аппаратурой (КИА) селекции движущихся целей (СДЦ). Всего было произведено множество модификаций РЛС П-12, основными из которых были П-12НА с аппаратурой, размещенной на двух автомобилях, и П-12НП с размещением аппаратуры в прицепах. На базе РЛС П-12НА, как наиболее совершенной из серии РЛС метрового диапазона волн, в 1967 г. началась разработка РЛС П-18 «Терек».

В РЛС П-18, в отличие от П-12НА, в 1,5 раза увеличены дальность и высота обнаружения воздушных объектов (ВО), повышена точность определения их координат. Также в РЛС реализовано полуавтоматическое целеуказание, использована новая элементная база, значительно увеличена надежность.

РЛС П-18Р – это мобильная РЛС обнаружения, целеуказания и опознавания. Может работать автономно или в сопряжении с другими РЛС, ПРВ, КСА.

1.1. Сравнительная характеристика РЛС метрового и сантиметрового диапазона волн

Радиолокационные средства метрового диапазона волн в РТВ ВВС используются главным образом для ведения радиолокационной разведки воздушных объектов в мирное время. Кроме того, они могут применяться

для обнаружения и сопровождения низкоорбитальных искусственных спутников Земли, определения координат ядерных взрывов, а также решения задач наведения истребителей на цели противника и целеуказания зенитным ракетным комплексам (ЗРК).

РЛС дальнего обнаружения и предупреждения предназначены для своевременного обнаружения полета воздушного противника с целью приведения войск в повышенные степени боевой готовности, раскрытия замысла налета и определения направления главного удара. Эти РЛС строятся в метровом диапазоне волн, по принципам построения и составу аппаратуры более просты, более дешевы и надежны, чем РЛС и радиолокационные комплексы (РЛК) обнаружения, наведения и целеуказания. На них могут возлагаться задачи целеуказания ЗРК; истребительной авиации (ИА) дальнего действия с высокими поисковыми возможностями и наведения, бортовые радиолокационные прицелы которых имеют большую дальность обнаружения и захвата цели, что позволяет снизить требования к точности РЛИ, используемой для наведения. Поскольку РЛС дальнего обнаружения и предупреждения измеряют только плоскостные координаты, для решения задач целеуказания и наведения им придаются 1–2 ПРВ с большой дальностью обнаружения.

Метровый диапазон волн, используемый в РЛС дальнего обнаружения и предупреждения, обладает рядом достоинств, способствующих успешному решению задач РЛС данного класса:

1. В РЛС метрового диапазона волн, при прочих равных условиях, могут быть обеспечены повышенная дальность и потолок обнаружения ВО (особенно малоразмерных) по следующим причинам:

а) в метровом диапазоне волн больше, чем в сантиметровом и дециметровом, эффективные площади рассеивания (ЭПР) аэродинамических целей. В табл. 1.1 представлены средние значения ЭПР различных типов воздушных целей и диапазонов волн (с передней полусферы – нос $+45^\circ$). Как видно из табл. 1.1, ЭПР малоразмерных целей в метровом диапазоне волн на 1–2 порядка больше, чем в сантиметровом. Причиной этого является наличие у воздушных целей элементов конструкций, соизмеримых с длиной волны РЛС метрового диапазона, в результате чего при облучении имеют место резонансные явления, увеличивающие интенсивность отраженной волны [1, рис. 1.1]*;

б) формирование ДНА происходит с участием земной поверхности. Явления интерференции электромагнитного поля в отдельных угломестных направлениях приводят к возрастанию мощности сигнала и соответственно увеличению дальности обнаружения ВО. При этом на других на-

*Все рисунки приведены в отдельном альбоме схем, являющимся составной частью данного учебника.

правлениях дальность обнаружения будет снижена за счет формирования провалов ДНА;

в) меньше потери на поглощение и рассеяние электромагнитной энергии в атмосфере при её распространении;

г) коэффициент шума приемников обычно несколько меньше, чем в сантиметровом и дециметровом диапазонах.

Таблица 1.1

Зависимость значений ЭПР различных типов ВО от диапазона волн

Тип воздушной цели	Значение ЭПР, м ²					
	Сантиметровый диапазон		Дециметровый диапазон		Метровый диапазон	
СРЭМ	0,01	0,02	0,02	0,7	0,7	2,5
АЛКМ	0,1	0,4	0,1	1,8	1,0	4,8
В-1А	10	12	15	20	20	25
В-111	8	11	7	11	8,5	15
В-52	10	12	15	20	20	25
Хаунд Дог	1	1,3	1	1,3	1	2,5
F-15	1	2	2	2,5	3	6

2. В метровом диапазоне более устойчива проводка обнаруженных ВО: вероятность обнаружения ВО в границах зоны видимости менее зависит от дальности, чем в сантиметровом диапазоне [1, рис. 1.1]. Это объясняется меньшей изрезанностью диаграммы вторичного излучения ВО сложной геометрической формы.

3. В этом диапазоне волн практически не наблюдаются отражения от гидрометеообразований, так как они представляют собой тела шарообразной формы. ЭПР таких тел, имеющих диаметр d , прямо пропорциональна отношению d^6/λ^4 , где λ – длина волны облучающих колебаний. Поэтому ЭПР капель и их совокупности в метровом диапазоне ничтожно мала.

4. РЛС метрового диапазона более помехоустойчивы к воздействию пассивных помех, чем РЛС сантиметрового диапазона. Это объясняется тем, что в метровом диапазоне:

а) меньше ширина спектра флуктуаций помех $\Delta F = 2\Delta V_p/\lambda$, где ΔV_p – разброс радиальных скоростей отражателей в импульсном объеме РЛС;

б) больше интервал между соседними значениями «слепых» скоростей в диапазоне возможных скоростей целей $0-V_{\text{макс}}$, определяемый как $\Delta V_{\text{р сл}} = \lambda/2T_{\text{п}}$, где $T_{\text{п}}$ – период повторения РЛС. Количество «слепых» скоростей

$$N_{\text{сл}} = \frac{V_{\text{макс}}}{\Delta V_{\text{р сл}}} = \frac{2V_{\text{макс}}T_{\text{п}}}{\lambda};$$

в) выше абсолютная стабильность частоты передающего устройства.

Таким образом, из-за указанных преимуществ метровый диапазон волн широко используется в РЛС дежурного режима, для которых наиболее существенный недостаток метрового диапазона волн, связанный с практической невозможностью получения высоких точностей и разрешающих способностей по угловым координатам, имеет меньшее значение вследствие пониженных требований к этим характеристикам. Требования к точностным характеристикам и разрешающим способностям РЛС дежурного режима определяются тем, что информация, выдаваемая ими, используется, как правило, для решения задач управления на этапе приведения войск в повышенные степени боевой готовности.

1.2. Назначение, состав и размещение на позиции радиолокационной станции П-18Р

1.2.1. Назначение радиолокационной станции П-18Р

РЛС П-18Р предназначена для обнаружения ВО, определения их координат (азимута и дальности), государственной принадлежности и выдачи РЛИ на автоматизированные и неавтоматизированные командные пункты (КП) или пункты управления (ПУ) радиотехнических подразделений, обеспечения РЛИ систем управления авиации, ЗРВ и войск радиоэлектронной борьбы (РЭБ).

РЛС обеспечивает:

- обнаружение ВО;
- измерение двух координат ВО (азимута и дальности);
- определение государственной принадлежности ВО;
- выдачу РЛИ на автоматизированные и неавтоматизированные

КП (ПУ) РТВ.

РЛС является подвижным радиотехническим средством дежурного режима средних и больших высот, метрового диапазона волн.

РЛС состоит на вооружении радиолокационных рот и радиотехнических батальонов.

Съем РЛИ осуществляется глазомерным способом или, при сопряжении с КСА, – полуавтоматическим. Информация о целях передается на КП РТВ и обеспечиваемых подразделений, частей ЗРВ по проводным (радио-) каналам связи. Вид ИКО при отсутствии активных шумовых помех (АШП) показан в [1, рис. 1.2].

РЛС сопрягается:

- с РЛС: П-37Р (1РЛ139Р), П-19 (1РЛ134), 5Н84А(П), 5Н87М, 64Ж6 и другими. При этом по вращению антенны она может быть как ведомой, так и ведущей. Расстояние между сопрягаемыми РЛС ограничивается длиной кабелей и составляет 300 м. Отображение информации от одной из сопрягаемых станций на экранах ИКО и выносного индикатора кругового обзора (ВИКО) РЛС П-18Р может осуществляться как совместно с этой станцией (режим «В + Л» – внешняя + личная), так и только от сопряженной РЛС (режим «В»).

- ПРВ: ПРВ-11 (1РЛ119), ПРВ-13 (1РЛ130), ПРВ-9 (1РЛ19), ПРВ-16 (1РЛ132);

- КСА: 86Ж6, «Поле-ДД», «Фундамент-1». При сопряжении РЛС с КСА выдача РЛИ осуществляется в аналоговой форме на расстояние до 300 м.

При сопряжении с ПРВ-13 РЛС П-18Р образует комплекс целеуказания, обеспечивающий определение трех координат ВО с высокой точностью.

1.2.2. Состав радиолокационной станции П-18Р

В состав РЛС входят пять транспортных единиц: машина антенно-мачтового устройства (АМУ); аппаратная машина; силовые прицепы ПС-1 и ПС-2; изделие 1Л22 (НРЗ-П) [1, рис. 1.3].

Машина АМУ – автомобиль «Урал-4320» («Урал-375А») с АМУ, лебедками для монтирования АМУ. Масса автомобиля 12 936 кг.

Аппаратная машина – автомобиль «Урал-4320» («Урал-375А») с кузовом К-375, в котором размещена передающая, приемная, контрольно-измерительная аппаратура, аппаратура защиты от помех, аппаратура сопряжения и телефонной связи, ИКО и ВИКО, аппаратура дистанционного управления (ДУ) изделием 1Л22. Масса автомобиля 12 430 кг.

Два силовых прицепа (ПС-1, ПС-2) типа 700Г, в каждом из которых установлено по одному агрегату питания АД-10-Т/230-М, комплекты силового и сигнального кабеля. Масса прицепов 6 545 и 6 631 кг соответственно.

Машина изделия 1Л22 – автомобиль «Урал-4320З» («Урал-375А») со специальным кузовом-фургоном КЦ-375 (КЦ-4320), в котором размещен НРЗ: антенно-фидерное устройство, приёмно-передающая аппаратура, шифрующе-дешифрирующее устройство, контрольно-измерительная аппаратура, аппаратура сопряжения с РЛС. Масса автомобиля 12 850 кг.

Состав РЛС по блокам приведен в прил. 1.

1.2.3. Размещение радиолокационной станции П-18Р на позиции

Позиция выбирается на местности, обеспечивающей круговой обзор воздушного пространства. РЛС П-18Р является станцией метрового диапазона, поэтому при выборе позиции необходимо учитывать существенное влияние рельефа местности на формирование ДНА в вертикальной плоскости. Размеры участка местности, влияющего на диаграмму направленности, зависят от высоты подъёма антенны, длины волны и угла места цели. Интенсивность энергии, отражённой от различных участков местности, убывает по мере удаления участка формирующей площадки от станции. Местность вокруг станции по характеру ее влияния на ЗО можно разбить на две: «ближнюю» в радиусе 1 000 м и «дальнюю» в радиусе свыше 1 000 м.

«Ближняя» зона оказывает наибольшее влияние на формирование ЗО в вертикальной плоскости. «Дальняя» зона оказывает влияние на ЗО станции в вертикальной плоскости только в том случае, если имеются препятствия, создающие углы закрытия.

Наилучшей позицией является ровная горизонтальная площадка радиусом 500–1 000 м на открытой местности или вблизи водной поверхности. На позиции в радиусе 500 м от антенны станции не должно быть воздушных электросиловых и телефонно-телеграфных линий, высоких мостовых ферм.

Допустимые пределы неровности позиции (ямы и возвышенности):

- на расстоянии 100 м от антенны – не более 1 м;
- на расстоянии 500 м – до 3 м;
- на расстоянии 1 000 м – до 5 м.

Угол уклона площадки не должен превышать 2° , а угол подъема – $0,5^\circ$. Площадка должна выбираться на расстоянии не менее 1 000 м от леса и населенных пунктов сельского типа и не менее 2 000 м от населенных пунктов городского типа. Отдельные деревья и мелкий кустарник на работу станции не влияют. Во избежание снижения дальности обнаружения целей на малых высотах углы закрытия не должны превышать $15'$. Водная поверхность увеличивает дальность обнаружения станции. Поэтому желательно размещать станцию вблизи водной поверхности на отлогом берегу не далее 100 м от берега при ширине зеркала водной поверхности не менее 400 м. В горной местности допустимо развёртывание станции в долине или на плоскогорье, имеющем горизонтальную площадку радиусом не менее 500 м, в крайнем случае у подножия горы или на склоне.

Позиция, пригодная для РЛС, пригодна и для развёртывания НРЗ.

Позиция должна иметь подъездные пути, позволяющие транспортировать аппаратуру РЛС. Благоприятными условиями для жизни, быта личного состава являются наличие:

- источников водоснабжения,
- местных строительных материалов,
- сетей связи,
- линий электропередач.

Окончательный выбор позиции производится после ее топографической обработки.

Площадка для развертывания РЛС оборудуется согласно «Инструкции по эксплуатации РЛС (часть II)». Расположение машин и прицепов станции на площадке показано в [1, рис. 1.4].

Для защиты РЛС от воздействия осколков бомб и оружия массового поражения машины и прицепы могут располагаться в укрытиях. Вариант размещения машин и прицепов в укрытиях показано в [1, рис. 1.5].

1.3. Боевые возможности радиолокационной станции П-18Р

Тактико-технические характеристики (ТТХ) РЛС, состоящих на вооружении РТВ ВВС, представляют собой количественные значения основных параметров конкретного образца РЛС для средних условий его боевого использования и эксплуатации. ТТХ образцов РЛС каждого типа заносятся в формуляр на основании тщательной экспериментальной проверки в заводских условиях и на испытательных полигонах.

Тактические характеристики РЛС – это система показателей, используемых для оценки боевых возможностей РЛС и проведения тактических расчетов. Основными тактическими характеристиками являются:

- форма и размеры ЗО;
- состав выдаваемой информации;
- точность измерения координат целей;
- разрешающие способности по измеряемым координатам;
- информационная способность;
- помехозащищенность;
- эксплуатационная надежность;
- мобильность;
- живучесть.

Рассмотрим подробнее каждую из перечисленных характеристик.

1.3.1. Форма и размеры зоны обнаружения

ЗО называется область воздушного пространства, в границах которой обеспечивается обнаружение ВО с заданным средним значением ЭПР и получение о них информации с вероятностями правильного обнаружения и ложной тревоги не хуже заданных.

Форма и размеры ЗО зависят от основных параметров РЛС, позиции, на которой она развернута, и ЭПР ВО.

ЗО РЛС в вертикальной плоскости формируется в соответствии с ДНА и характеризуется:

- пределами обнаружения по углу места и радиусом «мертвой воронки»;
- потолком беспровальной проводки;
- максимальной дальностью обнаружения.

ЗО РЛС определяется высотой подъема антенны и характером позиции, на которой она развернута [1, рис. 1.6]. В состав РЛС придается 5 дополнительных секций длиной 1 м каждая, что обеспечивает установку антенны на требуемую высоту.

Потолок беспровальной проводки при горизонтальном положении антенны и высоте её верхнего этажа $h_B = 6,35$ м по истребителю МиГ-21 составляет 27 км. При наклоне антенны вверх потолок беспровальной проводки увеличивается до 31 км, но при этом дальность обнаружения целей уменьшается на 30–40 %.

Наклон антенны вниз обеспечивает компенсацию влияния рельефа местности с равномерным уклоном. Кроме того, наклон антенны вниз используется также для улучшения обнаружения и проводки цели на малых углах места.

При высоте верхнего этажа антенны $h_B = 10,35$ м потолок беспровальной проводки уменьшается, но существенно увеличивается дальность обнаружения целей.

В станции предусмотрен наклон антенны от -5 до $+15^\circ$.

Зависимость дальности обнаружения целей (при отсутствии помех) от высоты их полета приведена в табл. 1.2.

Зона видимости по углу места (при горизонтальном положении антенны) составляет 30° . Радиус «мертвой воронки» при этом

$$R_{М.В} = 2H_{Ц},$$

где $R_{М.В}$ – радиус «мертвой воронки», м; $H_{Ц}$ – высота полета цели, м.

При наклоне антенны на угол $+15^\circ$ зона видимости по углу места увеличивается до $40-42^\circ$, а радиус «мертвой воронки»

$$R_{М.В} = H_{Ц}.$$

Таблица 1.2

Зависимость дальности обнаружения целей от высоты их полета

Высота полета цели, м	Дальность обнаружения цели, км			
	Истребитель ($\sigma = 1 \text{ м}^2$)		Крылатая ракета ($\sigma = 0,3 \text{ м}^2$)	
	$h_H = 3,9 \text{ м}$	$h_B = 7,9 \text{ м}$	$h_H = 3,9 \text{ м}$	$h_B = 7,9 \text{ м}$
100	28	30	21	24
300	40	50	29	37
500	50	60	37	44
1 000	65	80	48	54
5 000	145	170	106	124
10 000	175	250	128	183
16 000	205	263	150	191
20 000	230	270	168	198
30 000	250	270	168	198

Система вращения антенны обеспечивает режимы: фиксированный – со скоростью 2, 4, 6 об/мин; плавный (вращение вправо-влево) – со скоростью от 0,5 до 6 об/мин.

Изделие 1Л22, обеспечивает работу в системе радиолокационного опознавания «Пароль» (VII диапазон НРЗ) и «Кремний-2М» (III диапазон НРЗ).

Пределы опознавания: по азимуту – от 0 до 360°; по углу места – до 30°. Дальность опознавания не менее дальности обнаружения РЛС.

1.3.2. Информационная способность и качество радиолокационной информации

Информационная способность характеризуется количеством одновременно сопровождаемых РЛС целей, по которым выдается информация с заданной дискретностью.

При ручном съеме оператор с одного ИКО или ВИКО может выдать плоскостные координаты 8–10 целей с дискретностью 1 мин. С обоих индикаторов можно выдавать данные 16–20 целей.

Время выдачи двух координат с ИКО или ВИКО и время выдачи целеуказания с ВИКО составляет 5–6 с.

Максимальный темп выдачи данных по сопровождаемой цели при скорости вращения антенны 6 об/мин составляет 10 с.

Время выдачи целеуказания и данных трех координат считыванием (при сопряжении с радиовысотомерами) составляет 10–12 с. Темп выдачи данных по сопровождаемой цели в данном случае также составляет 10–12 с.

При сопряжении станции с КСА возможности по выдаче информации определяются возможностями КСА.

Разрешающей способностью РЛС по данной координате считается минимальный интервал между двумя целями по этой координате, при котором значения ее для каждой цели можно определить отдельно при условии, что все другие координаты целей совпадают. Иногда в качестве меры разрешающей способности РЛС по всем координатам (пространственным) используют импульсный (разрешаемый) объем.

Разрешающая способность РЛС на основной частоте ($f = 160$ МГц) составляет:

- по дальности – не хуже 2 000 м;
- по азимуту – 6–8°.

При указанных разрешающих способностях состав групповой цели можно определить лишь приближённо.

Разрешающая способность изделия 1Л22 в VII диапазоне:

- по дальности: в I режиме – 500 м, во II режиме – 1 000 м, в III режиме – 4 000 м;
- по азимуту (при дальности ≥ 30 км) – 2–4°.

Точность измерения координат характеризуется погрешностями измерения, представляющими собой разность между истинными и измеренными значениями координат целей в момент измерения. Поскольку эти разности – случайные величины, для количественной оценки точности используют, как правило, среднеквадратическое отклонение (СКО) измерения, а иногда максимальную погрешность в 80 % измерений.

Требования к точности РЛИ, выдаваемой РЛС, зависят от сложности задач, решаемых с использованием этой информации. Если таких задач несколько, то при предъявлении требований к точности должно быть проанализировано ее влияние на выполнение каждой задачи. Иногда можно ограничиться анализом той задачи, которая требует заведомо лучших точностных характеристик РЛС. Например, решение задачи наведения своих истребителей на цель или целеуказание ЗРК требует больших точностей измерения координат, чем решение задачи целераспределения. От точностных характеристик зависит вероятность наведения ИА. Эта вероятность рассчитана для комплекса РЛС П-18Р и ПРВ-13. Вероятности наведения ИА зависят не только от параметров РЛС, но и от параметров бортового прицела, скорости самолёта и др. Значит, вероятности наведения зависят от типа истребителей и составляют в среднем от 0,8 до 0,5. Такие вероятности удовлетворяют требованиям наведения, кроме конечного участка, где необходима значительно более точная информация. Поэтому РЛС метрового диапазона для наведения ИА используются редко и только в тех

случаях, когда РЛС сантиметрового диапазона, обеспечивающие наведение с большей вероятностью, не работоспособны. При обеспечении полетов авиации РЛС П-18Р, как правило, используется РЛИ только в ближней (приаэродромной) 100-километровой зоне.

Ошибки определения координат цели РЛС П-18Р (в 80 % измерений) составляют:

- по дальности – $\pm 1\ 800$ м, что соответствует СКО $\sigma_d = 1\ 400$ м;
- по азимуту – $\pm(1,0 \dots 1,5^\circ)$, что соответствует СКО $\sigma_\beta = 1,17^\circ$.

Съем координат целей производится с ИКО (ВИКО). Масштабы индикаторов – 90, 180 и 360 км.

Для контроля работы и настройки аппаратуры станции имеется индикатор контроля (ИК). Также по ИК может производиться определение количества самолетов в групповой цели, настройка системы СДЦ для компенсации пассивных помех.

1.3.3. Помехозащищенность

Помехозащищенность – это количественная характеристика способности РЛС выполнять боевую задачу в условиях радиопомех.

Различия характера помех и специфики их влияния на РЛС затрудняют введение единых показателей помехозащищенности. В настоящее время показатели помехозащищенности введены отдельно для конкретных видов радиопомех (АШП – сектор эффективного подавления, коэффициент подавления помех в направлении боковых лепестков ДНА; пассивных помех (ПП) – коэффициент подавления, коэффициент подпомеховой видимости).

В РЛС предусмотрена защита от АШП, несинхронно-импульсных (НИП) и пассивных помех (ПП).

Защита от АШП осуществляется за счет перестройки частоты РЛС. В пределах рабочего диапазона РЛС может оперативно перестраиваться на одну из четырех фиксированных частот. Диапазон перестройки приёмно-передающей аппаратуры составляет 20 МГц. При применении АШП прицельного типа перестройка рабочей частоты позволяет вынести спектр полезного сигнала за пределы спектра помехи или в область минимальной спектральной плотности мощности помехи.

Кроме того, для защиты от АШП относительно малой интенсивности в РЛС применяется схема шумовой автоматической регулировки усиления приёмника (ШАРУ).

В случае воздействия АШП большой мощности во всем частотном диапазоне РЛС имеется возможность определения пеленга на постановщик АШП.

Защита от ПП и НИП осуществляется с помощью аппаратуры СДЦ.

Защита от ПП реализована при помощи аппаратуры СДЦ, которая выполнена на основе использования когерентно-компенсационного принципа, представляющего собой совмещение когерентно-импульсного метода селекции подвижных объектов с методом череспериодной компенсации (ЧПК).

Аппаратура СДЦ РЛС П-18Р позволяет обеспечить обнаружение и проводку ВО с ЭПР 10 м^2 в дипольных пассивных помехах с плотностью 1,5 пачки на 100 м пути. Включение аппаратуры СДЦ в то же время приводит к сжатию ЗО РЛС на 15–20 % за счет потерь энергии сигнала при обработке в системе ЧПК.

Защита от НИП реализована на основе использования метода бланкирования НИП в каждом периоде повторения и обеспечивается частью аппаратуры СДЦ. Коэффициент подавления НИП не хуже 8–10.

Защита от ПРЛР в станции осуществляется при помощи режима МЕРЦАНИЕ, позволяющего осуществлять выключение излучения или изменение частоты повторения РЛС через 1, 2 оборота антенны или в заданном азимутальном секторе.

1.3.4. Мобильность, живучесть и эксплуатационная надежность

Мобильность РЛС включает: время развертывания, свертывания, включения, выключения; возможности, способы, скорости транспортировки; количество, массу и габариты транспортных единиц.

Время включения при поданном напряжении питания составляет 3 мин. Время экстренного включения – 1 мин, время выключения – 5 мин.

Время развёртывания РЛС на открытой площадке из походного положения в боевое расчётом 5 человек без установки дополнительных секций антенны составляет 1 ч 20 мин. Для развёртывания РЛС с максимальной высотой антенны ($h_{\text{В}} = 10,35 \text{ м}$, $h_{\text{Н}} = 7,9 \text{ м}$) без выноса ВИКО и сопряжения с КСА требуется не более 1,5 ч.

Транспортирование РЛС П-18Р осуществляется автомобильным, железнодорожным, водным и воздушным транспортом.

Для перевозки автомобильным транспортом используются штатные средства («Урал-4320», «Урал-375», «КамАЗ-4320»). Средняя скорость движения по шоссе составляет при этом 35–40 км/ч, в условиях бездорожья – 5–10 км/ч.

Для перевозки РЛС П-18Р железнодорожным транспортом требуются две 4-осные или четыре 2-осные платформы. При наличии в составе

РЛС изделия 1Л22 для его размещения требуется одна 4-осная платформа. Все транспортные единицы РЛС вписываются в железнодорожный габарит 02-ВМ (0-2Т), за исключением изделия 1Л22 (для вписываемости изделия в «габарит погрузки» железных дорог антенна изделия – блок 08013400 (08013100А) – должна быть снята). Габариты и масса транспортных единиц приведены в табл. 1.3.

Таблица 1.3

Габаритные размеры и масса транспортных единиц РЛС П-18Р

Условное наименование	Длина, м	Ширина, м	Высота, м	Масса, кг
Аппаратная машина	8,00	2,50	3,105	12 430
Машина АМУ	7,465	2,62	3,31	12 936
Прицеп ПС-1	5,37	2,44	3,25	6 545
Прицеп ПС-2	5,37	2,44	3,25	6 631
Машина изделия 1Л22	8,00	2,70	3,34* (3,86)	12 220* (12 850)

*Высота и масса изделия 1Л22 в походном положении со снятым блоком 08013400 (08013100А) – антенна изделия; в скобках указаны высота и масса в походном положении без снятия антенны.

При транспортировании водным транспортом автомобили и прицепы РЛС размещаются в трюмах и твиндеках судов.

При транспортировании РЛС воздушным транспортом требуется три транспортных самолёта типа АН-22.

Живучесть РЛС характеризуется устойчивостью функционирования ее систем при воздействии поражающих факторов ядерного и осколочно-фугасного оружия. Наиболее уязвимой является антенная система РЛС, так как вся остальная аппаратура может располагаться в укрытиях. Поэтому предъявляются повышенные требования к механической прочности конструкции антенной системы, а также к возможности ее быстрой замены. Живучесть РЛС в мирное время характеризуется допустимой скоростью ветра в м/с и толщиной обледенения антенной системы, которые не приводят к ее поломке.

Живучесть РЛС П-18Р обуславливается возможностью ее работы из окопа (с дополнительными секциями АМУ), инженерным оборудованием и маскировкой позиции, а также возможностью управления РЛС с помощью аппаратуры дистанционного управления с ВИКО. От РЛС ВИКО может удаляться на 500 м и располагаться в заглубленном ПУ или на КП. Это

обеспечивает защиту личного состава расчета и материальной части от поражающих факторов ядерного взрыва [1, рис. 1.7].

Эксплуатационные характеристики РЛС.

РЛС работоспособна при температуре окружающего воздуха от -40 до $+50$ °С.

Конструкция антенной системы позволяет обеспечить работу РЛС при следующих метеорологических условиях:

- скорости ветра до 20 м/с без обледенения антенны – на скоростях вращения антенны 2, 4, 6 об/мин;
- скорости ветра до 30 м/с без обледенения антенны – на скорости вращения антенны 2 об/мин;
- скорости ветра до 10 м/с и обледенении антенны толщиной до 10 мм корки льда – на скоростях вращения антенны 2, 4, 6 об/мин.

Эксплуатационная надежность РЛС характеризует ее способность к безопасной работе и быстрому восстановлению после отказа. Основными показателями надежности РЛС являются вероятность безотказной непрерывной работы в течение тактически необходимого времени (иногда используется усредненный показатель надежности – среднее время безотказной работы) и среднее время восстановления.

Средняя наработка РЛС П-18Р на отказ (T_0) – 135 ч; средний ресурс – 11 000 ч; средний срок службы до капитального ремонта – 11 лет.

Питание РЛС осуществляется трехфазным током напряжением 220 В, частотой 50 Гц от собственных агрегатов питания или от промышленной сети. Потребляемая мощность не более 10 кВт. Расход топлива агрегатом АД-10-Т/230-М составляет 4,6 кг/ч. Переход с одного агрегата питания на другой или промышленную сеть производится без выключения РЛС.

1.3.5. Технические характеристики радиолокационной станции П-18Р

Технические характеристики РЛС должны обеспечивать выполнение тактических требований и являются основой обеспечения боевых возможностей. РЛС П-18Р имеет следующие технические характеристики:

1. Диапазон рабочих частот – 150–170 МГц; основная частота – 160 МГц, рабочая основная частота – $155 \pm 0,5$ МГц.
2. Длительность импульса – 6 мкс.
3. Мощность передающего устройства (ПДУ): импульсная – не менее 180 кВт, средняя – 500 Вт.

4. Частота повторения: при внутреннем симметричном запуске – 365 ± 10 Гц; при внутреннем несимметричном запуске коэффициент несимметрии составляет $1,25 \pm 0,02$ от симметричного запуска;

5. Частота повторения при внешнем симметричном и несимметричном запуске – 325–375 Гц.

6. Коэффициент шума приемника – не более 2,3.

7. Промежуточная частота – 24,6 МГц.

8. Полоса пропускания приемника – 200 ± 30 кГц.

9. Коэффициент усиления антенны – 250–300.

10. Уровень бокового излучения относительно основного лепестка ДНА: 20 дБ – 1-й боковой лепесток на основной частоте; 14–15 дБ – в остальном диапазоне частот.

11. Коэффициент бегущей волны (КБВ) – не менее 65 %;

12. Ширина ДНА в горизонтальной плоскости по уровню 0,5 мощности – 6–8°.

13. Отношение сигнал/шум, при котором обеспечивается обнаружение сигнала на ИКО (ВИКО) – не более 1,1;

14. Диапазон частот схемы компенсации действия ветра (СКДВ) – от –73 до +73 Гц;

15. Коэффициент подавления контрольных импульсов в режиме:

- «СПЦ» – не менее 50;
- «СПЦ + ПНП» – не менее 12.

16. Коэффициент подавления НИП – не менее 10;

17. Время автоматической перестройки – не более 8 с;

18. Точность установки автоматов перестройки – не более 2 делений шкалы;

19. Скорость вращения антенны: от $\leq 0,4$ до ≥ 6 об/мин (плавно); 2, 4, 6 об/мин ± 5 % (фиксирована).

20. Ошибка слежения за ведущей антенной – $\pm 3^\circ$;

21. Наклон антенны в вертикальной плоскости от –5 до +15°.

22. Время наработки на один отказ – не менее 140 ч.

23. Время включения 3 мин.

24. Время выключения 5 мин.

25. Время развертывания расчетом из 5 человек – 1 ч 20 мин.

Таким образом, РЛС П-18Р по своим возможностям относится к классу РЛС дежурного режима. Высокая мобильность РЛС позволяет применять её в составе мобильных подразделений РТВ в качестве резерва для наращивания и восстановления радиолокационного поля. При обеспечении полетов авиации, РЛС П-18Р можно применять для обеспечения РЛИ в ближней (приаэродромной) 100-километровой зоне.

1.4. Структурная схема радиолокационной станции П-18Р

РЛС РТВ различаются по своему назначению, имеют разные ТТХ и варианты технических решений систем и устройств, а также различную элементную базу. Однако по функциональной структуре своего построения РЛС имеют много общего.

По принципу радиолокации РЛС РТВ являются активными и поэтому должны обеспечивать:

- формирование зондирующего сигнала заданной структуры;
- передачу электромагнитной энергии от генератора (передатчика) высокочастотного сигнала к антенной системе;
- излучение электромагнитной энергии в заданном направлении;
- прием и обработку отраженных от ВО сигналов, в т. ч. при воздействии радиопомех;
- принятие решения о наличии ВО, измерение его координат и параметров движения;
- выдачу РЛИ потребителям.

РЛС П-18Р состоит из следующих систем и устройств [1, рис. 1.8]:

- АФС – блоки 1, 2, 3, 4, высокочастотные фидеры, мачтовое устройство;
- радиопередающее устройство (РПУ) – блоки 35, 47, 50;
- приемное устройство – блоки 5 и ШУВЧ;
- система автоматической подстройки частоты (АПЧ) – канал АПЧ блока 5, блок 85, автоматы АП-1 и АП-4 блока 50;
- система перестройки частоты (СПЧ) – органы перестройки на пультах управления, автоматы АП-1 и АП-2 блока 50, автомат перестройки блока 5;
- устройство защиты от помех – блоки 27, 75, 76;
- хронизирующее устройство – блок 16М;
- индикаторное устройство – блоки 7, 8, 9, 10, 18, 19, 25, 56;
- система вращения и наклона антенны (СВНА) – блоки 31, 32, 37, 41;
- система передачи азимута (СПА) – блоки 17, 24, 28, 29;
- система управления и сигнализации – блоки 11М, 12М, 22М, 23М;
- система электропитания – блоки 13, 15, 21, 33, 34, 36, 38, 39, 44, 45, 64, 71, 86, 87, 99, аккумуляторы, электроагрегаты, стабилизатор входного напряжения;
- система сопряжения с другими РЛС – блоки 20, 24, 26, 29, 102;
- система настройки станции на эквивалент (СНСЭ) – блоки 43, 72, 90;

- система отопления и вентиляции – блоки 69, 103, вентиляционные и отопительные устройства;
- система телефонной и громкоговорящей связи (ГГС) – коммутатор связи, аппаратура ГГС, телефоны;
- контрольно-измерительная аппаратура – блоки 40, 42, 56, 70, 90, ампервольтметр, счетчик времени, осциллограф и т. д.

1.4.1. Назначение основных систем радиолокационной станции П-18Р

1.4.1.1. Антенно-фидерная система

АФС предназначена для передачи электромагнитной энергии зондирующих сигналов от передатчика к антенне, излучения ее в пространство, приема отраженных эхо-сигналов и передачи их энергии на вход приемника.

Антенна формирует ЗО РЛС, зависящую от высоты подъема антенны и рельефа местности, на которой развернута РЛС. В ЗО обеспечиваются наблюдение за воздушной обстановкой, обнаружение и проводка целей.

Высокочастотный делитель мощности (блок 4) [1, рис. 1.8] служит для распределения мощности передатчика и создания разности фаз токов между этажами антенны. Высокочастотный токосъемник (блок 2) осуществляет передачу энергии от неподвижного линейного фидера к фидерному тракту, вращающемуся вместе с антенной. Антенный коммутатор (блок 3) служит для автоматического переключения антенно-фидерной системы с передачи на прием и обратно и обеспечивает защиту приемного устройства от просачивающейся мощности зондирующего импульса.

1.4.1.2. Радиопередающее устройство

РПУ представляет собой одноламповый генератор высокой частоты с импульсной анодной модуляцией.

В состав РПУ входят: генератор (блок 50) с автоматами перестройки (АП-1, АП-2, АП-4), модулятор (блок 47 и шкаф 5) и элементы питания (блоки 35, 99).

Генератор собран по схеме одноконтурного двухконтурного автогенератора с общей сеткой на импульсном триоде. Модулятор предназначен для формирования мощных модулирующих импульсов напряжения положительной полярности с заданной частотой повторения и длительностью, поступающих на генераторную лампу передающего устройства. Модулятор включает в себя схему формирования модулирующих импульсов

и канал поджигающих импульсов. В качестве накопителя энергии применяется искусственная линия, а в качестве коммутирующего прибора – тиратрон.

1.4.1.3. Приемное устройство

Приемное устройство осуществляет усиление и преобразование поступающих от антенны слабых, отраженных от целей сигналов, до величины, достаточной для их визуального наблюдения на экранах индикаторов, формирования пеленгационного импульса для определения азимута постановщика активной помехи, и вырабатывает управляющее напряжение для работы системы АПЧ. Приемное устройство состоит из приемника (блок 5) и ШУВЧ.

1.4.1.4. Система автоматической подстройки частоты

АПЧ служит для стабилизации разности частот генератора и гетеродина приемника, равной номинальному значению промежуточной частоты приемника. Система АПЧ устраняет погрешности в установке частот генератора при перестройке, автоматически компенсирует уход частоты под влиянием температуры и влажности, а также вследствие вращения антенны и других дестабилизирующих факторов. Система АПЧ работает по принципу двухканальной подстройки частоты генератора двумя исполнительными органами (грубо и точно). Система включает в себя: направленный ответвитель (в блоке 42), канал АПЧ приемника (в блоке 5), усилитель АПЧ (блок 85), автоматы АП-1 и АП-4 (в блоке 50).

1.4.1.5. Система перестройки частоты

СПЧ служит для быстрой смены рабочей частоты. Система обеспечивает возможность перестройки в диапазоне частот станции на любую (по заранее установленной программе) частоту и включает в себя автоматы перестройки генератора (АП-1, АП-2), автомат перестройки приемника и органы управления (блоки 12М и 23М).

На время перестройки блока 50 анодное напряжение генераторной лампы и запуск тиратрона модулятора автоматически выключаются.

Переход с одной фиксированной частоты на другую осуществляется нажатием соответствующей кнопки на пультах управления (блоки 12М и 23М).

1.4.1.6. Устройство защиты

Устройство защиты от помех представляет собой когерентно-компенсационную аппаратуру, обеспечивающую выделение сигналов целей

на фоне сигналов от местных предметов и дипольных помех (блоки 75, 76), двукратное череспериодное вычитание (ЧПВ) указанных ПП в ближней зоне и в зонах автоматического стробирования и подавление НИП в дальней зоне – режим «СПЦ»; однократное ЧПВ указанных ПП в ближней зоне и в зонах автоматического стробирования при одновременной защите всей ЗО изделия от действия НИП – режим «СПЦ + ПНП» (блоки 27, 75). Включение ближней и дальней зон, а также включение зон автоматического стробирования обеспечивает система коммутации устройства защиты от помех.

1.4.1.7. Хронизирующее устройство

Хронизатор (блок 16М) предназначен для обеспечения согласования во времени работы аппаратуры РЛС и НРЗ, а также синхронной работы с другими РЛС. Хронизатор может работать в режиме внутренней и внешней синхронизации. При работе станции в режиме внутренней синхронизации частота повторения импульсов запуска определяется частотой задающего генератора хронизатора. Для исключения эффекта «слепых» скоростей при внутренней синхронизации предусмотрен несимметричный запуск.

1.4.1.8. Индикаторная аппаратура

Индикаторное устройство включает в себя ИКО, ВИКО и ИК (блок 56).

ИКО предназначены для визуального наблюдения за отображением воздушной обстановки, считывания координат ВО (наклонной дальности и азимута) и определения государственной принадлежности ВО в зоне обзора станции по сигналам от НРЗ.

Координаты считываются с экранов ИКО, ВИКО (блок 10) и выдаются голосом или передаются полуавтоматически с помощью электронного визира (азимут) и маркера (наклонная дальность) при целеуказании.

В состав ИКО входят: блок горизонтальной развертки (блок 7), блок вертикальной развертки (блок 8), видеоусилитель (блок 9), блок электронно-лучевой трубки (ЭЛТ) – блок 10, блок эхо-сигналов (блок 19), блок сигналов изображения (блок 25) и калибратор (блок 18). Также в ИКО предусмотрено три масштаба дальности. Отметки дальности формируются в блоке 18.

ВИКО может устанавливаться для работы в аппаратной машине или на выносном посту, удаленном от РЛС до 500 м.

Кроме радиально-круговой развертки (РКР) на ВИКО имеется визирная развертка, используемая для полуавтоматической выдачи целеуказаний по азимуту и дальности.

ИК (блок 56) предназначен для контроля работы отдельных блоков, каналов и цепей станции и может использоваться в качестве вспомогательного индикатора дальности.

1.4.1.9. Система вращения и наклона антенны

СВНА служит для вращения антенны и наклона стрел антенны в вертикальной плоскости. Система включает в себя привод вращения и наклона антенны (блок 31), блок коммутации (блок 32), электромашинный усилитель (ЭМУ) – блок 41, элементы управления в аппаратном (блок 11М) и выносном (блок 22М) пультах управления. СВНА обеспечивает: круговое вращение антенны только по часовой стрелке с фиксированными скоростями или плавное изменение скорости вращения с возможностью реверсирования; синхронно-синфазное вращение (слежение за ведущими РЛС). В РЛС предусмотрен наклон антенны вверх и вниз от горизонтального (нулевого) положения, который может быть использован для компенсации уклона или подъема рельефа местности.

1.4.1.10. Система передачи азимута

СПА предназначена для передачи угла поворота антенны на ИКО и ВИКО, НРЗ и другие радиолокационные средства при сопряжении с ними. Система выдает на индикаторные устройства азимутальные импульсы (5 и 30° или 10 и 30° и импульс 0° «Север») и напряжение, пропорциональное синусу и косинусу угла поворота антенны, для формирования радиально-круговых разверток ИКО.

В состав аппаратуры системы СПА входят блоки сельсинов (блоки 28, 29), блок формирования азимутальных импульсов (блок 17), синусно-косинусное устройство (в блоках 12М и 23М), блок управления визиром ВИКО (блок 24) и блок целеуказания (блок 26).

1.4.1.11. Система управления, защиты и контроля

Система управления, защиты и контроля (СУЗиК) предназначена для управления режимами работы РЛС и сигнализации о включенных режимах. Система состоит из аппаратного пульта управления (АПУ) – блоков 11М, 12М и выносного пульта управления (ВПУ) – блоков 22М, 23М, с которых производится управление работой станции.

1.4.1.12. Система отопления и вентиляции

Система отопления и вентиляции обеспечивает нормальные температурные режимы работы аппаратуры РЛС и обслуживающего персонала.

В системе вентиляции используются вентиляторы низкого давления, которые установлены внутри и снаружи аппаратного кузова под кожухами.

Включение вентиляции производится автоматически при включении аппаратуры РЛС.

Охлаждение лампы генератора и аппаратных шкафов 1, 2, 3 производится принудительной приточно-вытяжной вентиляцией, шкафа 5 – принудительно-вытяжной, а шкафа 6 – воздушной естественной вентиляцией.

В РЛС предусмотрена санитарная вентиляция, улучшающая условия работы обслуживающего персонала. Включение и выключение санитарной вентиляции производится с отдельного щита включения.

При низких температурах в станции аппаратной и станции питания для нагрева воздуха используются отопительно-вентиляционные установки.

1.4.1.13. Система электропитания

В качестве первичного источника питания РЛС используются дизельные электроагрегаты мощностью 10 кВт, установленные в прицепах ПС-1 и ПС-2, или промышленная сеть 220/380 В, 50 Гц с изолированной или заземленной нейтралью. Напряжение промышленной сети подается через прицеп ПС-1 на разделительный трансформатор (блок 38).

Переключение питания РЛС от электроагрегатов или сети производится на силовом щите (блок 44), установленном в силовом прицепе ПС-1.

При работе РЛС на высоте более 1 000 м над уровнем моря или при повышенной ветровой нагрузке на антенну электропитание РЛС обеспечивается двумя агрегатами, работающими параллельно.

Питание устройств и блоков РЛС осуществляется постоянными и переменными (стабилизированными или нестабилизированными) напряжениями, вырабатываемыми вторичными источниками питания.

В станции предусмотрен «Дежурный режим», при котором включен только накал электровакуумных приборов (ЭВП) блоков 47, 50, 104.

1.4.1.14. Система настройки станции на эквивалент

СНСЭ позволяет производить настройку передающего и приемного устройств, системы АПЧ, проверку приемоиндикаторного тракта и устройства защиты от помех без излучения в эфир.

В состав системы входят эквивалент антенны (блок 43), индикатор входных сопротивлений (блок 72) и блок настройки (блок 90).

Эквивалент антенны создает для генератора нагрузку, эквивалентную АФС станции.

Настройка эквивалента контролируется путем сравнения входных сопротивлений антенны и эквивалента при помощи мостовой схемы индикатора входных сопротивлений.

Блок настройки предназначен для измерения частоты передающего устройства, а также для задержки зондирующего импульса генератора с целью использования этого импульса при настройке и проверке приемно-индикаторного тракта.

1.4.1.15. Система телефонной и громкоговорящей связи

Система телефонной связи и ГГС предназначена для служебной связи расчета РЛС с внешними абонентами и между собой. Для связи между операторами ИКО и ВИКО и с внешними абонентами, подключенными к линейному щитку коммутатора, используются аппараты телефонной и громкоговорящей связи (АТГС), а для связи электромехаников с операторами – телефонные аппараты.

1.4.1.16. Контрольно-измерительная аппаратура

Контрольно-измерительные приборы обеспечивают контроль режимов работы блоков, систем и устройств станции и включают в себя измерительные блоки (блоки 40, 42, 56, 70, 90) и типовые приборы (осциллограф, вольтметр, амперметр, буссоль), часть которых встроена в аппаратуру станции.

1.4.2. Взаимодействие систем радиолокационной станции П-18Р по структурной схеме

Основными трактами РЛС являются: тракт зондирующих импульсов; тракт синхронизации; тракт отраженных сигналов; тракт сигналов опознавания [1, рис. 1.8].

1.4.2.1. Тракт зондирующих импульсов

Напряжение питания с блока распределения питания и защиты (блок 34) поступает на высоковольтный выпрямитель (блок 35), и током выпрямителя через зарядные диоды (блок 104) заряжается накопитель модулятора (блок 47). С приходом с хронизатора (блок 16М) импульса запуска в модуляторе формируется мощный видеоимпульс, который используется для анодной модуляции лампы генератора сверхвысоких частот (СВЧ) (блок 50). Мощный высокочастотный импульс через антенный коммутатор (блок 3), индикатор напряжения (блок 42), линейный фидер, токосъемник (блок 2), делитель мощности (блок 4) поступает в антенну (блок 1) и в виде электромагнитных волн излучается в пространство в соответствии с ДНА.

1.4.2.2. Тракт синхронизации

Хронизатор вырабатывает импульс запуска на модулятор, формирователи масштабных отметок (блоки 17 и 18), на ИКО, ИК, НРЗ, аппаратуру сопряжения, в канал передачи сигналов на ВИКО (блок 19).

Для аппаратуры СДЦ, блока настройки (блок 90) и канала АПЧ в приемнике импульс запуска формируется в модуляторе при формировании модулирующего импульса для генератора СВЧ.

Режимы работы хронизатора: «ВНЕШ», «ВНУТР.», «СИМ», «НЕСИМ.», а также режимы «МЕРЦАНИЕ» при защите от противорадиолокационных ракет (ПРЛР) задаются с аппаратного пульта управления (блок 12М).

1.4.2.3. Тракт вращения РЛС

Вращение антенны осуществляется электродвигателем привода вращения антенны (блок 31), который размещается в верхней части мачтового устройства. Скорость вращения задается с аппаратного пульта управления (блок 11) ручкой СКОРОСТЬ при плавном или кнопками – при дискретном изменении скорости вращения антенны. В обоих случаях в блоке коммутации СВНА (блок 32) возникает управляющее напряжение, которое усиливается по мощности электромашинным усилителем (блок 41) и подается в качестве управляющего напряжения на электродвигатель блока 31.

В зависимости от выбранного режима вращения изменяются величина и знак этого напряжения, что, в конечном счете, определяет скорость и направление вращения антенны.

Скорость вращения антенны, а также стабильность скорости вращения контролируется с помощью прибора блока 32.

Сигнал вращения на сопрягаемые изделия поступает с блока сельсинов-приемников (СП) – блок 29. С помощью этого же блока, а также блока 37 обеспечивается вращение антенны станции в режиме «СЛЕЖЕНИЕ».

С блока сельсинов-датчиков (СД) – блок 28 – напряжение синхронной передачи угла поворота антенны поступает:

- на систему ССП НРЗ для синхронного и синфазного вращения антенны НРЗ с антенной станции;
- блоки горизонтальной и вертикальной разверток (блоки 7 и 8) для формирования радиально-круговой развертки на ИКО и ВИКО;
- формирователь отметок азимута (блок 17) для формирования меток азимута и отметки СЕВЕР;
- аппаратный пульт управления (блок 12), в схемы управления мерцанием излучения и аппаратуры СДЦ.

1.4.2.4. Тракт приема отраженных сигналов

Отраженные от целей эхо-сигналы принимаются антенной и в виде высокочастотных импульсов проходят в обратном направлении от антенны до антенного коммутатора и с него поступают на ШУВЧ. После усиления в блоке ШУВЧ эхо-сигналы поступают в канал сигнала приемника (блок 5), где после усиления по высокой частоте преобразуются в сигналы промежуточной частоты и затем в видеоимпульсы. Видеоимпульсы с выхода приемника поступают:

- на коммутатор сигналов усилителя ЧПК (блок 27) – ЭХО АМПЛ.;
- индикатор контроля (блок 56);
- аппаратуру опознавания (для режима «КЛАПАН»).

Кроме того, с приемника эхо-сигналы на промежуточной частоте поступают в аппаратуру СДЦ (блок 76) и в зависимости от режима ее работы (задается с блока 12) вырабатываются сигналы ЭХО КОГЕР. Эти сигналы также поступают на коммутатор сигналов блока 27. С выхода коммутатора сигналов эхо-сигналы (АМПЛ. или КОГЕР.) поступают в канал объединения блока эхо-сигналов (блок 19), смешиваются там с эхо-сигналами сопрягаемых изделий и поступают на ИКО (через блок 25) и на аппаратуру радиолокационного узла (РЛУ) через блок 20.

1.4.2.5. Тракт формирования масштабных отметок дальности

С началом каждого цикла работы РЛС в блоках 17 и 18 вырабатываются соответственно масштабные отметки азимута и дальности, которые через блок 25 поступают на ИКО, через блок 20 – на аппаратуру РЛУ, а также в канал передачи сигналов блока 19. В этот же канал поступают сигнал СТРОБ. ВИЗИРА с блока 18, импульс запуска с блока 16М и ответный сигнал опознавания с аппаратуры НРЗ. Ко всем этим сигналам добавляются эхо-сигналы из канала объединения эхо-сигналов, которые затем поступают на ВИКО.

Масштабные отметки дальности подаются на индикатор контроля (блок 56) и сопрягаемые изделия. С калибратора (блок 18) сигналы СТРОБ. ВИЗИРА через канал передачи сигналов блока 19 поступают на ВИКО и используются при формировании визирной развертки.

1.4.2.6. Автоматическая подстройка частоты

Часть энергии зондирующего импульса через направленный ответитель блока 42 поступает в канал АПЧ приемника (блок 5). При отличии промежуточной частоты сигнала в приемнике от номинального значения в канале АПЧ вырабатывается управляющее напряжение, величина и знак которого зависят от направления и величины расстройки. Управляющее напряжение с канала АПЧ подается в блок 85, который управляет электро-

двигателями автоматов АП-1 или АП-4 (в зависимости от величины расстройки). Автоматы АП-1 грубого или АП-4 точного каналов АПЧ подстраивают генератор СВЧ таким образом, чтобы

$$f_{\text{ген.СВЧ}} - f_{\text{гет}} = f_{\text{пр0}}.$$

Работу системы АПЧ можно проконтролировать по прибору блока 32.

С канала АПЧ блока 5 сигнал фазирования на промежуточной частоте поступает в блок 76 для фазирования когерентного гетеродина.

1.4.2.7. Перестройка РЛС

При воздействии на РЛС АПП прицельного типа возможна перестройка станции на одну из четырех фиксированных частот (в диапазоне), установленных заранее.

Перестройка осуществляется при нажатии соответствующей кнопки на пульте перестройки (блок 12). При этом автоматы АП-1 и АП-2 работают в составе системы перестройки.

Автомат АП-1 перестраивает генератор СВЧ, а автомат АП-2 обеспечивает наилучший отбор высокочастотной энергии генератора. Одновременно управляющее напряжение поступает на автомат перестройки приемника (блок 5), что обеспечивает перестройку приемника.

1.4.2.8. Оpoznание воздушных объектов

Антенна НРЗ 1Л22 вращается синхронно и синфазно с антенной РЛС. С хронизатора (блок 16М) на НРЗ поступают импульсы запуска. При включении на АПУ или ВПУ (блок 11М или 22М) кнопки МП срабатывает передатчик НРЗ и происходит опознание цели. Ответный сигнал после декодирования поступает на ИКО и ВИКО через блок 30М1.

1.5. Зона обнаружения радиолокационной станции П-18Р

1.5.1. Принцип формирования диаграммы направленности антенны в РЛС метрового диапазона волн

В РЛС дальнего обнаружения и предупреждения производится одновременный обзор пространства по углу места и последовательный обзор по азимуту. Для этого антенна РЛС формирует сравнительно узкую диаграмму направленности в азимутальной и более широкую в угломестной плос-

кости. Вследствие трудности формирования в метровом диапазоне узких диаграмм направленности ЗО в вертикальной плоскости является одноканальной и относительно широкой. Также в формировании ДНА в вертикальной плоскости принимает участие подстилающая поверхность. Это объясняется и тем обстоятельством, что для метрового диапазона волн отражения от подстилающей поверхности в большей мере являются зеркальными, чем для сантиметрового. При рассмотрении принципа формирования ДНА будем для простоты считать подстилающую поверхность плоской.

Размеры ровной площадки должны быть не меньше области, существенной для отражения радиоволн, и определяются в основном размерами первой зоны Френеля. Радиус ровной площадки

$$R_{\text{П}} \geq \frac{23,3h_a}{\lambda},$$

где h_a – высота электрического центра антенны над поверхностью; λ – длина волны.

Допустимая величина неровностей площадки определяется критерием Релея по формуле

$$h_{\text{max}} \leq \frac{\lambda}{16 \sin \Theta},$$

где Θ – угол падения электромагнитной энергии.

Антенна, электрический центр которой поднят над землей на высоту h_a , формирует широкую в вертикальной плоскости ДНА, максимум которой направлен под углом ε_m к линии горизонта [1, рис. 1.9].

Напряженность электромагнитного поля прямой $\dot{E}_{\text{пр}}$ и отраженной $\dot{E}_{\text{отр}}$ волн, проходящих в любую удаленную точку (точка A для нашего случая) под углом места ε к линии горизонта, может быть записана в следующем виде:

$$\begin{aligned} \dot{E}_{\text{пр}} &= \dot{E}_0 \cdot F(\Theta_1), \\ \dot{E}_{\text{отр}} &= \dot{E}_0 \cdot F(\Theta_2) \cdot \left| \dot{R} \right| e^{-i\psi} e^{-i\varphi}, \end{aligned}$$

где \dot{E}_0 – напряженность поля, которая была бы в точке A при угле $\Theta_1 = 0$ (т. е. максимум ДНА направлен под углом ε); $F(\Theta)$ – нормированная ДНА в вертикальной плоскости; Θ_2 – угловое направление отраженной волны относительно углового направления максимума ДНА; $\left| \dot{R} \right|$, ψ – соответст-

венно модуль и аргумент коэффициента отражения от земной поверхности (коэффициент Френеля); φ – сдвиг фаз между прямой и отраженной волнами в точке A , обусловленный разностью их хода до точки A .

Если расстояние до точки A значительно превосходит высоту антенны, то прямой и отраженный лучи можно считать параллельными. Тогда в соответствии с [1, рис.1.9] разность их хода

$$\Delta r = 2 h_a \sin \varepsilon,$$

$$\varphi = 2\pi \frac{2h_a}{\lambda} \sin \varepsilon.$$

В результате интерференции прямой и отраженной волн суммарная напряженность поля в удаленной точке (точка A)

$$\left| \dot{E} \right| = \left| \dot{E}_0 \right| + F(\Theta_1) \Phi(\Theta_1, \Theta_2),$$

где

$$\Phi(\Theta_1, \Theta_2) = \sqrt{1 + \left| \dot{R} \right|^2 \frac{F^2(\Theta_2)}{F^2(\Theta_1)} + 2 \left| \dot{R} \right|^2 \frac{F(\Theta_2)}{F(\Theta_1)} \cos(\psi + \varphi)}.$$

– модуль интерференционного множителя, учитывающий изменение величины поля из-за влияния подстилающей поверхности. При $\lambda < 4$ м поверхность Земли представляет собой диэлектрик. При этом в случае малых углов места и горизонтальной поляризации $|R| \approx 1$, $\psi \approx \pi$.

Выразив значения углов Θ_1 и Θ_2 через углы места: $\Theta_1 = \varepsilon_m - \varepsilon$ и $\Theta_2 = \varepsilon_m + \varepsilon$, при $\psi = \pi$ получим

$$\Phi(\Theta_1, \Theta_2) = \sqrt{1 + \left| \dot{R} \right|^2 \frac{F^2(\varepsilon_m + \varepsilon)}{F^2(\varepsilon_m - \varepsilon)} + 2 \left| \dot{R} \right|^2 \frac{F(\varepsilon_m + \varepsilon)}{F(\varepsilon_m - \varepsilon)} \cos(2\pi \frac{2h_a}{\lambda} \sin \varepsilon)}.$$

В этом выражении третий член под корнем при достаточно большом отношении h_a/λ является быстро изменяющейся функцией угла места. Поэтому интерференционный множитель и результирующая ДНА

$$F_p(\varepsilon) = F(\varepsilon_m - \varepsilon) \Phi(\varepsilon)$$

имеет лепестковый характер.

Направления максимумов и минимумов функций (1.8) и (1.9) могут быть найдены из условия

$$2\pi (2h_a/\lambda) \sin \varepsilon = n\pi, \quad n = 0, 1, 2, 3,$$

где нечетные n определяют направления максимумов, а четные – минимумов.

Чем больше h_a/λ , тем уже лепестки и тем больше их число в результирующей ДНА.

Лепестковый характер интерференционного множителя особенно выражен, если максимум ДНА ориентирован вдоль горизонта ($\varepsilon_m = 0$). В этом случае при симметричной ДНА [$F(\varepsilon) = F(-\varepsilon)$] и

$$\Phi(\varepsilon) = \sqrt{2 \left[1 - \cos \left[2\pi \left(\frac{2h_a}{\lambda} \right) \sin \varepsilon \right] \right]}.$$

Вид результирующей ДНА, сформированной при участии подстилающие поверхности, для этого случая см. в [1, рис.1.10]. Глубина провалов при этом доходит до нуля, а в направлении максимумов напряженность поля удваивается по сравнению со случаем формирования ДНА в свободном пространстве.

Следовательно, в направлениях максимумов дальность обнаружения цели увеличивается вдвое, что является положительным эффектом влияния подстилающей поверхности. Однако наличие провалов в ДНА снижает качество проводки целей. Поэтому на практике принимаются специальные меры для исключения провалов или уменьшения их глубины, что достигается несколькими способами:

- наклоном электрической оси антенны. При этом наряду с уменьшением глубины провалов снижается значение коэффициента усиления в направлениях максимумов ДНА. Обычно выбирают угол наклона, равный 4...6°;

- использованием разнесенных по высоте антенн. Данный способ применяется в РЛС дежурного режима с невысоким энергетическим потенциалом, в которых используются антенны типа «волновой канал» с большими вертикальными размерами.

1.5.1.1. Использование разнесенных по высоте антенн

Поскольку угловые направления максимумов и минимумов зависят от отношения h_a/λ , то верхнюю и нижнюю антенны располагают так, чтобы провалы в результирующей диаграмме направленности одной антенны перекрывались лепестками диаграммы направленности другой антенны [1, рис. 1.11]. Обе антенны запитываются от одного передатчика.

Так как электромагнитные поля в соседних лепестках диаграммы направленности одной и той же антенны противофазны (на рис. 1.11 это показано знаками «+» и «-»), то при синфазном питании антенн могут появиться провалы в новых направлениях. Во избежание этого антенны запитываются со сдвигом фаз $\Delta\varphi = 90^\circ$ либо в процессе обзора пространст-

ва производится коммутация питания с синфазного на противофазное для смещения по углу места провалов в ДНА.

1.5.2. Диаграмма направленности антенны радиолокационной станции П-18Р

ДНА в горизонтальной плоскости определяется количеством волновых каналов в этаже, расстоянием между ними, распределением мощности между волновыми каналами и фазой питающего напряжения (тока) волнового канала. Распределение мощности по волновым каналам и синфазное питание их позволяют получить ДНА с требуемой шириной и наименьшими побочными излучениями.

Ширина ДНА в горизонтальной плоскости в диапазоне изменяется в небольших пределах (на высоких частотах ДНА более узкая). Примерный вид ДНА в горизонтальной плоскости см. в [1, рис. 1.6, в].

ДНА в вертикальной плоскости каждого в отдельности этажа антенны имеет лепестковый характер и определяется высотой подъема антенны над подстилающей поверхностью, ДНА отдельного волнового канала в свободном пространстве (в плоскости, перпендикулярной плоскости вибраторов), рельефом местности в точке размещения РЛС. Количество лепестков в ДНА определяется отношением высоты этажа над землей к длине волны h_a/λ .

В [1] на рис. 1.12 и 1.13 изображены ДНА в вертикальной плоскости каждого этажа антенны с учетом распределения мощности между этажами (40 % – в верхнем и 60 % – в нижнем этажах). Фаза поля в лепестке постоянна и меняется на 180° при переходе из одного лепестка в другой.

Если фазу первого лепестка верхнего этажа принять за нулевую, то следует, что фаза в четных лепестках равна 180° , а фаза в нечетных лепестках совпадает с фазой первого.

Так как ток, подводимый к нижнему этажу антенны, опережает по фазе ток, подводимый к верхнему этажу антенны, на 90° , то и фаза поля нижнего этажа антенны опережает фазу поля верхнего этажа антенны на 90° .

Соотношение фаз в лепестках показано в [1] на рис. 1.14 и 1.15.

ДНА в вертикальной плоскости является результирующей диаграммой верхнего и нижнего этажей и представляет собой их векторную сумму.

ДНА в вертикальной плоскости и, следовательно, ЗО определяются отношением высот этажей антенны над подстилающей поверхностью к длине волны, распределением мощности, разностью фаз токов между эта-

жами антенны, диаграммой направленности волнового канала в свободном пространстве и рельефом окружающей местности.

Расчетные значения ДНА и ЗО для различных высот антенны приведены в формуляре для ровной позиции.

ДНА в вертикальной плоскости существенным образом зависит от разности фаз токов (напряжений) между этажами.

Если разность фаз мала (значительно меньше 90°), то в ЗО возникают провалы, если разность фаз велика (больше 90°), то снижается дальность обнаружения станции.

Разность фаз между этажами создается делителем мощности. Однако она в значительной степени зависит от равенства электрических длин антенных фидеров (от блока 4 до волновых каналов) и от точности горизонтирования антенн.

Антенные фидеры этажей (от блока 4 до волновых каналов) выполняются равными по электрической длине с точностью 1 см, чем обеспечивается равенство их по фазе с точностью 3° .

В случае нарушения горизонтирования антенны происходит смещение электрических центров этажей антенны, появляется дополнительная разность хода лучей на величину смещения электрических центров и, следовательно, дополнительная разность фаз.

Каждому градусу наклона этажей антенны (в пределах $\Theta < 10^\circ$) соответствует дополнительная разность фаз полей между этажами, равная примерно $\pm 8^\circ$ («+» соответствует наклону вверх, «-» наклону вниз). Поэтому при наклоне антенны директорами вверх на угол Θ разность фаз между этажами увеличивается на величину $\Delta\varphi = 8 \cdot \Theta$, а при наклоне антенны директорами вниз на угол Θ разность фаз уменьшается на ту же величину.

В РЛС предусмотрен наклон антенны в вертикальной плоскости от -5° до $+15^\circ$. Наклон антенны вниз на угол до -5° используется для компенсации такого же угла наклона рельефа местности в ответственном секторе обнаружения. Наклон антенны вверх позволяет скомпенсировать угол подъема рельефа местности и обеспечить обнаружение целей при больших углах места, так как дает возможность перекрыть «мертвую воронку» ЗО других РЛС при работе в комплексе.

При наклоне антенны вниз изменяется ДНА в вертикальной плоскости каждого этажа в отдельности. Изрезанность ДНА становится менее выраженной (уменьшается глубина минимумов), фаза в лепестке плавно изменяется при переходе из одного лепестка в другой.

При наклоне антенны вверх на $7-10^\circ$ результирующая разность фаз электромагнитных полей близка к 180° , при этом первый лепесток резко уменьшается, второй и третий – возрастают. Такая ДНА позволяет повысить потолок ЗО целей, но при этом значительно снижается дальность об-

наружения. Наклоном антенны целесообразно пользоваться только при максимальной высоте антенны ($h_B = 10,35$ м, $h_H = 7,9$ м), так как в этом случае возможна проводка ВО без провалов.

Контрольные вопросы

1. Какие задачи решает РЛС П-18Р в радиолокационной системе РТВ ВВС?
2. Каковы достоинства и недостатки метрового диапазона волн?
3. Из каких транспортных единиц состоит РЛС?
4. Какие предъявляются требования к позиции РЛС и чем они обусловлены?
5. Каков порядок размещения РЛС на позиции?
6. Что такое ТТХ РЛС?
7. Какие показатели включают в себя ТТХ для РЛС?
8. Что такое ЗО РЛС и чем она характеризуется?
9. Какие технические характеристики РЛС влияют на боевую возможность «зона обнаружения»?
10. Что такое информационная способность РЛС и чем она характеризуется?
11. Каким образом технические характеристики индикаторной системы оказывают влияние на качество радиолокационной информации РЛС?
12. Что такое помехозащищённость и от каких видов помех предусмотрена защита в РЛС?
13. Каковы характеристики живучести и эксплуатационной надёжности РЛС?
14. Каковы основные технические характеристики РЛС и каким образом они влияют на ее боевые возможности?
15. Какие системы и устройства по функциональной структуре построения должна включать в себя РЛС?
16. Из каких систем состоит РЛС П-18?
17. Каково назначение каждой системы РЛС?
18. Каким образом происходит взаимодействие систем РЛС при формировании и излучении зондирующего сигнала?
19. Каков принцип формирования ДНА РЛС?
20. От чего зависит ширина ДНА РЛС в горизонтальной и вертикальной плоскостях?
21. Для чего предусмотрен наклон антенны в вертикальной плоскости?

Глава 2

ТРАКТ ГЕНЕРИРОВАНИЯ И ИЗЛУЧЕНИЯ ЗОНДИРУЮЩЕГО СИГНАЛА РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СТАНЦИИ П-18Р

2.1. Радиопередающее устройство радиолокационной станции П-18Р

Важной частью любой РЛС является устройство, генерирующее высокочастотную энергию. Из основного уравнения радиолокации следует, что при всех прочих одинаковых условиях максимальная дальность действия станции в свободном пространстве возрастает пропорционально корню четвертой степени от мощности излучения передатчика. Основными функциями РПУ являются: генерирование колебаний; управление параметрами колебаний (модуляция); усиление по мощности. Соответственно функционально необходимыми узлами РПУ являются:

- генератор высокочастотных колебаний;
- модулятор;
- усилитель мощности.

Кроме этого в состав РПУ входят: источники питания, умножители (делители) частоты, системы АПЧ и параметров модуляции сигналов.

В зависимости от целевого назначения РЛС, вида зондирующего сигнала РПУ строят по двум основным схемам:

- однокаскадные РПУ («мощный автогенератор»);
- многокаскадные РПУ («задающий генератор – усилитель мощности»).

В однокаскадных РПУ функции обеспечения требуемой энергетики и стабильности частоты зондирующего сигнала реализуются одним устройством – автогенератором.

РПУ с автогенератором СВЧ нашли широкое применение. Они используются в основном в РЛС старого парка (П-37, 5Н84А, П-18Р, П-19, ПРВ-13, ПРВ-16, ПРВ-17 и других РЛС). В таких устройствах вся генерируемая энергия СВЧ-сигнала вырабатывается мощным автогенератором при подаче на его анод питающего импульсного напряжения.

РПУ рассматриваемого типа включает подмодулятор, модулятор, автогенератор СВЧ и источник питания [1, рис. 2.1].

Цикл работы РПУ задается импульсами запуска передатчика (синхронизирующими импульсами), которые поступают от хронизатора РЛС. Подмодулятор усиливает импульс запуска по мощности до величины, достаточной для управления коммутирующим элементом модулятора. Модулятор формирует мощные импульсы выходного напряжения заданной формы, поступающие в цепь питания генераторного прибора СВЧ [1, рис. 2.2]. Автогенератор СВЧ во время действия модулирующего импульса вырабатывает мощные импульсы электромагнитной энергии СВЧ.

Выбор генераторного прибора и его конструкция определяются рабочей частотой, импульсной мощностью, полосой рабочих частот, системой охлаждения, стабильностью частоты и рядом других факторов. В РЛС метрового и длинноволновой части дециметрового диапазонов автогенераторы, как правило, выполняются на мощных металлостеклянных или керамических триодах. Колебательные системы таких генераторов образуются отрезками коаксиальных линий и межэлектродными ёмкостями генераторной лампы. В РЛС сантиметрового и коротковолновой части дециметрового диапазонов волн функцию автогенератора СВЧ выполняет магнетрон или стабилитрон.

Источники питания вырабатывают необходимые напряжения для обеспечения электроэнергией элементов РПУ. В большинстве РЛС в состав источников питания входят повышающий трансформатор и высоковольтный выпрямитель, используемые для заряда электрической энергией накопителя модулятора.

2.1.1. Общие сведения о радиопередающем устройстве радиолокационной станции П-18Р

2.1.1.1. Назначение, состав и технические характеристики радиопередающего устройства

РПУ формирует мощные кратковременные импульсы энергии высокой частоты в рабочем диапазоне частот.

В состав передающего устройства входят: генератор (блок 50 с автоматами АП-1, АП-2 и АП-4), модулятор (блок накопителя – блок 47 и блок зарядных кенотронов – блок 104), стабилизатор накала (блок 99), высоковольтный выпрямитель (блок 35).

Технические характеристики РПУ:

- импульсная мощность $P_{\text{имп}}$ – не менее 180 кВт;
- длительность зондирующего импульса $\tau_{\text{и}}$ – 6 мкс;
- период повторения зондирующих импульсов $T_{\text{п}}$ – определяется частотой импульсов ЗАП. ПДУ, поступающих с хронизатора, и составляет при симметричном запуске 365 Гц;
- напряжение высоковольтного выпрямителя $U_{\text{ВВВ}}$ – 2,6–4 кВ;

- ток высоковольтного выпрямителя $I_{ВВВ} - 120-400$ мА;
- напряжение накала генераторной лампы $U_{НАК} - 7,3$ В;
- анодный ток генераторной лампы $I_a - 30-110$ мА;
- сеточный ток генераторной лампы $I_c - 5-35$ мА.

2.1.1.2. Принцип работы радиопередающего устройства

Рассмотрим принцип работы РПУ. Высоковольтный выпрямитель преобразует переменное трехфазное напряжение 200 В, 50 Гц источника питания в напряжение +2,6...4,0 кВ при токе нагрузки не более 0,4 А [1, рис. 2.3 и 2.4].

Выпрямленное напряжение с высоковольтного выпрямителя подается на модулятор, который формирует мощные модулирующие импульсы напряжения амплитудой 7 кВ, поступающие на анод лампы генератора СВЧ.

Длительность (6 мкс) сформированных генератором СВЧ-импульсов определяется параметрами искусственной накопительной линии. Частота повторения сформированных импульсов составляет 365 Гц.

Принцип работы модулятора заключается в медленном накоплении электрической энергии искусственной накопительной линией (в интервале времени между импульсами запуска) и быстром ее разряде через первичную обмотку импульсного трансформатора при поступлении импульсов запуска на генератор поджигающих импульсов.

В результате формируется высоковольтный импульс напряжения постоянного тока, мощность $P_{имп}$ которого значительно превышает мощность $P_{ср}$ первичного источника питания, где $P_{имп} = P_{ср} \cdot T_{п} / \tau_{и}$.

Под воздействием модулирующих импульсов генератор СВЧ вырабатывает высокочастотные импульсы тока, которые через фишку связи поступают на антенный коммутатор АФС.

Перестройка генератора СВЧ в заданном диапазоне частот осуществляется серводвигателем автомата перестройки АП-1. Автоматы перестройки АП-1 и АП-2 производят настройку генератора СВЧ на заданную частоту, согласование его выходного сопротивления с входным сопротивлением АФС и передачу мощности СВЧ-колебаний в нагрузку (антенну). АПЧ генератора СВЧ осуществляется серводвигателем автомата АП-4.

2.1.2. Генератор СВЧ

2.1.2.1. Колебательная система и эквивалентная схема генератора

Колебательная система генератора [1, рис. 2.5] состоит из отрезков коаксиальных линий (анодная, сеточная, катодная трубы), образующих с межэлектродными емкостями лампы два колебательных контура: анодно-

сеточный Э2 и катодно-сеточный Э3. Эквивалентную схему генератора см. в [1, рис. 2.6].

Линии с одного конца замкнуты по высокой частоте с помощью подвижных плунжеров, служащих для настройки контуров в диапазоне частот, а с другого конца сочленяются с электродами генераторной лампы.

Анодно-сеточная линия Э2 образована анодной и сеточными трубками, причем первая имеет больший диаметр. Длина линии определяется положением короткозамыкающего плунжера. Входное сопротивление отрезка линии длиной l определяется выражением

$$Z_{\text{вх}} = \rho \frac{Z_{\text{к}} + j\rho \operatorname{tg} 2\pi l / \lambda}{\rho + jZ_{\text{к}} \operatorname{tg} 2\pi l / \lambda},$$

где $Z_{\text{к}}$ – сопротивление нагрузки на конце линии.

Для данного случая ($Z_{\text{к}} = 0$) входное сопротивление линии носит реактивный характер $Z_{\text{вх}} = jX_{\text{вх}} = j\rho \operatorname{tg} 2\pi l / \lambda$. Для получения индуктивного входного сопротивления анодно-сеточной линии требуется, чтобы длина линии была меньше $\frac{1}{4}\lambda$ или же отличаться от указанной величины на целое число полуволн. Длина анодно-сеточной линии контура Э2 выбрана меньше $\frac{3}{4}\lambda$, но больше $\frac{1}{2}\lambda$.

Это сделано вследствие следующих причин.

1. Стабильность частоты генератора определяется главным образом стабильностью параметров анодно-сеточного контура, а последняя прямо пропорциональна его добротности:

$$Q = \omega \frac{\mathcal{E}_3}{P_{\text{п}}},$$

где \mathcal{E}_3 – запасаемая в контуре электромагнитная энергия; $P_{\text{п}}$ – мощность потерь.

подавляющую часть мощность потерь генератора составляет мощность, отдаваемая в нагрузку (в антенну). Поэтому повышения добротности колебательного контура можно достичь только увеличением запасаемой в ней энергии. В коаксиальной линии энергия запасается в электромагнитном поле, существующем между проводниками линии. Следовательно, для увеличения запасаемой энергии необходимо увеличивать объем поля, т. е. пространства между трубками коаксиальной линии. Поскольку соотношение между диаметрами труб определяется в значительной степени размерами кольцевых выводов электродов лампы, практически существ-

венно увеличить запасаемую энергию можно лишь за счет увеличения длины волны.

2. При увеличении длины линии снижается так называемая плотность настройки $q = d\lambda/dl$, т. е. зависимость приращения длины волны $\Delta\lambda$ от приращения линии Δl .

При пониженной плотности настройки неточность установки короткозамкнутого плунжера при перестройке РПУ вызовет меньшую ошибку в установке заданной фиксированной частоты.

3. При большой длине линии конструктивно удобнее размещать на ней различные органы регулировки (связи с нагрузкой, органы системы АПЧ и т. д.).

Катодно-сеточная короткозамкнутая линия Э3 образована сеточной и катодной трубами. Длина катодно-сеточной линии контура Э3 меньше $\frac{1}{2}\lambda$, но больше $\frac{1}{4}\lambda$, поэтому входное реактивное сопротивление носит емкостный характер.

Длина катодно-сеточной линии задается положением емкостного плунжера. Применение емкостного плунжера вместо цельнометаллического обусловлено необходимостью исключить замыкание между сеткой и катодом лампы по постоянному току (для обеспечения работы цепи автосмещения).

Через емкость плунжера часть электромагнитной энергии проникает из колебательного контура в нерабочую часть линии и излучается ее открытым концом. Для уменьшения этого излучения на конце линии установлен фильтр Э4. Он представляет собой четвертьволновый стакан, надетый на внутреннюю (катодную) трубу открытым концом в сторону плунжера.

Реактивная проводимость между сеткой и катодом и реактивная проводимость между анодом и катодом носят емкостный характер, а реактивная проводимость между анодом и сеткой – индуктивный характер. Таким образом, эквивалентная схема генератора представляет собой схему автогенератора с емкостной обратной связью.

Реактивная проводимость между анодом и катодом обусловлена внутриламповой емкостью C_{AK} и дополнительной внешней емкостью, образованной за счет введения между анодной и катодной трубами кольца обратной связи Э1 [1, рис. 2.5]. Через эту суммарную емкость осуществляется обратная связь между контурами Э2 и Э3.

Величина обратной связи и длины коаксиальных линий подобраны так, что выполняются условия самовозбуждения и устойчивой работы генератора.

2.1.2.2. Установление колебаний в генераторе

При поступлении модулирующего импульса генератор самовозбуждается. Процесс установления колебаний ничем не отличается от процессов, происходящих в любом ламповом генераторе [1, рис. 2.7].

За каждый период колебаний через анодную и сеточную цепи протекают импульсы токов, которые представляют собой сумму постоянного тока (постоянная составляющая), переменного тока основной частоты (первая гармоника) и токов других высших гармонических составляющих.

Нагрузкой для постоянной составляющей анодного тока является внутреннее сопротивление лампы, нагрузкой для постоянной составляющей сеточного тока служит сопротивление автосмещения, а нагрузкой для переменных токов основной (рабочей) частоты является эквивалентное сопротивление настроенной на эту частоту колебательной системы генератора.

В процессе установления колебаний, при увеличении амплитуды напряжения возбуждения, постоянная составляющая сеточного тока, протекающего через резистор автосмещения, увеличивается. Напряжение автосмещения, приводящее схему к работе с отсечкой анодного тока, увеличивается по абсолютной величине, смещая влево рабочую точку на анодно-сеточной характеристике.

Процесс установления колебаний периодически повторяется при каждом последующем импульсе модулятора.

2.1.2.3. Связь генератора с нагрузкой

Максимальное значение мощности, отдаваемой генератором в нагрузку, устанавливается путем изменения расстояния от фишки связи Ф1 до анодного плунжера контура Э2 с помощью серводвигателя автомата перестройки АП-2.

Развиваемая генератором мощность зависит от величины эквивалентного сопротивления $R_{\text{экв}}$ колебательной системы генератора:

$$R_{\text{экв}} = \frac{\rho^2}{r_{\text{к}} + r_{\text{вн}}},$$

где ρ – волновое сопротивление контура; $r_{\text{к}}$ – эквивалентное сопротивление потерь ненагруженного контура; $r_{\text{вн}}$ – вносимое в контур сопротивление, зависящее от связи с нагрузкой и от которого зависит коэффициент полезного действия η генератора:

$$\eta = \frac{r_{\text{к}}}{r_{\text{к}} + r_{\text{вн}}}.$$

Связь с нагрузкой (величина $r_{\text{вн}}$) выбирается такой, чтобы генератор работал в недонапряженном режиме, близком к критическому, где величина мощности, отдаваемой генератором в нагрузку, имеет максимальное значение.

С приближением фишки связи Ф1 к анодному плунжеру связь генератора с нагрузкой уменьшается, а эквивалентное сопротивление между анодом и катодом увеличивается. Следовательно, уменьшается полезная мощность, отдаваемая генератором в нагрузку.

Анодно-сеточный контур Э2 является высокочастотным трансформатором, преобразующим входное сопротивление нагрузки в активное сопротивление между анодом и катодом, необходимое для нормального режима работы генераторной лампы.

Величина генерируемой мощности зависит также от коэффициента обратной связи и положения рабочей точки на анодно-сеточной характеристике лампы. Требуемый коэффициент обратной связи устанавливается подбором длины катодно-сеточной линии. Плунжер линии перемещается вручную. В диапазоне перестройки генератора необходимости изменять коэффициент обратной связи не возникает. Перемещение плунжера производится только при смене лампы генератора.

Оптимальный энергетический режим работы генератора обеспечивается при угле отсечки анодного тока $70-90^\circ$. Однако при этом рабочая точка находится на начальном участке анодно-сеточной характеристики лампы, где крутизна характеристики мала, а следовательно, самовозбуждение генератора затрудняется. С целью обеспечения самовозбуждения генератора применен режим мягкого самовозбуждения, для чего напряжение смещения на сетке лампы создается с помощью цепи автосмещения за счет протекания через нее сеточного тока.

Выбором параметров цепи автосмещения обеспечивается необходимый угол отсечки анодного тока в установившемся режиме.

2.1.2.4. Стабилизация частоты генерируемых колебаний

Стабильность частоты генератора определяется добротностью колебательных контуров.

При вращении антенны реактивная составляющая полного сопротивления антенны может изменяться как по величине, так и по знаку. При этом параметры анодно-сеточного контура Э2 из-за сильной связи с нагрузкой также изменяются и не могут оказать полного стабилизирующего действия, что приводит к изменению генерируемой частоты.

Для уменьшения расстройки контура применена система точной АПЧ генератора с помощью короткозамкнутого витка. Виток выполнен

в виде медной пластины, которая поворачивается на угол $\pm 45^\circ$ (относительно среднего положения) с помощью автомата подстройки АП-4.

Поворот пластины параллельно магнитным силовым линиям поля в контуре Э2 приводит к уменьшению частоты генератора, а поворот перпендикулярно магнитным силовым линиям поля – к увеличению частоты.

При значительной расстройке частоты генератора, когда система точной АПЧ не может полностью ее скомпенсировать, включается канал грубой АПЧ. Исполнительным органом канала грубой АПЧ является анодно-сеточный плунжер, приводимый в движение автоматом перестройки АП-1. После окончания грубой подстройки частоты вновь включается канал точной АПЧ.

2.1.2.5. Элементы защиты генератора

Фильтр, состоящий из дросселя $L1$ и конденсаторов $C1$, $C2$ и $C3$, защищает цепи модулятора от высокочастотных токов.

Короткозамкнутые четвертьволновые стаканы Э4 и Э5 представляют собой фильтры (на высшей частоте диапазона), предназначенные для уменьшения излучения высокочастотной энергии через открытые концы труб.

Блокировочные контакты КП1 и КП2 обеспечивают безопасную работу операторов. При открывании крышки фильтра блока 50 контакты КП1 размыкаются, высокое напряжение с передающего устройства автоматически отключается. При открывании крышки лампового отсека замыкаются контакты КП2, автоматически отключая высокое напряжение и накал с передающего устройства.

Блокировочные контакты КП3 предотвращают случайное столкновение анодного плунжера и фишки связи. Когда расстояние между ними становится менее 70–80 мм, контакты КП3 замыкаются с помощью рычажного приспособления, снимая питание с автоматов перестройки.

Ток накала мощного генераторного триода ГИ-19Б составляет большую величину. В момент включения ток может увеличиться в несколько раз из-за малого сопротивления холодной нити накала. Сильное магнитное поле, создаваемое таким током, может вызвать механическую деформацию и даже разрушение нити накала. Поэтому напряжение накала на генераторную лампу подается двумя ступенями. В момент включения накала станции включается первая ступень, составляющая около 50 % от номинального значения напряжения. Одновременно включаются электродвигатели вентиляторов охлаждения генераторной лампы. Реле давления, установленное на воздухопроводе, исключает возможность включения накала лампы без охлаждения.

Через одну минуту после включения накала станции на генераторную лампу подается полное напряжение накала 7,5 В. Еще через две минуты автоматически включается высокое напряжение, соответствующее 50 % мощности генератора. Амплитуда модулирующих импульсов, поступающих на анод генераторной лампы, составляет 7–9 кВ. Амплитуда модулирующих импульсов повышается до 10–13,5 кВ при включении 100 % мощности. Рабочим режимом генератора является режим 100 % мощности.

2.1.3. Модулятор радиопередающего устройства

Модулятор предназначен для формирования мощных импульсов напряжения положительной полярности с заданной частотой повторения и длительностью, используемых для осуществления анодной модуляции генератора, а также для формирования импульсов синхронизации блоков 5, 27, 75, 76, 90.

Принцип работы модулятора заключается в медленном накоплении электрической энергии искусственной накопительной линией (в интервале времени между импульсами запуска) и быстром ее разряде через первичную обмотку импульсного трансформатора при поступлении импульсов запуска на генератор поджигающих импульсов.

В результате формируется высоковольтный импульс напряжения постоянного тока, мощность $P_{\text{имп}}$ которого значительно превышает мощность $P_{\text{ср}}$ первичного источника питания.

В качестве накопителя энергии используется искусственная линия с резонансным зарядом. Время заряда искусственной линии выбрано несколько меньше периода максимальной частоты повторения запускающих импульсов, чем обеспечивается возможность работы модулятора с меньшими частотами повторения и в режиме несимметричного запуска.

Модулятор собран по схеме с полным разрядом накопителя – искусственной линии [1, рис. 2.8].

Модулятор включает в себя:

- зарядный дроссель, размещенный в шкафу 5;
- блок зарядных кенотронов (блок 104);
- блок накопителя (блок 47);
- импульсный трансформатор, размещенный в шкафу 5.

Для реализации рассмотренного принципа построения модулирующего устройства в модуляторе имеется два основных канала: схема формирования модулирующих импульсов и канал поджигающих импульсов блока 47.

Искусственная линия, зарядный дроссель и зарядные кенотроны позволяют осуществить накопление энергии. Импульсный трансформатор служит для изменения полярности модулирующих импульсов и повышения их амплитуды. С импульсного трансформатора снимаются также пусковые импульсы, служащие для синхронного запуска блоков станции.

Тиратрон выполняет роль коммутирующего элемента, замыкающего в определенные моменты времени искусственную линию на первичную обмотку импульсного трансформатора.

Управление тиратроном осуществляется с помощью усиленных импульсов запуска. В промежутках времени между импульсами запуска тиратрон заперт. После окончания действия предыдущего импульса запуска конденсаторы искусственной линии начинают заряжаться от высоковольтного выпрямителя через зарядный дроссель и зарядные кенотроны (блок 104).

2.1.3.1. Работа схемы модулирующих импульсов

Процесс резонансного заряда происходит следующим образом. На модулятор от высоковольтного накопителя подается напряжение $U_0 = +4$ кВ. При заряде линии происходит сравнительно медленное изменение зарядного тока. Поэтому катушки индуктивности линии оказывают на процесс заряда малое влияние и линия может рассматриваться во время заряда как некоторая зарядная емкость. Из-за большой индуктивности дросселя ток заряда нарастает сравнительно медленно и достигает максимальной величины в момент времени t_1 , когда напряжение на конденсаторах искусственной линии равно напряжению высоковольтного выпрямителя U_0 [1, рис. 2.9, *a*]. Дальнейший заряд конденсаторов искусственной линии осуществляется за счет магнитной энергии дросселя, запасенной во время заряда конденсаторов до напряжения U_0 , при этом зарядный ток уменьшается. В момент t_2 зарядный ток становится равным нулю, а напряжение на конденсаторах искусственной линии равно почти удвоенному напряжению высоковольтного выпрямителя $2U_0 = +7$ кВ.

Зарядные кенотроны фиксируют это напряжение на линии до момента прихода импульсов поджига тиратрона. Если бы не было зарядных кенотронов, то при отсутствии поджигающих импульсов дальнейшее изменение напряжения на конденсаторах искусственной линии происходило бы по закону затухающих синусоидальных колебаний [1, рис. 2.9, *a*, пунктирная линия].

Вследствие наличия зарядных кенотронов достигнутое максимальное напряжение на конденсаторах искусственной линии не изменяется до прихода очередного поджигающего импульса, что позволяет работать с различными частотами повторения запускающих импульсов.

С приходом поджигающего импульса тиратрон открывается. Искусственная линия быстро разряжается через тиратрон и первичную обмотку импульсного трансформатора, на которой выделяется импульс напряжения амплитудой $U_n/2 = 3,5$ кВ отрицательной полярности. На вторичной обмотке импульсного трансформатора выделяется импульс положительной полярности амплитудой 13,5 кВ, который подается на анод генераторной лампы.

В РЛС предусмотрена работа при 50 % мощности передатчика. В этом случае с высоковольтного выпрямителя на модулятор подается пониженное напряжение (2,6 кВ).

При разряде напряжение линии распределяется между волновым сопротивлением линии и эквивалентным сопротивлением обмотки импульсного трансформатора (нагрузкой). При обеспечении условий согласования линии с нагрузкой эти напряжения равны U_0 .

Если волновое сопротивление линии Z равно сопротивлению нагрузки R_n , то форма импульса близка к прямоугольной. Если же сопротивление нагрузки не равно волновому сопротивлению линии, то процесс разряда линии протекает по ступенчатому закону. Ступени имеют один и тот же знак, если $R_n > Z$, или периодически меняют знак, если $R_n < Z$.

2.1.3.2. Работа канала поджигающих импульсов

В состав канала входят: блокинг-генератор Л1а, усилитель Л1б, катодный повторитель Л3.

Блокинг-генератор, собранный на левой половине лампы Л1, работает в ждущем режиме. Формирование выходных импульсов блокинг-генератора происходит под действием внешних запускающих положительных импульсов.

Для того чтобы лампа оставалась запертой до прихода импульса запуска, а также для исключения ложного срабатывания блокинг-генератора от импульсных помех, в цепь катода левой половины лампы Л1 подается положительное напряжение от источника питания 300 В. На сетке создается отрицательное напряжение, превышающее напряжение отпираания приблизительно на 20 В.

Сформированные импульсы положительной полярности через согласующий трансформатор передаются на вход усилителя.

Усилитель собран на правой половине лампы Л1 по трансформаторной схеме.

С выхода усилителя импульсы положительной полярности подаются на катодный повторитель.

Катодный повторитель собран на лампе Л3, работающей в триодном режиме. Выход катодного повторителя коммутируется с помощью тумблера В1 МОДУЛЯТОР–ВЫКЛЮЧЕНО.

В рабочем режиме тумблер В1 находится в положении МОДУЛЯТОР, при этом поджигающие импульсы подаются на сетку тиратрона.

При поступлении запускающих импульсов блокинг-генератор формирует импульсы поджига, которые усиливаются и через катодный повторитель подаются на сетку тиратрона.

При выключенном излучении поджигающие импульсы используются в качестве пусковых импульсов для синхронного запуска блоков 5, 27, 75, 76 и 90.

2.1.3.4. Элементы защиты модулятора

При коротких замыканиях в цепях нагрузки высоковольтного выпрямителя при пробоях в лампе генератора СВЧ искусственная накопительная линия не только разряжается, но и перезаряжается, получая заряд отрицательной полярности вследствие того, что сопротивление нагрузки $R_n < Z$. Кроме того, перегрузка модулятора может возникнуть и в процессе перестройки станции на запасные частоты.

В этом случае падение напряжения на первичной обмотке импульсного трансформатора при поджиге тиратрона будет меньше $U_n/2$. Следовательно, вдоль линии будет распространяться волна амплитудой более $U_n/2$. После отражения от разомкнутого конца эта волна будет производить последовательный перезаряд линии до некоторого отрицательного напряжения, величина которого зависит от степени рассогласования R_n и Z . При этом при двухсторонней проводимости тиратрона на зажимах линии наблюдался бы колебательный затухающий процесс [1, рис. 2.9, б, пунктирная линия], так как волна, вернувшись к началу линии, отразилась бы от несогласованной нагрузки $R_n < Z$, изменив полярность. Поскольку же в качестве ключа используется тиратрон, обладающий односторонней проводимостью, то при перезаряде линии до отрицательного напряжения он погаснет и на линии зафиксируется отрицательный потенциал.

При колебательном характере процесса заряда линии, обусловленном включением в цепь заряда дросселя, наличие остаточного напряжения на линии приведет к перегрузке модулятора.

Поскольку остаточное напряжение действует в цепи заряда согласно с напряжением высоковольтного выпрямителя U_0 , напряжение заряда линии возрастает. За несколько периодов повторения напряжение на линии может возрасти до недопустимой величины.

Для снятия отрицательных выбросов напряжения искусственной линии применены диоды Д2, Д3.

В режиме короткого замыкания ток через диоды Д2, Д3 и включенную последовательно с ними обмотку реле Р2 увеличивается.

Реле срабатывает, разрывая цепь питания анодного контактора, установленного в блоке 34. Реле срабатывает при среднем значении тока 25 мА.

Одновременно замыкаются контакты реле Р2, через которые напряжение 26 В подается на удерживающую обмотку реле Р2 и сигнальную лампочку ПЕРЕГРУЗКА МОДУЛЯТОРА.

Если $R_n > Z$ (что может иметь место при потере эмиссии катода генераторной лампы, обрывах в цепях ее питания), напряжение на нагрузке в начале разряда линии превышает величину $U_n/2$, а амплитуда падающей волны, распространяющейся вдоль линии, будет меньше $U_n/2$. В результате прохождения волны к разомкнутому концу линии и обратно полного разряда линии не произойдет. Возвратившаяся волна снова частично отразится с сохранением своей полярности, в результате чего начнется новый цикл частичного разряда линии. Процесс будет длиться до тех пор, пока линия полностью не разрядится, т. е. происходит ступенчатый разряд линии в течение длительного времени.

Величина «ступенек» и, следовательно, время полного разряда линии зависит от степени рассогласования R_n и Z . При таком характере разряда линии тиратрон будет открыт длительное время. За это время ток высоковольтного выпрямителя, протекающий через дроссель, зарядный диод и тиратрон, может нарасти до значительной величины, а электродвижущая сила (ЭДС) самоиндукции дросселя существенно уменьшится. В результате напряжение +4 кВ будет приложено к тиратрону и вызовет его непрерывное горение. Произойдет замыкание высоковольтного выпрямителя через тиратрон на корпус.

В целях исключения аварийного режима в минусовый провод высоковольтного выпрямителя включено реле максимального тока Р1 блока 35, размыкающее своими контактами цепь питания обмотки анодного контактора в блоке 34 при увеличении среднего значения тока, потребляемого от выпрямителя, свыше 0,7 А.

При срабатывании реле максимального тока на передней панели модулятора загорается сигнальная лампочка ПЕРЕГРУЗКА ВЫПРЯМ. (перегрузка выпрямителя).

С целью дополнительной защиты элементов модулятора и генератора от перенапряжений, возникающих в режиме холостого хода, на выводах импульсного трансформатора установлены воздушные разрядники.

2.1.4. Питающее устройство

Питающее устройство вырабатывает постоянное напряжение 2,6–4,0 кВ для заряда накопителя модулятора.

В соответствии с временной программой включения станции и при наличии замкнутой цепи блокировки срабатывает в блоке 34 анодный контактор Р16, обмотка которого оказывается включенной между двумя фазами напряжения 220 В [1, рис. 2.10]. Цепь блокировки образуется с участием выключателя В2 ВЫСОКОЕ–ВЫКЛЮЧЕНО в положении ВЫСОКОЕ, нормально замкнутых контактов защитных реле Р1 и Р2, контактов блокировки КП-1 в блоке 50 и КП-1 в шкафу 5. Контакты КП-1 блока 50 разрываются при открывании крышки фильтрового отсека, а контакты КП-1 шкафа 5 – при открывании приборной панели.

При срабатывании Р16 через его замкнувшиеся контакты загорается сигнальная лампочка ВЫСОК. ВКЛ. на передней панели блока 47 (от напряжения +26 В) и подается три фазы напряжения 220 В, 50 Гц на высоковольтный трансформатор.

Если с АПУ (ВПУ) включается мощность излучения 50 %, то первичные обмотки трансформатора включаются «звездой» и на выходе высоковольтного выпрямителя вырабатывается напряжение +2,6 кВ. Если же включается мощность излучения 100 %, то первичные обмотки включаются «треугольником» и на выходе вырабатывается напряжение +4 кВ.

Высоковольтный выпрямитель собран по трехфазной мостовой схеме на диодах. Работа выпрямителя контролируется с помощью приборов, расположенных на передней панели шкафа 5: ИП1 – показывает напряжение, равное половине напряжения на нагрузке выпрямителя (1,3–2,0 кВ), а ИП2 – ток выпрямителя (120–400 мА).

2.2. Антенно-фидерная система радиолокационной станции П-18Р

АФС предназначена для передачи электромагнитной энергии зондирующих сигналов от передатчика к антенне, излучения ее в пространство, приема отраженных эхо-сигналов и передачи их энергии на вход приемника.

В состав АФС входят антенная система и фидерный тракт. Функции излучения и приема электромагнитной энергии выполняет антенная система, функции передачи энергии от передатчика к антенне и от антенны к приемнику – фидерный тракт.

АФС является важным элементом РЛС. Ее параметры оказывают существенное влияние на ТТХ станции. Основными характеристиками АФС являются:

- коэффициент усиления антенны;
- форма ДНА;
- уровень боковых лепестков;
- диапазонность;
- поляризация.

Коэффициент усиления антенны характеризует степень выигрыша по мощности с учетом направленных свойств антенны и наличия в ней потерь.

Форма ДНА существенно влияет на точность и разрешающую способность по угловым координатам, помехозащищенность. Форма ДНА в вертикальной плоскости определяет степень рациональности распределения излучаемой энергии по углу места. Правильно выбранная форма ДНА в этой плоскости позволяет сократить энергетические затраты при обеспечении заданной дальности обнаружения.

Уровень боковых лепестков влияет на интенсивность принимаемых активных и пассивных помех и тем самым определяет помехозащищенность РЛС. Прием эхо-сигналов целей по боковым лепесткам затрудняет определение их истинных координат. Кроме того, боковые лепестки вызывают уменьшение чувствительности приемника за счет приема дополнительных шумов из окружающего пространства.

Диапазонность антенны определяется полосой частот, в пределах которой основные параметры антенны не выходят за пределы допустимых значений. Антенны РЛС, как правило, удовлетворяют заданным параметрам при изменении частоты в пределах 10–20 % от средней рабочей частоты передатчика РЛС.

От вида поляризации излучаемых сигналов зависит интенсивность мешающих отражений от земной или водной поверхности. Например, обратные отражения от поверхности земли, покрытой растительностью, при вертикальной поляризации более интенсивны, чем при горизонтальной. Спокойная морская поверхность, наоборот, в направлении на РЛС лучше отражает горизонтально поляризованную волну.

Основными элементами фидерного тракта являются волноводные линии передачи электромагнитной энергии, антенный переключатель, вращающееся сочленение. В состав фидерного тракта входят также согласующие устройства, фазовращатели, направленные ответвители, делители мощности и другие элементы СВЧ.

К основным техническим характеристикам волноводного тракта относятся:

- степень согласования волноводного тракта с нагрузкой;
- потери энергии в волноводном тракте;
- максимальная передаваемая мощность.

Степень согласования волноводного тракта с нагрузкой характеризуется КБВ. При низком КБВ уменьшается величина мощности, излучаемой антенной в пространство, что приводит к снижению дальности обнаружения РЛС.

Потери энергии в фидерном тракте обусловлены тепловыми потерями в металлических проводящих поверхностях и диэлектрическими потерями линий передачи. Величину потерь принято характеризовать коэффициентом поглощения. Для линий передач пользуются величиной погонного ослабления, выраженной в децибелах на один метр длины. Для полосковых и коаксиальных линий передачи значение погонного ослабления составляет 0,05...0,5 дБ/м.

Максимальная передаваемая мощность в фидерном тракте ограничивается возможностью электрического пробоя и допустимым нагревом диэлектрика линии передачи.

2.2.1. Назначение, состав и технические характеристики антенно-фидерной системы

АФС служит для передачи мощных импульсов РПУ (зондирующих импульсов) в антенну и излучения их в пространство, а также для приема отраженных сигналов (эхо-сигналов) и передачи их на приемник.

АФС имеет следующие технические характеристики:

- коэффициент бегущей волны в линейном фидере – не менее 65 %;
- ширина главного лепестка ДНА в горизонтальной плоскости на уровне 0,5 от максимального значения мощности на основной частоте – 6° , в диапазоне частот – 8° ;
- отношение боковых и задних лепестков к главному лепестку по мощности – не более 4 %;
- редуктор наклона обеспечивает поворот траверсы антенны в вертикальной плоскости от горизонтального положения вниз на угол -5° , вверх – на угол $+15^\circ$.

Неисправности в антенной системе (нарушение питания стрел антенны) приводят к расширению главного лепестка ДНА и увеличению уровня боковых лепестков. В результате ухудшается разрешающая способность по азимуту, снижается дальность обнаружения станции и помехозащищенность.

В состав АФС входят [1, рис. 2.11]:

- антенный коммутатор (блок 3);
- индикатор мощности (блок 42);

- линейный фидер;
- высокочастотный токосъемник (блок 2);
- антенные фидеры;
- делитель мощности (блок 4);
- антенна (блок 1) с мачтовым устройством.

Антенна, выполненная в виде антенной решетки, предназначена для направленного излучения и приема импульсов электромагнитной высокочастотной энергии и формирования требуемой ЗО.

Антенные фидеры предназначены для канализации высокочастотной энергии от передатчика к антенне при передаче и от антенны на вход приемного устройства при приеме.

Для получения необходимой ДНА в вертикальной плоскости делитель мощности, выполненный на полосковых линиях, направляет 40 % мощности передатчика в верхний этаж и 60 % – в нижний этаж, а также создает необходимую разность фаз питающих токов (напряжений) между этажами антенны, близкую к 90° .

Разность фаз зависит не только от параметров делителя мощности, но и в значительной степени от положения излучателей антенны в горизонтальной плоскости. Для контроля горизонтального положения излучателей антенны, т. е. для сохранения оптимальной разности фаз 90° , создаваемой блоком 4, в станции на верхней крышке блока 31 установлены два уровня. Для горизонтирования антенны под раму машины с АМУ устанавливаются четыре домкрата. Проверка правильности горизонтирования производится по буссоли.

Высокочастотный токосъемник коаксиального типа обеспечивает передачу высокочастотной энергии от неподвижного линейного фидера к делителю мощности, вращающемуся вместе с антенной, и передачу энергии отраженных сигналов от делителя мощности к линейному фидеру при приеме.

Антенный коммутатор при работе на передачу обеспечивает подключение фидерного тракта к передатчику на время генерирования высокочастотного импульса и производит защиту приемного устройства от мощного импульса передатчика, а при работе на прием направляет высокочастотную энергию, принятую антенной, в приемное устройство.

Индикатор мощности предназначен для измерения мощности передатчика на выходе антенного коммутатора и для измерения КБВ в линейном фидере.

Мачтовое устройство является механической опорой для антенны и привода вращения, обеспечивает подъем антенны на требуемую высоту над землей и опускание ее. Подъем и опускание антенны производятся электроприводом, а при необходимости – вручную.

2.2.2. Работа антенно-фидерной системы по структурной схеме

При передаче импульс высокочастотной энергии от РПУ по высокочастотному кабелю поступает на проходные разрядники антенного коммутатора. Разрядники, загораясь, соединяют РПУ с фидерным трактом. Одновременно с проходными разрядниками в антенном коммутаторе загораются разрядники цепочек защиты приемного устройства, отключая приемный тракт на время зондирующего импульса.

Для уменьшения просачивающейся мощности передатчика на вход приемного устройства на входе ШУВЧ имеется ограничитель мощности, выполненный на быстродействующих переключаемых диодах.

С антенного коммутатора импульсы СВЧ поступают по фидеру на индикатор мощности (блок 42). В блоке 42 на фидере установлены направленные ответвители (НО) Э1б и Э1а. С направленного ответвителя Э1а ослабленные зондирующие импульсы передатчика подаются на схему измерения мощности и КБВ блока 42. С направленного ответвителя Э1б ослабленные зондирующие импульсы передатчика поступают:

- на волномер Ч2-2 для измерения частоты;
- в канал АПЧ приемника (блок 5) для работы системы АПЧ и СДЦ;
- в блок настройки (блок 90) для обеспечения его работы в режиме

ВНЕШНИЙ ГЕНЕРАТОР. В данном режиме блок 90 формирует контрольный импульс на частоте передатчика, задержанный относительно зондирующего импульса на дальность 40–50 км. Сформированный импульс через направленный ответвитель Э1б вводится в фидерный тракт и используется для настройки приемного устройства.

С блока 42 зондирующие импульсы передатчика по линейному фидеру поступают на высокочастотный токосъемник (блок 2). В комплект станции прилагаются два линейных фидера длиной 7,48 и 15,46 м. Фидер 7,48 м используется для работы РЛС на открытой площадке при малой высоте антенны, фидер 15,46 м – при расположении аппаратной машины в окопе, а также при большой высоте антенны.

Далее энергия поступает на делитель мощности, а через антенные фидеры – к излучающим элементам антенны (стрелам).

Антенна преобразует энергию импульсов тока высокой частоты в энергию импульсов радиоволн, излучаемых в окружающее пространство.

Энергия импульсов радиоволн, отраженных от цели в направлении станции, принимается и преобразуется антенной в энергию импульсов тока высокой частоты, которые по тому же фидерному тракту, что и при передаче, поступают на антенный коммутатор.

Все разрядники антенного коммутатора при наличии слабых сигналов не загораются. При этом проходные разрядники отключают антенный коммутатор от РПУ, обеспечивая прохождение эхо-сигналов с малыми потерями от антенны на вход приемного устройства.

Для настройки РПУ без излучения энергии в окружающее пространство в качестве его нагрузки используется эквивалент антенны (блок 43), который создает для РПУ нагрузку, эквивалентную антенне.

2.2.3. Антенная система РЛС

Антенна [1, рис. 2.12] представляет собой антенную решетку, состоящую из шестнадцати одинаковых волновых каналов-стрел 5 и 7, расположенных в два этажа (по восемь волновых каналов в этаже), антенных фидеров, делителя мощности 3 и механических элементов конструкции: траверсы 8, подкосов 6, крестовины 4 и расчалок 9.

Габаритные размеры антенны:

- в горизонтальной плоскости (по траверсе) – 15,4 м;
- в вертикальной плоскости (по подкосам) – 2,45 м;
- длина волнового канала – 2,1 м.

Основная высота антенны (высота верхнего этажа излучателей антенны над поверхностью земли $h_B = 6,35$ м и нижнего $h_H = 3,9$ м с линейным фидером длиной 7,5 м) обеспечивается при размещении станции на открытой ровной позиции. При этом развертывание станции производится непосредственно из транспортного положения без проведения дополнительных работ, связанных с установкой дополнительных секций.

Основная высота антенны может быть обеспечена также при размещении станции в укрытии глубиной 3 м при использовании трех дополнительных секций метровой длины и линейного фидера длиной 15 м.

В обоих вариантах станция обеспечивает оптимальную беспровальную зону обнаружения целей как по дальности, так и по высоте.

Для решения задач увеличения дальности обнаружения, в т. ч. и низколетящих целей, высота антенны может быть увеличена за счет установки четырех дополнительных секций. Максимально возможная высота верхнего этажа излучателей $h_B = 10,35$ м, а нижнего этажа $h_H = 7,9$ м (при размещении станции на открытой позиции). В этом случае дальность обнаружения повышается на 15–20 %, а беспровальный потолок зоны обнаружения значительно снижается. Уверенная проводка целей в этом случае производится с использованием системы наклона антенны.

Для решения задач увеличения беспровального потолка зоны обнаружения при некотором уменьшении дальности обнаружения низколетящих целей по сравнению с зоной при $h_B = 10,35$ м и $h_H = 7,9$ м использует-

ся высота антенны $h_B = 8,35$ м, $h_H = 5,9$ м как при размещении станции на открытой позиции, так и при размещении в укрытии глубиной 3 м. На открытой позиции используются две дополнительные секции, а в укрытии – пять дополнительных секций.

Уверенная проводка целей также производится с использованием системы наклона антенны.

Для всех рассмотренных вариантов установки высоты антенны в формуляре на РЛС приводятся расчетные зоны обнаружения. Использование промежуточных высот антенны не рекомендуется.

В состав антенны входят:

- волновые каналы с фидерами питания;
- фидеры, соединяющие блок 4 с центральными парами стрел антенны через согласующие трансформаторы;
- фидеры, соединяющие блок 4 с крайними тройками стрел антенны через согласующие трансформаторы;
- высокочастотные разъемы;
- делитель мощности (блок 4).

Волновой канал (стрела)

Стрелы (волновые каналы) являются излучающими элементами антенны. Стрела состоит из активного излучателя, рефлектора и четырех директоров и выполнена из трубок.

Держатель директоров и двухпроводная линия активного излучателя выполнены из стальных трубок диаметром 26 мм. На месте их соединения имеется узел крепления стрелы к подкосу, который для верхнего этажа антенны окрашивается в белый цвет.

Рефлектор выполнен в виде рамки и крепится к активному излучателю с помощью зажимных винтов. Для удобства при транспортировании рефлектор поворачивается на 90° .

Волновые каналы представляют собой электрически связанную систему излучателей, обеспечивающую однонаправленное излучение электромагнитной энергии в пространство.

Волновой канал-стрела [1, рис. 2.13 и 2.14] преобразует энергию токов высокой частоты в энергию электромагнитных волн и состоит из активного излучателя, рефлектора и директоров. Активный излучатель состоит из шести пар симметричных вибраторов, приваренных попарно вдоль двухпроводной линии. Двухпроводная линия коротко замкнута со стороны директоров и разомкнута со стороны рефлектора.

Длина двухпроводной линии несколько больше $\lambda/4$ (четверти длины волны). Точка подключения фидера отстоит на расстоянии $\lambda/4$ от замкнутого конца линии. Схема питания активного излучателя представлена в [1, рис. 2.14].

Вследствие малых расстояний между вибраторами активного излучателя действие их можно практически рассматривать как действие одного излучателя, имеющего поперечные размеры, сравнимые с длиной волны. Этим объясняется диапазонность активного излучателя по входному сопротивлению и диаграмме направленности.

Двухпроводная короткозамкнутая линия является симметрирующим устройством и обеспечивает симметричное питание каждой пары вибраторов активного излучателя от несимметричного коаксиального фидера, т. е. обеспечивает их питание токами, равными по амплитуде, но противоположными по знаку.

Питающий фидер проходит внутри одной из трубок двухпроводной линии [1, рис. 2.14]. При выходе из трубки внешний проводник (экран) питающего фидера по всему периметру выходного отверстия припаивается к внешней поверхности трубки двухпроводной линии (точка 2), внутренний проводник (жила) – к внешней поверхности другой трубки двухпроводной линии (точка 3).

Благодаря тому, что экран питающего фидера припаивается к двухпроводной линии в точке выхода из линии по всему периметру, осуществляется экранировка внешней поверхности экрана фидера в точке выхода его из трубки, поэтому не происходит ответвлений тока на внешнюю поверхность экрана фидера и обеспечивается равенство токов в трубках по амплитуде.

Симметрия сохраняется в любом сечении двухпроводной линии, благодаря чему обеспечивается симметричное питание каждой пары активных вибраторов в диапазоне частот.

Равные токи создают равные по величине и противоположные по знаку напряжения на трубках двухпроводной линии относительно земли.

Распределение напряжения вдоль линии отличается от синусоидального, максимум напряжения находится в точке включения третьей пары активных вибраторов.

Двухпроводная линия имеет ось нулевого потенциала относительно земли [1, точка С на рис. 2.13], что позволяет закрепить активный излучатель на металлической опоре.

Рефлектор служит для обеспечения однонаправленного излучения активного излучателя, принцип действия которого заключается в следующем: рефлектор Р [1, рис. 2.14, б] запитывается током, равным по амплитуде току активного излучателя А, а по фазе с опережением на $(2\pi d)/\lambda$, где d – расстояние между активным излучателем и рефлектором; λ – длина волны.

Электрические поля, создаваемые активным излучателем и рефлектором, по амплитуде равны как в направлении O' , так и в направлении O , а по фазе противоположны в направлении рефлектора O' и синфазны в на-

правлении активного излучателя О. Поэтому поля обоих излучателей в направлении О' взаимно компенсируются, а в направлении О складываются.

Директоры служат для сужения ДНА активного излучателя. Поля, создаваемые директорами, синфазны между собой и с полем активного излучателя, поэтому они складываются в направлении директоров.

Фидерная система блока 1 осуществляет передачу высокочастотной энергии от делителя мощности (блок 4) к излучателям и распределение энергии между излучателями в этажах. При работе на передачу на верхний этаж антенны поступает 40 % высокочастотной энергии РПУ, а на нижний этаж антенны – 60 %. По фазе напряжение (ток), поступающее на верхний этаж, отстает от напряжения (тока), поступающего на нижний этаж, примерно на 90° , что необходимо для формирования требуемой ДНА в вертикальной плоскости. При работе на прием ДНА та же, что и при передаче, поэтому в приемный тракт с верхнего этажа антенны поступает 40 %, а с нижнего этажа – 60 % принятой мощности отраженного сигнала.

Мощность РПУ распределяется между волновыми каналами в каждом этаже антенны следующим образом [1, рис. 2.11]:

- в волновые каналы Э4, Э5 и Э52, Э53 поступает по 25 % мощности этажа;
- в волновые каналы Э3, Э6 и Э51, Э54 поступает по 12,5 % мощности этажа;
- в волновые каналы Э1, Э2, Э7, Э8 и Э49, Э50, Э55, Э56 поступает по 6,25 % мощности этажа.

Все волновые каналы в каждом этаже запитаны синфазно. Синфазное питание стрел в этажах антенны обеспечивается равенством электрических длин фидеров.

Указанное распределение мощности между волновыми каналами и синфазное питание волновых каналов в этаже позволяют получить требуемую ширину ДНА в горизонтальной плоскости и минимальный уровень боковых лепестков.

При работе на прием, исходя из принципа взаимности, сохраняется та же ДНА, что и при передаче. Поэтому мощность принятого сигнала распределяется аналогично.

Делитель мощности (блок 4)

Блок предназначен для распределения мощности передатчика между этажами антенны (40 % – в верхний этаж и 60 % – в нижний этаж) и создания разности фаз токов (напряжений) между этажами, близкой к 90° .

Блок состоит из отрезков полосковых линий. Элементы Э3 и Э7 представляют собой четвертьволновые трансформаторы с волновым сопротивлением 61 и 68,5 Ом соответственно. Элемент Э4 имеет волновое сопротивление 137 Ом.

Трансформаторы обеспечивают распределение мощности между этажами в заданном отношении. Элементы Э1, Э2, Э5, Э6 и Э8 являются отрезками полосковой линии с волновым сопротивлением 75 Ом.

Мощность передатчика, поступающая через разъем Ф5, делится в точке соединения трансформаторов Э4 и Э7 обратно пропорционально их входным сопротивлениям.

Для обеспечения режима бегущей волны в линейном фидере суммарное сопротивление трансформаторов в этой точке равно 75 Ом.

Условия согласования и деления мощности описываются системой двух уравнений:

$$\frac{Z_{\text{BX1}}}{Z_{\text{BX2}}} = \frac{P_2}{P_1},$$

$$\frac{Z_{\text{BX1}} \cdot Z_{\text{BX2}}}{Z_{\text{BX1}} + Z_{\text{BX2}}} = 75 \text{ Ом},$$

где Z_{BX1} , Z_{BX2} – входные сопротивления трансформаторов Э7 и Э4 в точке их соединения; P_1 , P_2 – мощности, поступающие соответственно в элементы плеч Э7 и Э4 ($P_1 = 0,4$; $P_2 = 0,6$).

Из решения уравнений следует:

$$Z_{\text{BX1}} = 125 \text{ Ом}, \quad Z_{\text{BX2}} = 187,5 \text{ Ом}.$$

Так как каждый из разъемов Ф1–Ф4 нагружен сопротивлением 75 Ом, то в точках подключения отрезков Э1, Э2 и Э5, Э6 к трансформаторам Э3 и Э7 их сопротивление равно 37,5 Ом и требуемые значения Z_{BX1} и Z_{BX2} обеспечиваются при вышеуказанных волновых сопротивлениях трансформаторов.

Заданная разность фаз токов (напряжений) на выходе блока создается за счет разности электрических плеч элементов Э4, при этом токи (напряжения) на разъемах Ф1 и Ф2 отстают по фазе относительно токов (напряжений) на разъемах Ф3 и Ф4 примерно на 90°.

2.2.4. Фидерный тракт РЛС

Фидерный тракт предназначен для передачи высокочастотных колебаний от генератора СВЧ к антенне при передаче и эхо-сигналов от антенны к блоку ШУВЧ при приеме.

Высокочастотный токосъемник (блок 2)

Высокочастотный токосъемник предназначен для передачи высокочастотной энергии от неподвижного линейного фидера к делителю мощности, вращающемуся вместе с антенной.

Блок представляет собой коаксиально-вращающееся сочленение контактного типа с волновым сопротивлением 75 Ом и выполнен в виде жесткой коаксиальной линии.

Передача высокочастотной энергии происходит путем непосредственного контактирования подвижной и неподвижной частей токосъемника.

К высокочастотным разъемам Ф1 и Ф2 подключаются соответственно линейный фидер и фидер, соединяющий токосъемник с делителем мощности.

Антенный коммутатор (блок 3)

Антенный коммутатор [1, рис. 2.16] предназначен для автоматического подключения антенны к генератору (при передаче) или к приемному устройству (при приеме).

Антенный коммутатор выполнен на четвертьволновых отрезках коаксиальных линий с искровыми разрядниками.

Антенный коммутатор состоит из передающего и приемного трактов. В передающем тракте коммутатора основными элементами являются разрядники блокировки передатчика РИ1 и РИ2, которые включены в разрыв внутреннего провода коаксиальной линии Э1–Э2.

Приемный тракт антенного коммутатора включен параллельно передающему тракту и представляет собой две последовательно включенные цепочки защиты приемника.

Первую цепочку защиты образуют два параллельно включенных разрядника РИ3 и РИ4 и резонансная линия Э3. Вторую цепочку защиты образуют два параллельно включенных разрядника РИ5 и РИ6 и резонансная линия Э4.

Емкостные шлейфы С1–С4 позволяют компенсировать индуктивность выводов горящих разрядников РИ3–РИ6.

С генератора на антенный коммутатор при передаче поступает импульс высокой частоты большой мощности. Под воздействием этого импульса все разрядники в коммутаторе загораются.

Разрядники РИ1 и РИ2, имея малое сопротивление разрядного промежутка, обеспечивают прохождение высокочастотной энергии в антенну.

Разрядники РИ3, РИ4, РИ5, РИ6 при горении замыкают на малое сопротивление резонансные линии Э3 и Э4, представляющие собой четвертьволновые отрезки. Малое сопротивление замкнутых по высокой частоте точек пересчитывается через четверть длины волны (за счет свойства четвертьволновых отрезков) в бесконечно большое входное сопротивление. Это значительно уменьшает уровень мощности, просачивающейся через них на вход блока ШУВЧ.

При приеме мощность отраженных сигналов очень мала, поэтому разрядники не загораются. Вследствие малой межэлектродной емкости разрядников в закрытом состоянии передающий тракт отключается, а при-

нятые сигналы проходят по приемному тракту без искажений и с минимальными потерями.

Индикатор мощности (блок 42)

Индикатор мощности предназначен для измерения мощности генератора РПУ и КБВ АФС.

Кроме того, в блоке расположены элементы связи с блоком 90 и системой АПЧ. Погрешности измерения мощности и КБВ +15 и +20 % соответственно.

В схему измерения мощности и КБВ [1, рис. 2.17] входят: НО Э1а, фильтр У1, детектор Д2 и балансный усилитель Л1 с измерительным прибором ИП1.

Отсчет величины мощности и КБВ осуществляется по градуировочному графику.

Для отдельного выделения сигналов, пропорциональных падающей и отраженной волне в антенно-фидерном тракте, служит НО Э1а, который состоит из основной линии и направленного элемента связи. В качестве основной линии применен коаксиальный кабель с волновым сопротивлением 75 Ом, последовательно включенный в тракт антенно-фидерной системы.

Направленный элемент связи состоит из зонда и рамки, нагруженной на резисторе $R4$. Зонд введен в основную линию и обеспечивает электрическую связь, а рамка – магнитную (через поперечные щели в экране, установленном на основной линии). Такая система является направленной. Если для волны одного направления ЭДС, наводимые электрическим и магнитным полем, будут складываться, то для волны обратного направления они будут вычитаться, т. е. на волну обратного направления система не будет реагировать.

Положения рамки направленного элемента связи (ПАДАЮЩ. и ОТРАЖЕН.), при котором выходное напряжение НО пропорционально соответственно падающей и отраженной волнам в антенно-фидерном тракте, фиксируются при заводской регулировке.

Сигнал с НО Э1а через фильтр нижних частот У1 подается на детектор Д2. Фильтр нижних частот выполнен по схеме многозвенного фильтра на LC -элементах и вместе с конденсатором $C1$ НО Э1а обеспечивает подавление высших гармоник сигнала генератора. Детектор собран по схеме амплитудного (пикового) детектора с открытым входом.

Резистор $R12$ обеспечивает согласование входного сопротивления детектора с волновым сопротивлением фильтра У1. Нагрузкой детектора является конденсатор $C3$, а также резистор $R13$ и конденсатор $C4$, которые подключаются переключателем В2 (в положениях МОЩНОСТЬ и КБВ). Конденсаторы $C3$ и $C4$ заряжаются до напряжения, близкого к амплитудному значению высокочастотного импульса. Напряжение с нагрузки де-

тектора подается на управляющую сетку левой половины лампы Д1 балансного усилителя.

Балансный усилитель выполнен по мостовой схеме. В исходном состоянии при отсутствии входного сигнала потенциометром $R21$ (УСТ. НУЛЯ) устанавливается равенство токов в плечах лампы Л1 (нуль по шкале микроамперметра). Переменный резистор $R20$ (УСТ. 100) служит для установки необходимой чувствительности индикатора при измерениях КБВ (100 делений при положении КБВ переключателя В2). При подаче напряжения на сетку лампы Л1 баланс моста нарушается и через микроамперметр протекает ток. Благодаря линейности амплитудных характеристик детектора Д2 и балансного усилителя показания микроамперметра пропорциональны амплитуде падающей (отраженной) волны в антенно-фидерном тракте.

Связь с блоком 90 и системой АПЧ обеспечивает НО Э1б. Схема ответвителя Э1б аналогична схеме ответвителя Э1а. Конденсатор в схеме ответвителя Э1б отсутствует.

Зондирующий импульс генератора с ответвителя Э1б через разъем Ф3 подается на вход блока 90 и смеситель АПЧ (в блоке 5), а через резисторы $R3$, $R6$ и разъем Ф4 – на частотомер, который при необходимости может быть подключен к этому разъему для измерения частоты генератора РПУ.

Контрольный задержанный сигнал блока 90 через блок 72, разъем Ф2 и резистор $R2$ подается на ответвитель Э1б и далее через антенный коммутатор – на вход приемника.

2.3. Система настройки на эквивалент

СНСЭ предназначается для:

- скрытой настройки РЛС на заданную программу фиксированных частот при работе на эквивалент антенны без излучения в пространство;
- настройки РЛС на заданную программу фиксированных частот в случае отсутствия отражения от местных предметов;
- проверки приемоиндикаторного тракта РЛС и устройства защиты от помех.

В состав системы СНСЭ входят следующие блоки:

- эквивалент антенны (блок 43);
- индикатор входных сопротивлений (блок 72);
- блок настройки (блок 90), а также отдельные элементы, расположенные в индикаторе мощности и КБВ (блок 42).

Эквивалент антенны (блок 43) создает для генератора РПУ нагрузку, эквивалентную АФС.

Индикатор входных сопротивлений (блок 72) служит для сравнения входных сопротивлений АФС и эквивалента антенны.

Блок настройки (блок 90) формирует высокочастотные сигналы, имитирующие импульсы, отраженные от местных предметов или целей, и создает калиброванные высокочастотные импульсные напряжения, используемые для контроля чувствительности приемника и измерения частоты блока 50. Кроме того, в блоке настройки имеется кварцевый гетеродин, используемый для проверки стабильности частоты гетеродина приемника (блок 5) и когерентного гетеродина устройства защиты от ПП.

Для обеспечения скрытой настройки РЛС при смене программы фиксированных частот предварительно производится настройка эквивалента методом сравнения входных сопротивлений АФС и эквивалента с помощью мостовой схемы блока 72 и сигнала с блока 90 [1, рис. 2.18].

Настройка эквивалента заключается в установке величины входного сопротивления эквивалента, равного входному сопротивлению антенны, и обеспечивается изменением длин двухшлейфового высокочастотного трансформатора Э2а и Э2б на определенной частоте диапазона.

Настройка эквивалента производится на всех частотах заданной программы, при этом эквивалент и АФС (блоки 1, 2 и 4) соединяются с блоком 72. Высокочастотный сигнал необходимой частоты с блока 90 подается на вход мостовой схемы блока 72 через переключатель В1 в положении ИЗМЕРЕНИЕ. Далее через вспомогательную линию Э1, служащую для симметрирования плеч моста, и индуктивные ответвители Э3 и Э4 сигналы в противофазе подаются в основную линию Э2.

При равенстве сопротивлений нагрузок, подключенных к блоку 72, в точке А амплитуда сигнала с блока 90 будет минимальной. Высокочастотный сигнал с выхода блока 72 (точка А) подается на вход настроенного на частоту блока 90 приемного устройства, с выхода которого видеосигнал поступает на ИК (блок 56). По величине амплитуды сигнала на экране блока 56 производится оценка равенства входного сопротивления эквивалента и антенны.

Минимальная амплитуда сигнала с блока 90 на экране блока 56 соответствует равенству входных сопротивлений АФС и эквивалента.

Настроенный эквивалент антенны с помощью высокочастотного кабеля переключается на разъем Ф5 блока 42, переключатель В1 блока 72 устанавливается в положение КОНТРОЛЬ и по сигналу с блока 90 производится настройка всех систем станции.

В этом случае специальные высокочастотные сигналы с блока 90 через переключатель В1 блока 72 в положении КОНТРОЛЬ, через рези-

стор R_2 и ответвитель Э16 блока 42 поступают в основной тракт приема и подаются на вход приемного устройства. При работе РПУ часть энергии зондирующего импульса через ответвитель Э16 блока 42 поступает на блок 90 для формирования задержанного высокочастотного сигнала с частотой, равной частоте сигнала РПУ, а также в канал АПЧ приемного устройства.

Во всех случаях, когда имеется возможность включения РПУ, СНСЭ обеспечивает точную настройку и проверку работоспособности РПУ, приемного и индикаторного устройств, устройства защиты от ПП и системы АПЧ с последующим переходом для работы станции на антенну, как правило, без дополнительной подстройки систем. Однако при дальнейшей работе целесообразно произвести подрегулировку систем для получения их оптимальных параметров. В отдельных случаях, когда отсутствует возможность включения РПУ, СНСЭ не обеспечивает проверку работоспособности системы АПЧ, полную проверку параметров устройства защиты от пассивных помех и точную настройку передающего устройства на заданную частоту, поэтому при включении генератора необходима подстройка всех систем станции.

Контрольные вопросы

1. Исходя из каких требований выбирают схему построения радиопередающего устройства РЛС?
2. Каково назначение и состав РПУ РЛС?
3. Перечислите основные технические характеристики передатчика РЛС.
4. Какой принцип работы РПУ заложен в РЛС П-18?
5. Каковы особенности конструкции колебательной системы генератора СВЧ?
6. Каким образом происходит установление колебаний в генераторе СВЧ?
7. Каким образом обеспечивается связь генератора СВЧ с нагрузкой?
8. Как осуществляется стабилизация частоты генератора СВЧ?
9. При помощи каких устройств и каким образом осуществляется защита генератора СВЧ?
10. Каково назначение и принцип работы модулятора РПУ?
11. Из каких элементов состоит модулятор РПУ?
12. Каким образом реализуется схема формирования модулирующего импульса?
13. При помощи чего и как обеспечивается формирование импульсов поджига?
14. На каких элементах выполнена защита модулятора РПУ и для чего они служат?

15. Как осуществляется питание модулятора?
16. Каково назначение АФС П-18 и что входит в её состав?
17. Каковы основные параметры АФС и чем они характеризуются?
18. Как работает АФС на передачу высокочастотного радиоимпульса?
19. Как работает АФС на приём высокочастотного радиоимпульса?
20. Какие элементы входят в состав антенной системы?
21. Каковы конструктивные особенности построения антенной системы РЛС?
22. Что является излучающим элементом антенны, принцип его работы?
23. Каким образом осуществляется распределение мощности излучения между этажами антенны и волновыми каналами в каждом этаже?
24. Каково назначение фидерного тракта и его составных элементов?
25. Перечислите технические характеристики фидерного тракта.
26. Каково назначение и принцип работы антенного коммутатора фидерного тракта?
27. Назначение и принцип работы индикатора мощности.
28. Назначение системы настройки на эквивалента антенны, её состав.

Глава 3

ПРИЕМНОЕ УСТРОЙСТВО РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СТАНЦИИ П-18Р. АППАРАТУРА ЗАЩИТЫ ОТ ПОМЕХ

3.1. Приемное устройство радиолокационной станции П-18Р

3.1.1. Общие сведения о приемных устройствах

3.1.1.1. Обобщенная структурная схема приемного устройства

Тракт приема и выделения сигналов из помех предназначен для передачи энергии принимаемых антенными системами сигналов на входы приемных устройств РЛС, усиления принятых колебаний и фильтрации (выделения) сигналов целей на фоне помех. К помеховым сигналам в радиолокации относятся собственные шумы приемных устройств и внешние естественные и преднамеренные шумы.

Поскольку при приеме сигналов всегда воздействуют помехи, то одной из основных функций тракта приема и выделения сигналов является оптимальное (в смысле выбранного критерия) выделение полезного сигнала. Качество выполнения данной функции определяется структурой полезных и помеховых сигналов, их интенсивностями, а также располагаемыми априорными сведениями о параметрах наблюдаемых сигналов.

В состав тракта приема и выделения сигнала входят приемник и устройства защиты от помех, а также антенна и часть высокочастотного тракта, участвующая в канализации принятых сигналов от антенны к приемнику.

Почти все радиолокационные приемники строятся по супергетеродинной схеме [1, рис. 3.1]. Дело не только в том, что усиление на промежуточной частоте более стабильно и реализуется проще, чем на СВЧ, но также и в том, что относительная полоса частот, занимаемая полезным сигналом на промежуточной частоте, получается больше, что упрощает согласованную фильтрацию. Кроме того, частота гетеродина в супергетеро-

динном приемнике можно менять вслед за любым изменением частоты передатчика без подстройки усилителя промежуточной частоты (УПЧ). Указанные преимущества оказались настолько значительными, что другие типы приемников (прямого усиления, супергенеративные, регенеративные, детекторные) практически не применяются.

ШУВЧ – самостоятельный структурный элемент приемного устройства, в котором происходит усиление принятого сигнала во всем частотном диапазоне РЛС. ШУВЧ представляет собой двухкаскадный широкополосный усилитель с низким собственным коэффициентом шума и значительным коэффициентом усиления по мощности. Использование ШУВЧ дает возможность получить достаточно низкий коэффициент шума всего приемного устройства, который определяется в основном коэффициентом усиления по мощности первого каскада и его коэффициентов шума.

При передаче высокочастотной энергии от антенны к приемнику потери в тракте высокой частоты достигают 3 дБ. Одним из путей решения задачи снижения этих потерь является максимально возможное приближение ШУВЧ к антенне.

Усилитель высокой частоты (УВЧ) – самостоятельный структурный узел приемника, в котором происходит усиление сигнала на его несущей частоте. Он должен обеспечивать предварительную частотную избирательность в области частотного диапазона РЛС и максимальную чувствительность приемника. Для этого он должен иметь максимальный коэффициент усиления по мощности. УВЧ подключается к антенне с помощью пассивных элементов, объединенных общим названием «тракт высокой частоты на прием» или «входные цепи».

Преобразователь частоты (смеситель) осуществляет перенос спектра входных сигналов в область промежуточных частот. Основными его параметрами можно считать коэффициенты шума и передачи мощности, влияющие на чувствительность тракта, а также динамический диапазон по сигнальному входу и значение промежуточной частоты, влияющие на степень подавления приема по зеркальному каналу и электромагнитную совместимость.

Основное усиление радиолокационных сигналов осуществляется на промежуточной частоте.

УПЧ представляет собой многокаскадный усилитель с линейными фильтрами, формирующими частотную характеристику требуемого вида. Для обеспечения линейной обработки сигналов принимаются меры по расширению динамического диапазона УПЧ, например, с помощью систем ШАРУ.

Детектор и видеоусилитель (ВУС) осуществляют соответственно детектирование сигнала и его усиление на видеочастоте.

3.1.1.2. Технические параметры приемного устройства и их влияние на боевые возможности РЛС

К основным техническим параметрам приемного устройства относятся: чувствительность, или коэффициент шума; избирательность; коэффициент усиления; полоса пропускания; динамический диапазон. Ухудшение любой из перечисленных характеристик приводит к увеличению потерь энергии принимаемого сигнала (снижению отношения сигнал/шум) в том или ином элементе тракта. Поэтому, выбирая структуру построения тракта приема выделения сигналов из помех и параметры его элементов, стремятся обеспечить минимизацию потерь в тракте при приемлемых конструктивных, технологических и экономических показателях.

Чувствительность приемного устройства

Чувствительность современных радиолокационных приемников ограничивается в основном уровнем собственных шумов и составляет $10^{-12} \dots 10^{-15}$ Вт. На практике для характеристики приемных устройств пользуются понятиями предельной и реальной (пороговой) чувствительности.

Предельная чувствительность определяется выражением:

$$P_{\text{пред}} = kT_0 \cdot \Pi_{\text{ш}} (K_{\text{ш}} + t_a - 1),$$

где $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/град – постоянная Больцмана; T_0 – абсолютная температура (на практике при расчетах выбирается $T_0 = 290$ К); $t_a = \frac{T_a}{T_0}$ – относительная температура антенны; $K_{\text{ш}}$ – коэффициент шума; $\Pi_{\text{ш}}$ – эквивалентная шумовая полоса приемного канала.

Таким образом, предельная чувствительность определяется мощностью полезного сигнала в антенне, при которой отношение сигнал/шум на выходе линейной части приемного канала оказывается равным единице.

Реальная, или пороговая, чувствительность $P_{\text{пор}} = P_{\text{пред}} \cdot \gamma$, где γ – коэффициент различимости, который рассчитывается из условия обеспечения значений вероятности правильного обнаружения D и ложной тревоги F с учетом суммарных потерь сигнала в реальном приемном тракте обработки и отображения. На практике γ может составлять от единиц до десятков децибел.

Коэффициент шума определяет предельную чувствительность приемного канала при оптимальной полосе пропускания, поэтому получение как можно меньшего коэффициента шума целесообразно в любом случае. Коэффициент шума определяется отношением мощности полезного сигнала P_C к мощности шума $P_{\text{ш}}$ на входе приемного канала к отношению мощности полезного сигнала и шума на выходе линейной части приемного канала:

$$K_{\text{ш}} = \frac{(P_{\text{с}} / P_{\text{ш}})_{\text{вх}}}{(P_{\text{с}} / P_{\text{ш}})_{\text{вых}}}.$$

Общий коэффициент шума приемного устройства зависит от параметров его отдельных каскадов и будет определяться по формуле

$$K_{\text{ш}} = K_{\text{ш1}} + \frac{K_{\text{ш2}} - 1}{K_{P1}} \frac{q_2}{q_{\text{вх}}} + \frac{K_{\text{ш3}} - 1}{K_{P1} K_{P2}} \frac{q_3}{q_{\text{вх}}} + \dots,$$

где K_{P1} (2, 3, ...) – коэффициент усиления каскада; $q_{\text{вх}}$ (2, 3, ...) – коэффициент согласования последующего каскада с предыдущим.

На основании приведенного соотношения можно сделать следующие выводы:

- коэффициент шума всегда больше единицы;
- при больших коэффициентах усиления мощности первых каскадов общий коэффициент шума практически не зависит от коэффициентов шума последующих звеньев тракта;
- при большом коэффициенте усиления мощности первого звена минимальный общий коэффициент шума обеспечивается при минимальном коэффициенте шума первого звена.

Параметрические и молекулярные охлаждаемые усилители имеют $K_{\text{ш}} < 1,5$. Однако их использование не всегда целесообразно и возможно в РЛС РТВ. Поэтому на практике используют УВЧ (каскад, в основном определяющий значение $K_{\text{ш}}$ приемника) на неохлаждаемых усилителях со значением $K_{\text{ш}} = 3 \dots 5$.

Избирательность и полоса пропускания приемного устройства

Избирательностью приемного устройства называется его способность выделять полезные сигналы из смеси сигналов и помех. Свойство приемника выделять полезные сигналы основывается на использовании отличий сигнала от помехи: амплитудных, частотных, временных, а с учетом антенны – пространственных, поляризационных, фазовых.

Временная избирательность заключается в отпирании приемника только на время прихода полезного сигнала, что, в принципе, возможно лишь при импульсном методе радиолокации.

Частотная избирательность приемного устройства количественно характеризует его способность выделять из всех радиочастотных колебаний и радиопомех, действующих на его входе, радиочастотный сигнал, соответствующий частоте настройки приемного устройства.

Частотная избирательность обеспечивается в основном при помощи резонансных контуров, полосовых фильтров и других элементов, позволяющих получить требуемую частотную характеристику приемника.

Об амплитудно-частотной избирательности приемного канала в первом приближении можно судить по форме амплитудно-частотной характеристики (АЧХ).

Характеризуется частотная избирательность нормированной АЧХ $y(f)$ [1, рис. 3.2] трактов высокой (преселектора) и промежуточных частот и приемника в целом:

$$y(f) = \frac{K(f)}{K_0},$$

где $K(f)$ – коэффициент усиления приемного устройства в диапазоне частот; K_0 – коэффициент усиления на основной частоте.

Основная избирательность супергетеродинного приемника определяется трактом промежуточной частоты, т. е. УПЧ (последнего УПЧ при многократном преобразовании частоты). Количественно избирательность приемника $\sigma(\Delta f)$ оценивается величиной ослабления при заданной частотной расстройке Δf [1, рис. 3.2]:

$$\sigma(\Delta f) = \frac{1}{y(\Delta f)} = \frac{K_0}{K(\Delta f)}.$$

Избирательность приемника обратно пропорциональна его нормированной АЧХ. Зависимость $\sigma(\Delta f)$ называют характеристикой избирательности, а конкретное значение при фиксированной расстройке ($\Delta f = \text{const}$) – избирательностью приемника. Ширина характеристики избирательности, отсчитанная по уровню $\sigma(\Delta f) = 0,707$, определяет полосу пропускания приемника П.

Максимально возможное отношение сигнал/шум может быть обеспечено, если АЧХ УПЧ с точностью до константы повторяет амплитудно-частотный спектр сигнала. В силу сложности технической реализации устройств с требуемыми АЧХ на практике используют УПЧ с АЧХ, близкими к прямоугольным. Полоса пропускания такого УПЧ должна составлять $\Pi = 1,37/\tau_{\text{и}}$. При этом обеспечиваются минимальные потери в отношении сигнал/шум (0,8 дБ) и наилучшая избирательность.

Динамический диапазон приемного устройства

Под динамическим диапазоном (ДД) приемного устройства понимают диапазон возможных значений входного сигнала, при котором обеспечивается линейное усиление сигнала (приемное устройство работает с допустимой величиной нелинейных искажений). Минимальный уровень входного сигнала ограничивается уровнем внутренних шумов приемника, т. е. предельной чувствительностью. Максимальный уровень ограничен допустимыми нелинейными искажениями в каскадах приемника. По ам-

плитудной характеристике приемного устройства [1, рис. 3.3, а] определяется ДД приемника (дБ):

$$\text{ДД}_{\text{вх}} = 10 \lg \frac{P_{\text{вх. max}}}{P_{\text{вх. min}}} = 20 \lg \frac{U_{\text{вх. max}}}{U_{\text{вх. min}}},$$

где $P_{\text{вх. min}}$ ($U_{\text{вх. min}}$) – минимальный уровень входного полезного сигнала, равный предельной чувствительности для приемных устройств радиолокационных сигналов; $P_{\text{вых. min}}$ ($U_{\text{вых. min}}$) – максимальный уровень входного полезного сигнала, при котором наступают 5-процентные нелинейные искажения на выходе канала (для радиолокационных приемников $P_{\text{вх. max}}$ берется такой величины, при которой дифференциальный коэффициент усиления канала уменьшается на заданную величину, равную 1 дБ).

Динамический диапазон приемного устройства определяется его амплитудной характеристикой, представляющей собой зависимость амплитуды выходного сигнала от амплитуды или мощности входного сигнала. На этой характеристике [1, рис. 3.3, а] можно выделить следующие участки: первый участок ($0, U_{\text{вх. min}}$), соответствующий малым входным сигналам, маскируемым внутренними шумами; второй участок ($U_{\text{вх. min}}, U'_{\text{вх. max}}$), характеризующийся качественным усилением сигналов (на этом участке дифференциальный коэффициент усиления $\frac{\partial U_{\text{вых}}}{\partial U_{\text{вх}}}$ [1, рис. 3.3, б] отклоняется от мак-

симального значения не более чем на 1 дБ); третий участок ($U'_{\text{вх. max}}, U''_{\text{вх. max}}$), на котором усилительные способности устройства ухудшаются, появляются незначительные амплитудно-фазовые искажения, однако в ряде случаев приемное устройство может считаться работоспособным; четвертый участок ($U_{\text{вх}} > U''_{\text{вх. max}}$), соответствующий большим искажениям сигналов.

Относительное изменение уровней помех и полезных сигналов на входе приемника в обычных условиях может составлять 80–100 дБ. Еще сложнее дело обстоит при работе в условиях сложной помеховой обстановки, когда диапазон изменения входных воздействий может составлять 140–160 дБ. Для увеличения ДД применяют ряд мер, основными из которых являются: выбор схем УВЧ с линейной характеристикой в широком диапазоне входных сигналов; применение схем автоматической регулировки усиления (АРУ) различных типов; применение усилителей с логарифмическими амплитудными характеристиками и т. д.

Наибольшее распространение получили схемы АРУ с обратной связью. Для придания цепям АРУ пороговых свойств, т. е. их включения только при определенной амплитуде сигнала, цепи АРУ запирают принудительным смещением и отпирают только после того, как напряжение сигнала превысит напряжение запирающего. Подобные системы АРУ называют задержанными.

Уровень внешних помех в РЛС может сильно изменяться в зависимости от направления антенны, длины волны и т. д. Для выравнивания уровня выходных шумов в приемниках используют АРУ по шумам или ШАРУ. Быстродействие системы ШАРУ согласуют с темпом обзора так, чтобы система успевала отработать изменение уровня шумового фона.

Схема ШАРУ представляет собой статическую систему автоматического регулирования коэффициента усиления УПЧ. Продетектированный (детектором ШАРУ) выходной шум УПЧ сглаживается узкополосным фильтром, благодаря чему на выходе фильтра выделяется напряжение, пропорциональное среднему уровню шума. Это напряжение усиливается в усилителе постоянного тока (УПТ) и подается на первые 2–3 каскада УПЧ для регулировки их коэффициентов усиления. Чем больше уровень помехи на выходе УПЧ, тем больше величина регулируемого напряжения на выходе схемы ШАРУ и тем меньше коэффициент усиления УПЧ. Чтобы реагировать на изменения уровня помехи, которые возникают, прежде всего, вследствие ведения обзора пространства, схема ШАРУ должна быть достаточно быстродействующей, что обеспечивается выбором постоянной времени сглаживающего фильтра. Быстродействие, однако, не должно быть очень высоким, чтобы схема не срабатывала по полезному сигналу и не ухудшала отношение сигнал-помеха.

Особенность схем ШАРУ заключается в том, что с их помощью стабилизируется не уровень входного полезного сигнала, а интенсивность шумового фона. Для исключения влияния отраженных полезных сигналов на работу системы ШАРУ используется временное стробирование шумов, и регулирование осуществляется по шумовым сигналам, принимаемым на временных интервалах, соответствующих максимальным задержкам полезных сигналов. ШАРУ целесообразно использовать в тех случаях, когда на РЛС воздействуют непрерывные помеховые сигналы, близкие к стационарным. Применение систем ШАРУ в этих условиях обеспечивает стабилизацию уровня ложной тревоги при обнаружении полезных сигналов. Это, в свою очередь, обеспечивает стационарность потока ложных целей и тем самым исключает перегрузки вычислительных средств, с помощью которых осуществляется траекторная обработка информации.

Динамический диапазон приемно-индикаторного тракта при введении схемы ШАРУ или применении УПЧ с логарифмической амплитудной характеристикой расширяется до 50–60 дБ.

Для уменьшения маскирующего действия отражений от подстилающей поверхности и местных предметов применяют временную АРУ (ВАРУ). Суть ее заключается в том, что по мере увеличения дальности до участка подстилающей поверхности усиление приемника плавно (по заранее составленной программе) увеличивается, доходя до максимального значения

на дальности, где отражения от подстилающей поверхности и местных предметов не наблюдаются.

Необходимость автоматической обработки сигналов в условиях изменяющегося во времени помехового фона требует обеспечения стабильности уровня ложной тревоги в каждом элементе разрешения пространства. Нестабильность вероятностей ложных тревог приводит к перегрузке вычислительных средств вторичной обработки, неустойчивому сопровождению целей и появлению ложных траекторий.

Использование систем ВАРУ позволяет регулировать лишь средние значения ПП в зависимости от дальности до цели. Система ШАРУ инерционна и фиксирует уровень помехового фона лишь в среднем. Усилители с нелинейными амплитудными характеристиками исключают значительные выбросы сигналов, в определенной степени способствуют стабилизации уровня ложных тревог, однако полностью не решают эту задачу, поскольку их главное назначение состоит в расширении динамического диапазона при минимальных амплитудно-фазовых искажениях полезных сигналов. Фиксирование уровня ложных тревог в РЛС решается с помощью схем автоматического регулирования порога обнаружителя.

3.1.2. Назначение, технические характеристики и принцип работы приемного устройства радиолокационной станции П-18Р

Приемное устройство предназначено для усиления высокочастотных сигналов, принятых антенной (сигналов от целей, местных предметов, активных и пассивных помех, несинхронных импульсных помех и др.), преобразования их в сигналы промежуточной частоты, видеосигналы и дальнейшего усиления их до величины, необходимой для обеспечения работоспособности системы защиты от ПП и индикаторной системы.

Кроме того, приемное устройство вырабатывает управляющее напряжение для системы АПЧ при возникновении взаимной расстройки по частоте приемного и передающего устройств, а также обеспечивает выдачу напряжения на промежуточной частоте для фазирования когерентного генератора системы СДЦ. Приемное устройство состоит из блоков ШУВЧ и приемника (блок 5).

Основные технические характеристики приемного устройства

Имеют следующие значения:

- коэффициент шума $K_{ш}$ – не хуже 2,3;
- динамический диапазон приемного устройства – не менее 15 дБ;
- динамический диапазон пеленгационного канала – не менее 50 дБ;

- промежуточная частота $f_{пр} - 24,6$ кГц;
- полоса пропускания $\Delta f - 200 \pm 50$ кГц.

Принцип работы приемного устройства по функциональной схеме

Эхо-сигналы высокой частоты с антенны по фидерному тракту поступают через антенный коммутатор (блок 3) на блок ШУВЧ, а затем после усиления на вход приемника (блок 5).

ШУВЧ представляет собой двухкаскадный широкополосный усилитель с низким собственным коэффициентом шума и значительным коэффициентом усиления по мощности. Использование ШУВЧ дает возможность получить достаточно низкий коэффициент шума всего приемного устройства, который определяется в основном коэффициентом усиления по мощности первого каскада и его коэффициентом шума. Полоса ШУВЧ обеспечивает работоспособность приемного устройства изделия во всем диапазоне.

Блок приемника собран по супергетеродинной схеме и предназначен для преобразования и усиления поступающих с блока ШУВЧ сигналов. Избирательность приемного устройства обеспечивается настройкой приемника на заданную частоту диапазона, при этом полоса тракта выбрана оптимальной (200 ± 50) кГц.

Предварительная настройка приемника на четыре заданные частоты диапазона производится с помощью автомата перестройки приемника. В процессе эксплуатации установка частоты осуществляется полуавтоматически с помощью системы перестройки.

Для обеспечения постоянного динамического диапазона на выходе приемного устройства при воздействии шумовой активной помехи вместо ручной регулировки усиления используется ШАРУ, т. е. пропорциональное изменение усиления приемника во время действия помехи. Недостатком данной системы автоматического регулирования усиления является уменьшение величины полезного сигнала в зоне воздействия помехи, поэтому в сложной боевой обстановке используется режим ручной регулировки усиления (РРУ).

Приемное устройство позволяет создать управляющее напряжение для системы АПЧ, которая обеспечивает согласование настройки, приемника и передатчика в том случае, когда разность частот генератора и гетеродина приемника не равна номинальному значению промежуточной частоты. Канал АПЧ создает управляющее напряжение, пропорциональное величине и знаку расстройки. В зависимости от величины и полярности управляющего напряжения система АПЧ производит соответствующую подстройку частоты генератора. Во время приема сигналов для повышения помехозащищенности канал АПЧ закрыт.

Часть энергии зондирующего импульса с антенного коммутатора после преобразования и усиления в приемном устройстве используется для фазирования когерентного гетеродина системы защиты от помех. Процесс фазирования когерентного гетеродина происходит за время длительности зондирующего импульса, после которого фаза колебаний когерентного гетеродина соответствует фазе излученного антенной высокочастотного сигнала на период следования.

При работе передатчика на вход приемного устройства в тракт экосигналов поступает достаточно большая мощность зондирующего импульса, которая без принятия специальных мер защиты может привести к выходу из строя каскадов УВЧ. Для надежной работы приемного устройства от просачивающейся мощности зондирующего импульса в блоке ШУВЧ имеется устройство защиты. Вместе с разрядниками в цепи приема устройство защиты снижает просачивающуюся мощность до допустимого значения.

3.1.3. Блок ШУВЧ

Блок ШУВЧ предназначен для предварительного усиления сигналов по высокой частоте, формирования пеленгационного импульса для определения азимута постановщика активной помехи, формирования строб-импульса защиты входного устройства на время воздействия зондирующего импульса и включает в себя элементы управления режимом пеленга.

Малошумящий усилитель, собранный на транзисторах Т1 и Т2 [1, рис. 3.4], предназначен для усиления в рабочем диапазоне сигналов высокой частоты, поступающих с антенного коммутатора, и обеспечивает достаточно высокое устойчивое усиление при низком уровне собственных шумов, что достигается покаскадной установкой оптимальных рабочих режимов транзисторов.

Вследствие высокого коэффициента усиления усилителя шумы последующих каскадов на коэффициент шума всего приемного устройства практически не сказываются.

Широкополосность и необходимая форма частотной характеристики достигаются включением в коллекторную цепь транзистора Т2 фильтра сосредоточенной селекции (ФСС).

Включенный между усилителем, собранным по схеме «общий эмиттер – общая база» и буферным каскадом ФСС улучшает помехоустойчивость приемного устройства.

Устройство защиты с входной цепью усилителя представляет собой единое схемное решение.

В режиме приема входная цепь с устройством защиты обеспечивает согласование и осуществляет частотную селекцию, практически не внося потерь для эхо-сигналов. Однако если принятый сигнал (например, от соседней РЛС) превышает определенный (порядка 1 В) уровень и будет представлять опасность для транзисторов, устройство защиты под действием принятого сигнала срабатывает как двухполупериодный ограничитель, внося затухание в приемный тракт порядка 20 дБ.

В режиме излучения зондирующего импульса устройство защиты обеспечивает глубокую (40–50 дБ) широкополосную, порядка нескольких рабочих полос, защиту транзисторов усилителя высокой частоты от воздействия энергии спектральных составляющих зондирующего импульса.

В режиме пеленга устройство защиты используется как управляемый аттенуатор с фиксированными начальными потерями и высоким конечным затуханием.

Под действием пеленгационного импульса затухание, нарастающее по экспоненциальному закону в течение 290–390 мкс, изменяется от 15–20 до 40–50 дБ.

Устройство защиты выполнено на полупроводниковых *p-i-n*-диодах, которые, обладая обычными для диодов вентильными свойствами, отличаются от них рядом других ценных свойств. Этот диод имеет малое сопротивление (порядка нескольких Ом) для прямого тока (при прямом смещении) и малую электрическую емкость (порядка 1 пФ) при обратном.

Управление диодами осуществляется по низкочастотным цепям от постороннего источника постоянного тока, причем величина управляющего тока может быть на несколько порядков ниже коммутируемого тока. Однако, когда длительность полупериода высокочастотного сигнала сравнима или несколько больше времени переключения *p-i-n*-диода, диод начинает реагировать на суммарное напряжение высокочастотного сигнала и напряжение смещения. Последнее свойство позволяет изготавливать диодные выключатели со свойствами двухполупериодных ограничителей, для чего необходимо иметь в схеме два встречно-параллельно включенных диода.

В блоке ШУВЧ в режиме приема устройство защиты открыто отрицательным напряжением смещения для прохождения СВЧ-сигнала на вход усилителя.

В режиме излучения на устройство защиты подается строб-импульс положительной полярности, несколько перекрывающий по длительности зондирующий импульс, который вырабатывается в схеме формирования строб-импульса защиты под воздействием запускающего импульса от системы хронизации РЛС.

Схема формирования строб-импульса защиты состоит из двух функциональных узлов – одновибратора (ждушего мультивибратора) и преобразователя импульсов.

Сформированный в схеме под воздействием импульса запуска «Зап. 1» строб-импульс защиты подается на плату управления *p-i-n*-диодами, где объединяется с сигналами, вырабатываемыми схемой формирования пеленгационного импульса, и после усиления запирает устройство защиты на время зондирующего импульса.

Схема формирования пеленгационного импульса состоит из функциональных узлов: одновибратора, инвертора низкочастотного, генератора прямоугольных импульсов, коммутатора пеленгационного импульса и платы управления *p-i-n*-диодами.

Схема запускается тем же импульсом запуска от системы хронизации, что и схема формирования строб-импульса защиты. При этом, поскольку пеленгационный импульс формируется позднее, с временным сдвигом 2 мс относительно импульса запуска, схема формирования содержит устройство задержки.

Плата управления *p-i-n*-диодами формирует ступеньку в пеленгационном импульсе и его линейно-нарастающую часть. Пеленгационный импульс объединяется со строб-импульсом защиты в конечном каскаде платы управления *p-i-n*-диодами.

Реле коммутирует цепь запуска схемы формирования пеленгационного импульса.

Таким образом, в конце каждого такта работы РЛС схема формирования пеленгационного импульса вырабатывает трапецеидальный импульс длительностью 290–390 мкс, задержанный относительно импульса запуска на 2 мс.

Пьедестал трапецеидального импульса создает начальное ступенчатое ослабление 15–20 дБ на входе ШУВЧ, что позволяет подавить помеху, поступающую по боковым лепесткам ДНА. Нарастание напряжения за время длительности пеленгационного импульса увеличивает ослабление до 40–50 дБ, что формирует пеленгационную метку из сигнала помехи.

Размещенный в блоке ШУВЧ дополнительный фильтр в режиме работы без помех в тракт приемного устройства не подключается, так как его подключение ухудшает коэффициент шума.

При наличии помех большой мощности (например, телевизионных), мешающих работе изделия и действующих вне диапазона его работы, дополнительный фильтр подключается на вход блока ШУВЧ с целью уменьшения воздействия помех при незначительном ухудшении параметров приемного устройства.

3.1.4. Блок приемника (блок 5)

Блок приемника (блок 5) включает в себя три основных канала (канал сигнала, канал ШАРУ, канал АПЧ) и автомат перестройки приемника, который обеспечивает автоматическую установку роторов переменных конденсаторов высокочастотных контуров входной цепи, УВЧ и гетеродина в положения, заданные при предварительной настройке приемника.

3.1.4.1. Канал сигнала

Канал сигнала содержит входную цепь, два каскада УВЧ, преобразователь (гетеродин и смеситель), семь каскадов УПЧ, детектор и видеоусилитель [1, рис. 3.5].

Канал сигнала выполняет основную функцию приемника: осуществляет усиление, преобразование и детектирование сигналов, поступающих с блока ШУВЧ. Предварительно усиленные блоком ШУВЧ эхосигналы высокой частоты поступают через входную цепь на первый каскад УВЧ. Входной контур канала сигнала позволяет наиболее эффективно передать эхосигналы, поступающие с блока ШУВЧ на управляющую сетку лампы Л1 первого каскада УВЧ. Связь блока ШУВЧ с входным контуром приемника – автотрансформаторная.

Короткозамкнутые отрезки коаксиального кабеля Э1, Э2, Э3, эквивалентные индуктивности в сочетании с входной емкостью лампы Л1 и емкостью переменного конденсатора С1 образуют входной контур. С помощью конденсатора С1 производится перестройка входного контура в диапазоне частот.

Контур в обоих каскадах УВЧ выполнены на отрезках коаксиального кабеля Э4, Э5 с переменными конденсаторами С7 и С13, которые служат для перестройки контуров. Оси переменных конденсаторов С1, С7 и С13 связаны между собой рычажным механизмом автомата перестройки. Колебательные контуры, включенные по схеме параллельного питания, шунтированы по высокой частоте резисторами в анодных цепях R3 и R6, что обеспечивает необходимую полосу пропускания усилителя.

Конденсаторы развязывающих фильтров С4 и С10 подключены соответственно к катодам ламп Л1 и Л2, что исключает возможность обратной связи между сеточной и анодно-экранной цепями и приводит к повышению входного сопротивления и, следовательно, к повышению коэффициента усиления каждого каскада УВЧ.

Преобразователь канала сигнала состоит из смесителя (Л3) и гетеродина (Л13).

Частота гетеродина ниже частоты принимаемого эхосигнала. С помощью преобразователя напряжение эхосигналов высокой частоты пре-

образуется в напряжение эхо-сигналов промежуточной частоты без изменения их формы путем сложения в смесителе усиленных эхо-сигналов с постоянными по амплитуде колебаниями гетеродина приемника.

В результате сложения сигналов двух частот на нелинейном элементе, каким является смеситель, на его выходе возникают колебания комбинационных частот, что позволяет с помощью настроенных контуров выделить сигналы промежуточной частоты, равной разности несущей частоты сигнала и частоты гетеродина в каждом периоде повторения.

Гетеродин собран на лампе Л13 по схеме «емкостной трехточки» с заземленной по высокой частоте сеткой. Контур гетеродина образован замкнутой на одном конце концентрической резонансной линией, длина которой меньше четверти длины волны, и конденсаторами С60 и С62, подключенными к открытому концу линии.

Перестройка контура гетеродина в заданном диапазоне частот осуществляется переменным конденсатором С62, ось которого посредством рычажного механизма автомата перестройки связана с осями конденсаторов настройки контуров УВЧ.

УПЧ канала сигнала состоит из семи каскадов. Колебательные контуры всех каскадов включены по схеме параллельного питания и настроены на промежуточную частоту. Настройка контуров производится перемещением подстроечных сердечников внутри катушек.

Для получения заданной полосы пропускания резонансные контуры зашунтированы резисторами.

РРУ канала сигнала производится путем изменения напряжения на экранных сетках ламп Л5, Л6 и Л7 с помощью переменного резистора R55 (УСИЛЕНИЕ) или путем подачи регулируемого напряжения на экранные сетки этих же каскадов УПЧ с переменных резисторов РРУ, установленных в АПУ и ВПУ.

Переключение органов ручной регулировки усиления производится тумблером В2.

С контура L7, С44 шестого каскада УПЧ усиленные сигналы промежуточной частоты подаются на детектор (левая половина лампы Л11) и седьмой (выходной) каскад УПЧ.

С контура седьмого каскада УПЧ эхо-сигналы промежуточной частоты подаются в блок когерентного гетеродина (блок 76) системы СДЦ.

Детектор служит для преобразования сигналов промежуточной частоты в видеосигналы. Детектор собран по схеме диодного детектирования на лампе Л11. В результате детектирования на резисторе R36 образуются видеосигналы положительной полярности, которые подаются на сетку левой половины лампы выходного каскада Л12. Также видеосигналы поступают на вольтметр измерителя коэффициента шума (блок 40), по показаниям которого оценивается работоспособность канала сигнала и его настройка.

Кроме того, через тумблер В1 (в положении УПЧ) видеосигналы с детектора могут поступать на измерительный прибор блока 32. Однако в этом случае вследствие нарушения согласования детектора с нагрузкой возможно искажение формы и нечеткое изображение сигналов на экранах индикаторов. По этой причине тумблер В1 должен находиться в положении АПЧ, обеспечивая постоянное подключение канала АПЧ к прибору блока 32.

Выходной каскад представляет собой видеоусилитель, с которого снимаются видеосигналы положительной и отрицательной полярности.

Видеосигналы отрицательной полярности подаются на блок усилителей ЧПК устройства защиты от помех и на НРЗ, а также через переключатель блока усилителей ЧПК – на индикаторную аппаратуру.

Видеосигналы положительной полярности подаются в блок усилителей ЧПК, в канал автоматического стробирования или (в режиме «Выключено») – на ИК. С седьмого каскада УПЧ канала сигнала эхо-сигналы промежуточной частоты подаются на фазовый детектор блока когерентного гетеродина.

3.1.4.2. Канал ШАРУ

Канал ШАРУ состоит из дифференцирующей цепочки, усилителя, детектора и из двух УПТ, причем второй УПТ служит в качестве регулирующего каскада.

Схема ШАРУ обеспечивает постоянный уровень шумов на выходе блока при перестройке приемного устройства по диапазону и при воздействии шумовой помехи.

В режиме «ШАРУ» напряжение сигнала и шумовой помехи отрицательной полярности с видеоусилителя через дифференцирующую цепочку поступает на первый усилитель ШАРУ, детектируется детектором схемы ШАРУ, после чего усиливается усилителем постоянного тока (УПТ-1), который, в свою очередь, управляет работой регулирующего каскада (УПТ-2).

Величина напряжения, поступающего на регулирующий каскад, зависит от изменения напряжения шума на выходе видеоусилителя канала сигнала относительно начального уровня шумов, устанавливаемого регулировкой смещения УПТ-2 (резистор УРОВЕНЬ ШАРУ). Соответствующее изменение выходного напряжения регулирующего каскада в режиме «ШАРУ» обеспечивает постоянство уровня шумов на выходе канала сигнала.

Так как постоянная времени дифференцирующей цепи выбрана достаточно малой, то схема ШАРУ не реагирует на воздействие эхо-сигналов большой длительности.

Приемник может работать также и с РРУ. Переключатель В2 и реле Р2 подключают в цепи питания каскадов УПЧ к выходу УПТ-2 (режим

«ШАРУ») или к отдельному регулируемому источнику (режим «РРУ»). Возможность перехода от автоматической регулировки усиления к ручной и наоборот обеспечивается как с АПУ, так и с ВПУ.

3.1.4.3. Канал АПЧ

Канал АПЧ приемника состоит из смесителя АПЧ, двух каскадов УПЧ Л15, Л16, индуктивного дискриминатора с усилителем (Л17, Л19) и выходного каскада.

Канал АПЧ приемника предназначен для создания такого выходного управляющего напряжения, при котором система АПЧ уменьшает разность между частотой РПУ и частотой приемника (номинальной промежуточной частотой, т. е. фактической разностью частот РПУ и гетеродина приемника) до величины, гарантирующей уверенный прием сигналов.

При работе РПУ на смеситель канала АПЧ постоянно воздействуют напряжение высокой частоты гетеродина и часть энергии зондирующего импульса с ответвителя блока 42.

Для обеспечения помехоустойчивости системы АПЧ усилитель АПЧ приемника заперт и открывается импульсами модулятора только на время работы блока 50.

На выходе смесителя АПЧ создаются импульсы промежуточной частоты, соответствующей фактической разности частот гетеродина приемника и генератора (блок 50) в каждой посылке. После усиления двумя каскадами УПЧ и усилителем дискриминатора импульсы подаются на индуктивный дискриминатор с фазовым детектированием. Дискриминатор вырабатывает управляющее напряжение постоянного тока, величина и полярность которого зависят от величины и знака взаимной расстройки по частоте РПУ и гетеродина приемника относительно номинального значения промежуточной частоты. В случае расстройки канала АПЧ относительно номинальной промежуточной частоты имеется возможность путем подстройки вторичного контура дискриминатора конденсатором С91 ДИНАМИЧЕСКИЙ НУЛЬ АПЧ подстроить канал АПЧ на резонансную частоту канала сигнала, т. е. выполнить условие, когда промежуточная частота равна номинальной или в общем случае частоты каналов АПЧ и сигнала одинаковы. Выходной каскад (катодный повторитель) служит для передачи управляющего напряжения с дискриминатора на усилитель АПЧ (блок 85). При отсутствии управляющего напряжения на сетке лампы Л21 переменным резистором R88 (АПЧ – НУЛЬ) имеется возможность установить нулевой уровень напряжения на выходе катодного повторителя относительно корпуса (статический нуль АПЧ), что соответствует номинальному значению промежуточной частоты и обеспечивает возможность настройки усилителя АПЧ.

Для отключения системы АПЧ во время настройки приемника служат контакты КП-8, с помощью которых разрывается цепь управляющего напряжения.

Каскад фазирования собран на лампе Л18 и служит для усиления сигналов промежуточной частоты, поступающих с первого каскада УПЧ канала АПЧ, до величины, достаточной для нормальной работы тракта фазирования когерентного гетеродина.

Выход канала сигнала постоянно подключен к вольтметру блока 40, по показаниям которого оценивается исправность приемного устройства и производится его настройка. Контроль выходного напряжения канала АПЧ производится по измерительному прибору блока 32 при установке тумблера В1 в положение АПЧ.

3.2. Система защиты от пассивных и несинхронных импульсных помех радиолокационной станции П-18Р

3.2.1. Общие сведения о системах защиты от пассивных и несинхронных импульсных помех

3.2.1.1. Краткая характеристика пассивных помех

Пассивными называют помехи, создаваемые отражениями электромагнитной энергии от объектов, обнаружение которых не является задачей РЛС.

По способу происхождения ПП могут быть *естественными* и *искусственными*. К *естественным* ПП относятся отражения, создаваемые природными отражателями (местными предметами, водной поверхностью, гидрометеорами, северным сиянием, турбулентностями атмосферы и т. п.). *Искусственные* ПП создаются преднамеренно при помощи противорадиолокационных (дипольных) отражателей (ДО), ядерных взрывов.

К *пассивным* относятся также помехи, вызванные отражениями от оптически ненаблюдаемых объектов. Основная масса таких отражений вызывается птичьими стаями, стаями насекомых и малоподвижными (движущимися под действием ветра) дискретными неоднородностями в приземном слое тропосферы (так называемыми «ангелами»).

Основными особенностями целей и перечисленных источников помех считаются следующие:

- самолеты, ракеты и другие цели являются точечными, а источники маскирующих ПП, как правило – распределенными;

- скорость перемещения целей в большинстве случаев значительно превышает скорость перемещения источников ПП. Так, скорость перемещения облака дипольных отражателей или гидрометеоров в среднем равна скорости ветра и составляет десятки километров в час, а скорость перемещения самолетов, ракет и других летательных аппаратов составляет сотни, тысячи километров в час. Отличие в скорости перемещения целей и источников ПП приводит к отличию частоты отраженных от них сигналов;

- форма источников ПП в виде гидрометеоров близка к сферической. Реальные цели в подавляющем большинстве случаев имеют форму, не обладающую свойством центральной симметрии. Это обстоятельство обуславливает отличие в поляризации сигналов, отраженных от гидрометеоров и целей.

Воздействие ПП приводит к уменьшению отношения сигнал/помеха, и, следовательно, к уменьшению вероятностей правильного обнаружения $P_{ПО}$ и увеличению вероятности ложной тревоги $P_{ЛТ}$, снижению рубежей обнаружения целей, появлению большого количества ложных трасс, срыву с сопровождения реального воздушного объекта за счет появления большого количества ложных отметок вокруг прикрываемой цели. Кроме того, ухудшаются точностные характеристики за счет искажения формы пачки отраженных сигналов, появляющихся разрывов (дробления пачки на составляющие). Искажение формы отметки наблюдается как по азимуту, так и по дальности, так как длительность сигнала на выходе устройств обработки, как правило, эквивалентна нескольким дискретам дальности. При совпадении статистических характеристик мощной ПП и «полезных» эхосигналов имеет место маскировка воздушных объектов.

Таким образом, сложность выделения сигналов на фоне ПП обусловлена тем, что помеха, как и полезный сигнал, представляет собой отражение зондирующего сигнала и, следовательно, имеет большое структурное сходство с полезным сигналом. Различия в протяженности и амплитуде сигнала и помехи могут быть использованы для подавления помехи и выделения сигнала лишь в тех частных случаях, когда цель находится вне облака отражателей. Для выделения сигнала на фоне помехи, когда между ними нет пространственных различий, может быть использован лишь метод скоростной селекции (по частоте Доплера).

3.2.1.2. Показатели защищенности РЛС от пассивных помех

Качество работы РЛС в условиях воздействия ПП (помехозащищенность) принято оценивать следующими качественными характеристиками:

- коэффициентом прохождения полезного сигнала K_C ;
- коэффициентом подавления пассивной помехи $K_{П}$;

- коэффициентом подпомеховой видимости $K_{ПВ}$;
- коэффициентом изменения потерь K_L ;
- линейной плотностью пачек ДО на единицу пути.

Рассмотрим указанные характеристики подробнее.

1. Коэффициент прохождения (передачи) полезного сигнала по напряжению (мощности) находят как отношение напряжения (мощности) сигнала на выхода системы защиты от ПП к напряжению (мощности) сигнала на входе:

$$K_{CU} = \frac{U_{СВЫХ}}{U_{СВХ}}; \quad K_{CP} = \frac{P_{СВЫХ}}{P_{СВХ}}.$$

2. Коэффициент подавления ПП рассчитывают как отношение мощности помехи на входе системы защиты к мощности помехи на её выходе:

$$K_{П} = \frac{P_{ПВХ}}{P_{ПВЫХ}}.$$

Коэффициент подавления ПП сравнительно легко измеряется, однако он является неполной характеристикой системы защиты, так как не учитывает качества прохождения полезного сигнала и влияние собственных шумов приёмного устройства.

3. Коэффициент подпомеховой видимости определяют как отношение, показывающее, насколько средняя мощность сигнала от цели $P_{С ВХ}$ на входе системы защиты от помех может быть меньше интенсивности ПП $P_{П ВХ}$ на входе системы защиты, при которой обеспечивается обнаружение ВО с заданной вероятностью правильного обнаружения при фиксированном уровне ложной тревоги:

$$K_{ПВ} = \frac{P_{ПВХ}}{P_{СВХ}} = K_{П} \cdot K_{CP}.$$

Из определения $K_{ПВ}$ следует, что он характеризует способность РЛС обнаруживать сигнал на фоне интенсивных ПП. Этот параметр зависит не только от характеристик системы подавления ПП, но и от используемого алгоритма обнаружения сигнала.

4. Коэффициент изменения потерь K_L при включении аппаратуры защиты от ПП зависит от технической реализации устройств защиты и составляет в среднем 3–5 дБ. Последняя цифра относится к системам защиты, у которых устройство ЧПК выполнено на потенциало스코пах. Если в системе защиты от ПП на видеочастоте используется только один канал (без разделения на квадратурные каналы), то коэффициент потерь K_L дополнительно увеличивается на 2 дБ.

При $K_L = 3$ дБ включение системы защиты от ПП на базе устройств ЧПК с двукратным вычитанием при отсутствии ПП приводит к снижению дальности обнаружения РЛС на 20 %. По этой причине в РЛС следует применять устройства, обеспечивающие автоматическое включение и выключение систем защиты от ПП при наличии и отсутствии последних соответственно.

5. На практике помехозащищённость РЛС оценивается линейной плотностью пачек ДО на единицу пути (числом пачек ДО N_{Π} , сбрасываемых на 100 м пути), при которой обеспечиваются заданные характеристики обнаружения цели с указанной ЭПР $\delta_{ц}$. Значения $K_{\PiВ}$ и N_{Π} связаны прямо пропорциональной зависимостью. Так, допустимая линейная плотность ДО при радиальной их ориентации

$$N_{\Pi} = \frac{200 \cdot K_{\PiВ} \cdot \delta_{ц}}{c \cdot \tau_{и} \cdot \delta_{пач}}$$

При $K_{\PiВ} = 15\text{--}25$ дБ (30–300 ед.) и $\delta_{пач} = 50 \text{ м}^2$, $\delta_{ц} = 1 \text{ м}^2$, $\tau_{и} = 1 \text{ мкс}$ допустимая линейная плотность ДО

$$N_{\Pi} = 0,4 \dots 4 \frac{\text{пач}}{100 \text{ м}}$$

Если полоса отражателей имеет тангенциальную ориентацию, то

$$N_{\Pi} = \frac{100 \cdot K_{\PiВ} \cdot \delta_{ц}}{D \cdot \Delta\beta_{0,5P} \cdot \delta_{пач}}$$

При $\Delta\beta_{0,5P} = 1^\circ$, $D = 100 \text{ км}$

$$N_{\Pi} = 0,04 \dots 0,4 \frac{\text{пач}}{100 \text{ м}}$$

Современные СВН способны создавать ПП на значительном протяжении маршрута полёта с плотностью $N_{\Pi} = 1 \dots 2 \frac{\text{пач}}{100 \text{ м}}$, а в зоне огневых средств – до $10\text{--}12 \frac{\text{пач}}{100 \text{ м}}$, следовательно, защищённость РЛС от ПП должна быть на высоком уровне.

3.2.1.3. Защита РЛС от пассивных помех

Защищённость РЛС от ПП обеспечивается за счет использования следующих основных отличий между характеристиками полезных сигналов и помех:

- пространственных;
- поляризационных;
- частотных (спектральных).

На основе указанных отличий разработаны способы селекции сигналов на фоне ПП. Для выделения сигнала на фоне ПП, когда между ними нет пространственных отличий, может быть использован метод частотной (скоростной) селекции [1, рис. 3.6] или поляризационной селекции в случае отражений от метеообразований.

Наиболее эффективным методом селекции сигналов на фоне ПП является метод частотной (скоростной) селекции. Другие методы в этом смысле обладают меньшими возможностями и могут использоваться как дополнительные.

Частотная (скоростная) селекция

Энергетический спектр, отражённый от источников ПП при когерентном периодическом зондирующем сигнале (как и спектр эхо-сигналов от целей) имеет гребенчатую структуру [1, рис. 3.7] с интервалом между гребнями, равным частоте повторения зондирующих сигналов.

Минимально возможная ширина отдельных гребней спектра помехи определяется длительностью пачки и на уровне 0,5 равна $\frac{1}{M \cdot T_{\Pi}}$, где M – число импульсов в пачке.

Спектр отражённых сигналов (как и спектр одиночного отражённого сигнала) смещён по частоте на величину $F_{\text{Дср}}$ – среднюю доплеровскую частоту помехи. Реально ширина гребней спектра отражённой от ПП сигналов оказывается большей, что обусловлено рядом причин:

а) взаимным хаотическим перемещением ДО в импульсном объёме РЛС под действием ветра, что приводит к межпериодному случайному изменению амплитуды и фазы помехи и, следовательно, к расширению её спектра;

б) вращением (сканированием) ДНА, в результате чего часть отражателей в импульсном объёме обновляется от периода к периоду следования зондирующих импульсов, что вызывает амплитудные и фазовые флюктуации помехи;

в) нестабильностями параметров РЛС (частоты и амплитуды зондирующих сигналов, длительности импульсов, периода их следования, частоты местного и когерентного гетеродинов, параметров системы междупериодной обработки пачки), которые вызывают дополнительные амплитудные и фазовые флюктуации помехи.

Расширение гребней спектра ПП затрудняет выделение методом частотной селекции слабых полезных сигналов на фоне интенсивной ПП. Нестабильности параметров РЛС и, в первую очередь, нестабильности частоты

генератора и местного гетеродина ограничивают возможность получения коэффициента подпомеховой видимости на уровне $K_{ПВ} \approx 15 \dots 20$ дБ.

Структурная схема оптимального фильтра для выделения полезного сигнала на фоне ПП может быть представлена в виде последовательного соединения трех фильтров: оптимального фильтра одиночного импульса (ОФОИ), гребенчатого фильтра подавления помехи (ГФП) и гребенчатого фильтра накопления сигнала (ГФН) [1, рис. 3.8].

Оптимальный фильтр реализовать практически невозможно, поэтому в РЛС РТВ применяются системы обработки [1, рис. 3.9], состоящие из последовательно включенных согласованного фильтра одиночного импульса (СФОИ), квазиоптимального режекторного фильтра (РФ), детектора и некогерентного накопителя (НКН). В качестве РФ применяются схемы СДЦ. Подавление спектральных составляющих ПП в данных схемах осуществляется, как правило, методом ЧПК.

На практике в РЛС применяются различные типы систем СДЦ, классифицируемые по следующим основаниям деления:

1) способу устранения случайной начальной фазы эхо-сигналов в РЛС с некогерентной последовательностью зондирующих импульсов:

- системы СДЦ с эквивалентной внутренней когерентностью;
- системы СДЦ с внешней когерентностью;
- системы СДЦ с истинной когерентностью;

2) частоте, на которой производится ЧПК колебаний:

- системы СДЦ с ЧПК на видеочастоте;
- системы СДЦ с ЧПК на промежуточной частоте;

3) кратности череспериодного вычитания:

- системы СДЦ с однократным ЧПК;
- системы СДЦ с многократным (двух-, трех- и более кратным)

ЧПК;

4) способу настройки параметров (частотных характеристик) системы:

- системы СДЦ с ручной настройкой;
- самонастраивающиеся системы СДЦ;

5) элементной базе:

- аналоговые системы СДЦ;
- дискретно-аналоговые системы СДЦ;
- цифровые системы СДЦ.

Обобщенная структурная схема системы СДЦ

Обнаружитель сигнала на фоне ПП, имеющий в своем составе ГФП [1, рис. 3.8, 3.9], должен производить обеление помехи, т. е. превращать неравномерный спектр ПП [1, рис. 3.7] в равномерный. Поскольку в реальных условиях соотношение спектральных плотностей ПП и шума, форма и ширина гребней спектра могут существенно изменяться, то требуется соот-

ветственное изменение АЧХ ГФП. Поэтому в существующих РЛС используются квазиоптимальные ГФП, состоящие из КИА и РФ [1, рис. 3.10].

Техническая реализация ГФП возможна при использовании когерентного режима работы импульсной РЛС.

В случае когерентного сигнала энергетический спектр пачки в этом случае является дискретным, или линейчатым, а точнее, при ограниченном числе импульсов M в пачке, – гребенчатым. Причем гребни спектра помехи при неподвижном отражателе располагаются на частотах $f_0 \pm nF_{\text{П}}$, а гребни спектра сигнала, отраженного от движущейся цели с радиальной скоростью v_r , смещены на частоты $\pm F_{\text{Дс}} = \frac{2v_r}{\lambda}$ [1, рис.3.7]. Ширина одного гребня спектра равна $\frac{1}{M} \cdot T_{\text{П}}$ и может быть значительно меньше доплеровской частоты сигнала.

Вследствие этого ГФП подавляет составляющие спектра помехи, не подавляя при этом составляющих спектра сигнала. Если отражатель ПП движется (например, облако дипольных отражателей перемещается со скоростью ветра), то гребни спектра помехи также смещаются на некоторую величину $F_{\text{Дп}}$, что может снизить эффективность подавления помехи. Однако $F_{\text{Дп}} \ll F_{\text{Дс}}$, поэтому обнаружение цели оказывается возможным. Кроме того, возможно построение адаптивных обнаружителей движущихся целей, которые вручную или автоматически подстраиваются под характеристики помехи.

Необходимо иметь в виду, что и $F_{\text{Дп}}$, и $F_{\text{Дс}}$ значительно меньше несущей частоты, что не позволяет обнаружить сигнал непосредственно по отличию его частоты (или частот гармонических составляющих) от частоты несущего колебания в пределах импульса. Указанные частотные отличия могут быть обнаружены на основе фазовых отличий, так как набег фазы за время периода повторения $\Delta\varphi = \Omega_{\text{Д}} \cdot T_{\text{П}}$, где $\Omega_{\text{Д}} = 2\pi F_{\text{Д}}$. Для этого используется фазовый детектор (ФД), на один вход которого подается принимаемый сигнал, а на второй – опорный сигнал, по отношению к которому определяется изменение фазы $\Delta\varphi$. Напряжение на выходе ФД

$$U_{\text{ФД}} = U_{\text{с}} \cdot U_{\text{опор}} \cdot \cos\Delta\varphi,$$

где $\Delta\varphi = \varphi_{\text{опор}} - \varphi_{\text{с}}$, а $\varphi_{\text{с}}$ – фаза принимаемого сигнала.

Следовательно, при воздействии отражений от местных предметов на выходе ФД видеоимпульсы имеют постоянную амплитуду [1, рис. 3.11, а]. При движении объекта с малой скоростью (вертолет, отражения от облака ДО, движущегося под действием ветра, и т. п.) изменения фаз отраженных

сигналов $\Delta\varphi$ от периода к периоду незначительны, огибающая видеоимпульсов F_D на выходе ФД также изменяется с меньшей частотой [1, рис. 3.11, б].

При воздействии сигнала, отраженного от быстродвижущейся цели, на выходе ФД образуются видеоимпульсы, промодулированные по амплитуде в соответствии с частотой Доплера. Постоянство угла сдвига фаз соответствует неизменному расстоянию до объекта, от которого отражается сигнал. Знак косинуса сдвига фаз зависит от точного расстояния до объекта, а сам косинус изменяет свой знак каждый раз, когда расстояние до цели изменяется минимум на четверть длины волны ($\lambda/4$), а путь до цели и обратно изменяется при этом на полволны $\lambda/2$.

Если цель движется равномерно, то сдвиг фаз непрерывно меняется:

$$\varphi(t) = \omega_0 \frac{2}{c} D(t) = \omega_0 \frac{2}{c} (D_0 \cdot v_r \cdot t) = \varphi_0 + \Omega_D t,$$

где $\Omega_D = \omega_0 \frac{2v_r}{c}$ – доплеровская частота, а φ_0 – сдвиг фазы при дальности до цели, равной D_0 .

Изменение фаз за период следования зондирующих импульсов

$$\varphi\tau = \Omega_D \cdot T_{\Pi}.$$

При этом меняется амплитуда напряжения на выходе ФД [1, рис. 3.11, в]. Огибающая напряжения на выходе ФД является синусоидальным колебанием доплеровской частоты. Другими словами, импульсы на выходе ФД пульсируют с доплеровской частотой.

Ситуация становится сложнее, когда межпериодный сдвиг фаз $\varphi\tau > 2\pi - \Delta\varphi$, $0 < \Delta\varphi \leq \pi$. В этом случае проявляется стробоскопический эффект и на выходе ФД будут наблюдаться пульсирующие видеоимпульсы.

Максимальная частота пульсаций не превышает половины частоты повторения зондирующих импульсов $F_{\Pi}/2$. График зависимости выделяемой частоты Доплера от радиальной скорости представлен в [1, рис. 3.12], откуда видим, что существует ряд значений радиальной составляющей скорости, при которых частота пульсаций обращается в нуль, т. е. пульсации отсутствуют. Эти скорости, которые принято называть «слепыми» [1, рис. 3.13, а], соответствуют:

- значениям доплеровской частоты, равной частоте повторения F_{Π} зондирующих импульсов;
- значениям сдвига фаз отраженных импульсов за период $\varphi = 2\pi n$;
- значениям пути, проходимого целью за период следования, равным целому числу полуволин колебаний зондирующих сигналов.

«Слепые» скорости рассчитываются по формуле:

$$v_{\text{рсл}}^{(n)} = \frac{n \cdot \lambda \cdot F_{\Pi}}{2}.$$

Радиальные составляющие скоростей целей, при которых частота пульсаций максимальная, принято называть «оптимальными» [1, рис. 3.13, б]. «Оптимальные» скорости целей соответствуют:

- значениям доплеровской частоты $F_{\text{д}}$, кратным $(2n - 1) \cdot F_{\Pi} / 2$, где $n = 1, 2, 3, \dots$;
- значениям сдвига фаз отраженных сигналов за период следования $\varphi = (2n - 1) \cdot \pi$;
- значениям пути, проходимого целью за период повторения, равным $(2n - 1) \cdot \lambda / 2$.

«Оптимальные» скорости целей, при которых импульсы на выходе ФД будут разнополярированными от периода к периоду их следования, рассчитываются по формуле

$$v_{\text{ропт}}^{(n)} = \frac{(2n - 1) \cdot \lambda \cdot F_{\Pi}}{4}.$$

Когерентность в РЛС с РПУ, выполненным на основе мощного автогенератора, обеспечивается применением когерентного гетеродина (КГ), фазируемого импульсами генератора СВЧ, преобразованными на промежуточную частоту.

С целью сохранения фазовых соотношений между опорным колебанием и принимаемым сигналом используется общий местный гетеродин для приемника и канала фазирования.

Недостатком систем с эквивалентной внутренней когерентностью является необходимость учета движения облака ДО со скоростью ветра, вследствие которого спектр ПП сдвигается на частоту $F_{\text{дп}}$. Для этого в канал формирования опорного напряжения вводится СКДВ, сдвигающая частоту опорного напряжения на $F_{\text{дп}}$.

Роль выделения пульсирующих импульсов и подавления неппульсирующих выполняет РФ [1, рис. 3.9, 3.10].

В качестве РФ используются схемы однократного или многократного ЧПК на видеочастоте [1, рис. 3.14 а, б], реализуемой во временной области. Сущность ЧПК заключается в том, что сигналы, пришедшие в данный период повторения, запоминаются на время периода и вычитаются из сигналов, приходящих в следующий период. При этом постоянные по величине сигналы дают результирующий сигнал, равный нулю, а сигналы с переменной амплитудой дают сигнал, равный изменению амплитуды сигнала за период повторения РЛС.

Данная схема имеет гребенчатую АЧХ [1, рис. 3.15]. Для подавления некомпенсированных после однократного ЧПК остатков ПП и расширения зон режекции АЧХ таких устройств применяются схемы многократных ЧПК [1, рис. 3.14, б]. Аналитическое выражение, описывающее АЧХ n -кратной схемы ЧПК, имеет следующий вид:

$$K(f) = 2^n |\sin(\pi \cdot f \cdot T_{\text{П}})|^n.$$

Схема с двукратным ЧПК позволяет получить форму АЧХ в областях режекции, близкую к прямоугольной [1, рис. 3.15].

Важным достоинством таких фильтров является сохранение информации о дальности, так как они, являясь широкополосными, гребенчатыми, практически сохраняют импульсную форму сигнала.

Вычитающая потенциалоскопическая трубка

Вычитающая потенциалоскопическая трубка (потенциалоскоп) [1, рис. 3.16] представляет собой ЭЛТ с электростатической фокусировкой и электромагнитным отклонением луча и является устройством, выходные сигналы которого пропорциональны разности входных сигналов от одной и той же цели в двух соседних периодах повторения.

Первичный поток электронов $I_{\text{л}}$, создаваемый электронной пушкой, под действием приложенных напряжений попадает на мишень М (потенциалоноситель). Так как мишень выполнена из высококачественного диэлектрика, электроны первичного луча не растекаются по поверхности мишени, а концентрируются на малой площади вдоль следа спирали.

Смещение луча по мишени осуществляется магнитным полем тока, протекающего в отклоняющих катушках. Для лучшего использования поверхности мишени луч развертывается по спирали под действием напряжения спиральной развертки. Начало спиральной развертки совпадает с зондирующим импульсом станции. С противоположной стороны к мишени плотно прилегает частая металлическая сетка – сигнальная пластина (СП).

Под воздействием первичного потока электронов из мишени выбиваются вторичные электроны, часть которых оседает на соседних элементах мишени (засевные электроны), часть возвращается в точку вылета, а остальные притягиваются на коллектор (КЛ) и перехватываются управляющей (C_y) и экранной (C_3) сетками, создавая общий вторичный ток.

Если потенциалы мишени и управляющей сетки значительно отличаются, то при включении развертки потенциал облучаемых элементов мишени в месте поступления видеоимпульса вследствие проводимости участка «мишень – управляющая сетка» будет стремиться к потенциалу управляющей сетки. В процессе установления равновесного потенциала элементов мишени в цепи сигнальной пластины будет протекать ток, а в цепи коллектора и управляющей сетки ток будет отличаться от того

значения, которое соответствует равновесному состоянию (от так называемого равновесного тока).

По окончании процесса установления ток в цепи сигнальной пластины прекращается, а ток коллектора и сеток становится равным первоначальному (равновесному). Таким образом, в трубке устанавливается динамическое равновесие.

Входные сигналы подаются на сигнальную пластину, и выходные сигналы снимаются с той же сигнальной пластины. Для качественного их разделения первичный ток луча модулируется высокочастотными колебаниями частотой 6 МГц. Модулирующее напряжение поступает со специального гетеродина и только во время импульса подсвета (амплитуда напряжения становится достаточной для модуляции).

С поступлением на вход трубки положительного видеоимпульса, например эхо-сигнала от местного предмета, входной импульс выделится на резисторе $R1$ плюсом к сигнальной пластине. Между точкой a , в которой находится луч, и управляющей сеткой возникнет тормозящее поле для вторичных электронов. Ток коллектора уменьшится, и элементарная емкость C_a на мишени зарядится до амплитудного значения входного сигнала. Ток заряда емкости C_a называется током сигнала I_C , и он будет замыкаться через первичный ток луча. Токи $I_{кл}$ и I_C будут модулированы частотой 6 МГц.

После прохождения луча на емкости C_a будет удерживаться накопленный заряд до следующего цикла развертки – трубка «запоминает» сигнал.

С поступлением на вход трубки отрицательного видеоимпульса (например, эхо-сигнала от цели), когда первичный луч находится в точке b спиральной развертки, аналогичным образом зарядится элементарная емкость C_b и на выходе также будет сигнал на частоте 6 МГц; по фазе I_C отличается на 180° от фазы I_L .

В следующий период повторения, когда первичный ток луча снова окажется в точке a , на вход трубки снова поступит положительный видеоимпульс той же амплитуды (сигнал от местного предмета) и емкость C_a дозарядится (разрядится) не будет. Ток сигнала будет равен нулю, и выходного сигнала не будет. Практически на выходе трубки в месте прихода видеоимпульса все-таки появляются остаточные сигналы, возникающие вследствие конечного диаметра луча и из-за утечки заряда с элемента мишени за счет попадания засевных электронов с соседних элементов, бомбардируемых в данный момент первичным потоком.

Когда же первичный ток луча окажется в точке b , на вход трубки поступит видеоимпульс с амплитудой, отличной от амплитуды видеоимпульса, поступившего в предыдущий период повторения (сигнал от подвижной цели). Произойдет дозаряд емкости C_b , появится ток сигнала, величина которого определится разностью амплитуд напряжений входных сигналов

соседних периодов повторения. В результате на выходном контуре выделится выходной сигнал на частоте 6 МГц.

Потенциалоскопическая трубка характеризуется следующими основными показателями:

- коэффициентом перезаряда мишени;
- коэффициентом подавления;
- динамическим диапазоном.

Коэффициент перезаряда η характеризует скорость установления равновесного потенциала мишени. Рабочий коэффициент перезаряда для трубок типа ЛН9 равен 0,8–0,9 и свидетельствует о том, что на мишени потенциалоскопа запишется импульс, величина которого составляет 0,8–0,9 от пришедшего. Это означает, что при переменном входном сигнале величина заряда на мишени успевает за один ход развертки измениться на 80–90 % от той величины, на которую она должна измениться при переходе от одного равновесного потенциала к другому. Коэффициент перезаряда возрастает при увеличении тока луча.

Коэффициент подавления характеризует степень ослабления трубкой сигналов, постоянных по амплитуде. На практике коэффициент подавления определяется примерно как половина отношения амплитуды выходного сигнала от цели, движущейся с «оптимальной» радиальной скоростью, к амплитуде остатка от местного предмета при одинаковых амплитудах входных сигналов.

Динамический диапазон трубки – это отношение амплитуды выходного сигнала от цели, движущейся с «оптимальной» радиальной скоростью, к максимальному напряжению собственных помех трубки, которыми являются паразитные сигналы (шединг).

В цепи сигнальной пластины шединг появляется лишь при очень большом (обычно нерабочем) токе луча. Поэтому в качестве выходного электрода трубки используется сигнальная пластина.

Еще одним нежелательным свойством потенциалоскопа является неравномерность величины выходных сигналов по дальности и по каждому витку развертки. Она возникает вследствие неравномерного заряда элементов мишени и приводит к тому, что амплитуда выходных сигналов изменяется по дальности и оказывается промодулированной амплитудой напряжения развертки потенциалоскопа. Характер неравномерности сигналов по витку изменяется при изменении тока луча, фокусировки, размеров и положения развертки на мишени потенциалоскопа.

Входные сигналы действуют между сигнальной пластиной и управляющей сеткой, поэтому при съеме сигналов с сигнальной пластины требуются специальные меры для разделения входных и выходных сигналов. Для этой цели используется частотный способ разделения.

Входные видеосигналы подаются на сигнальную пластину потенциалоскопа через разделительный дроссель $L2$ [1, рис. 3.16], представляющий высокое сопротивление для токов модулирующей частоты, и катушку $L1$. Выходные радиоимпульсы вызывают колебания в контуре, образованном катушкой $L1$, конденсатором $C1$ и внутренними емкостями трубки, контур настроен на частоту 6 МГц.

Первичный ток при этом модулируется напряжением высокой частоты 6 МГц, которое подается на модулирующую сетку потенциалоскопической трубки. Выходные сигналы потенциалоскопа имеют вид радиоимпульсов модулирующей частоты и с помощью контура, настроенного на эту частоту в цепи сигнальной пластины, отделяются от входных видеоимпульсов.

3.2.1.4. Защита РЛС от несинхронных импульсных помех

Защита от НИП основана на использовании отличий их периода повторения от периода повторения полезного сигнала. В качестве устройств, реагирующих на эти отличия, могут быть использованы некогерентные накопители, устройства ЧПК, схемы критерийной обработки. Схема бланкирования НИП со схемой выделения НИП на устройстве ЧПК изображена в [1, рис. 3.17].

Сущность работы схемы выделения помехи состоит в следующем. На вход схемы сигналы и импульсы НИП приходят без искажения формы огибающей. Ограничитель «сверху» уравнивает амплитуды выходных напряжений и тем самым исключает возможность превышения некомпенсированными остатками полезного сигнала порога ограничения «снизу». С помощью РФ, реализованного на основе ЧПК, вырезается область частот, соответствующая спектру полезного сигнала. После ограничителя и РФ амплитуда импульсов НИП будет существенно превышать амплитуду полезного сигнала вне зависимости от их соотношений на входе схемы. Для того, чтобы не пропустить на выход остатки полезного сигнала, используется ограничитель «снизу». Выходным элементом схемы выделения помехи является спусковое устройство (формирователь бланка), импульсы которого поступают в канал подавления помехи (закрывают выход тракта эхо-сигналов).

Данное устройство защиты обеспечивает подавление НИП при следующем условии:

$$|T_{\text{НИП}} - T_{\text{П}}| \geq \tau_{\text{НИП}},$$

где $T_{\text{НИП}}$ – период повторения НИП; $\tau_{\text{НИП}}$ – длительность импульса НИП.

Основным недостатком этой схемы является прохождение на выход первого импульса НИП и подавление первого импульса полезного сигнала в пачке.

3.2.2. Система защиты от пассивных и несинхронных импульсных помех РЛС П-18Р

3.2.2.1. Назначение, состав, технические характеристики и режимы работы системы СДЦ РЛС П-18Р

Назначение и состав системы СДЦ РЛС П-18Р

Система защиты от ПП служит для подавления (компенсации) помех, создаваемых отражениями от местных предметов и ДО, а также для компенсации НИП, создаваемых соседними РЛС с импульсным излучением, запуск которых несинхронизирован с запуском защищаемой.

При этом на экранах индикаторов обеспечивается наблюдаемость эхо-сигналов подвижных целей на фоне остатков от скомпенсированных ПП.

Защита от ПП основана на применении когерентно-компенсационного метода. В качестве вычитающего устройства применяется вычитающая потенциалоскопическая трубка (потенциалоскоп).

Защита от НИП основана на использовании вычитающего потенциалоскопа и обеспечивается тем же составом аппаратуры, что и защита от ПП.

Устройство защиты от помех состоит из КИА (элементы блоков 12М, 23М и блок 76) и компенсационного устройства (блоки 27 и 75).

Так как включение устройства защиты от помех снижает вероятность обнаружения целей, в РЛС применена система коммутации, обеспечивающая включение когерентного канала только при наличии помех.

Канал, в котором осуществляется подавление ПП путем когерентной обработки сигналов промежуточной частоты приемника (блок 5), называется *когерентным*.

Канал, в котором осуществляется обработка сигналов с выхода амплитудного детектора приемника (–эхо-сигнал) без когерентной обработки, называется *амплитудным*.

Технические характеристики системы СДЦ РЛС П-18Р:

Система СДЦ РЛС П-18Р имеет следующие технические характеристики:

1. Диапазон частот СКДВ – от минус 73 до плюс 73 Гц;
2. Коэффициент подавления контрольных импульсов в режиме:
 - «СПЦ» – не менее 50;
 - «СПЦ + ПНП» – не менее 12.
3. Коэффициент подавления НИП – не менее 10;
4. Коэффициент перезаряда потенциалоскопов – 0,8–0,9;
5. Динамический диапазон потенциалоскопов – 10.

Режимы работы системы СДЦ РЛС П-18Р

В СДЦ РЛС П-18Р реализованы следующие режимы работы:

Режим «Выкл.» обеспечивает прохождение на индикаторы РЛС сигнала амплитудного канала, защищенного от НИП, во всей ЗО РЛС;

Режим «СПЦ» обеспечивает включение когерентного канала с двукратной ЧПК в зонах приема сигналов от местных предметов и ДО, а в остальной части ЗО РЛС по дальности сигналы на индикаторы поступают с амплитудного канала, защищенного от НИП.

Режим «СПЦ + ПНП» обеспечивает включение когерентного канала с однократной ЧПК ПП и защитой от НИП в зонах приема сигналов от местных предметов и ДО, а в остальной части ЗО РЛС по дальности сигналы на индикаторы поступают с амплитудного канала, также защищенного от НИП.

Граница зоны «Местные» определяется длительностью строба «Местные» и устанавливается вручную в зависимости от дальности местных предметов. Вне зоны «Местные», именуемой «Дальняя зона», возможны три режима работы:

«Ампл.» – амплитудный режим, обеспечивающий прохождение через выходной коммутатор на индикаторы РЛС сигналов амплитудного канала во всей дальней зоне;

«Дип.» – режим подавления ДО, обеспечивающий прохождение через выходной коммутатор на индикаторы РЛС сигналов когерентного канала по всей ЗО РЛС;

«Авт. стр.» – режим автоматического стробирования для подавления ДО, в котором для подавления помех в дальней зоне через коммутатор на индикаторы РЛС сигналы с когерентного канала проходят только при наличии стробов «Дипольные», которые вырабатываются автоматически из сигналов помех, а в остальной части дальней зоны на индикаторы проходят сигналы с амплитудного канала.

Переключение режимов работы системы защиты производится с АПУ либо ВПУ РЛС посредством кнопочных переключателей РОД РАБОТЫ и РЕЖИМ Д. 3.

3.2.2.2. Когерентно-импульсная аппаратура РЛС П-18Р

КИА обеспечивает выделение (селекцию) эхо-сигналов движущихся целей на фоне отражений от местных предметов и ДО. В нем исключается случайная начальная фаза зондирующего сигнала и преобразуются фазовые различия сигналов в амплитудные. Выделяемые при этом в нагрузке ФД сигналы движущихся целей пульсируют по амплитуде, в то время как амплитуда ПП в соседних периодах следования при правильно настроенной СКДВ практически не изменяется, благодаря чему и представляется возможность в дальнейшем осуществить компенсацию ПП.

В состав КИА входят [1, рис. 13.18]:

- блок когерентного гетеродина (блок 76);
- синусно-косинусный механизм (в блоках 12М, 22М).

Блок когерентного гетеродина (блок 76) предназначен для преобразования радиоимпульсов промежуточной частоты в видеоимпульсы для селекции сигналов целей и компенсации скорости действия ветра на ПП.

В состав блока входят:

- каскады фазирования;
- когерентный гетеродин;
- схема компенсации действия ветра;
- фазовый детектор;
- усилитель-ограничитель;
- катодный повторитель.

К когерентному гетеродину предъявляются два противоречивых требования. Во-первых, для подавления отражений от источников ПП требуется высокая стабильность частоты КГ в течение периода следования (как минимум). Последнее можно обеспечить при высокой добротности колебательной системы. Во-вторых, для быстрого и качественного фазирования колебательная система КГ должна обладать малой добротностью. Реализация этих требований происходит за счет введения каскада фазирования.

При отсутствии импульса фазирования этот каскад закрыт и практически не оказывает шунтирующего действия на колебательную систему КГ, сохраняя тем самым её высокую добротность.

При поступлении фазирующего импульса каскад фазирования открывается и его выходное сопротивление шунтирует колебательную систему КГ, уменьшая её добротность. Стробирование каскада фазирования производится также с целью исключения фазирования КГ началом и концом фазирующего импульса, так как эти части импульса имеют нестабильную фазовую структуру.

Каскады фазирования блока 76 собраны на лампах Л1 (первый каскад) и Л2 (второй каскад) по схеме резонансного усилителя [1, рис. 3.18]. Лампы заперты по пентодным сеткам отрицательным напряжением. Лампы каскадов фазирования открываются импульсами запуска, поступающими на пентодные сетки от модулятора. Запирание ламп каскадов фазирования производится с целью защиты КГ от воздействия случайных помех.

На управляющую сетку Л1 поступает фазирующий импульс напряжения промежуточной частоты с канала АПЧ приемника.

Первый каскад фазирования является резонансным усилителем с контуром в анодной цепи, настройка которого осуществляется при помощи сердечника катушки. С контура фазирующий импульс поступает на сетку лампы второго каскада фазирования.

Нагрузкой в анодной цепи лампы второго каскада фазирования является контур КГ, состоящий из индуктивности катушки $L3$ и конденсаторов $C12$, $C13$, $C14$. Контур настраивается на промежуточную частоту РЛС переменным конденсатором $C14$, ось которого выведена на переднюю панель блока с шильдиком ГЕТЕРОДИН.

Когерентный гетеродин собран на лампе Л3 (в триодном режиме) по схеме индуктивной трехточки и вырабатывает непрерывные синусоидальные колебания. При поступлении на КГ фазирующего импульса этому КГ навязывается фаза зондирующих импульсов передающего устройства.

В дальнейшем КГ вырабатывает колебание с этой начальной фазой до прихода фазирующего импульса в следующем периоде повторения зондирующих импульсов РЛС.

Контур КГ разделен по постоянному току от анодной цепи с помощью конденсатора $C15$. С контура КГ опорное напряжение снимается катушкой связи $L2$ и подается на катоды лампы Л4 I смесителя СКДВ.

Схема компенсации действия ветра. Как известно, ДО перемещаются под действием ветра и силы тяжести. Если не принять специальных мер, то на выходе ФД сигналы от ДО, движущихся под действием ветра, будут иметь различные амплитуду и полярность от периода к периоду. Это в конечном итоге приведет к тому, что на экране ИКО будут наблюдаться остатки от ПП.

Для исключения этого колебаниям КГ необходимо сообщить такой же сдвиг по фазе, как и у эхо-сигналов, поступающих от движущихся ДО.

Задачей СКДВ, по существу, является не преобразование частоты напряжения КГ, а обеспечение дополнительного смещения его фазы. Работа СКДВ основана на использовании принципа двойного преобразования фазы напряжения КГ. Эта схема включает в себя схему двойного гетеродинного преобразования и кварцевые гетеродины.

Первое преобразование происходит в I смесителе, куда подается напряжение КГ частотой $f_{КГ} = \omega_{КГ}/2\pi$ и напряжение I кварцевого гетеродина частотой

$$f_{КВ1} = f_{КВ01} + \Delta f = (\omega_{КВ01} + \Delta\omega)/2\pi.$$

На выходе I смесителя частота колебаний

$$f_{СМ1} = f_{КГ} - (f_{КВ01} + \Delta f).$$

На лампе Л4 собран I смеситель по балансной схеме. На катоды лампы I смесителя подается напряжение КГ, а на сетки – напряжение с частотой 3,15 МГц от I кварцевого гетеродина лампы Л12.

На выходе смесителя (между анодами лампы Л4) включены связанные контуры, настроенные на резонансную частоту, равную 21,45 МГц.

Сеточный контур индуктивно связан с контуром $L4, C19$, являющимся нагрузкой I кварцевого гетеродина, и настроен на частоту, равную 3,15 МГц.

Балансная схема предотвращает возможность прямого прохождения напряжения КГ на последующие каскады, что может вызвать паразитную модуляцию на выходе.

На лампе Л5 собран I фильтр-усилитель по схеме резонансного усилителя с системой связанных контуров в анодной цепи.

Этот каскад усиливает напряжение частоты 21,45 МГц, поступающее на его управляющую сетку после первого преобразования и отфильтровывает другие частоты преобразования и несбалансированные остатки напряжения несущей частоты КГ.

С вторичного контура анодной нагрузки I фильтра-усилителя напряжение подается на катоды лампы II смесителя.

Второе преобразование происходит в II смесителе, куда поступает напряжение с выхода I фильтрующего усилителя и напряжение от II кварцевого гетеродина частотой

$$f_{КВ2} = f_{КВ02} - \Delta f = (\omega_{КВ02} - \Delta\omega)/2\pi.$$

В результате второго преобразования на выходе СКДВ частота КГ на входе ФД

$$f_{КГскдв} = f_{КГ} - 2\Delta f.$$

На лампе Л6 собран II смеситель по схеме, полностью аналогичной схеме I смесителя. Через систему двух связанных контуров на сетки лампы II смесителя поступает напряжение I или II кварцевого гетеродина в зависимости от того, подается строб «Местные» на СКДВ или не подается.

На лампе Л7 собран II фильтр-усилитель по схеме резонансного усилителя. В анодной цепи включена система двух связанных контуров $L14, C46$ и $L15, C47, C48, C49, C50$, настроенных на промежуточную частоту.

Вторичный контур системы является контуром ФД (Л8).

Регулировка уровня когерентного напряжения, подаваемого на ФД, осуществляется путем изменения напряжения на экранной сетке лампы Л7.

II фильтр-усилитель работает в режиме ограничения, что необходимо для устранения разбалансировки ФД при изменении питающих напряжений.

Очевидно, что при компенсации сигналов от местных предметов, фаза которых по отношению к фазе напряжения КГ сохраняется все время неизменной, работа СКДВ не требуется. В связи с этим при помощи строб-импульсов МЕСТНЫЕ, вырабатываемых каналом стробов, осуществляется коммутация СКДВ. Когда имеется строб МЕСТНЫЕ, СКДВ не вносит фазовых изменений в напряжение, вырабатываемое КГ. Когда же строба МЕСТНЫЕ нет, СКДВ работает, как описано выше.

Действительно, строб МЕСТНЫЕ с выхода парафазного усилителя поступает на пентодные сетки I и II стробируемых ламп. На I стробируемую лампу, запертую в исходном состоянии по пентодной сетке, поступает строб положительной полярности, а на II стробируемую лампу, открытую в исходном состоянии, поступает строб отрицательной полярности. На управляющие сетки I и II стробируемых ламп подается напряжение от I и II кварцевых гетеродинов. Анодная нагрузка обоих стробируемых каскадов – общая.

При наличии строба МЕСТНЫЕ на I и II смеситель поступает одно и то же напряжение I кварцевого гетеродина.

При отсутствии строба МЕСТНЫЕ на II смеситель поступает напряжение II кварцевого гетеродина, в результате чего образуется опорное напряжение с требуемым законом изменения фазы. Для этого нужно добиться, чтобы расстройка кварцевых гетеродинов $\Delta f = \Delta f_{KB1} + \Delta f_{KB2}$ равнялась доплеровскому смещению частоты ПП и имела требуемый знак, определяемый направлением ветра.

Кварцевые гетеродины. На лампе Л12 собран I кварцевый гетеродин по схеме Шембеля с утроением частоты.

Нагрузкой является система связанных контуров $L4, C19$ и $L5, C23$, настроенных на третью гармонику кварца 3,15 МГц.

Внутренний генератор собран по двухконтурной схеме. Роль анода в схеме внутреннего генератора выполняет экранная сетка лампы, в цепь которой включен контур, рассчитанный на частоту около 2,4 МГц. На частоте первой гармоники кварца 1,05 МГц этот контур эквивалентен индуктивности, благодаря чему выполняется условие самовозбуждения генератора. На частоте третьей гармоники кварца контур эквивалентен емкости, что дает возможность развязывать цепи анода лампы и экранной сетки по токам третьей гармоники кварца в нагрузочных контурах гетеродина.

С вторичного контура напряжение частотой 3,15 МГц поступает на сетки I смесителя (лампы Л4), а с первичного контура $L4, C19$ через конденсатор $C72$ – на сетку I стробируемой лампы Л13.

На лампе Л16 собран II кварцевый гетеродин по схеме, аналогичной первому кварцевому гетеродину.

С анода лампы кварцевого генератора через конденсатор $C80$ напряжение подается на сетку II стробируемой лампы Л15.

Реактивные лампы. На лампе Л11 собрана I реактивная лампа по схеме эквивалентной емкости, предназначенная для изменения частоты I кварцевого гетеродина.

Эквивалентная схема и векторная диаграмма, поясняющие работу реактивной лампы, приведены в [1, рис. 3.19].

Фазосдвигающая цепочка RC подобрана так, что фаза тока I_c в ней опережает фазу входного напряжения $U_{вх}$ на угол, близкий к 90° .

Напряжение U_R , выделяемое на сопротивлении, синфазно с I_c . Тогда анодный ток, совпадающий по фазе с U_R , будет синфазным с I_c . Следовательно, $I_{вх} = I_a + I_c$ также опережает $U_{вх}$ примерно на 90° , благодаря чему входное сопротивление лампы носит комплексный характер с емкостной и активной составляющими.

Изменяя величину управляющего напряжения U_y в цепи сетки лампы, можно изменять крутизну лампы, а следовательно, изменять величину анодного тока I_a , что приводит к изменению величины эквивалентной емкости реактивной лампы.

Реактивная лампа подключается параллельно к кварцу так, что при изменении ее эквивалентной емкости изменяется резонансная частота кварцевого гетеродина.

Фазосдвигающая цепочка I реактивной лампы Л11 образуется резистором R52 и конденсатором С66.

Управляющее напряжение отрицательной полярности, изменяющее эквивалентную емкость I реактивной лампы, подается на ее сетку с резисторов, являющихся частью нагрузки I детектора (правая половина лампы Л18).

На лампе Л17 собрана II реактивная лампа по схеме, аналогичной схеме I реактивной лампы. Управляющее напряжение положительной полярности на сетку II реактивной лампы подается с резисторов, являющихся частью нагрузки II детектора (левая половина лампы Л18).

Так как нагрузки обоих детекторов равны (детекторы симметричны), то и напряжения, подаваемые на сетки обеих реактивных ламп равны по величине, но противоположны по знаку.

Совместная работа реактивных ламп и кварцевых гетеродинов иллюстрируется графиками, приведенными в [1, рис. 3.20].

С изменением величины U_y изменяется положение рабочей точки и, следовательно, ток анода I_a . На сетку I реактивной лампы подается выпрямленное управляющее напряжение отрицательной полярности. С ростом управляющего напряжения U_{y1} частота I кварцевого гетеродина растет [1, рис. 3.20, б, кривая 1].

На сетку II реактивной лампы подается напряжение положительной полярности. Поэтому при увеличении U_{y2} рабочая точка смещается вправо и частота f_2 уменьшается [1, рис. 3.20, б, кривая 2].

Выбирая участки модуляционных характеристик гетеродинов симметрично друг другу, можно получить линейную результирующую характеристику [1, рис. 3.20, в] путем одновременной установки величины амплитуды управляющего напряжения и величины начального отрицательного смещения на сетках реактивных ламп.

Усилитель-ограничитель. Ограничение сигналов перед подачей их на ФД способствует стабилизации уровня ложных тревог, обусловленных

наличием после ЧПК остатков помех. Даже при отражении зондирующих сигналов от абсолютно неподвижных местных предметов могут появляться остатки из-за модуляции амплитуды сигналов по закону ДНА при вращении, из-за флюктуаций параметров РЛС (частоты местного и когерентного гетеродинов, коэффициентов усиления трактов и т. д.). Так, если фазовые набег за период следования составляют $\Delta\varphi$, то изменения амплитуд сигналов на выходе ФД $\Delta U_{\text{выхФД}} \approx U_{\text{вх}} \Delta\varphi$, причем изменения тем больше, чем больше амплитуда входных сигналов. В случае ограничения $\Delta U_{\text{выхФД}} \approx E_0 \Delta\varphi$, где E_0 – уровень ограничения, величину E_0 выбирают такой, чтобы при заданных нестабильностях остатки помех от местных предметов были на уровне флюктуационных шумов. Качество подавления компенсационной системы зависит также от режима работы, так как при режиме работы «СПЦ» подавление двукратное, а при «СПЦ + ПНП» – однократное.

Усилитель-ограничитель и диодный ограничитель эхо-сигналов являются окончательным звеном приемного тракта промежуточной частоты и собраны на лампе Л10 и диодах Д3, Д4 для ограничения сигналов в зонах «Местные» и «Дипольные» на разных уровнях при режиме работы «СПЦ» и на одинаковых уровнях при режиме работы «СПЦ + ПНП», что осуществляется с помощью реле Р3, через которое в режиме «СПЦ» на полевые транзисторы ПП1, ПП2 подается строб «Местные», а в режиме «СПЦ+ПНП» – не подается.

Диоды Д3 и Д4 служат для ограничения сигналов промежуточной частоты в зоне ДО. Отрицательный потенциал, устанавливающий уровень ограничения, определяется резисторами R44, R46, R49, R42, R43.

Сигнал промежуточной частоты с канала сигнала приемника через разделительные конденсаторы C60, C62, C64 поступает на сетку лампы Л10.

При режиме работы «СПЦ» в зоне строба «Местные», который подается с анода правой половины лампы Л14 через резистор R45 на полевые транзисторы ПП1 и ПП2, работающие как управляемый резистор, сопротивление резко уменьшается и шунтирует параллельно включенные резистор R44 и потенциометр R46. Отрицательный потенциал на делителе R42, R43 увеличивается. Диоды Д3 и Д4 оказываются запертыми, и сигнал проходит на сетку лампы Л10, где и ограничивается. Вне зоны строба полевые транзисторы ПП1 и ПП2 закрыты, отрицательный потенциал на делителе уменьшается, что приводит к уменьшению уровня ограничения сигналов. Сигнал поступает на сетку лампы Л10 и усиливается. Уровень ограничения в зоне «Дипольные» регулируется шлицем ОГР. Д (резистор R46).

При режиме работы «СПЦ + ПНП» контакты реле Р3 размыкаются, строб «Местные» на полевые транзисторы ПП1 и ПП2 не проходит и уровень ограничения сигналов во всей ЗО станции будет один и тот же.

Фазовый детектор. Преобразует амплитудно-фазовые изменения сигнала в амплитудные. Он отличается от обычного амплитудного детектора тем, что на его вход, кроме напряжения сигнала U_c , подается напряжение КГ $U_{КГ}$. ФД собран на двойном диоде Л8 [1, рис. 3.18] по балансной схеме, которой присущи следующие свойства:

1. На выходе балансного ФД (когда отсимметрированы входные и выходные цепи) отсутствует постоянная составляющая. Устранения постоянной составляющей, обусловленной выпрямлением напряжения КГ, можно достичь и в схеме однополупериодного ФД с помощью разделительного конденсатора в выходной цепи. Однако в такой схеме изменение амплитуды напряжения КГ вызывает появление на выходе переменной составляющей, а в балансной схеме указанных изменений не будет.

2. При использовании балансной схемы при условии равенства амплитуд сигнала и напряжения КГ (что достигается за счет ограничения сигналов) отсутствуют области слепых фаз, под которыми понимают те участки разности фаз φ между напряжением КГ и сигналом, на которых чувствительность детектора к малым изменениям $\Delta\varphi$, оцениваемая величиной $\frac{dU_{\text{выхФД}}}{d\varphi}$, мала.

Если φ близко к 0° или 180° (величина φ зависит от расстояния до цели) и изменение φ за период следования зондирующих импульсов мало, то и изменение выходного сигнала детектора $\Delta U_{\text{выхФД}} = \Delta\varphi \cdot \frac{dU_{\text{выхФД}}}{d\varphi}$ также будет малым. Поэтому сигналы от таких целей будут вычитаться и слабо наблюдаться.

В балансном ФД, упрощенная схема которого изображена в [1, рис. 3.21, а], применяются два диода, на которые напряжение сигнала подается в фазе, а напряжение КГ – в противофазе.

Благодаря этому удается получить фазовую характеристику ФД

$$U_{\text{выхФД}} = \frac{U_{\text{вых1}} - U_{\text{вых2}}}{2},$$

близкую к пилообразной, а чувствительность $\frac{dU_{\text{выхФД}}}{d\varphi}$ примерно постоянную во всем диапазоне изменений f при отсутствии областей слепых фаз [1, рис. 3.21, б]. Это происходит потому, что области слепой фазы одного детектора соответствуют максимальной чувствительности другого [1, рис. 3.21, в, г].

Преимущество балансного ФД может проявиться при выделении сигналов от целей на фоне сильных мешающих отражений. Так, если даже

фаза отраженного сигнала за период следования изменяется на π , то фаза результирующего сигнала (сигнал + помеха) изменяется незначительно, что при наличии ограничения может привести к потере цели.

Синусно-косинусное устройство. Вырабатывает управляющее напряжение СКДВ.

В состав синусно-косинусного устройства входят [1, рис. 3.22]:

- дифференциальный сельсин (ДС) Сс1 с фазосдвигающей цепочкой R36 и R37;
- суммирующее устройство, состоящее из трансформатора Тр4, потенциометров R24, R26 и R29 и резисторов R28 и R30;
- цепь опорного напряжения, включающая трансформатор опорного напряжения Тр5, конденсатор С10 и резисторы R24 и R25.

Основным узлом устройства является ДС Сс1, который представляет собой индуктивную электромашину, работающую на частоте 50 Гц.

Для получения модулирующего напряжения в зависимости от угла поворота антенны используется СД М3, размещенный в блоке 28, ротор которого связан с валом антенны через передачу 1:1.

Однофазная обмотка СД запитывается переменным напряжением 110 В, 50 Гц, являющимся опорным для синусно-косинусного устройства [1, рис. 3.23, а].

Трехфазная обмотка датчика соединена соответственно с трехфазной роторной обмоткой дифференциального сельсина Сс1.

При вращении антенны, а следовательно, и ротора СД М3 в его трехфазной обмотке индуцируется напряжение, питающее роторную трехфазную обмотку дифференциального сельсина Сс1. При этом в статорных трехфазных обмотках дифференциального сельсина индуцируются напряжения, величины которых изменяются по синусоидальному закону в зависимости от угла поворота антенны, а фазы этих напряжений сдвинуты относительно друг друга на угол 120° .

Ротор ДС может поворачиваться ручкой АЗИМУТ ПОМЕХИ ДС Сс1, выведенной на переднюю панель блока 12М. Положение ротора контролируется стрелкой и шкалой с делениями от 0 до 360° на передней панели блока. Для получения с ДС двух напряжений, сдвинутых между собой на угол 90° , используется фазосдвигающая цепочка R36, R37, подключенная параллельно статорным обмоткам С2 и С3 ДС Сс1.

Можно считать, что напряжение, снимаемое между точками С1 обмотки статора сельсина и средней точкой резисторов R36 и R37, изменяется пропорционально синусу угла поворота антенны [1, рис. 3.23, б]. Напряжение, снимаемое между точками С2 и С3 обмотки статора сельсина, изменяется пропорционально косинусу угла поворота антенны [1, рис. 3.23, в].

Со вторичной обмотки трансформатора Тр4 напряжение, изменяющееся пропорционально косинусу угла поворота антенны, через резистор $R30$ поступает на потенциометр $R29$ (КОМП. I) суммирующего устройства, которым регулируется величина этого напряжения.

Напряжение, изменяющееся пропорционально синусу угла поворота антенны, через резистор $R28$ поступает на потенциометр $R26$ КОМП. II, которым регулируется величина этого напряжения.

На среднюю точку потенциометра $R26$ с трансформатора Тр5 подается опорное напряжение, величина которого регулируется потенциометром $R24$ ОПОРН. с выведенной осью на обратную сторону передней панели блока 12М.

Конденсатор $C10$ и резистор $R25$ являются фазосдвигающей цепью, с помощью которой достигается компенсация сдвига фаз между опорным напряжением и напряжениями, снимаемыми с трансформатора Тр1 и резистора $R30$. Это необходимо для получения нужной глубины модуляции синусно-косинусного напряжения.

Синусно-косинусное напряжение [1, рис. 3.23, з] с суммирующего устройства поступает на детектор СКДВ.

3.2.2.3. Компенсационная аппаратура РЛС П-18Р

В компенсационной аппаратуре (аппаратуре ЧПК) осуществляется подавление ПП и выделение эхо-сигналов от движущихся целей в когерентном канале, а также компенсация НИП в амплитудном канале.

В состав компенсационного устройства входят:

- блок потенциалоскопов (блок 75);
- блок усилителей ЧПК (блок 27).

Режим работы «СПЦ». Видеосигналы целей, ПП и НИП отрицательной полярности (–эхо-сигнал) поступают на усилитель амплитудных сигналов и на входной коммутатор [1, рис. 3.24]. С входного коммутатора при отсутствии строба «Местные» эхо-сигналы поступают на предварительный ВУС и далее на сигнальную пластину потенциалоскопа Л11 блока 75, в котором сигналы целей и ПП компенсируются. Выходные сигналы потенциалоскопа (сигналы НИП), промодулированные частотой 6 МГц, через входной каскад усилителя модулирующей частоты (УМЧ) УМЧ-I блока 75, УМЧ-I блока 27 поступают на синхронный детектор.

Опорное напряжение на синхронный детектор и модуляторы потенциалоскопов поступает с гетеродина модулирующей частоты.

С выхода детектора видеосигналы НИП поступают на ВУС, второй предварительный ВУС. Выделенные сигналы НИП подаются на усилитель-ограничитель по минимуму, где обрезаются шумы, чтобы исключить запирающие амплитудного канала шумами.

С каскада выделения НИП сигналы выделенной помехи поступают на схему подавления НИП в амплитудном канале.

Канал подавления НИП запирается сигналами выделенной НИП, обеспечивая прохождение на выходной коммутатор только эхо-сигналов с усилителя амплитудных сигналов, и далее через II выходной ВУС и катодный повторитель поступают на индикаторы.

При повороте вправо ручки СТРОБ М канал стробов вырабатывает импульсы прямоугольной формы, подаваемые на входной и выходной коммутаторы. Под действием строб-импульсов (положительной и отрицательной полярности) «Местные» входной и выходной коммутаторы отключают амплитудный канал и подключают когерентный канал.

С выхода ФД видеосигналы поступают на входной коммутатор, который открыт строб-импульсом «Местные» и пропускает их на первый предварительный ВУС и далее на первый потенциалоскоп, который обеспечивает подавление сигналов ПП (отражений от местных предметов) и выделение на фоне их остатков сигналов от целей.

После I потенциалоскопа сигналы целей и остатки от местных предметов усиливаются входным каскадом УМЧ-I блока 75, УМЧ-I блока 27, детектируются I детектором, усиливаются ВУС и поступают на II предварительный ВУС.

С выхода II предварительного ВУС сигналы поступают на II потенциалоскоп, который обеспечивает дополнительное подавление остатков сигналов от местных предметов и ПП, а сигналы целей через входной каскад УМЧ-II блока 75, УМЧ-II блока 27 поступают на II детектор и детектор ШАРУ. С выхода II детектора видеосигналы целей поступают на ВУС, с выхода которого сигналы от целей через выходной коммутатор поступают на индикаторные устройства.

Режим работы «СПЦ + ПНП». При отсутствии строба «Местные» тракт видеосигналов целей, ПП и НИП, и их обработка соответствует тракту и обработке в режиме «СПЦ».

При действии строба «Местные» входной и выходной коммутаторы отключают амплитудный канал и подключают когерентный.

Видеосигналы когерентного канала через контакты реле РЗ поступают непосредственно на вход II предварительного ВУС, так как реле РЗ своими контактами отключает когерентный канал от входного коммутатора.

С выхода II предварительного ВУС сигналы целей, ПП и НИП подаются на вход II потенциалоскопа (Л13 блока 75), который компенсирует отражения от местных предметов и выделяет на их фоне сигналы целей и НИП. С выхода II потенциалоскопа сигналы целей и НИП поступают на УМЧ-II, где усиливаются, и далее поступают на амплитудный детектор, который преобразует их в видеосигналы, а также детектор, работающий в схеме ШАРУ.

После амплитудного детектора сигналы целей и НИП усиливаются ВУС и подаются на схему подавления НИП в когерентном канале. На затвор транзистора этой схемы поступают также сигналы выделенной НИП когерентного канала со схемы выделения НИП.

Чтобы обеспечить выделение сигналов НИП когерентного и амплитудного каналов с помощью одного потенциалоскопа и одной схемы выделения сигналов НИП, сигналы когерентного канала после однократного ЧПК вторым потенциалоскопом с регулируемого выхода ВУС через контакты реле РЗ и сигналы амплитудного детектора приемника поступают на входной коммутатор, который при поступлении на него строб-импульсов «Местные» и «Дипольные» пропускает на вход I предварительного ВУС и на I потенциалоскоп (Л11 блока 75) сигналы когерентного канала для выделения импульсов НИП в когерентном канале, а при отсутствии строб-импульсов пропускает сигналы амплитудного канала для выделения импульсов НИП в амплитудном канале.

В I потенциалоскопе сигналы целей и помех, период следования которых равен периоду повторения станции, компенсируются. После усиления УМЧ-I и детектирования синхронным детектором сигналы поступают на схему выделения НИП, с которой подаются на схемы подавления НИП в амплитудном и когерентном каналах и запирают их на время действия НИП.

С выхода схемы подавления НИП в когерентном канале сигналы через контакты реле РЗ поступают на выходной коммутатор.

Блок потенциалоскопов (блок 75). Предназначен для подавления импульсов, отраженных от местных предметов и ДО, и выделения НИП.

В состав блока входят [1, рис. 3.24]:

- два канала подавления (две вычитающих потенциалоскопических трубки) с входными каскадами УМЧ-I и УМЧ-II;
- канал спиральной развертки;
- модулирующий гетеродин;
- усилитель-ограничитель;
- канал контрольных импульсов.

Видеосигналы на потенциалоскопы подаются от I и II предварительных ВУС блока 27.

Каналы подавления. Входной контур в цепи сигнальной пластины I трубки ($L3$, $C26$ и входная емкость трубки) настроен на частоту 6 МГц и является полезной нагрузкой для выходных сигналов потенциалоскопа. Индуктивность $L3$ практически не представляет сопротивления для входных видеоимпульсов, обеспечивая прохождение входных сигналов на сигнальную пластину потенциалоскопа. В то же время, контур обладает большим сопротивлением для входных видеоимпульсов и достаточно ма-

лым для частоты 6 МГц; в результате этого между сеткой и катодом входного каскада УМЧ-1 действуют лишь импульсы частоты 6 МГц.

Входной контур в цепи сигнальной пластины II трубки аналогичен входному контуру УМЧ-I.

Фокусировка луча производится изменением напряжения, подаваемого на первый анод потенциалоскопов. Смещение луча по мишени осуществляется магнитным полем тока, протекающего в катушках.

Для лучшего использования поверхности мишени луч развертывается по спирали за счет изменения магнитного поля отклоняющих катушек, напряжение на которые поступает с канала спиральной развертки.

На время рабочего хода развертки на модулирующие сетки потенциалоскопов с гетеродина подается модулирующее напряжение, определяющее рабочий режим трубок.

Напряжение модулирующей частоты также используется в качестве опорного напряжения синхронного детектора блока 27. Для этого оно усиливается и ограничивается по максимуму усилителем-ограничителем.

Канал спиральной развертки. Вырабатывает напряжения, необходимые для электромагнитного отклонения луча на мишенях потенциалоскопов.

Импульсы запуска от модулятора подаются на пусковую лампу [1, рис. 3.24]. С пусковой лампы запускающий импульс поступает на ждущий мультивибратор. Длительность импульса, вырабатываемого мультивибратором, определяет длительность развертки.

Прямоугольный импульс, формируемый мультивибратором, поступает на генератор ударного возбуждения. Частота колебаний генератора выбрана таким образом, чтобы на мишени каждого потенциалоскопа уложилось двенадцать полных витков развертки за время ее рабочего хода развертки. Эпюры спиральной развертки показаны в [1, рис. 3.25].

Положение луча на мишенях потенциалоскопов до начала развертки определяется исходным значением тока, протекающего через отклоняющие катушки.

Размер спирали изменяется за счет изменения величины тока на выходе генератора спиральной развертки.

Величина положительной обратной связи в генераторе ударного возбуждения подобрана таким образом, чтобы спираль была разворачивающейся.

Модулирующий гетеродин. Вырабатывает напряжение модулирующей частоты 6 МГц.

Гетеродин собран по схеме Шембея. Внутренний (сеточный) контур представляет собой индуктивную трехточку. На экранную сетку лампы гетеродина подается положительный импульс, вырабатываемый мультивибратором, и постоянное напряжение.

В момент прихода импульса, что соответствует рабочему ходу луча развертки, с сеточного контура модулирующее напряжение с амплитудой порядка 60 В поступает на модулирующие сетки потенциалоскопов.

При отсутствии импульса на модулирующих сетках потенциалоскопов имеется напряжение с амплитудой порядка 10 В.

Простробируемое напряжение модулирующей частоты ограничивается по минимуму за счет отсечки анодного тока и по максимуму за счет сеточного тока, протекающего через потенциометр УРОВЕНЬ, позволяющий изменять уровень ограничения.

Снимаемое с анодного контура напряжение подается на вход опорного напряжения (блок 27). Данная схема обладает высокой стабильностью по частоте, так как нагрузка с переменными параметрами, какой является канал опорного напряжения блока усилителей ЧПК, подключена к внешнему (анодному) контуру, очень слабо влияющему на частоту генератора.

Блок усилителей ЧПК (блок 27). Предназначен для усиления сигналов, подаваемых на потенциалоскопы блока 75, усиления сигналов после ЧПК в потенциалоскопах, формирования стробов «Местные» и «Дипольные», коммутации входных и выходных сигналов компенсационной аппаратуры, выделения и компенсации сигналов НИП.

В состав блока входят:

- входной и выходной коммутаторы;
- I и II предварительные ВУС;
- I и II УМЧ (УМЧ-I и УМЧ-II);
- I детектор с I выходным ВУС;
- усилитель опорного напряжения;
- II детектор;
- детектор ШАРУ;
- схема выделения сигналов НИП;
- схема подавления НИП;
- канал стробов;
- выходные каскады (II выходной ВУС, каскад с анодной и катодной нагрузками, катодный повторитель);
- система коммутации режимов работы компенсационной аппаратуры.

Входной коммутатор. Выполнен в виде отдельного узла У1, роль коммутирующего устройства выполняет микросхема 168КТ2В.

В режиме работы «СПЦ» эхо-сигналы с ФД КИА поступают через контакты реле РЗ 3–1 на контакт 9 входного коммутатора, а с амплитудного детектора приемника (блока 5) – на контакт 12.

В режиме работы «СПЦ + ПНП» на контакт 9 входного коммутатора через контакты реле РЗ 2–1 подаются сигналы после однократного ЧПК для подавления НИП в когерентном канале.

На контакт 8 поступает строб когерентной зоны, а на контакт 11 – строб амплитудной зоны.

Во время действия управляющих стробов когерентной и амплитудной зон коммутатор открывается и комплексные сигналы, проселектированные по дальности, поступают на I предварительный ВУС.

I предварительный видеоусилитель. Состоит из двух каскадов и собран на лампах Л1 и Л2.

Для линейного усиления знакопеременного сигнала с выхода ФД до сравнительно большой амплитуды (до 50 В) лампа Л1 работает при повышенном анодном напряжении (+300 В).

Первый каскад, собранный на лампе Л1, является реостатным усилителем с заземленным катодом. Коэффициент усиления его около 20.

Второй каскад, собранный на лампе Л2 по схеме катодного повторителя с разрядным каскадом, обеспечивает эффективную передачу знакопеременных сигналов с амплитудой не менее 50 В на сигнальную пластину I потенциалоскопа.

I усилитель модулирующей частоты. Обеспечивает усиление выходных сигналов с I потенциалоскопа на модулирующей частоте. УМЧ-I состоит из входного каскада (лампа Л10 в блоке 75) и из четырех каскадов резонансного усиления (лампы Л3, Л4, Л5, Л6 в блоке 27).

Каскады резонансного усиления выполнены по схеме последовательного питания. Анодной нагрузкой каждого из каскадов являются одинаковые системы двух связанных контуров, которые благодаря шунтирующим резисторам при достаточном усилении обеспечивают получение полосы пропускания частот примерно 250 кГц.

Выходной контур последнего (четвертого) каскада индуктивно связан с контуром синхронного детектора. Шунтирующим сопротивлением контура является входное сопротивление детектора.

В анодных и накальных цепях каскадов применены высокочастотные развязывающие фильтры.

Канал опорного напряжения. Включает в себя фазовращатель Фв1, позволяющий осуществить сдвиг фазы опорного напряжения при помощи шлица ФАЗА в пределах 0–360°, и усилитель опорного напряжения, собранный на лампе Л8. При помощи фазовращателя обеспечивается такой сдвиг фазы модулирующего напряжения (выполняющего роль опорного напряжения синхронного детектора), при котором достигается его синфазность или противофазность с напряжением сигналов [1, рис. 3.26, а].

Напряжение модулирующей частоты 6 МГц поступает на фазовращатель Фв1, представляющий собой переменную линию задержки. Резисторы R50 и R51 являются согласующими на входе и выходе.

С выхода фазовращателя опорное напряжение частоты 6 МГц поступает на управляющую сетку лампы Л8.

Контур последнего каскада УМЧ-I, подключенный к аноду лампы Л8, является анодной нагрузкой усилителя опорного напряжения и одновременно служит входным контуром синхронного детектора.

Синхронный детектор. Обеспечивает получение видеоимпульсов положительной и отрицательной полярности на выходе первого канала компенсации, т. е. сохраняет знак выходных сигналов ФД, что необходимо для работы потенциалоскопической трубки второй ступени компенсации. Синхронный детектор выходных сигналов собран на лампе Л7.

В результате одновременного воздействия на входной контур I детектора (L10, C26) опорного напряжения модулирующей частоты и выходных сигналов УМЧ-I [1, рис. 3.26, б] на нем образуется результирующее напряжение [1, рис. 3.26, в], в результате детектирования которого на нагрузке I детектора выделяются двухсторонние видеосигналы положительной и отрицательной полярности [1, рис. 3.26, г], необходимые для подачи на вход II трубки знакопеременного сигнала и выделения НИП. С нагрузки синхронного детектора видеосигналы подаются на ВУС.

Видеоусилитель. Выполнен на левой половине лампы Л18 по схеме каскада с анодно-катодной нагрузкой.

С анодной нагрузки левой половины лампы Л18 снимаются видеосигналы на вход схемы выделения НИП, а с катодной – на второй канал компенсации.

II предварительный усилитель. На вход II предварительного ВУС сигналы поступают через контакты реле Р3 6–4 в режиме работы «СПЦ» после первого канала подавления и через контакты 5–4 в режиме работы «СПЦ + ПНП» непосредственно с ФД.

II предварительный ВУС собран на лампах Л22 и Л23 по схеме, аналогичной схеме I предварительного ВУС.

Выходные сигналы ВУС поступают на вход II потенциалоскопа.

II усилитель модулирующей частоты. Состоит из входного каскада (лампа Л12 в блоке 75) и из четырех каскадов резонансного усиления (лампы Л24, Л25, Л26, Л27), собранных по схеме, аналогичной схеме УМЧ-1.

С выхода четвертого каскада УМЧ-II сигналы поступают на амплитудный детектор, собранный на диоде Д17. С нагрузки детектора сигналы поступают на вход ВУС, собранного на левой половине лампы Л19, с анодной нагрузки которого сигналы через контакты реле Р3 9–7 поступают на контакт 9 выходного коммутатора (У2). Одновременно сигналы с выходного каскада УМЧ-II подаются на схему ШАРУ.

Регулировка коэффициента усиления в положении РРУ производится изменением напряжения на управляющих сетках трех последних каскадов с помощью потенциометра ВЫХОД. КОГЕР.

В положении ШАРУ с помощью схемы ШАРУ коэффициент усиления когерентного канала поддерживается постоянным, величина которого устанавливается потенциометром УРОВ. ШАРУ.

Схемы выделения и подавления НИП. На схему выделения НИП с анодной нагрузки ВУС (левая половина лампы Л18) поступают двухполярные сигналы. Отрицательные импульсы ограничиваются, а положительные поступают на сетку усилителя-ограничителя, работающего в режиме ограничения по минимуму.

Усиленная и ограниченная снизу НИП поступает на каскад выделения НИП. До прихода импульсов НИП схема подавления открыта с помощью отрицательного напряжения, поступающего со схемы выделения НИП, и сигналы амплитудного канала через линию задержки Лз5, схему подавления НИП (УЗ) и линию задержки Лз4 поступают на контакт 12 выходного коммутатора (У2).

С помощью линий задержки Лз4 и Лз5 совмещаются во времени сигналы НИП амплитудного канала и бланкирующие импульсы. С приходом на контакт 8 схемы подавления НИП импульсов выделенной НИП схема подавления (амплитудный канал) закрывается и сигналы НИП на выход не проходят.

В режиме «СПЦ + ПНП» сигналы когерентного канала, пройдя через однократное ЧПК, через линию задержки Лз3 поступают на контакт 9 схемы подавления НИП.

Выходной коммутатор. Выполнен аналогично входному коммутатору в виде отдельных узлов.

На контакт 9 выходного коммутатора поступают сигналы когерентного канала, на контакт 12 – сигналы амплитудного канала.

Сигналы с выходного коммутатора поступают на общую нагрузку, с которой поступают на вход выходного ВУС. С него видеосигналы отрицательной полярности поступают на ИКО, а видеосигналы положительной полярности подаются на ИК.

Таким образом, система СДЦ РЛС П-18Р обеспечивает выделение полезного сигнала от движущихся ВО на фоне отражений от местных предметов и ДО. Применение одно- и двухкратной ЧПК, а также различных режимов работы системы СДЦ в дальней зоне – «Амплитудный», «Дипольные» и «Автостроб» – существенно увеличивают помехоустойчивость и позволяют максимально реализовать возможности РЛС по обнаружению ВО в различных условиях помеховой обстановки.

3.3. Система перестройки частоты радиолокационной станции П-18Р

3.3.1. Общие сведения о системах перестройки частоты

Для снижения эффективности прицельных по частоте помех необходимо обеспечивать рациональное распределение энергии по спектру частот. Это достигается использованием в РЛС многочастотных зондирующих сигналов, комплексированием РЛС различного диапазона при решении задачи обнаружения целей, перестройкой рабочей частоты РЛС в процессе боевой работы.

Несущая частота может меняться по детерминированному, случайному или квазислучайному законам либо через период повторения (от импульса к импульсу), либо через большой интервал времени. Для обеспечения возможности изменения рабочей частоты в процессе боевой работы в состав РЛС входит СПЧ.

В общем случае при смене рабочей частоты в РЛС перестраиваются:

- генератор СВЧ (колебательная система и связь с нагрузкой);
- местный гетеродин;
- входные устройства приёмника.

Перечисленные элементы в РЛС, как правило, пространственно разнесены, и перестройка их производится дистанционно с помощью СПЧ.

К основным параметрам СПЧ относятся диапазон, скорость и точность перестройки.

Диапазон перестройки. Эффект воздействия преднамеренных помех существенно снижается, если при перестройке РЛС ее рабочая частота выходит за пределы ширины спектра помех. Поэтому желательно, чтобы диапазон перестройки частоты $\Delta f_{\text{СПЧ}}$ обеспечивал выполнение условия

$$\Delta f_{\text{СПЧ}} > \Delta f_{\text{заг}},$$

где $\Delta f_{\text{заг}}$ – ширина спектра заградительной АШП.

Поэтому в тех случаях, когда приведенное условие выполнить не удастся, ограничиваются выполнением условия

$$\Delta f_{\text{СПЧ}} > \Delta f_{\text{пр}},$$

где $\Delta f_{\text{пр}}$ – ширина спектра прицельной помехи.

Возможности по диапазону перестройки практически ограничиваются не СПЧ непосредственно, а элементами тракта генерирования и излучения (генератор СВЧ, волноводный тракт, антенна и пр.).

Скорость перестройки. Несущую частоту РЛС необходимо изменять настолько быстро, чтобы свести к минимуму эффект воздействия передатчиков прицельных помех и заставить противника перейти на менее эффективную заградительную помеху.

Изменение несущей частоты РЛС от импульса к импульсу снижает эффект воздействия преднамеренных помех. Применение узкополосной помехи со временем перестройки 1...2 с при этом не даст почти никакого эффекта независимо от уровня мощности передатчика помех. Естественно, что сигналы, попавшие в полосу помехи, подавляются, однако вероятность такого совпадения невелика и ухудшения характеристик РЛС практически не наблюдается.

Если скорость перестройки $v_{СПЧ}$ такова, что $v_{СПЧ} T_{П} > \Delta f_{пр}$, то РЛС будет работать без помех на дальностях

$$r \leq r_{ПАП} + c \frac{t_p + t_n}{2},$$

где t_p – время разведки частоты РЛС противником; t_n – время настройки передатчика АПП на разведанную частоту.

При условии $t_p + t_n \geq T_{П}$ противник не в состоянии подавить прицельной помехой РЛС с перестройкой частоты от импульса к импульсу. Однако следует иметь в виду, что при этом невозможно обеспечить защиту РЛС от ПП методом скоростной селекции.

Точность перестройки. Наиболее жесткие требования по точности предъявляются к каналам перестройки местного гетеродина и РПУ. При перестройке этих элементов нужно обеспечить условие

$$f_{РПУ} - f_{гет} = f_{пр} \pm \Delta f_{доп},$$

где $\Delta f_{доп}$ – допустимое отклонение разностной частоты РПУ и местного гетеродина от промежуточной.

Числовое значение $\Delta f_{доп}$ определяется допустимыми потерями, возникающими при рассогласовании по частоте спектра отраженного сигнала с АЧХ линейной части приемника.

Если в РПУ используется генератор с самовозбуждением, то столь высокую точность перестройки обеспечить невозможно. В этом случае требуется, чтобы ошибка перестройки $\delta f_{СПЧ}$ не превышала значения полосы схватывания системы АПЧ $\Pi_{АПЧ}$.

Если это условие выполняется, то система АПЧ после перестройки станции на новую частоту обеспечит подстройку частот РПУ и местного гетеродина с требуемой точностью.

Поскольку перестройке подвергается ряд элементов РЛС, то СПЧ включает несколько следящих систем, работающих от задающего устрой-

ства. СПЧ различаются лишь типом задающего устройства и в зависимости от этого могут быть:

- релейно-контактными (сигнал рассогласования определяется положением контактов реле и кулачков задающего и исполнительного устройств);
 - сельсинными (сигнал рассогласования задается с помощью сельсинной пары);
 - потенциометрическими (напряжение, снимаемое с потенциометра задающего устройства, сравнивается с напряжением с потенциометра датчика положения органа перестройки);
 - автоматическими (частота перестраивается под действием помехи).
- Самыми простыми являются СПЧ релейно-контактного типа, однако они обладают низкими скоростями перестройки и точностными характеристиками.

3.3.2. Назначение, состав и технические характеристики системы перестройки частоты радиолокационной станции П-18Р

СПЧ предназначена для выноса частотного спектра полезного сигнала РЛС за пределы частотного спектра помехи или в область минимальной спектральной плотности мощности помехи.

Автоматические устройства системы обеспечивают установку любой из заранее выбранных частот в диапазоне РЛС и переход с одной частоты на другую.

СПЧ включает:

- кнопочные устройства и элементы коммутации, расположенные в АПУ и ВПУ;
- автомат АП-1, расположенный на блоке 50, исполнительным органом которого является плунжер анодно-сеточного контура;
- автомат АП-2, расположенный на блоке 50, исполнительным органом которого является фишка связи с нагрузкой РПУ;
- автомат перестройки приемника, расположенный в блоке 5, исполнительными органами которого являются переменные конденсаторы высокочастотных контуров входных цепей и гетеродина приемника.

Автоматическое устройство СПЧ (АП-1, АП-2 и автомат блока 5) позволяет предварительно выбрать и установить вручную четыре любые частоты в диапазоне РЛС (четыре канала СПЧ), а по команде с АПУ или ВПУ перестроить РПУ и приемник на частоту любого из четырех заранее настроенных каналов.

Перестройка приемного устройства и РПУ производится одновременно без излучения электромагнитной энергии в пространство. По окончании перестройки на АПУ и ВПУ загораются сигнальные лампочки, соответствующие номеру включенного канала.

Технические характеристики СПЧ:

- диапазон перестройки – 150–180 МГц;
- скорость перестройки – не более 8 с;
- точность установки автоматов перестройки – не более 2 делений шкалы.

3.3.3. Работа системы перестройки частоты по структурной схеме

СПЧ РЛС П-18Р построена по релейно-контактному типу.

На приведенной в [1, рис. 3.27] упрощенной функциональной схеме СПЧ показан только автомат перестройки АП-2. Автомат перестройки АП-1 построен аналогично, за исключением того, что автомат АП-1, кроме СПЧ, используется также и в системе АПЧ.

Включение любого канала (1К, 2К, 3К, 4К) производится нажатием соответствующей кнопки переключателя на блоке 12М. При этом одно из реле Р2, Р3, Р4, Р5 блока срабатывает.

Работа автомата перестройки приемника. Нормально разомкнутыми контактами реле Р2, Р3, Р4, Р5 блока 12М обеспечивают включение реле Р1 автомата перестройки приемника через контактные группы кулачкового механизма.

Электродвигатель автомата поворачивает валик кулачкового механизма через редуктор. Четыре кулачка, установленные на валике со смещением друг от друга на 90°, поочередно продвигают рычаги рычажного механизма и размыкают контактные группы. Точная остановка автомата производится в момент размыкания контактной группы КПЗ, связанной с кулачковым механизмом.

Когда все контактные группы будут разомкнуты, разорвется цепь питания реле Р1 и электродвигателя М1. Электродвигатель, вращаясь по инерции, перейдет в генераторный режим и вырабатываемая им энергия рассеется на резисторе, подключенном нормально замкнутыми контактами реле Р1.

При ручной перестройке специальным выступом на оси ручки переключения каналов размыкаются контакты КП2, обеспечивая отключение питающего напряжения на электродвигателе.

Работа автомата перестройки РПУ АП-2. При срабатывании реле Р2, Р3, Р4, Р5 блока 12М происходит срабатывание реле Р1 или Р2 автомата АП-2 от источника +26 В с блока 34 через специальные контактные группы КП1, КП2, КП3, КП4 автоматов, через соответствующие развязывающие диоды Д9–Д12 шкафа 5 и контакты реле Р2, Р3, Р4, Р5 блока 12М.

При срабатывании реле Р1 автомата АП-2 напряжение +26 В через контакты реле Р1 подается и на обмотку реле Р3. Реле Р3 автомата АП-2 срабатывает и через свои контакты подает напряжение +26 В на обмотку возбуждения электродвигателя. Одновременно подается питание на обмотку сигнального реле Р12 блока 12М. Реле Р12 блока 12М, срабатывая, формирует команду «Выкл. ПДУ» (+26 В) на блок 16М, по которой на время перестройки отключается запуск с РПУ. Команда «Выкл. ПДУ» может быть сформирована также замыканием нормально разомкнутых контактов реле Р9, которое срабатывает при замыкании контактной группы КП3 блока 50, когда расстояние между плунжером анодно-сеточного контура и фишкой связи с нагрузкой будет менее допустимой величины (70–80 мм).

Электродвигатель перемещает исполнительный орган в положение, соответствующие номеру включенного канала и установленное предварительно с помощью специального задающего устройства автомата.

При достижении следящими щетками изоляционного промежутка снимается питание с пускового реле, щетки обесточиваются и размыкают свои контакты, что, в свою очередь, приводит к снятию напряжения с электродвигателя, обмотки реле Р3 автомата АП-2 и сигнального реле Р12 блока 12М.

Обмотка якоря электродвигателя автомата АП-2 замыканием контактов реле Р1 и Р2 подключается к корпусу. Выходной вал автомата, связанный с нагрузкой, под действием инерции продолжает вращаться и вращать якорь электродвигателя привода, который перейдет в генераторный режим. Вырабатываемая электроэнергия расходуется при этом на резисторе и таким образом обеспечивается режим динамического торможения электропривода автомата, что увеличивает точность и устраняет механические колебания (рыскания) исполнительного органа, возникающие при перестройке.

Работа автомата АП-1 происходит аналогично, за тем исключением, что в автомате АП-1 точность перестройки и устранение колебаний обеспечиваются за счет использования второй замедленной скорости.

Ручная подстройка генератора СВЧ с помощью автоматов при работе РЛС может производиться штурвалами ручной настройки.

В РЛС предусмотрена возможность разведки свободного от активных помех канала. В этом режиме («Настройка») РПУ работает на одной частоте, соответствующей частоте определенного канала, а приемное устройство с помощью СПЧ перестраивается на частоту другого канала. Если помехи отсутствуют, то и РПУ переводится для работы на частоте свободного от помех канала.

Особенность работы СПЧ в этом режиме заключается в том, что с помощью нормально замкнутых контактов реле Р11 блока 12М разрывает цепь (корпус) питания пусковых реле автоматов АП-1 и АП-2.

Контрольные вопросы

1. Назначение приёмного тракта РЛС, его состав.
2. Чем обусловлено построение приёмного устройства РЛС по супергетеродинной схеме?
3. Из чего состоит приёмное устройство РЛС, каково назначение каждого элемента?
4. Каким образом технические параметры приёмного устройства влияют на боевые возможности РЛС?
5. Для чего в приёмном устройстве РЛС предназначена схема ШАРУ?
6. Как работает приёмное устройство РЛС по структурной схеме?
7. Каков принцип построения ШУВЧ?
8. Чем обусловлен малый коэффициент шума приёмного устройства РЛС?
9. Почему ШУВЧ должен быть широкополосным, каким образом реализовать его широкополосность?
10. Как реализована защита ШУВЧ и каковы её функции?
11. Из каких элементов состоит высокочастотная часть канала сигнала блока 5, принцип её работы?
12. Как реализован УПЧ канала сигнала блока 5, принцип его работы?
13. Каково назначение детектора и ВУС канала сигнала блока 5, принцип его работы?
14. Каким образом канал ШАРУ производит стабилизацию уровня шумов приемного устройства?
15. Каково назначение канала АПЧ, принцип его работы?
16. Что такое ПП, как она классифицируется, основные отличительные особенности?
17. Каким образом воздействует ПП на РЛС?
18. Какими качественными характеристиками оценивается помехозащищённость РЛС от ПП?
19. На основе каких различий разработаны способы селекции сигналов на фоне ПП в РЛС?

20. Что из себя представляет частотная (скоростная) селекция, способы её реализации?
21. Какие типы систем СДЦ применяются в РЛС на практике?
22. Как работает обобщенная структурная схема системы СДЦ?
23. Что такое «слепая» скорость, причины её возникновения?
24. Как в РЛС реализуется эквивалентная внутренняя когерентность, её достоинства и недостатки?
25. Что из себя представляет потенциалоскоп, его принцип работы?
26. Какими основными показателями характеризуется потенциалоскоп, сущность этих показателей?
27. На чём основана защита РЛС от несинхронных импульсных помех, её принцип работы?
28. Назначение и состав системы СДЦ РЛС П-18Р.
29. Технические характеристики и режимы работы системы СДЦ РЛС П-18Р.
30. Каково назначение и состав когерентно-импульсной аппаратуры РЛС П-18Р?
31. Для чего предназначен блок когерентного гетеродина (блок 76), его состав и принцип работы?
32. Зачем необходима схема компенсации действия ветра и как она работает?
33. Чем обеспечивается двойное преобразование частоты?
34. Зачем производится ограничение сигналов перед подачей их на фазовый детектор?
35. Каково назначение фазового детектора, свойства балансного ФД?
36. Как в РЛС реализовано синусно-косинусное устройство, его назначение?
37. Каково назначение и состав компенсационной аппаратуры РЛС?
38. Как работает компенсационная аппаратура в режиме работы «СПЦ»?
39. Как работает компенсационная аппаратура в режиме работы «СПЦ + ПНП»?
40. Из чего состоит блок потенциалоскопов (блок 75), его назначение?
41. Зачем нужен в блоке 75 канал спиральной развертки, каков принцип его работы?
42. Каким образом модулирующий гетеродин обеспечивает работу потенциалоскопов?
43. Каково назначение блока усилителей ЧПК (блок 27), его состав?
44. Как работают входной и выходной коммутаторы блока 27, их состав?

45. Какие схемы в блоке 27 обеспечивают работу потенциалоскопов? Каково назначение и принцип работы этих схем?
46. Каково назначение системы перестройки частоты?
47. Какие элементы перестраиваются при смене рабочей частоты в РЛС?
48. Какими техническими параметрами характеризуется система перестройки частоты?
49. Каким образом осуществляется перестройка приемного устройства?
50. Каким образом работают автоматы перестройки РПУ АП-1, АП-2?

Глава 4

СИСТЕМА ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СТАНЦИИ П-18Р

Информация о целях, обнаруживаемых РЛС, содержится в радиолокационных сигналах. Обнаружение цели фиксируется по наличию сигнала в принятой смеси сигнала и шума. Информация о дальности определяется временным интервалом запаздывания отраженных сигналов относительно зондирующих сигналов РЛС. Информация об угловых координатах цели заключена в форме огибающей пакета импульсов, образующегося при сканировании ДНА. Однако это только часть информации, которую содержит радиолокационный сигнал и которая может быть извлечена при обработке в обзорных РЛС. Отраженные сигналы содержат более обширную информацию. Так, в РЛС изменение фазовых соотношений принятых сигналов позволяет выделить движущуюся цель. Кроме того, по величине длительности, угловых размеров отраженного сигнала, интенсивности его флюктуаций можно судить о размерах и характере (конфигурации) отражающей цели. Представление информации, содержащейся в радиолокационных сигналах, в форме, удобной для восприятия оператором, является очень важной технической задачей и возлагается на индикаторные устройства РЛС.

4.1. Общие сведения об индикаторных устройствах радиолокационных станций

Индикаторные устройства (индикаторы) РЛС предназначены для формирования и отображения РЛИ, получаемой в результате приема и обработки РЛС радиолокационных сигналов, а также отображения дополнительной информации. Информация поступает на вход этих устройств в виде выходного сигнала системы обработки радиолокационного сигнала, опорного сигнала для измерения дальности, сигналов опознавания, сигналов датчиков углового положения луча антенны, а также для отображения дополнительной информации по ряду других каналов.

Получателем информации, отображаемой индикаторным устройством, является оператор РЛС, поэтому отображение должно производиться в форме, удобной для его восприятия.

4.1.1. Классификация индикаторных устройств

В основу классификации индикаторных устройств положены следующие признаки: назначение индикаторов; время послесвечения экранов ЭЛТ; характер поля, вызывающего фокусировку и отклонение луча; вид отметок на экране ЭЛТ; число измеряемых координат; вид развертки. Рассмотрим их подробнее.

Назначение индикаторов. По этому признаку различают индикаторы обнаружения и измерительные. Первые извещают об обнаружении цели световым или звуковым сигналом, а вторые, кроме того, измеряют координаты и скорости целей.

К классу измерительных относят индикаторы на ЭЛТ, которые нашли в обзорных РЛС наиболее широкое применение по следующим причинам:

- позволяют получить информацию о нескольких координатах нескольких целей одновременно;
- практически безынерционны;
- производят отображение информации даже при малой мощности входных сигналов приемника;
- по изображению на экране ЭЛТ можно получить дополнительную информацию о количестве целей, их классе, взаимному расположению и т. д.;
- экран ЭЛТ может производить последетекторное интегрирование (суммирование, накопление) сигналов: благодаря так называемому «послесвечению» люминофора тормозится гашение светового пятна и с каждым новым импульсом пачки эхо-сигналов яркость отметки возрастает, при этом роль порогового устройства выполняют зрение и мозг оператора.

Хотя ЭЛТ обладает большими возможностями с точки зрения отображения информации, решить все задачи одинаково успешно на индикаторе с одной ЭЛТ нельзя. Часто необходимо применять индикаторные устройства из нескольких индикаторов, каждый из которых выполняет свои специальные задачи.

Время послесвечения экранов ЭЛТ. В индикаторах РЛС используются экраны с тремя различными значениями времени послесвечения:

- экраны с малым послесвечением, измеряемые сотыми долями секунды. Применяются в индикаторах с амплитудной отметкой и осциллографах;

- экраны со средним послесвечением, измеряемым от 10^{-2} до 0,1 с. Такие экраны используются в обзорных РЛС наиболее часто и позволяют производить интегрирование отметки в пределах азимутальной пачки;

- экраны с большим послесвечением – от десятых долей секунды до десятков секунд. Применяются в индикаторах, предназначенных для сохранения радиолокационного изображения на время всего цикла обзора.

Характер поля, вызывающего фокусировку и отклонение луча.

По этому признаку различают:

- индикаторы с электростатическими ЭЛТ, в которых эти задачи решаются с помощью электрического поля;

- индикаторы с электромагнитными ЭЛТ, использующие магнитное поле;

- индикаторы с ЭЛТ с комбинированным управлением, т. е. управление фокусировкой осуществляется с помощью электрического поля, а отклонение луча – магнитного.

Вид отметки на экране ЭЛТ. Используют амплитудную и яркостную отметки. При амплитудной отметке видеосигналы вызывают всплеск светового пятна на линии развертки, а при яркостной – видеосигналы увеличивают или уменьшают яркость пятна, не изменяя его положения на экране.

Для ЭЛТ с амплитудной отметкой не требуется значительного времени послесвечения; при яркостной отметке послесвечение экрана влияет на эффективность интегрирования и поэтому оно должно быть длительным. Яркостная отметка дает больше информации, так как по форме отметки легче отличить сигнал цели от шумовых выбросов. Для получения амплитудной отметки требуются ЭЛТ с электростатическим управлением, которые более легки, экономичны и в меньшей степени искажают сигнал. Для яркостной модуляции светового пятна более пригодны ЭЛТ с электромагнитным управлением лучом.

Число измеряемых координат. По этому признаку индикаторы делят на одномерные, двумерные и трехмерные. Примером одномерных является индикатор дальности с амплитудной отметкой, двумерных – индикаторы с яркостной отметкой: дальность – азимут, дальность – угол места или высота, трехмерных – индикаторы дальность – азимут – амплитуда.

Вид развертки. Измерение координат в ЭЛТ осуществляют с помощью линий развертки, которые различаются по форме:

- прямолинейная (линейная);
- кольцевая;
- радиально-круговая;
- спиральная;
- растровая.

4.1.2. Индикаторы кругового обзора с радиально-круговой разверткой

Наибольшее распространение в РЛС с круговым обзором получили ИКО. Для построения ИКО необходимо:

- создать линейно-равномерную развертку дальности вдоль радиуса экрана ЭЛТ, начинающуюся в центре экрана в момент посылки зондирующих импульсов;
- обеспечить яркостную отметку видеосигналов целей путем подсветки временной развертки дальности на участке, соответствующем дальности цели;
- реализовать вращение линии развертки дальности относительно центра экрана трубки синхронно с вращением антенны, ведущей обзор по азимуту;
- обеспечить фазирование линии развертки на экране с положением антенны;
- предусмотреть возможность быстрого и точного визирования для отсчета дальности и азимута целей.

Получаемый на ИКО полярный растр получил название РКР [1, рис. 1.2]. Для определения координат целей и их съема ручным способом создаются опорные неподвижные визиры (метки) дальности и азимута, наносимые на экран электрическим способом. Создание визиров дальности обеспечивается подачей на модулятор ЭЛТ калибрационных импульсов, создающих яркие отметки при развертке. При вращении развертки образуются кольца на экране ЭЛТ, т. е. метки дальности.

Создание меток азимута обеспечивается подачей на модулятор калибрационных импульсов, сфазированных с положением антенны, подсвечивающих развертку на всей длительности прямого хода. Визиры азимута имеют форму линий. Вследствие явления послесвечения на экране образуется масштабная сетка, позволяющая оператору производить отсчет координат многих целей.

В целях повышения точности могут использоваться подвижные визиры (маркеры), совмещаемые с воспроизводимым на экране отраженным сигналом и связанным с устройством точного определения координат, которое обеспечивает автоматический отсчет координат целей.

Обычно длину развертки ИКО по дальности выбирают из выражения

$$L_{рД} = (0,9...0,95) R_{экр},$$

где $R_{экр}$ – радиус экрана.

Если на всей длине развертки $L_{рД}$ просматривается участок дальности $D_{шк}$, то масштаб изображения по дальности

$$m_{Д} = L_{рД}/D_{шк},$$

где величина m_d измеряется в мм/км.

Аналогично при длине развертки азимута $L_{p\beta}$ масштаб по азимуту

$$m_\beta = L_{p\beta}/\beta_{\text{шк}},$$

где $\beta_{\text{шк}}$ – сектор, просматриваемый на индикаторе (для ИКО $L_{p\beta} = 2\pi R_{\text{экр}}$, $\beta_{\text{шк}} = 360^\circ$), т. е. $m_\beta = 2\pi R_{\text{экр}}/360 = \pi R_{\text{экр}}/180$.

При использовании ЭЛТ с магнитным управлением для формирования РКР необходимо создавать однородное отклоняющее магнитное поле, напряженность которого должна изменяться по закону, обеспечивающему необходимую радиальную развертку по дальности. При этом одновременно должен происходить относительно медленный поворот магнитного поля в плоскости, перпендикулярной оси трубки с угловой скоростью, равной угловой скорости вращения антенны по азимуту.

Для поворота и изменения напряженности магнитного поля на практике применяются следующие способы:

1. Способ вращающихся отклоняющих катушек, питаемых током неизменной амплитуды.

2. Способ неподвижных отклоняющих катушек (двух пар и более), питаемых током изменяющейся амплитуды.

При создании РКР с помощью неподвижных отклоняющих катушек необходимое изменение напряженности магнитного поля может быть получено применением двух и более пар неподвижных отклоняющих катушек. Обычно используют две пары взаимно перпендикулярных неподвижных катушек, расположенных в плоскости, перпендикулярной оси ЭЛТ.

Отклонение электронного пучка осуществляется магнитным полем, которое создается изменяющимся током, протекающим в отклоняющих катушках. Начало формирования развертки дальности фиксируется импульсом запуска. В магнитных трубках, используемых в ИКО, отклонение электронного пучка прямо пропорционально току I_K отклоняющих катушек, а не напряжению U_K , как в электростатических трубках, т. е. именно ток I_K должен меняться по линейному закону.

Такой ток генерировать труднее, чем линейно-изменяющееся напряжение, так как полное сопротивление отклоняющей катушки имеет малую величину и комплексный характер. Оно образуется индуктивностью L_K , паразитной емкостью C_K , сопротивлением потерь r_K катушки и сопротивлением шунта $R_{\text{ш}}$ [1, рис. 4.1, а],

где

$$\begin{aligned} U_r &= I_K r_K; \\ U_L &= L_K \frac{dI_K}{dt}; \\ U_K &= U_L + U_r. \end{aligned}$$

Эпюры напряжений, поясняющие работу схемы, показаны в [1, рис. 4.1, б].

Поскольку ток должен изменяться по линейному закону, что сложно технически, то предпочтение отдают созданию линейно изменяющегося напряжения. В этом случае напряжение на отклоняющие катушки (эквивалентная схема отклоняющей катушки содержит параллельное соединение активного сопротивления шунта $R_{ш}$, реактивных сопротивлений индуктивности и емкости катушки) равно сумме напряжений на активном сопротивлении катушки и индуктивности. Это приводит к тому, что напряжение на отклоняющей катушке будет трапецеидальным по форме, следовательно, здесь корректнее использовать название генератор импульсов трапецеидальной формы.

Для создания РКР отклоняющие катушки должны питаться синхронными импульсами тока одинаковой формы и длительности, обеспечивающими требуемый закон радиальной развертки дальности. Для поворота линии развертки на экране трубки импульсы тока в катушках модулируются по амплитуде соответственно по синусоидальному и косинусоидальному законам. Процесс формирования РКР пояснен в [1, рис. 4.2], из которого следует, что для получения линейной радиальной развертки должно быть выполнено условие

$$y(t) = x(t) \cdot \operatorname{ctg} \beta,$$

где $\operatorname{ctg} \beta$ – постоянный коэффициент, характеризующий направление линии развертки на экране трубки. Необходимость вращения линии развертки вокруг точки O приводит к необходимости изменения этого коэффициента.

Условие неизменной длины $AO = R$ линии развертки можно записать в виде

$$X_m^2 + Y_m^2 = R^2.$$

С учетом двух предыдущих выражений можно получить

$$X_m = R \sin \beta; \quad Y_m = R \cos \beta.$$

Если обозначить w – число витков каждой пары катушек, а k – чувствительность трубки, то получим

$$X_m = k I_{mx} w = R \sin \beta; \quad Y_m = k I_{my} w = R \cos \beta.$$

Тогда

$$I_{mx} = R \sin \beta / (k w); \quad I_{my} = R \cos \beta / (k w).$$

Формирование модулированных по амплитуде импульсов тока может быть получено различными способами. Практически находят применение схемы, в которых предварительно создаются импульсы развертки нужной частоты и длительности с последующей их модуляцией по закону $\sin \beta$ и $\cos \beta$.

В качестве модулирующего устройства широко применяются синусно-косинусные вращающиеся трансформаторы (ВТ). Они служат для получения переменного напряжения, представляющего собой определенную функцию угла поворота ротора α . Обычно требуется, чтобы это напряжение было пропорционально $\sin \alpha$, $\cos \alpha$ или самому углу поворота α . В соответствии с этим различают синусные, косинусные, синусно-косинусные и линейные ВТ.

Конструктивно ВТ подобны асинхронным машинам с фазным ротором. У них как на статоре, так и на роторе имеется по две симметричные обмотки, оси которых сдвинуты между собой в пространстве на электрический угол, равный 90° . Чтобы распределение магнитной индукции в воздушном зазоре было по возможности близким к синусоидальному, в ВТ принимают соответствующие меры. Например, используют специально выполненные обмотки, выбирают соответствующее число пазов статора и ротора, применяют скос зубцов и специальное изготовление магнитопровода.

Принципиальная схема синусно-косинусного ВТ представлена в [1, рис. 4.3]. Обмотка S статора включается в сеть переменного тока со стабилизированным напряжением U_1 . Эта обмотка является обмоткой возбуждения. Пульсирующий магнитный поток, обусловленный током этой обмотки, индуцирует в обмотках ротора ЭДС, значения которых зависят от угла поворота ротора α . Угол α отсчитывается от положения ротора, когда ось его обмотки $1P$ перпендикулярна оси обмотки S статора. В этом случае в обмотке $1P$ индуцируется ЭДС, пропорциональная $\sin \alpha$, а в обмотке $2P$ – пропорциональная $\cos \alpha$. В зависимости от того, какая из обмоток используется, получают синусный или косинусный, а при использовании обеих обмоток ротора – *синусно-косинусный ВТ*.

При нагрузке по обмоткам ротора потечет ток, который создает магнитные потоки, направленные вдоль осей этих обмоток. Потоки каждой обмотки можно разложить на две составляющие – продольную, совпадающую с осью обмотки возбуждения, и поперечную, направленную перпендикулярно этой оси. Продольная составляющая потока обмотки ротора вместе с потоком обмотки возбуждения создают основной рабочий поток вращающегося трансформатора, который, как и в трансформаторе, зависит от подведенного напряжения и при $U_1 = \text{const}$ постоянен.

Поперечная же составляющая потока $\Phi_q = \Phi \cos \alpha$ индуцирует в обмотках ротора ЭДС, искажающую синусную или косинусную зависимость напряжения от угла поворота. По отношению к поперечному потоку Φ_q обмотка $1P$ является косинусной обмоткой и поэтому ЭДС, индуцированная в ней этим потоком, пропорциональна $\Phi \sin 2\alpha$.

Для того чтобы избежать погрешностей от поперечных потоков, применяется симметрирование. Симметрирование может быть проведено

как на вторичной, так и на первичной стороне. При симметрировании на вторичной стороне обе обмотки ротора замыкаются на одинаковую нагрузку $Z_{нг1} = Z_{нг2}$. В этом случае поперечные потоки обмоток будут численно равны, но так как они направлены встречно, то произойдет их взаимная компенсация.

При симметрировании на первичной стороне обмотку статора K замыкают на элемент, комплексное сопротивление которого $Z_{к,с}$ численно равно внутреннему комплексному сопротивлению источника питания обмотки S . В этом случае поперечный магнитный поток ротора будет ослабляться за счет размагничивающего действия потока обмотки K .

Практически симметрирование проводится одновременно как с вторичной, так и с первичной стороны.

Максимальная погрешность воспроизведения функций $\sin \alpha$ и $\cos \alpha$ в ВТ высокого класса точности не превышает 0,01–0,03 %.

4.2. Индикаторная система радиолокационной станции П-18Р

4.2.1. Назначение, состав и технические характеристики индикаторной системы

Назначение индикаторной системы

Индикаторная система РЛС П-18Р предназначена для отображения радиолокационной обстановки в ЗО РЛС или в зоне действия сопряженных с ней радиолокационных средств.

Индикаторная система позволяет определять наклонную дальность и азимут целей, а также их государственную принадлежность. На экранах блоков трубок ИКО и ВИКО электрическим способом создается масштабная сетка отметок дальности с градацией по яркости 10, 50, 100 км и азимута – с градацией по яркости 10° , 30° или 5° , 30° .

Определение координат и государственной принадлежности целей (наклонная дальность, азимут, опознавание) производится визуально по экранам ЭЛТ, находящихся в блоках трубок ИКО и ВИКО.

Индикаторная система с помощью визира и маркера дальности обеспечивает возможность полуавтоматической выдачи целеуказаний по азимуту и дальности. Кроме того, предусмотрена возможность визуального отображения ДНА РЛС в горизонтальной плоскости.

ИКО и ВИКО могут работать в следующих режимах:

- отображение информации РЛС П-18Р – режим «Л»;
- отображение информации высотомера ПРВ-13 или РЛС П-37 – режим «В»;
- отображение обобщенной информации станции и высотомера ПРВ-13 или станции и РЛС П-37 – режим «В + Л».

ИК (блок 56) позволяет обеспечить контроль работы отдельных блоков, каналов и цепей РЛС, а также может использоваться в качестве дополнительного индикатора дальности. Наклонная дальность может быть определена по экрану блока 56, представляющего собой индикатор дальности с линейной электрической шкалой и амплитудной индикацией целей.

Информация с ИКО на ВИКО передается по кабельной линии в виде комплексного сигнала, состоящего из сигналов запуска, эхо-сигналов, масштабных отметок дальности (ОД) и закодированных сигналов – отметок азимута (ОА) ОА30, ОА10, ОА5, конца дистанции и строга визира.

При работе с сопряженными изделиями с ВИКО на ИКО по кабельной линии передается сигнал внешней синхронизации РЛС по запуску.

Информация на ВИКО об угловом положении антенны осуществляется передачей с ИКО управляющих напряжений, пропорциональных синусу и косинусу угла поворота антенны.

Состав индикаторной системы

В состав индикаторной системы входят следующие элементы:

1. ИКО с блоками:

- горизонтальной развертки (блок 7);
- вертикальной развертки (блок 8);
- видеоусилитель (блок 9);
- блок трубки (блок 10);
- блок эхо-сигналов (блок 19);
- блок сигналов изображения (блок 25);
- калибратор (блок 18).

2. Выносной индикатор кругового обзора (ВИКО) с блоками:

- горизонтальной развертки (блок 7);
- вертикальной развертки (блок 8);
- видеоусилитель (блок 9);
- блок трубки (блок 10);
- блок сигналов изображения (блок 25).

3. Индикатор контроля (блок 56).

Технические характеристики индикаторной системы

ИКО и ВИКО имеют следующие технические характеристики:

- способ создания РКР – неподвижными отклоняющими катушками;
- тип применяемой ЭЛТ – ЭЛТ типа 31ЛМ32В;

- виды и градация масштабных отметок – определение координат производится по электрическим МОД с градацией 10, 50, 100 км и ОА – 10°, 30° или 5°, 30°;
 - масштабы отображения – три масштаба дальности: 1 – 0–90 км; 2 – 0–180 км; 3 – 0–360 км;
 - отношение сигнал/шум по напряжению, при котором обеспечивается обнаружение сигнала, не более 1,1.
- ИК характеризуется:
- типом применяемой ЭЛТ – ЭЛТ 13ЛО37И с электростатическим управлением луча;
 - типом развертки – прямоугольная;
 - типом индикации – амплитудная;
 - масштабом отображения – плавно изменяемый масштаб дальности 50–150 км, регулируемые масштабы 250 и 500 км.

4.2.2. Структурная схема индикаторной системы

Положение радиальной линии развертки на экране ЭЛТ в любой момент времени определяется величинами линейно-изменяющихся токов, протекающих в неподвижных катушках горизонтального и вертикального отклонения. Для обеспечения вращения линии развертки создается вращающийся магнитный поток путем модуляции токов, протекающих в катушках, синусоидальным и косинусоидальным напряжениями, пропорциональными углу поворота антенны соответственно в каналах горизонтальной (блок 7) и вертикальной (блок 8) составляющих разверток [1, рис. 4.4].

Горизонтальная и вертикальная составляющие разверток представляют собой импульсы пилообразного тока, длительность которых определяется выбранным масштабом, а амплитуды и полярность – управляющими напряжениями, пропорциональными соответственно синусу и косинусу угла поворота антенны.

В качестве датчиков горизонтальных и вертикальных составляющих разверток используются синусно-косинусные ВТ: ВТ-датчик блока 28, связанный с редуктором вращения антенны, и ВТ-приемник, расположенный в шкафу 1б. ВТ-датчик модулирует переменное напряжение в соответствии с углом поворота антенны и разделяет его на синусоидальную «Син. ВТМ» и косинусоидальную составляющую «Косин. ВТМ», которые передаются через ВТ-приемник на соответствующие ФД каналов блоков 7, 8. Для работы ВТ-датчиков и ФД используется низкочастотное напряжение 12 В ($2,8 \pm 0,6$) кГц, вырабатываемое в генераторе низкочастотном (ГНЧ) блока 25. ФД формируют сигналы «Син. ФДИ» и «Косин. ФДИ», посту-

пающие на генераторы пилообразного напряжения (ГПН) блоков 7, 8 ИКО и ВИКО.

Длительность импульсов пилообразного напряжения задается генератором прямоугольных импульсов (ГПИ) блока 7. ГПИ формирует прямоугольные импульсы «Управлен. ГПН», поступающие на ГПН каждого канала. Фронт импульса «Управлен. ГПН» определяется запускающим импульсом «–НД» (Начало дистанции), поступающим с блока 16М, а срез – компаратором, входящим в ГПИ.

Сформированные и усиленные в блоках 7, 8 импульсы пилообразного напряжения, амплитуда которых изменяется соответственно по закону синуса и косинуса угла поворота антенны (ПИЛА X, ПИЛА Y) поступают на горизонтально отклоняющие катушки (ГОК) и вертикально отклоняющие катушки (ВОК) блока 10, через которые протекают пилообразные токи.

Прямой ход луча ЭЛТ подсвечивается импульсами «Подсвет» поступающими с блока 7 через импульсный усилитель. С выхода усилителя импульсы подсвета отрицательной полярности подаются на катод ЭЛТ и отпирают ее на время прямого хода развертки.

Для фокусировки электронного луча в системе отклонения и фокусировки блока 10 имеются катушки статической и динамической фокусировки. Катушка статической фокусировки обеспечивает фокусировку электронного луча независимо от его положения на высвечиваемой линии развертки. Для обеспечения одинаковой толщины сфокусированной линии развертки как в центре, так и на краю экрана используется катушка динамической фокусировки, компенсирующая расфокусировку, возникающую вследствие несоответствия центра кривизны экрана трубки и центра отклонения луча.

Для работы ЭЛТ ИКО и ВИКО в состав блока 10 входит субблок 7,5 кВ, выпрямитель +700 В, система отклонения и фокусировки, а также цепи управления по яркости свечения линии развертки.

Комплексный сигнал ИКО имеет в своем составе эхо-сигналы станции (Э–Л), поступающие с блока 27, эхо-сигналы сопрягаемого изделия (Э–В), поступающие с системы сопряжения, сигналы опознавания НРЗ (ОП) с блока 30М1, сигналы ОД и ОА.

Усиление, коммутация, смешивание сигналов Э–Л, Э–В, а также обработка сигналов ОП производятся в блоке 19.

Сигнал опознавания ОП с НРЗ поступает через линии задержки. Задержка сигнала необходима для отделения отметки опознавания от отметки цели на экране индикатора.

Разрешение на прохождение сигнала ОП на ИКО обеспечивается сигналами включения запроса «Манипул. ИКО» с блока 11М, а на ВИКО – «Манипул. ВИКО» с блока 22М.

Объединение всех составляющих комплексного сигнала ИКО производится в смесителе блока 25 ИКО, на который, кроме сигналов Э–ИКО,

ОП, поступают ОД (10, 50, 100 км) с блока 18 и ОА (5°, 30° или 10°, 30°) с блока 17. Включение ОА и ОД производится тумблером ОТМЕТКИ блока 10. Комплексный сигнал через ВУС блока 9 поступает на модулятор ЭЛТ.

Формирование комплексного сигнала для ВИКО происходит в блоке 19, на который подаются те же сигналы, что и для ИКО. В блоке 19 эхо-сигналы, сигналы опознавания, «-НД», ОД 10, 50, 100 км и сформированные коды ОА (ОА-10 (5), ОА-30) или 0 (Север), импульсы конца дистанции КД-2 замешиваются в комплексный сигнал и передаются по одной кабельной линии в блок 25 ВИКО. Код передаваемых сигналов представляет собой импульсно-позиционный код (два или три импульса с различными временными расстановками). Данный код формируется в блоке 19 с поступлением на него импульсов ОА-10 (5), ОА-30 или 0, КД-2. Для исключения отображения кодов на экране ВИКО коды формируются во время обратного хода развертки. В блоке 25 ВИКО производится дешифрация кодов.

Индикатор контроля (блок 56) представляет собой индикатор дальности с линейной шкалой электрического масштаба развертки.

Блок предназначен для контроля работы отдельных блоков, каналов и цепей станции. Может использоваться в качестве вспомогательного индикатора дальности.

Для обеспечения работы ИК на него подаются следующие сигналы: Э-Л от блока 27, импульсы имитатора от блока 90, ОД, ОП и импульсы запуска.

4.2.3. Работа индикатора кругового обзора по функциональной схеме

4.2.3.1. Состав индикатора кругового обзора и назначение элементов

В состав ИКО входят следующие блоки:

- горизонтальной развертки (блок 7);
- вертикальной развертки (блок 8);
- видеоусилитель (блок 9);
- трубки (блок 10);
- эхо-сигналов (блок 19);
- сигналов изображения (блок 25);
- калибратор (блок 18).

Блок горизонтальной развертки (блок 7) в составе ИКО обеспечивает:

- формирование импульсов прямоугольной формы с длительностью, соответствующей включенному масштабу дальности индикатора;

- создание тока пилообразной формы в ГОК блока трубки с амплитудой, пропорциональной синусу угла поворота азимутального датчика антенны (блок 28);

- создание тока пилообразной формы в катушке динамической фокусировки луча блока трубки;

- формирование для передачи по кабельной линии на блок 8 ВИКО управляющего напряжения, пропорционального синусу угла поворота азимутального датчика антенны (блок 28).

В состав блока входят: ГПИ, канал развертки и канал динамической фокусировки луча ЭЛТ.

Блок вертикальной развертки (блок 8) обеспечивает:

- создание тока пилообразной формы в ВОК амплитудой, пропорциональной косинусу угла поворота азимутального датчика антенны (блок 28) или косинусу угла поворота датчика визирной развертки (блок 24);

- коммутацию управляющих напряжений радиально-круговой (основной) развертки, пропорциональных синусу и косинусу угла поворота азимутального датчика антенны (блока 28);

- создание тока в катушке статической фокусировки блока трубки;

- формирование для передачи по кабельной линии на блок 8 ВИКО управляющего напряжения, пропорционального косинусу угла поворота антенны.

Блок вертикальной развертки включает в себя канал развертки и канал фокусировки.

Видеоусилитель (блок 9) предназначен:

- для усиления комплексного сигнала и импульса подсвета до величины, необходимой для нормальной работы ЭЛТ;

- для ограничения (на всех масштабах) и коррекции яркости свечения линии развертки (на 2 и 3 масштабах) при переключении масштабов развертки;

- для защиты ЭЛТ от прожигания люминофора выключением напряжения 7,5 кВ при выходе из строя источника минус 150 В.

Блок трубки (блок 10) предназначен для визуального отображения радиолокационной обстановки в ЗО РЛС и определения координат целей.

В состав блока входят:

- ЭЛТ с отклоняющей системой;

- цепи управления режимом работы ЭЛТ;

- субблок 7,5 кВ;

- выпрямитель +700 В.

В блоке применена ЭЛТ типа 31ЛМ32В с яркостной индикацией, большим временем после свечения и магнитной системой фокусировки и отклонения электронного луча.

Режим ЭЛТ выбран следующий: напряжение анода плюс 7,5 кВ; напряжение ускоряющего электрода плюс 500 В.

Блок эхо-сигналов (блок 19) предназначен для следующих целей:

- коммутации и объединения эхо-сигналов станции и сопрягаемого изделия (Э–Л, Э–В, В+Л), отображаемых на экранах индикаторов ИКО и ВИКО;
- селекции из комплексного сигнала импульсов внешней синхронизации «Зап. вн.», подаваемых на хронизатор;
- задержки сигналов ОП, поступающих с НРЗ;
- коммутации отдельного отображения сигналов ОП на ИКО и ВИКО;
- кодирования сигналов «КД2», строба визира, ОА10 (ОА5, «Север»), ОА30;
- замешивания эхо-сигналов, сигналов ОП, ОД10-50-100, импульсов запуска «–НД» и сформированных кодов конца дистанции «КД2», строба визира и ОА10 (ОА5, ОА30, Север) в один комплексный сигнал, передаваемый на ВИКО.

В состав блока входят: канал коммутации эхо-сигналов, канал сигнала опознавания, канал обработки сигналов, шифратор и смеситель.

Блок сигналов изображения (блок 25) в составе ИКО предназначен для:

- замешивания эхо-сигнала, сигнала ОП, ОД и ОА в один комплексный сигнал, поступающий на блок трубки ИКО;
- формирования напряжения частоты 2 кГц, поступающего на ФД блоков 7 и 8 в качестве опорного напряжения и питания обмоток возбуждения ВТ датчиков разверток ИКО и ВИКО;
- формирования сигнала ориентирования, используемого для вычерчивания ДНА станции в горизонтальной плоскости, визуально наблюдаемой на экране ИКО.

В состав блока входят: смеситель, ГНЧ и схема переменной задержки.

Калибратор (блок 18) предназначен для формирования:

- масштабных ОД для индикаторов РЛС и строб для визирной развертки ВИКО.
- 10-километровых дистанционных отметок для работы в режиме внешней синхронизации сопрягаемого изделия.

4.2.3.2. Формирование радиально-круговой развертки

Для обеспечения вращения линии развертки создается вращающийся магнитный поток модулирующей токов, протекающих в катушках, синусоидальными и косинусоидальными напряжениями, пропорциональными углу поворота антенны соответственно в каналах горизонтальной (блок 7) и вертикальной (блок 8) составляющих разверток.

Горизонтальная и вертикальная составляющие разверток представляют собой импульсы пилообразного тока, длительность которых определяется выбранным масштабом, а амплитуды и полярность – управляющими напряжениями, пропорциональными соответственно синусу и косинусу угла поворота антенны.

В качестве датчиков горизонтальных и вертикальных составляющих разверток используются синусно-косинусные ВТ: ВТ-датчик блока 28, связанный с редуктором вращения антенны, и ВТ-приемник, расположенный в шкафу 1б. ВТ-датчик модулирует переменное напряжение в соответствии с углом поворота антенны и разделяет его на синусоидальную «Син. ВТМ» [1, рис. 4.6, а] и косинусоидальную составляющую «Косин. ВТМ», которые передаются через ВТ-приемник на соответствующие ФД каналов блоков 7, 8.

Для работы ВТ-датчика и ФД используется низкочастотное напряжение 12 В ($2,8 \pm 0,6$) кГц, вырабатываемое в ГНЧ блока 25. Постоянство амплитуды напряжения задающего ГНЧ обеспечивает отрицательная обратная связь с выхода на его вход.

ВТ-приемник позволяет при ориентировании РЛС установить азимутальное направление развертки на экране ЭЛТ, однозначное с направлением максимума ДНА, за счет поворота ротора на необходимый угол.

Каналы формирования горизонтальной и вертикальной составляющих развертки идентичны и собраны из функциональных узлов: ФД, буферный усилитель, ГПН, координатный усилитель с выходными транзисторами ПП1, ПП2.

Рассмотрим формирование РКР на примере формирования горизонтальной развертки в блоке 7.

На входы ФД поступают с блока 25 опорное напряжение 12 В, 2,4–3,5 кГц и сигнал «Син. ВТМ» [1, рис. 4.6, а]. Сигнал «Син. ВТМ» подается с блока 28 через дифференциальный ВТ, размещенный в шкафу 1б. С выходов детектора управляющее напряжение «Син. ФД» [1, рис. 4.6, б], величина которого изменяется пропорционально синусу угла поворота антенны, через потенциометр НОЛЬ ФД, предназначенный для симметрирования положительных и отрицательных полувольт управляющего напряжения, подается на вход буферного усилителя.

С выхода буферного усилителя управляющее напряжение поступает на ГПН блока 7 и ВИКО (сигнал «Син. ФДИ вых.») для формирования пилообразного напряжения основной развертки по горизонтали.

Длительность и скорость нарастания пилообразного импульса изменяются одновременно при переключении масштаба развертки. Длительность пилообразного импульса зависит от длительности прямоугольного импульса на входе биполярного ключа, поступающего с ГПИ, а скорость нарастания – от параметров зарядных цепей соответствующих масштабов.

ГПИ формирует прямоугольные импульсы «Управлен. ГПН», поступающие на ГПН каждого канала. Фронт импульса «Управлен. ГПН» определяется запускающим импульсом «–НД» («Начало дистанции»), поступающим с блока 16М, а срез – компаратором, входящим в ГПИ.

Уровень срабатывания компаратора в ГПИ определяется выбранным масштабом развертки в соответствии с положением переключателя МАСШТАБ блока 10.

В режиме несимметричного запуска во избежание перекрытия тактов развертки длинного и короткого периодов импульс «Управлен. ГПН» на масштабе 3 обрывается импульсом «КД», поступающим с блока 16М.

Кроме этого, с выхода ГПИ прямоугольные импульсы «Подсвет» подаются в блок 9 для подсвета прямого хода луча ЭЛТ.

При положении 2 переключателя масштабов в блоке 10 реле Р1, Р2, Р3, Р4 выключены. Управляющее напряжение с выхода буферного усилителя через делитель, образованный резисторами $R3$, $R6$, зарядный резистор $R4$, контакты реле Р2, контакты Р1 и переменный резистор $R5$, регулирующий скорость заряда только на масштабе 2, подводится к конденсатору $C4$ и замыкается на корпус.

При переключении масштабов происходит коммутация зарядных цепей: на масштабе 1 включаются реле Р1 и Р3, подключая цепь $R4$ и $C5$; на масштабе 3 – реле Р2 и Р4, подключая цепь $R6$ и $C3$.

Зарядные цепи подсоединяются к выходу биполярного ключа и входу усилителя.

В исходном состоянии биполярный ключ замкнут, т. е. его выход имеет по отношению к корпусу малое сопротивление и, следовательно, любой из подключенных зарядных конденсаторов разряжен. Исходное состояние биполярного ключа сохраняется до тех пор, пока положительный импульс «Упр. ГПН» не поступит на вход биполярного ключа [1, рис. 4.6, в] и переведет его в закрытое состояние, при котором отключается от корпуса его выход.

Во время действия импульса «Упр. ГПН» происходит заряд одного из конденсаторов $C3$, $C4$, $C5$ в зависимости от включенного масштаба. При заряде конденсатора на нем формируется пилообразное напряжение [1, рис. 4.6, г] положительной или отрицательной полярности. Полярность и амплитуда пилообразного напряжения зависят от полярности и амплитуды управляющего напряжения, подаваемого на резистор $R3$. Пилообразное напряжение поступает на вход усилителя. При снятии на входе биполярного ключа импульса «Упр. ГПН» ключ переходит в исходное состояние и подключенный к его выходу конденсатор разряжается. Для обеспечения линейности пилообразного напряжения постоянство зарядного тока зарядного конденсатора поддерживается за счет подачи напряжения положи-

тельной обратной связи с выхода усилителя в цепь зарядного конденсатора через делитель, образованный резисторами R_6 и R_3 .

Усиленные пилообразные импульсы с выхода усилителя поступают через переменный резистор R_5 на вход координатного усилителя. Переменные резисторы R_4 (масштаб 1), R_6 (масштаб 3) и R_5 (масштаб 2) предназначены для плавного изменения скорости развертки на масштабах соответственно 1, 3, 2. Переменный резистор R_5 позволяет менять скорость развертки на всех трех масштабах, поскольку им изменяется амплитуда на входе координатного усилителя.

С выхода координатного усилителя пилообразные импульсы положительной и отрицательной полярности подаются на базы выходных транзисторов ПП1 и ПП2. Коллекторы транзисторов ПП1 и ПП2 подключены к ГОК блока 10. Начало линий развертки в центр экрана трубки блока 10 по горизонтали устанавливается за счет изменения величин начальных токов транзисторов ПП1 и ПП2 при помощи переменного резистора ЦЕНТР. X.

Формирование вертикальных отклоняющих напряжений в блоке 8 происходит аналогично.

4.2.3.3. Формирование токов фокусировки

Канал статической фокусировки блока 8 включает в себя стабилизатор тока и усилитель мощности на транзисторе ПП3 [1, рис. 4.5].

С переменного резистора ФОКУС постоянное напряжение поступает на вход стабилизатора тока. Усиленное напряжение с выхода усилителя подается на базу выходного транзистора ПП3.

К коллектору транзистора подключена катушка статической фокусировки блока 10. Ток, протекающий через катушку блока 10, создает магнитное поле, фокусирующее луч ЭЛТ.

С помощью переменного резистора R_{10} (ФОКУС) устанавливается необходимый ток через фокусирующую катушку, при котором осуществляется оптимальная фокусировка луча.

Стабилизатор тока представляет собой усилитель, охваченный глубокой отрицательной обратной связью по току. В результате действия обратной связи ток, протекающий через фокусирующую катушку, при изменении питающего напряжения и прогреве катушки не изменяется.

Канал динамической фокусировки блока 7 предназначен для компенсации расфокусировки луча ЭЛТ при отклонении его от центра к краю экрана. Расфокусировка луча происходит за счет того, что кривизна окружности с радиусом, равным фокусному расстоянию, не совпадает с кривизной экрана трубки.

Канал динамической фокусировки включает в себя квадратичный сумматор и усилитель подфокусировки с транзистором ПП3. Для получе-

ния в катушке динамической фокусировки тока параболической формы на входы квадратичного сумматора поступают выходные сигналы координатных усилителей блоков 7 и 8, пропорциональные отклонению луча по горизонтали и вертикали.

С координатного усилителя блока 7 на входы квадратичного сумматора поступают пилообразные напряжения «Сигнал X^+ », «Сигнал X^- ». С координатного усилителя блока 8 на входы квадратичного сумматора поступает пилообразное напряжение «Сигнал Y^+ » и «Сигнал Y^- ».

Квадратичный сумматор формирует напряжение, пропорциональное квадрату геометрической суммы поступающих напряжений:

$$U_{\text{вых}} = K \left[\left(X^+ + X^- \right)^2 + \left(Y^+ + Y^- \right)^2 \right],$$

где K – коэффициент пропорциональности.

С выхода квадратичного сумматора однополярный сигнал, нарастающий по параболическому закону в соответствии с перемещением луча от центра к краю экрана, подается через переменный резистор ДОП. ФОКУС на вход усилителя подфокусировки. С его выхода усиленный сигнал поступает на базу мощного выходного транзистора ППЗ. Коллектор транзистора ППЗ подключен к катушке динамической фокусировки блока 10.

Для улучшения формы выходного сигнала и температурной стабилизации усилитель подфокусировки совместно с выходным каскадом (ППЗ) охвачен отрицательной обратной связью по напряжению.

Ток, протекающий по катушке динамической фокусировки блока 10, создает магнитное поле противоположного знака относительно поля катушки статической фокусировки. В результате вычитания полей устраняется расфокусировка луча при отклонении.

4.2.3.4. Формирование комплексного сигнала ИКО

Комплексный сигнал ИКО имеет в своем составе эхо-сигналы станции (Э–Л), эхо-сигналы сопрягаемого изделия (Э–В), сигналы ОП, сигналы ОД и ОА.

Усиление, коммутация, смешивание сигналов Э–Л, Э–В, а также обработка сигналов ОП производятся в блоке 19.

Эхо-сигнал станции (Э–Л) с блока 27 и эхо-сигнал сопрягаемого изделия (Э–В) поступают на коммутатор. В зависимости от выбранного режима индикации коммутатор выдает сигналы Э–ИКО и Э–ВИКО, состоящие из сигнала Э–Л, или сигнала Э–В, или совмещенного эхо-сигнала Э–В+Л. Управление коммутатором производится независимо с ИКО и ВИКО и соответственно этому обеспечивается отдельная выдача сигналов на индикаторы ИКО и ВИКО.

С коммутатора также производится выдача эхо-сигналов на блок сопряжения (блок 20) в соответствии с режимом, выбранным с блока 22М. (Э–Л, Э–В, Э–В+Л).

Сигнал Э–ИКО усиливается двухкаскадным усилителем и поступает через переменный резистор УСИЛЕНИЕ блока 10 на смеситель блока 25 для замешивания в комплексный сигнал, сигнал Э–ВИКО – на смеситель блока 19.

Сигнал ОП с НРЗ поступает через линии задержки. Задержка сигнала необходима для отделения отметки опознавания от отметки цели на экране индикатора.

Задержанный сигнал ОП поступает в блок сопряжения (блок 20). Задержанный сигнал ОП поступает на смеситель блока 25 ИКО, а также на схему объединения с эхо-сигналами для передачи на ВИКО.

Разрешение на прохождение сигнала ОП на ИКО обеспечивается сигналами включения запроса «Манипул. ИКО» с блока 11М, а на ВИКО – «Манипул. ВИКО» с блока 22М.

Объединение всех составляющих комплексного сигнала ИКО производится в смесителе блока 25 ИКО, на который, кроме сигналов Э–ИКО, ОП, поступают ОД с блока 18 и ОА с блока 17. Включение отметок ОА и ОД производится тумблером ОТМЕТКИ блока 10. Регулировка уровня отметок производится потенциометрами ОА и ОД. Потенциометром УРОВЕНЬ ЯРК. регулируется уровень ограничения сверху эхо-сигнала и сигнала опознавания для установки большей контрастности целей на экране по отношению к шумам. С выхода смесителя комплексный сигнал «ИКО» поступает на ВУС блока 9. Стробирование комплексного сигнала импульсом подсвета осуществляется в ВУС, что обеспечивает прохождение сигналов на модулятор ЭЛТ только во время прямого хода луча. С выхода ВУС комплексный сигнал подается на модулятор ЭЛТ блока 10.

4.2.3.5. Формирование сигнала ориентирования

При эксплуатации РЛС предусмотрена возможность использовать ИКО для ориентирования станции, а также для контроля формы и примерной оценки правильности ДНА в горизонтальной плоскости. Для этой цели в блоке 25 ИКО размещена схема переменной задержки, вырабатывающая импульс, задержанный относительно импульса запуска «–НД» на время, пропорциональное величине сигнала, поступающего в антенну от выносного гетеродина.

Схема переменной задержки представляет из себя преобразователь входного напряжения Э–ИКО в импульс, задержанный относительно импульса запуска на время, пропорциональное уровню входного сигнала.

При работе выносного гетеродина на вход приемника (блок 5) поступает напряжение, амплитуда которого меняется в зависимости от угла поворота антенны относительно направления на гетеродин. При подаче команды «КУ ориент.» с блока 17 модулированный по амплитуде сигнал Э–ИКО с блока 5 через блок 27 поступает через контакты реле Р2 на схему переменной задержки, состоящую из компаратора и ГПН. Компаратор вырабатывает импульс во время равенства опорного напряжения Э–ИКО и пилообразного напряжения, поступающего с ГПН.

Таким образом, схема переменной задержки вырабатывает импульсы, задержка которых относительно начала дистанции зависит от амплитуды входного сигнала приемника.

4.2.3.6. Цепи питания электронно-лучевой трубки

Для работы ЭЛТ блока 10 ИКО и ВИКО в состав блока 10 входит субблок 7,5 кВ, выпрямитель +700 В, система отклонения и фокусировки, а также цепи управления по яркости свечения линии развертки. Субблок 7,5 кВ является преобразователем низковольтного напряжения в высоковольтное и питается стабилизированным отрицательным напряжением 20 В с блока 13 шкафа 1а (6а), вырабатывая на выходе положительное напряжение 7,5 кВ.

Напряжение 7,5 кВ поступает на анод ЭЛТ. На ускоряющий электрод трубки поступает напряжение приблизительно +500 В с выпрямителя +700 В через делитель R4, R3.

При помощи потенциометра НАПР. А1 потенциал ускоряющего электрода для установки яркости линии развертки может регулироваться в небольших пределах.

На модулятор трубки поступает отрицательное напряжение с движка потенциометра ЯРКОСТЬ, входящего в делитель напряжения –150 В. Другими элементами делителя напряжения –150 В, находящимися в блоке 9, являются потенциометры, ограничивающие и корректирующие яркость при переключении масштабов. В зависимости от установленной величины отрицательного напряжения на модуляторе трубки меняется ток луча и, следовательно, яркость линии развертки.

С целью защиты люминофора экрана от выгорания субблок 7,5 кВ блока 10 подключен через каскад защиты ЭЛТ блока 9, обеспечивающий отключение напряжения 7,5 кВ при снятии отрицательного напряжения 150 В.

Для того чтобы исключить наблюдение обратного хода луча на экране, на катод трубки подается импульс подсвета с усилителя подсвета блока 9, равный по длительности импульсу «Управлен. ГПН». На усилитель подсвета импульс подсвета поступает с ГПИ блока 7.

Фокусировка и отклонение луча в трубке 1 производятся системой отклонения и фокусировки блока 10. Через катушки системы отклонения с блока 13 шкафа 1а (ба) подаются напряжения $\pm 12,6$ В для питания выходных транзисторов усилителей мощности.

4.2.4. Особенности работы выносного индикатора кругового обзора по функциональной схеме

4.2.4.1. Состав ВИКО и назначение элементов

В состав ВИКО входят следующие блоки:

- горизонтальной развертки (блок 7);
- вертикальной развертки (блок 8);
- видеоусилитель (блок 9);
- блок трубки (блок 10);
- блок сигналов изображения (блок 25).

Блок горизонтальной развертки (блок 7) в составе ВИКО обеспечивает:

- формирование импульсов прямоугольной формы с длительностью, соответствующей включенному масштабу дальности индикатора;
- создание тока пилообразной формы в ГОК блока трубки с амплитудой, пропорциональной синусу угла поворота азимутального датчика антенны (блок 28) или синусу угла поворота датчика визирной развертки (блок 24);
- коммутацию управляющих напряжений визирной развертки, пропорциональных синусу и косинусу угла поворота датчика визирной развертки (блок 24);
- создание тока пилообразной формы в катушке динамической фокусировки луча блока трубки.

Блок вертикальной развертки (блок 8) обеспечивает:

- создание тока пилообразной формы в ВОК амплитудой, пропорциональной косинусу угла поворота азимутального датчика антенны (блок 28) или косинусу угла поворота датчика визирной развертки (блок 24);
- коммутацию управляющих напряжений радиально-круговой (основной) развертки, пропорциональных синусу и косинусу угла поворота азимутального датчика антенны (блока 28);
- создание тока в катушке статической фокусировки блока трубки.

Блок сигналов изображения (блок 25) в составе ВИКО предназначен для:

- выделения из комплексного сигнала, поступающего с ИКО, эхосигналов, сигналов ОП, импульсов запуска «–НД», отметок ОА, ОД, импульса конца дистанции «КД2», строба визира;

- формирования сигналов «Коммутир. сигн. 1» и «Коммутир. сигн. 2», разрешающих формирование основной и визирной (каждый 16-й такт частоты повторения РЛС) разверток;
- уменьшения в пять раз частоты следования импульсов внешней синхронизации, поступающих с сопряженного изделия, и передачи их по кабельной линии на хронизатор (блок 16М);
- замешивания в один комплексный сигнал, поступающий на блок трубки ВИКО, эхо-сигнала, сигнала ОП, отметок ОД и ОА, импульсов маркера дальности;
- для формирования импульса маркера дальности, поступающего на визирную развертку ВИКО.

В состав блока входят: канал выделения сигналов, дешифратор, смеситель, формирователь, делитель 1:5 и схема переменной задержки.

4.2.4.2. Формирование радиально-круговой развертки и визирной развертки ВИКО

Работа блоков горизонтальной (блок 7) и вертикальной (блок 8) разверток в составе ВИКО имеет следующие особенности:

- импульс запуска «–НД» ГПИ блока 7 поступает из блока 25 ВИКО;
- вместо импульса конца дистанции короткого периода «КД» на ГПИ блока 7 приходит из блока 25 импульс «КД2», задержанный по сравнению с импульсом «КД» на 20 мкс;
- в блоке 7 производится коммутация управляющих напряжений визирной развертки коммутатором;
- в блоке 8 выполняется коммутация управляющих напряжений «Син. ФДИ», «Косин. ФДИ» основной развертки коммутатором.

Формирование управляющих напряжений визирной развертки производится фазовыми детекторами блоков 7 и 8 ВИКО [1, рис. 4.7]. С блока 25 ИКО на фазовые детекторы блоков 7 и 8 ВИКО поступает опорное напряжение с ГНЧ 12 В 2 кГц. С блока управления визиром (блок 24) на ФД блока 7 поступает напряжение «Син. ВТМ ВИЗИР», а на ФД блока 8 – напряжение «Косин. ВТМ ВИЗИР». С выхода ФД продетектированные напряжения «Син. ФД» [1, рис. 4.8, б] и «Косин. ФД», пропорциональные соответственно синусу и косинусу угла поворота ротора ВТ блока 24, поступают на входы коммутатора блока 7.

Коммутатор визирной развертки управляется импульсом «Коммутир. сигнал 2» [1, рис. 4.8, з], поступающим с блока 25 ВИКО, который формируется с каждым 16-м тактом частоты повторения РЛС. По длительности импульс «Коммутир. сигнал 2» равен длительности одного периода повторения.

При подаче импульса «Коммутир. сигнал 2» коммутатор открывается и управляющие напряжения визирной развертки с выхода коммутатора поступают на выходы буферных усилителей блоков 7 и 8.

В то время, когда коммутатор визирной развертки закрыт (15 тактов частоты повторения РЛС), на буферные усилители блоков 7 и 8 поступают управляющие напряжения РКР (основной) с коммутатора блока 8 [1 рис. 4.8, д].

Управление коммутатором основной развертки производится подачей импульса «Коммутир. сигнал 1» [1, рис. 4.8, в], по длительности равным 15 тактам частоты повторения РЛС.

Управляющие напряжения (визирной или основной развертки) через буферные усилители подаются в ГПН, где используются для формирования пилообразного напряжения.

Дальнейшая работа каналов разверток блоков 7 и 8 ВИКО аналогична работе каналов разверток блоков 7 и 8 ИКО.

4.2.4.3. Формирование комплексного сигнала ВИКО

Комплексный сигнал ВИКО, в котором содержатся эхо-сигналы, сигналы опознавания, «–НД», ОД 10, 50, 100 км и сформированные коды ОА (ОА10 (5), ОА30) или 0 (Север), импульса конца дистанции КД-2 и СТРОБ ВИЗИРА с блока 19 поступают на ограничитель канала выделения сигналов.

Ограничитель канала выделения сигналов, выполненный по схеме последовательного диодного ограничителя на нулевом уровне, выделяет из поступающего комплексного сигнала сигнал Э (вых.) отрицательной полярности, состоящий из эхо-сигнала, сигнала ОП и импульса «–НД» и положительные ОД и коды сигналов шифратора. Из сигнала Э (вых.) импульс «–НД» выделяется за счет того, что имеет амплитуду, примерно вдвое большую максимально возможной амплитуды эхо-сигнала и сигнала ОП. Эхо-сигналы, сигналы ОП и ОД после инвертирования поступают на смеситель.

Коды сигналов ОА, КД2 и СТРОБ ВИЗИРА дешифрируются в дешифраторе и через формирователь также поступают на смеситель.

Принцип шифрации сигналов. Шифрация кодов ОА, КД2 и СТРОБ ВИЗИРА производится в шифраторе блока 19.

Импульсы конца дистанции КД2 с блока 18 поступают на формирователь, где задерживаются на 25–30 мкс [1, рис. 4.9]. Задержка необходима для устойчивой работы схем совпадений шифратора. С формирователя сформированный импульс длительностью 1–2 мкс подается на смеситель кодов и линию задержки Лз1.

Код импульса КД2 представляет собой два импульса, отстоящих друг от друга на 16 мкс. При формировании кода КД2 конец линии за-

держки Лз2 разомкнут, поэтому на смеситель кодов поступают два импульса – прямой с формирователя и отраженный от конца Лз2, который задержан линией на 16 мкс.

Код импульса СТРОБ ВИЗИРА представляет собой три импульса, отстающие друг от друга на 8 мкс. Этот код образуется добавлением к коду КД2 еще одного импульса, отстоящего от первого на 8 мкс. Для получения этого импульса импульс СТРОБ ВИЗИРА с блока 18 через смеситель подается на схему совпадения И1. На второй вход схемы совпадения поступает импульс с конца линии задержки Лз2, задержанный на 8 мкс. При совпадении импульсов во времени на выходе схемы совпадения И1 формируется импульс, который подается на смеситель кодов.

Код импульса ОА10 представляет собой два импульса, отстоящих друг от друга на 4 мкс. Первый импульс кода образуется подачей импульса КД2 с формирователя на смеситель кодов. Вторым импульсом кода является задержка импульса КД2, который с вывода Лз1 (4 мкс) поступает на схему совпадения И2. На второй вход схемы совпадения поступают ОА с блока 17 через усилитель-ограничитель. При совпадении этих импульсов формируется второй импульс кода, который со схемы совпадения поступает на смеситель кодов. Чтобы не было отраженного импульса от конца линии задержки, импульсы ОА подаются на ключ ПП4, который замыкает конец линии задержки Лз2 на согласованную нагрузку.

Код импульса ОА30 представляет собой три импульса, отстоящих друг от друга на 4 мкс. Для формирования кода ОА30 к коду ОА10 добавляется третий импульс, отстоящий от второго на 4 мкс. С этой целью импульс ОА30 с блока 17 через смеситель поступает на схему совпадения И1, на второй вход схемы совпадения подается импульс с конца линии задержки Лз2, задержанный на 8 мкс. Со схемы совпадения И1 третий импульс поступает на смеситель кодов.

С нагрузки смесителя сформированные коды сигналов поступают на смеситель блока 19 для передачи на ВИКО.

Принцип дешифрации кодов. Для дешифрации применены пять схем совпадения и линия задержки с отводами 4, 8, 12 и 16 мкс [1, рис. 4.10].

Для декодирования кода КД2 (два импульса, следующие через 16 мкс) используется схема совпадения И2, подключенная ко входу линии задержки и к 16-микросекундному отводу линии задержки. На схеме совпадения происходит совпадение второго незадержанного импульса кода с первым задержанным на 16 мкс линией задержки импульсом. В момент совпадения импульсов выделяется импульс, соответствующий сигналу КД2. При передаче кода ОА10, ОА30 код импульса КД2 отсутствует. Для восстановления импульса КД-2 в этом случае служит схема совпадения И1, подключенная ко входу линии задержки и к 4-микросекундному отво-

ду линии задержки. При поступлении кода ОА10 (два импульса, следующие через 4 мкс) или ОА30 на выходе схемы совпадения формируется сигнал КД-2.

Для декодирования кода ОА10 служит схема совпадения И5, подключенная к 12- и 16-микросекундным отводам линии задержки.

Для декодирования кода ОА30 (3 импульса, следующие через 4 мкс) используется схема совпадения И4, подключенная к 8-, 12- и 16-микросекундным отводам линии задержки.

Для декодирования кода СТРОБ ВИЗИРА (три импульса с временной расстановкой 0; 8 и 16 мкс) используется схема совпадения И3, подключенная ко входу линии задержки и к 8- и 16-микросекундным отводам линии задержки.

Маркер дальности формируется при помощи схемы переменной задержки аналогично формированию сигнала ориентирования ИКО за тем исключением, что вместо эхо-сигнала в качестве опорного напряжения подается напряжение «Датчик Д» с блока 26.

Со смесителя комплексный сигнал ВИКО подается на ЭЛТ аналогично ИКО.

4.2.5. Работа индикатора контроля по функциональной схеме

В состав ИК входят: ЭЛТ с цепями управления, канал развертки и видеоканал [1, рис. 4.11].

ЭЛТ типа 13ЛО37И, применяемая в ИК, снабжена электростатической системой фокусировки и отклонения электронного луча.

В отличие от ИКО, на экране которого сигналы наблюдаются в виде яркостных отметок, в ИК используется амплитудный метод индикации сигналов.

Напряжение минус 1 700 В подается на делитель напряжения (R_{61} , R_{63} , R_{62} , R_{66} – R_{68} , R_{70} – R_{75}), с которого соответствующие напряжения подаются на катод, управляющий электрод и первый анод ЭЛТ.

На управляющий электрод с потенциометра R_{61} подается отрицательное напряжение, обеспечивающее запирающее напряжение трубки в исходном режиме. На время прямого хода луча трубка открывается положительными импульсами подсвета, которые подаются на управляющий электрод с ГПИ.

Яркость изображения регулируется за счет изменения величины отрицательного напряжения на управляющем электроде трубки с помощью потенциометра R_{61} (ЯРКОСТЬ). Потенциометр R_{61} и резистор R_{63} зашунтированы резистором R_{62} , что обеспечивает постоянство напряжения на

других электродах трубки при регулировке яркости изображения. Фокусировка изображения на экране осуществляется за счет изменения потенциалов на первом и втором анодах трубки при помощи потенциометров *R67* (ФОКУС) и *R69* – ДОП. ФОК. (дополнительная фокусировка).

Канал развертки служит для создания пилообразного напряжения на горизонтально-отклоняющих пластинах трубки, что обеспечивает отклонение электронного луча в горизонтальном направлении.

Канал развертки включает в себя ГПИ, ГПН, каскад управления длительностью и выходной каскад.

Пусковые импульсы «Запуск 23» поступают с блока 16М на ГПИ и запускают его.

ГПИ вырабатывает положительные и отрицательные импульсы напряжения, длительность которых зависит от выбранного масштаба. Положительные импульсы подаются на управляющий электрод ЭЛТ для подсвета луча. Отрицательные импульсы поступают на ГПН, вырабатывающий положительные и отрицательные пилообразные импульсы напряжения развертки одинаковой амплитуды, которые через выходной каскад, собранный по схеме симметричного парафазного усилителя, поступают на горизонтально-отклоняющие пластины ЭЛТ для отклонения электронного луча и создания развертки дальности. Отрицательный пилообразный импульс с выходного каскада подается на левую горизонтально отклоняющую пластину трубки. Положительный пилообразный импульс поступает на правую горизонтально отклоняющую пластину трубки.

С помощью потенциометра *R67* ФОКУС обеспечивается фокусировка электронного луча за счет изменения электростатического поля, создаваемого первым анодом трубки.

Для обеспечения равномерной фокусировки в вертикальном направлении служит потенциометр ДОП. ФОК. *R69*.

Равномерная фокусировка достигается изменением электростатического поля, создаваемого анодами ЭЛТ.

Видеоканал служит для усиления эхо-сигналов до уровня, необходимого для воспроизведения их на экране индикатора.

В состав видеоканала входят ВУС и схема коммутации. Схема коммутации обеспечивает следующие режимы работы ИК:

1. «ЭХО + ЗАПРОС». На ИК наблюдаются эхо-сигналы и сигналы ОП. Эхо-сигналы с блока 27 через ВУС подаются на вертикально отклоняющую пластину и высвечиваются на экране ЭЛТ в виде амплитудных отметок, направленных вверх от линии развертки.

Потенциометром УСИЛЕНИЕ устанавливается удобная для наблюдения амплитуда поступающих эхо-сигналов.

Сигналы ОП с НРЗ подаются на другую вертикально отклоняющую пластину и высвечиваются в виде отрицательного пульсирующего импульса.

2. «ЭХО + ЗАПРОС + МАСШТ.». На ИК наблюдаются эхо-сигналы, сигналы ОП и отметки дальности. Режим работы применяется для определения дальности до отраженных эхо-сигналов.

3. «ИМИТ. + МАСШТ.». Режим работы используется для калибровки сигнала блока 90. На вертикально отклоняющие пластины поступают сигналы блока 90 и ОД с калибратора.

4. «КОНТРОЛЬ». ИК используется в качестве контрольного осциллографа. Контрольные сигналы на ИК поступают с блока усилителей ЧПК (блок 27) или с гнезда КОНТРОЛЬ.

4.2.6. Формирование масштабных отметок дальности

Калибратор (блок 18) формирует масштабные ОД и строб визирной развертки для ВИКО. Кроме того, блок формирует 10-километровые дистанционные отметки для работы сопрягаемого изделия в режиме внешней синхронизации.

Блок состоит из канала формирования ОД и канала формирования строба визира [1, рис. 4.12]. В состав канала формирования ОД входят: ГПИ, генератор кварцевый ударный, формирователь однокิโลметровых отметок, четыре делителя частоты, схема совпадения, схема управления, два управляемых формирователя, схема формирователя ОД10, усилитель.

Длительность работы канала формирования отметок калибратора в каждом такте определяет импульсы ГПИ, который формирует на выходах 1 и 2 импульсы соответственно положительной и отрицательной полярности амплитудой 10 В. Длительность импульсов соответствует третьему масштабу дальности и регулируется в небольших пределах потенциометром ДЛИТ. Фронт импульсов ГПИ совпадает с запускающим импульсом «–НД» (начало дистанции) – [1, рис. 4.13, а]. Срез импульсов ГПИ определяется внутренними параметрами схемы ГПИ, а при несимметричном запуске – импульсом «КД» (конец дистанции).

Импульс ГПИ управляет работой кварцевого генератора ударного возбуждения, который генерирует колебания синусоидальной формы с частотой кварца ($f_{кв} = 149,858$ кГц) в стробе, определяемом длительностью импульсов ГПИ, и равной частоте следования однокิโลметровых ОД [1, рис. 4.13, б]. Формирователь вырабатывает однокิโลметровые ОД положительной полярности амплитудой 10 В, длительностью 0,5 мкс [1, рис. 4.13, в], поступающие на делитель частоты на два. С этого делителя двухкилометровые отметки [1, рис. 4.13, г] поступают на один вход схемы совпадения и на делитель на пять, вырабатывающий стробирующие импульсы десятикилометровых отметок [1, рис. 4.13, д].

Стробирующие импульсы десятикилометровых отметок поступают на второй вход схемы совпадения, где нормируются по длительности двухкилометровыми отметками [1, рис. 4.13, *е*]. Кроме того, стробирующие импульсы десятикилометровых отметок поступают на делитель частоты на пять, который вырабатывает строб пятидесятикилометровых отметок. При поступлении стробов пятидесятикилометровых отметок на делитель частоты на два вырабатываются стробы стокилометровых отметок. Делители частоты отметок дальности устанавливаются в исходное состояние в начале каждого такта работы калибратора импульсами ГПИ, поступающими с усилителя. Стробы пятидесяти и стокилометровых отметок используются в схеме управления для создания управляющих напряжений формирователей. В зависимости от управляющих напряжений формирователи вырабатывают из десятикилометровых отметок, поступающих со схемы совпадения, «пачку» отметок ОД10, 50, 100 км с разделением их по амплитуде.

С выходов управляемых формирователей отметки ОД10, 50, 100 км поступают в блоки 19 и 25 для замешивания в комплексные сигналы ВИКО и ИКО и на выходные усилители, предназначенные для получения отметок необходимой полярности и амплитуды. Для формирования отметок ОД10 при работе с сопряженными изделиями используется схема формирования ОД10, на которую с делителя на 5 (10 км) подаются импульсы отрицательной полярности.

Делители частоты каждый такт работы станции устанавливаются в исходное состояние импульсами ГПИ, поступающими через усилитель.

Для формирования визирной развертки на экране ВИКО используются стробы визира, формируемые каналом, состоящим из схемы формирования импульса «КД2»; схемы формирования импульса «КД2М»; делителя частоты импульсов «КД2М»; формирователя стробов визира.

Импульс «КД2» представляет собой увеличенный по длительности в схеме формирования импульс «КД» [1, рис. 4.14, *б*]. Увеличение длительности импульса «КД» необходимо для устойчивого выделения в схеме формирования импульса «КД2М», так как он получается при совпадении импульсов «КД2» и «КДМ» (конец дистанции малого периода) [1, рис. 4.14, *з*]. Импульсы «КД2М» используются для запуска канала азимутальных отметок блока 17 и делителя частоты импульсов «КД2М». С делителя частоты импульсов «КД2М» снимается импульс, запускающий формирователь строба визира. Задний фронт ОА и строба визира определяется импульсом «КД1», приходящим с ГПИ. Вследствие того, что импульсы «КДМ» следуют через такт повторения, то и импульсы «КД2М» также следуют через такт. Использование импульсов «КД2М» позволяет формировать ОА и строб визира при несимметричном запуске только в большом периоде повторения. Это дает возможность получать на экране

ИКО и ВИКО ОА и визирную развертку на ВИКО, неменяющиеся по длине в зависимости от несимметрии запуска.

Для того чтобы исключить пропуск азимутальных отметок при совпадении их со стробом визира, на вход формирователя стробов визира подаются положительные импульсы азимутальных отметок, которые запрещают прохождение строга визира в момент прихода азимутальной метки.

4.2.7. Формирование отметок азимута

Формирование импульсов ОА обеспечивается блоком 17, который предназначен для формирования азимутальных импульсов ОА5, ОА10, ОА30, ОА0.

В состав блока входят:

- механизм сельсинов М1 и М2;
- канал формирования ОА5;
- канал формирования ОА10;
- канал формирования ОА30;
- канал формирования ОА0;
- схема формирования импульса запуска РФК.

Датчиком для формирования азимутальных импульсов 5° (или 10°) и 30° является СД М4 блока 28.

Напряжение обмоток с этого сельсина подается на роторные обмотки дифференциального сельсина М1 блока формирователя азимутальных импульсов (блок 17) [1, рис. 4.15]. Со статорных обмоток С1, С2 и С3 сельсина М1 напряжения через нормально замкнутые контакты реле Р2 поступают на детекторы и фильтры канала формирователя 5° азимутальных импульсов (ОА5).

Формирование азимутальных импульсов происходит в момент прохождения изменяющихся по синусоидальному закону напряжений со статорных обмоток сельсина М1 блока 17 через нулевые (минимальные) значения. Для получения пятиградусных азимутальных импульсов ОА5 (т. е. 72 импульса за один оборот антенны) ось СД М4 блока 28 с помощью зубчатой передачи вращается в 12 раз быстрее вала антенны, что позволяет (при использовании напряжения каждой фазы отдельно с учетом двух нулевых значений в каждой фазе за 1 оборот сельсина) получить 72 нуля ($12 \times 3 \times 2 = 72$).

На выходе детектора и фильтра канала формирования ОА5 образуются отрицательные полуволны напряжения, смещенные на 120° в каждой из трех фаз [1, рис. 4.16, а, б, в].

Пороговые устройства в зависимости от установленного уровня начального смещения формируют три последовательности импульсов [1, рис. 4.16, а,

б, в] в момент прохождения полуволн напряжений, близких к нулевому значению, которые затем дифференцируются [1, рис. 4.16, з], и отрицательные импульсы, соответствующие переднему фронту импульсов пороговых устройств, подаются на диодный смеситель. С общей нагрузки смесителя импульсы, соответствующие началу каждой пятиградусной азимутальной отметки, подаются в канал формирования ОА10, а через формирующее устройство – на схемы совпадения с импульсами ОА10, ОА15, усилитель ОА5 (ОА10) и далее на выходные каскады блока.

Формирующее устройство осуществляет привязку импульсов ОА5 к импульсам запуска РЛС и формирует длительность импульсов ОА5. Начало импульса ОА5 определяется импульсом «КД2М», конец – импульсом «КД1», поступающими с блока 18 [1 рис. 4.16, д, е].

Сформированные по длительности импульсы ОА5 [1 рис. 4.16, ж] являются задающими импульсами, так как к ним привязываются по времени формирования и длительности с помощью схем совпадения все азимутальные импульсы, которые выдаются с блока.

Канал формирования азимутальных импульсов ОА10, соответствующих 10° угла поворота антенны, представляет собой делитель частоты входных импульсов ОА5 на два [1, рис. 4.17, в]. Схема совпадения обеспечивает привязку импульсов ОА10 к запуску РЛС и нормирование их по длительности путем совпадения со сформированными импульсами ОА5 [1, рис. 4.17, з].

Сформированные импульсы ОА10 поступают в канал формирования тридцатиградусных импульсов ОА30, а через переключатель – на усилитель ОА5 (10), с выхода которого импульсы поступают через усилитель на блок 18, а через эмиттерный повторитель – на блоки 19, 20 и 25.

Формирование тридцатиградусных азимутальных импульсов производится при совпадении импульсов ОА15 и ОА10, для чего в канал формирования ОА30 подаются импульсы, соответствующие 15° угла поворота антенны, с выхода первого порогового устройства канала формирования ОА5 на схему совпадения [1, рис. 4.17, д]. На второй вход схемы совпадения поступают нормированные по длительности импульсы ОА10. При совпадении импульсов ОА15 и ОА10 (а совпадать они будут через 30°) формируется импульс ОА30 [1, рис. 4.17, е] и через переключатель поступает на блок 19, а через эмиттерный повторитель – на блоки 19, 20 и 25. Потенциометр АМПЛ. ОА30 блока позволяет регулировать в необходимых пределах амплитуду выходного импульса.

Датчиком для формирования азимутального импульса ОА0 («Север») служит СД М2 блока 28, ротор которого через редуктор вращается в два раза медленнее вала антенны. Напряжение синхронизации с СД подается на СП М2 блока 17, работающий в трансформаторном режиме. Такое подключение сельсинов обеспечивает одно нулевое (минимальное) значение

напряжения роторной обмотки за один оборот антенны, что соответствует формированию одного импульса ОА0 за один оборот антенны.

Канал формирования ОА0 выдает импульс в момент совпадения минимального напряжения на выходе детектора с импульсом ОА15. Привязка импульса ОА0 к запуску станции и формирование его длительности производятся за счет соответствующего формирования импульсов ОА15, нормирование которого выполняется на схеме совпадения 1. Применение формирующих импульсов ОА15 исключает ложные срабатывания схемы совпадения 2.

Нормированный по длительности импульс ОА0 со схемы совпадения 2 поступает через усилитель на блок 18, кроме того, через переключатель и эмиттерный повторитель – на блоки 19, 20 и 25. Потенциометр блока АМПЛ. ОА0 обеспечивает регулировку амплитуды импульса ОА0.

Необходимо отметить, что при начальном включении станции после первого включения вращения в течение некоторого времени (до одного оборота антенны) возможна ошибка в формировании импульсов ОА30 на 15° , так как в канал формирования ОА30 могут быть выданы ложные импульсы ОА10 из-за произвольной установки триггера делителя импульсов ОА5 на два в момент включения вращения станции. Однако, с приходом первого импульса ОА0, а равно и всех последующих, устанавливается истинный отсчет импульсов ОА10 путем установки триггера в нулевое положение импульсом, соответствующим началу ОА0. Таким образом, устанавливается истинный отсчет не только импульсов ОА10, но и, как следствие, импульсов ОА30.

Работа блока формирователя азимутальных импульсов была рассмотрена без учета реверса вращения антенны. Однако, как это следует из временных диаграмм, без принятия специальных мер формирование импульсов ОА5, а следовательно, и ОА10, ОА30 и ОА0, будет производиться с ошибкой, равной длительности импульса на выходе пороговых устройств, практически равной 5° . Для уменьшения этой ошибки предусмотрена коммутация статорных обмоток сельсина М1 блока 17 с помощью реле Р2.

При изменении направления вращения антенны изменяется полярность напряжения на выходе тахогенератора (ТГ) М2 блока 31, поляризованное реле Р1 блока 17 срабатывает и замыканием своих контактов обеспечивает срабатывание реле Р2 и Р3.

Реле Р3, срабатывая, переключает источник смещения пороговых устройств (с резистора $R1$ на резистор $R2$ блока). Одновременно реле Р2 за счет коммутации фаз С1 и С3 сельсина М1 изменяет последовательность импульсов на входе пороговых устройств и, как следствие, уменьшает ошибку формирования азимутальных импульсов при реверсе вращения. Сведение к минимуму ошибки достигается увеличением длительности им-

пульсов с пороговых устройств путем изменения напряжения смещения с резистора R_2 .

Раздельная регулировка напряжения смещения на пороговые устройства с помощью резисторов R_1 и R_2 блока вызвана необходимостью компенсировать неидентичность параметров электроэлементов каналов формирования сигналов ОА при изменении направления вращения антенны.

Контрольные вопросы

1. Какая информация о целях, обнаруживаемых РЛС, содержится в радиолокационных сигналах?
2. Каковы назначение и классификация индикаторных устройств?
3. Почему в РЛС с круговым обзором получили наибольшее распространение ИКО?
4. Что используется в ИКО для определения координат целей?
5. Какие способы в ИКО применяются для поворота и изменения напряженности магнитного поля?
6. Какой принцип используется для поворота и изменения напряженности магнитного поля неподвижной отклоняющейся системы ИКО?
7. Назначение и характеристики индикаторной системы РЛС П-18Р.
8. В каких режимах может работать индикаторная система РЛС?
9. Что входит в состав ИКО и ВИКО РЛС, их технические характеристики?
10. Как формируется развёртка на ИКО по структурной схеме?
11. Чем достигается фокусировка электронного луча ИКО?
12. Формирование и порядок прохождения комплексного сигнала на ИКО (ВИКО).
13. Для чего в РЛС используется индикатор контроля (блок 56)?
14. Состав ИКО и назначение его элементов.
15. Каким образом формируется радиально-круговая развертка ИКО?
16. Как осуществляется фокусировка электронного луча ИКО?
17. Как формируется и для чего используется сигнал ориентирования в РЛС?
18. По каким цепям осуществляется питание ЭЛТ ИКО?
19. Каковы особенности работы ВИКО?
20. Для чего в ВИКО формируется визирная развертка?
21. На каком принципе производится шифрация сигналов в ВИКО?
22. Как производится дешифрация кодов в ВИКО?
23. Как работает индикатор контроля (блок 56) по функциональной схеме?
24. Где и как формируются масштабные отметки дальности ИКО?
25. Как и где формируются отметки азимута на ИКО?

Глава 5

СИСТЕМА ВРАЩЕНИЯ, КАЧЕНИЯ АНТЕННЫ И СИНХРОННО-СЛЕДЯЩЕГО ПРИВОДА РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СТАНЦИИ П-18Р

Системы вращения и наклона антенн предназначены для осуществления обзора пространства в горизонтальной плоскости с заданными параметрами зоны обзора.

Различные условия боевой обстановки (обнаружение РЛС низколетящих, высотных, малоразмерных и маневрирующих целей в простых условиях или в условиях активных и пассивных помех) требуют применения гибких методов обзора пространства, изменения скорости вращения, остановки антенны на заданном направлении или изменения направления сканирования в заданном секторе.

5.1. Общие сведения о системах вращения

5.1.1. Назначение, режимы работы и классификация систем вращения антенны

В соответствии с предъявляемыми требованиями в РЛС РТВ используются следующие основные режимы работы СВНА:

- круговое вращение с постоянной заданной скоростью;
- установка антенны на заданный азимут;
- сканирование в заданном азимутальном секторе.

Круговое вращение с постоянной скоростью используется в дальних мерах. Выбор скорости вращения обусловлен дискретностью информации, условиями получения требуемого количества эхо-сигналов в пачке и техническими условиями реализации СВНА. Возможность изменения скорости вращения в этом режиме позволяет полнее использовать возможности РЛС по обнаружению воздушных объектов.

Системы вращения антенн РЛС РТВ классифицируют по двум признакам:

- схеме построения контура управления вращением (привода вращения);
- типу исполнительного двигателя.

Контур привода вращения антенных систем может быть разомкнутого, замкнутого, комбинированного, следящего и неследящего типов.

В составе СВНА используют следующие типы исполнительных двигателей: постоянного тока; переменного тока; гидродвигатели.

Применение двигателей постоянного тока позволяет обеспечить необходимый пусковой момент при меньшем токе якоря, а также технически простую реализацию режимов плавного и многоступенчатого изменения скорости вращения.

Двигатели переменного тока не требуют преобразователей тока, обеспечивают достаточную стабильность скорости вращения в условиях переменной ветровой нагрузки. В то же время использование такого типа двигателя предъявляет жесткие требования по нагрузке на электростанцию, также для них достаточно сложно осуществить плавное изменение скорости вращения.

Тактико-технические требования, предъявляемые к точности и периоду обновления информации, необходимой для обеспечения боевых действий РТВ, определяются содержанием и условиями задач управления. Для удовлетворения требований, предъявляемых к информации, СВНА должны удовлетворять жестким требованиям к следующим основным параметрам:

- скорость обзора пространства в азимутальной плоскости;
- точность определения угловых координат;
- устойчивость к внешним воздействиям;
- простота технической реализации;
- эксплуатационная надежность;
- габариты и масса;
- время отработки заданного угла рассогласования (быстродействие СВА).

Связь между техническими требованиями, предъявляемыми к СВНА, и техническими параметрами РЛС обусловлена следующими основными факторами.

Для обеспечения требуемой дальности обнаружения, количество некогерентно накапливаемых импульсов, отраженных от цели за время облучения, должно быть не менее заданной величины. В среднем эта величина составляет 10...40 импульсов.

Время облучения цели определяется выражением

$$t_{\text{обл}} = \frac{\Delta\beta_{0,5P}}{\omega_a},$$

где $\Delta\beta_{0,5P}$ – ширина ДНА в азимутальной плоскости по уровню половинной мощности; ω_a – угловая скорость вращения антенны.

При заданной частоте повторения зондирующих импульсов F_{Π} число импульсов в пачке

$$N_{\text{имп}} \leq F_{\Pi} \cdot t_{\text{обл}} = F_{\Pi} \frac{\Delta\beta_{0,5P}}{\omega_a}.$$

Из этого выражения следует вывод, что угловая скорость вращения антенны

$$\omega_a \leq F_{\Pi} \frac{\Delta\beta_{0,5P}}{N_{\text{имп}}}.$$

С другой стороны, ограничение угловой скорости обзора пространства приводит к уменьшению частоты обновления информации, что отрицательно сказывается на качестве информации, особенно при проводке скоростных и маневрирующих целей.

Потенциальная точность измерения азимута определяется, как известно, формой характеристики направленности $G(\beta)$, $G(\epsilon)$ и энергетическим отношением сигнал/помеха в пачке отраженных от цели сигналов. Следовательно, высокие требования к точности определения угловых координат могут быть удовлетворены за счет сужения ДНА. Сужение ДНА можно осуществить за счет увеличения габаритных размеров антенны, что, как известно, приводит к увеличению веса антенны. Кроме того, увеличение габаритов антенны приводит к увеличению ветровых нагрузок (внешних воздействий).

Инструментальные ошибки при измерении угловых координат обусловлены погрешностями систем вращения, передачи угла поворота антенны, а также погрешностями формирования угловых масштабных отметок, запаздыванием координатной информации за время измерения координат и др. Следовательно, допустимая суммарная ошибка σ , обусловленная влиянием указанных факторов, будет определять выбор таких систем, которые смогут обеспечить необходимые требования к точности определения угловых координат.

Обычно принимается, что динамическая ошибка системы при заданной скорости вращения не должна превышать 10...30 угл. мин, а статическая ошибка в режиме ручного управления – 20 угл. мин.

Немаловажное значение имеет устойчивость систем вращения к внешним воздействиям.

Внешние воздействия представляют собой ветровые нагрузки на антенное устройство, изменение температуры окружающей среды, а следовательно, и изменение вязкости смазок в редукторах вращающихся устройств, изменение питающих напряжений и т. д. Возмущающие воздействия приводят к изменению скорости вращения и качания антенны, к снижению точности работы систем в установившемся режиме.

5.1.2. Схемы систем вращения антенн

Наиболее простая схема СВНА неследящего разомкнутого типа содержит последовательно включенные электродвигатель, редуктор и реле коммутации.

СВНА разомкнутого типа с исполнительным двигателем постоянного тока применяется для сканирования сравнительно легкими антеннами.

Двигатель постоянного тока через редуктор вращает антенну РЛС. Регулировка скорости вращения осуществляется изменением тока якоря двигателя, а реверс антенны – изменением полярности питания. В качестве задающего устройства используется потенциометр, с помощью которого задается напряжение, пропорциональное требуемой скорости вращения антенны [1, рис. 5.1]. Это напряжение усиливается и через усилитель мощности, выполненный на основе ЭМУ, поступает на исполнительный двигатель, который вращает антенну.

Для повышения точности установки скорости вращения в подсистеме управления вращением используют следящую систему по скорости, т. е. реализуют следящую систему управления вращением замкнутого типа. Вариант построения такой схемы представлен в [1, рис. 5.2].

Основное отличие этой схемы от предыдущей состоит в том, что на валу антенны имеется ТГ, который вырабатывает напряжение, пропорциональное скорости вращения антенны. Это напряжение поступает на обмотку возбуждения ЭМУ, где вычитается из входного напряжения управления. В таких системах уменьшены ошибки по отслеживанию заданной скорости, увеличена реакция на изменение задающего воздействия. Однако, по-прежнему, эта система имеет максимально большую статическую ошибку слежения (т. е. вообще не отслеживает заданного азимута).

В ряде случаев в РЛС необходимо обеспечить синхронное вращение нескольких антенных систем. Для этого подсистема управления вращением должна представлять собой следящую систему, отслеживающую заданный азимут (следящая система по положению).

Простейшая следящая система такого типа состоит из СД и СП, на которые подается опорное напряжение. Если требуются большие мощности для отслеживания задаваемого азимута, то применяют схемы с электромашинными усилителями (ЭМУ) и электродвигателями [1, рис. 5.3]. В этой схеме при появлении рассогласования между СД и СП появляется напряжение рассогласования, поступающее на усилитель мощности, усиливается и далее подается на обмотку возбуждения ЭМУ, который вырабатывает напряжение управления двигателем постоянного тока. Двигатель постоянного тока через редуктор вращает СП в сторону уменьшения рассогласования.

5.1.3. Элементы системы вращения и наклона антенны

5.1.3.1. Сельсины

Сельсины представляют собой индукционную машину и служат для синхронного поворота или вращения двух или нескольких механически не связанных валов. Одну из этих машин, механически соединенную с ведущей осью, называют датчиком, а другую, соединенную с ведомой осью (непосредственно или с помощью промежуточного исполнительного двигателя), – приемником.

Система синхронной связи работает так, что при повороте ротора СД на какой-либо угол $\Theta_{\text{д}}$ ротор СП поворачивается на такой же угол $\Theta_{\text{п}}$. Следовательно, система стремится ликвидировать рассогласование между положениями роторов датчика и приемника, которое характеризуется углом рассогласования $\Theta = \Theta_{\text{д}} - \Theta_{\text{п}}$, и в идеальном случае свести угол Θ к нулю.

Системы синхронной связи подразделяют на два основных вида: синхронного поворота (передачи угла) и синхронного вращения (электрического вала).

В зависимости от назначения и режимов работы различают: сельсины, работающие в индикаторном режиме; сельсины, работающие в трансформаторном режиме, и ДС.

При индикаторном режиме ротор СП соединяют непосредственно с ведомой осью. Его применяют при малом значении тормозного момента на ведомой оси, обычно в тех случаях, когда на оси укреплен хорошо уравновешенная стрелка индикатора (отсюда название – индикаторный).

При трансформаторном режиме сигнал о наличии рассогласования между положениями роторов СД и СП подается через усилитель на исполнительный двигатель, который поворачивает ведомую ось и ротор сельсина-приемника, ликвидируя рассогласование. При этом режиме выходной сигнал приемника пропорционален синусу угла рассогласования, как в ВТ, – такой режим работы сельсина получил название трансформаторного. Трансформаторный режим применяют в тех случаях, когда к ведомой оси приложен значительный тормозной момент, т. е. когда приходится поворачивать какой-либо механизм.

Сельсины имеют две обмотки: первичную, или обмотку возбуждения, и вторичную, или обмотку синхронизации. В зависимости от числа фаз обмотки возбуждения различают одно- и трехфазные сельсины; обмотку синхронизации в обоих типах сельсинов обычно выполняют по типу трехфазной. Трехфазные сельсины имеют такую же конструкцию, как трехфазные асинхронные двигатели с контактными кольцами на роторе; их применяют только в системах электрического вала.

Принцип действия сельсина не зависит от места расположения каждой из обмоток. Однако чаще всего в сельсинах обмотку синхронизации размещают на статоре, а обмотку возбуждения – на роторе (для уменьшения количества контактных колец и повышения надежности работы).

Принцип работы сельсинов в индикаторном режиме. При индикаторном режиме на валу СП имеется незначительный момент сопротивления, поэтому для поворота ротора СП вслед за поворотом ротора СД требуется небольшой вращающий момент, который можно получить от приемника без дополнительных усилительных устройств.

При работе сельсинов в рассматриваемом режиме обмотки возбуждения СД и СП включены в общую сеть переменного тока [1, рис. 5.4], а обмотки синхронизации соединены между собой линией связи.

Если углы поворота соответствующих обмоток фаз СД Θ_D и СП $\Theta_{П}$ по отношению к осям полюсов одинаковы ($\Theta_D = \Theta_{П}$), а обмотки возбуждения сельсинов V_D и $V_{П}$ включены в одну и ту же сеть, то пульсирующие магнитные поля, созданные этими обмотками, наведут в соединенных друг с другом одноименных обмотках синхронизации одинаковые ЭДС:

$$E_{AD} = E_{AP}; E_{VD} = E_{VP}; E_{CD} = E_{CP}.$$

Одноименные ЭДС СД и СП имеют встречное направление, поэтому в обмотках синхронизации не возникает токов и электромагнитные моменты сельсинов равны нулю.

Если теперь повернуть ротор СД на какой-то угол $\Delta\Theta_1 = \Theta_D - \Theta_{П}$, то одноименные «фазы» сельсинов окажутся не в одинаковых условиях по отношению к магнитным полям и их ЭДС не будут равны ($E_{AD} \neq E_{AP}$ и т. д.). Вследствие этого в обмотках синхронизации возникнут токи, которые, взаимодействуя с магнитными полями, создадут вращающие моменты. Моменты, действующие на роторы СД и СП, направлены в противоположные стороны и под их влиянием угол рассогласования $\Delta\Theta_1$ уменьшится. Если при повороте на $\Delta\Theta_1$ ротор сельсина-датчика будет закреплен, то ротор сельсина-приемника под действием возникшего момента также повернется на угол $\Delta\Theta_1$ и опять будет выполняться равенство $\Theta_D = \Theta_{П}$.

В реальных условиях сельсины всегда дают некоторые погрешности в передаче угла. Эти погрешности вызваны наличием трения в подшипниках и щетках, неточностью изготовления и др. В зависимости от класса точности сельсины позволяют осуществить передачу угла с погрешностью 0,25–2,5 %.

Принцип работы сельсинов в трансформаторном режиме. Сельсины, работающие в трансформаторном режиме, конструктивно не отличаются от сельсинов, работающих в индикаторном режиме, и применяются в следящих системах. Схема включения сельсинов, работающих в транс-

форматорном режиме, приведена в [1, рис. 5.5]. Отличие этой схемы от схемы, показанной в [1, рис. 5.4], состоит в том, что однофазная обмотка V_{II} СП не включается в сеть переменного тока, а подключается к управляющему блоку усилителя. При подаче питания в обмотку возбуждения $V_{д}$ СД в обмотках синхронизации потечет ток, который в СП создаст пульсирующий магнитный поток.

В исходном положении ротор этого сельсина должен быть расположен так, чтобы его ось была ориентирована перпендикулярно оси пульсирующего магнитного потока, созданного обмотками синхронизации. В этом случае оси обмоток $V_{д}$ и V_{II} будут сдвинуты в пространстве на 90° и напряжение на выводах обмотки V_{II} будет равно нулю. На усилитель не будет подаваться сигнал, и он не будет давать питание на исполнительный двигатель. Система будет неподвижна.

Если теперь повернуть ротор СД на какой-либо угол Θ , то токи в обмотках синхронизации изменятся, и ось магнитного потока в сельсине-приемнике СП повернется на тот же угол. При этом появится напряжение на обмотке V_{II} , пропорциональное $\sin \Theta$. На вход усилителя поступит сигнал. Усиленный сигнал от усилителя поступит на исполнительный двигатель, который приведет в действие исполнительный механизм и одновременно повернет ротор СП в такое положение, когда его обмотка V_{II} снова будет сдвинута на 90° относительно оси обмотки $V_{д}$. В этом положении подача сигнала на усилитель прекращается и привод останавливается. Таким образом исполнительный механизм будет повторять повороты или вращение ротора СД.

Дифференциальные сельсины. ДС используют в тех случаях, когда требуется поворачивать ведомую ось O_2 на угол, равный сумме или разности углов поворота двух ведущих осей O_1 и O_1' [1, рис. 5.6].

При этом с ведущими осями механически связаны два сельсин-датчика СД₁ и СД₂, а с ведомой осью – ДС. Сельсины-датчики выполнены обычно, т. е. имеют однофазную обмотку возбуждения и трехфазную обмотку синхронизации. Конструкция ДС подобна конструкции трехфазного асинхронного двигателя: он имеет на статоре и роторе по три распределенных обмотки, оси которых сдвинуты на 120° ; обмотка статора присоединена к обмотке синхронизации СД₂, а обмотка ротора – к обмотке синхронизации СД₁.

В рассматриваемой схеме при любых углах поворота Θ_1 и Θ_2 роторов датчиков СД₁ и СД₂ в цепях обмоток синхронизации проходят токи, определяемые ЭДС, индуцированными в фазах соответствующих обмоток. Эти токи в ДС, являющемся приемником, создают магнитодвижущую силу (МДС) статора F_1 и МДС ротора F_2 , которые так же, как и при работе сельсинов в трансформаторном режиме, смещены относительно оси первой фазы статора и ротора (от которой ведется отсчет) соответственно на углы Θ_1 и Θ_2 .

Если векторы МДС статора и ротора Θ_1 и Θ_2 занимают одинаковые положения в пространстве, то между статором и ротором существуют только радиальные силы притяжения. При $\Theta_1 \neq \Theta_2$ между векторами МДС ротора и статора образуется угол $\Theta = \Theta_1 + \Theta_2$ (знак «-» при повороте роторов датчиков в одну сторону и «+» при повороте роторов датчиков в противоположные стороны). В результате этого появляется синхронизирующий момент, под действием которого ротор дифференциального сельсина поворачивается в сторону оси МДС статора F_1 , т. е. происходит обработка угла Θ .

5.1.3.2. Тахогенераторы

Тахогенераторами называют электрические машины, выходная ЭДС которых пропорциональна угловой скорости ротора. Поскольку генерируемая в электрических машинах ЭДС пропорциональна скорости ротора, в качестве ТГ может быть использован любой тип электрического генератора: синхронный, асинхронный, постоянного тока, индукционный и т. д. В идеальном случае ТГ должен давать на выходе напряжение, пропорциональное частоте вращения:

$$U = k \cdot n \text{ или } U = k \frac{d\Theta}{dt},$$

где n – частота вращения, об/мин; Θ – угол, на который перемещается вал механизма, связанного с тахогенератором; k – постоянный коэффициент.

Эту зависимость, являющуюся основной, называют выходной характеристикой тахогенератора.

В автоматических системах наибольшее распространение получили два типа ТГ: асинхронные и постоянного тока.

ТГ постоянного тока выполняют с постоянными магнитами на статоре или с электромагнитным возбуждением от независимого источника постоянного тока. В них используют якорь обычного типа с барабанной обмоткой, а также полый или дисковый с печатной обмоткой. При неизменном токе возбуждения I_B , т. е. при неизменном потоке Φ , ЭДС пропорциональна частоте вращения, что является основой для использования машины постоянного тока в качестве ТГ:

$$E = c \cdot \Phi \cdot n,$$

где c – постоянный коэффициент.

Его выходное напряжение

$$U = E - I_a \sum R_a = E - U \frac{\sum R_a}{R_H},$$

где I_a – ток ТГ; R_H – сопротивление нагрузки; R_a – сопротивление ТГ.

Уравнение выходной характеристики тахогенератора:

$$U = \frac{E}{1 + \frac{\sum R_a}{R_H}} = \frac{c\Phi n}{1 + \frac{\sum R_a}{R_H}}.$$

При идеализированных условиях (при $\Phi = \text{const}$ и $\sum R_a = \text{const}$) характеристики являются линейными, а их угол наклона к оси абсцисс уменьшается при снижении сопротивления нагрузки. Следовательно, ТГ можно применять только при неизменной нагрузке, т. е. совместно с индикатором или другим устройством, на который рассчитан данный ТГ.

Крутизна выходной характеристики современных ТГ постоянного тока $S = 3 \dots 100$ мВ/(об/мин), где меньшие значения относятся к ТГ с постоянными магнитами. Наиболее распространены ТГ с номинальной частотой вращения $n = 1\,500 \dots 3\,000$ об/мин.

Погрешности выходной характеристики. Выходная характеристика ТГ практически отклоняется от линейного закона в результате размагничивающего действия реакции якоря, наличия нелинейного сопротивления в переходном контакте между коллектором и щетками и изменения тока возбуждения из-за увеличения сопротивления обмотки возбуждения при ее нагревании.

Размагничивающее действие реакции якоря проявляется при возрастании частоты вращения n , так как при этом повышается напряжение U , увеличивается ток I_a тахогенератора, а следовательно, и МДС якоря F_a . Поэтому при повышенных частотах вращения выходное напряжение U возрастает медленнее, чем увеличивается частота вращения. Чтобы уменьшить влияние размагничивающего действия реакции якоря, в цепи нагрузки желательно иметь максимально большое сопротивление R_H и ТГ должен работать при небольших относительных частотах вращения.

Нелинейный характер сопротивления щеточного контакта также создает определенную погрешность по сравнению с идеализированной характеристикой.

При этом выходная характеристика остается линейной, однако в области малых частот вращения ТГ становится нечувствительным к изменению Δn – появляется зона нечувствительности. Для уменьшения погрешности, создаваемой падением напряжения $\Delta U_{щ}$ под парой щеток, в ТГ применяют металлографитовые щетки, у которых величина $\Delta U_{щ}$ незначительна.

Нагревание обмотки возбуждения ТГ приводит к увеличению ее сопротивления R_B , вследствие чего уменьшаются ток возбуждения, магнитный поток и выходное напряжение. Чтобы при повышении температуры обмотки возбуждения ток возбуждения изменялся незначительно, после-

довательно с ней включают либо терморезистор, который стабилизирует сопротивление цепи обмотки возбуждения, либо добавочный резистор с сопротивлением $R_{доб} \gg R_H$, выполненный из материала с малым температурным коэффициентом сопротивления. Кроме того, чтобы уменьшить влияние тока возбуждения на магнитный поток, ТГ часто выполняют с сильно насыщенной магнитной системой.

Достоинствами ТГ постоянного тока являются: малые габариты и масса при большой выходной мощности; отсутствие фазовой погрешности, что обусловлено работой на активную нагрузку; кроме того, в ТГ с постоянными магнитами не требуется иметь вспомогательный источник электрической энергии для возбуждения.

5.1.3.3. Электромашинные усилители

Электромашинные усилители представляют собой специальные электрические генераторы постоянного или переменного тока, выходная мощность которых может изменяться в широких пределах за счет изменения мощности управления. Отношение выходной мощности к мощности управления называют коэффициентом усиления по мощности. Современные ЭМУ имеют весьма большие коэффициенты усиления, необходимые для усиления сравнительно слабых управляющих сигналов.

Простейшим ЭМУ является обычный генератор постоянного тока с независимым возбуждением, у которого, как известно, мощность, подаваемая на обмотку возбуждения (управления), во много раз меньше мощности, получаемой на выходе от обмотки якоря. Усиление мощности в этой машине происходит за счет механической энергии, поступающей от приводного двигателя, что характерно для всех других ЭМУ. Однако в генераторах с независимым возбуждением нельзя получить большие коэффициенты усиления, необходимые для современных систем автоматического регулирования, поэтому разработан ряд специальных машин.

Существуют различные типы ЭМУ постоянного и переменного тока с различными принципами действия. Различают ЭМУ продольного поля (с одной ступенью усиления) и ЭМУ поперечного поля (с двумя ступенями).

Наиболее распространены ЭМУ поперечного поля [1, рис. 5.7]. Такой ЭМУ представляет собой генератор постоянного тока, обычно двухполюсный с двумя парами щёток на коллекторе. На полюсах статора расположены одна или несколько обмоток возбуждения, чаще называемые обмотками управления (ОУ). При подаче управляющего сигнала U_y на ОУ по ней проходит ток I_y , который создает небольшой продольный поток Φ_y , направленный вдоль оси $d-d$. При вращении якоря этот поток индуцирует ЭДС E_q , которая достигает наибольшего значения на щётках $a-a$ и равна нулю на щётках $b-b$. Так как якорь замкнут накоротко щётками $a-a$, сум-

марное сопротивление короткозамкнутой поперечной цепи R_a мало, то даже при незначительной ЭДС в цепи (обмотке) якоря возникает достаточно большой ток I_q :

$$I_q = \frac{E_q}{R_a}.$$

Этот ток создаёт сильное поперечное магнитное поле (магнитный поток Φ_{aq}). При вращении якоря в поперечном поле на щётках $b-b$, связанных с внешней цепью, индуцируется ЭДС E_d . В результате этого во внешней цепи возникает большой ток нагрузки I_d , обуславливающий большую выходную мощность:

$$I_d = \frac{E_d}{R_H + \sum R_a}.$$

МДС якоря F_{ad} , создаваемая током I_d , направлена встречно МДС обмотки управления F_y , поэтому продольный поток якоря Φ_{ad} будет размагничивать машину. Для компенсации МДС F_{ad} на статоре ЭМУ помещают компенсационную обмотку К, которую включают в цепь нагрузки; для точного регулирования МДС компенсационной обмотки F_K параллельно ей присоединяют шунтирующий реостат $R_{ш}$.

Коэффициент усиления ЭМУ представляет собой отношение выходной мощности к входной:

$$K_y = \frac{P_{\text{вых2}}}{P_{\text{вх1}}}.$$

ЭМУ с поперечным полем можно рассматривать как генератор постоянного тока, состоящий из двух ступеней, включенных в каскад. В первой ступени магнитный поток создается ОУ, а выходной обмоткой служит обмотка якоря, замкнутая накоротко проводником, включенным между поперечными щётками. Выходная мощность первой ступени $P_{\text{вых1}}$ является одновременно входной мощностью второй ступени $P_{\text{вх2}}$.

Учитывая, что $P_{\text{вых1}} = P_{\text{вх2}}$, коэффициент усиления

$$K_y = \frac{P_{\text{вых2}}}{P_{\text{вх1}}} = \frac{P_{\text{вых1}}}{P_{\text{вх1}}} \frac{P_{\text{вых2}}}{P_{\text{вх2}}} = K_{y1} K_{y2},$$

где $K_{y1} = \frac{P_{\text{вых1}}}{P_{\text{вх1}}}$ – коэффициент усиления первой ступени; $K_{y2} = \frac{P_{\text{вых2}}}{P_{\text{вх2}}}$ – коэффициент усиления второй ступени.

Обычно при мощности машины до нескольких киловатт ЭМУ и приводной асинхронный двигатель располагают в общем корпусе. Они имеют общий вал, на котором устанавливают пакет ротора приводного двигателя, якорь усилителя и его коллектор.

5.2. Система вращения и наклона антенны радиолокационной станции П-18Р

5.2.1. Назначение, состав и технические характеристики системы вращения и наклона антенны

Система вращения и наклона антенны служит для обеспечения вращения антенны в горизонтальной плоскости и поворота стрел антенны в вертикальной плоскости.

При автономной работе станции СВНА обеспечивает следующие режимы работы:

- режим кругового вращения антенны со скоростями $2\pm 0,2$; $4\pm 0,2$ или $6\pm 0,3$ об/мин (режим стабильных скоростей вращения);
- режим плавного изменения скорости вращения антенны от 0,4 до 6 об/мин с реверсированием;
- режим замедленной плавной скорости вращения антенны от 0 до 3 об/мин с реверсированием (для снятия ДНА в горизонтальной плоскости).

СВНА обеспечивает вращение антенны при следующих ветровых нагрузках и гололеде:

- при скорости ветра до 20 м/с без гололеда обеспечивается работа на скоростях 2, 4 и 6 об/мин;
- при скорости ветра до 30 м/с без гололеда – 2 об/мин;
- при скорости ветра до 10 м/с и гололеде толщиной до 10 мм – 2, 4 и 6 об/мин.

При сопряжении с другими радиотехническими средствами, когда РЛС используется в качестве ведомой, система вращения обеспечивает режим слежения (синхронно-синфазного вращения) антенны за ведущей антенной другой РЛС, вращающейся со скоростью не более 6 об/мин.

Привод наклона СВНА обеспечивает поворот траверсы антенны в пределах от -5 до $+15^\circ$ относительно горизонтального положения стрел.

При автономной работе РЛС заданные режимы вращения антенны обеспечивают следующие блоки системы [1, рис. 5.8]: привод вращения антенны (блок 31), блок коммутации СВНА (блок 32), ЭМУ (блок 41), элементы управления, расположенные в АПУ (блок 11М) и ВПУ (блок 22М).

При работе СВНА в режиме слежения, помимо вышеуказанных блоков, также используются блок сельсинов-приемников (блок 29) и блок усилителя силового следящего привода (блок 37).

5.2.2. Структурная схема системы вращения и наклона антенны

При работе СВНА в режиме автономного вращения в качестве датчика стабильных скоростей вращения используется источник постоянного тока.

Со специального УПТ блока 32 напряжение управления, пропорциональное заданной скорости вращения, подается на ЭМУ (блок 41), с выхода которого напряжение якоря через блок 32 поступает на якорь электродвигателя привода вращения (блок 31) [1, рис. 5.8].

Напряжение возбуждения на электродвигатель привода вращения (+220 В) подается постоянно. Под действием приложенных напряжений привод вращает антенну с заданной скоростью, стабильность скорости обеспечивается использованием в УПТ в качестве сигнала обратной связи напряжения с тахогенератора М2 блока 31.

СВНА в режиме плавного изменения скорости представляет собой разомкнутую слеящую систему, когда не используются сигналы обратных связей.

Напряжение управления на обмотки ЭМУ подается с СД блока 11М (блок 22М) после фазового детектирования в блоке 32. В режиме замедленной плавной скорости вращения напряжение на входе ФД меньше, чем в предыдущем случае, за счет падения напряжения на резисторе, подключаемом последовательно в цепь выходного напряжения СД скорости.

Работа СВНА в режиме слежения качественно отлична от работы в режиме стабильных и плавных скоростей. В этом режиме СВНА представляет собой одноканальную замкнутую слеящую систему с использованием СД грубого отсчета (ГО), которая позволяет изменять коэффициент усиления системы в зависимости от величины угла рассогласования в положениях ведущей и ведомой антенн.

Напряжение синхронизации канала ГО с ведущего изделия поступает на СП ГО блока 29, включенный в трансформаторном режиме. При вращении антенны ведущего изделия напряжение рассогласования с СП М2 блока 29 поступает на усилитель силового слеящего привода (блок 37). Усиленное напряжение рассогласования через блок коммутации СВНА (блок 32) в виде напряжения управления поступает на ЭМУ (блок 41). С выхода ЭМУ усиленный по напряжению и мощности сигнал поступает на электродвигатель М1 привода вращения (блок 31), который поворачивает антенну и СП блока 29 в сторону уменьшения напряжения рассогласования. Для устойчивой работы СВНА в режиме «Слежение» с заданной ошибкой слежения применены обратные связи.

Сигнал положительной обратной связи потоку поступает на усилитель силового слеящего привода (блок 37) с компенсационной обмотки

ЭМУ (блок 41), а сигнал отрицательной обратной связи по напряжению подается с тахогенератора М2 привода вращения (блок 31).

Управление СВНА (включение и выключение системы, выбор и переключение режимов работы), а также управление приводом наклона стрел антенны производится с помощью блока коммутации СВНА (блок 32) по командам, поступающим с АПУ (блок 11М) или ВПУ (блок 22М).

В качестве основного первичного источника питания блоков системы используется стабилизированное трехфазное напряжение 220 В, 50 Гц с блока распределения питания (блок 34).

Питание приводного электродвигателя ЭМУ производится нестабилизированным трехфазным напряжением 220 В, 50 Гц блока 34.

В режиме «Слежение» для обеспечения работоспособности системы подается напряжение 220 В, 50 Гц от ведущего изделия, синфазное с напряжением возбуждения СД канала ГО ведущего изделия.

Основные вторичные источники питания системы представлены выпрямителями +220 В, +50 В, +110 В блока 32, +26 В, –24 В блока 34, стабилизированным источником + 110 В блока 36.

5.2.3. Работа системы вращения и наклона антенны в режиме стабильных скоростей вращения

Включение режима кругового вращения со стабильными скоростями 2, 4, 6 об/мин производится нажатием соответствующих кнопок на блоке 11М при управлении с АПУ или на блоке 22М при управлении с ВПУ [1 рис. 5.9].

При управлении с АПУ команды 2, 4, 6 после нажатия соответствующей кнопки поступают на блок 32, включая реле Р14, Р15 или Р18 через контакты реле Р24. Реле Р24 вместе с реле Р19 срабатывает, когда датчик плавной скорости Сс1 блока 11М установлен в нулевое положение. Реле Р19 обеспечивает включение реле Р16.

Реле Р14, Р15 или Р18 своими контактами включают реле Р12 и Р13, которые встают на самоблокировку.

Реле Р12, срабатывая, своими контактами обеспечивает:

- размыкание цепи питания тормозной электромагнитной муфты ЭМ1 блока 31, которая служит для удержания остановленной антенны;
- срабатывание контактора Р6 блока 32, который своими нормально разомкнутыми контактами подключает приводной электродвигатель ЭМУ (блок 41) к пониженному автотрансформатором Тр1 блока 32 напряжению питания (по схеме «звезда»), создавая тем самым нормальные условия для разгона ($\approx 50\%$ по U);
- подачу напряжения на реле времени Р8 блока 32.

По истечении 7–10 с реле времени Р8 замыкает свои контакты и подает питание на реле Р10 и контактор Р9. Kontakтами контактора Р9 на обмотки приводного двигателя ЭМУ подается полное напряжение питающей сети (обмотки включаются по схеме «треугольник»). Реле Р10 включается и своими контактами подготавливает цепь подключения напряжения к обмоткам управления ЭМУ.

Напряжение на ОУ ЭМУ подается с УПТ блока 32. Датчиками стабильных скоростей являются резисторы $R40$, $R41$, $R42$, подключенные к источнику постоянного стабилизированного напряжения 110 В, с помощью которых производится начальная установка стабилизированных скоростей 2, 4 или 6 об/мин в зависимости от срабатывания реле Р14, Р15, Р18.

УПТ выполнен на лампе Л11. Нагрузкой усилителя являются ОУ ЭМУ, включенные встречно. Потенциометр $R21$ (БАЛАНС УПТ) предназначен для выравнивания токов в плечах лампы Л11 при отсутствии входного сигнала на сетках.

На вход УПТ напряжение поступает с мостовой схемы, на одно плечо которой ($R19$, $R23$) напряжение подается с датчиков стабильных скоростей, а на другое ($R23$, $R25$) – напряжение с тахогенератора М2 блока 31, пропорциональное скорости вращения антенны.

При отсутствии сигнала на входе усилителя через ОУ ЭМУ протекают токи, равные по величине, но направленные встречно, при этом результирующий магнитный поток в ОУ ЭМУ будет равен нулю, вследствие чего выходное напряжение ЭМУ также равно нулю.

При включении одной из скоростей 2, 4 или 6 об/мин на диагонали моста, состоящего из резисторов $R18$, $R19$ и $R22$, $R23$, $R25$, подается управляющее напряжение, соответствующее включенной скорости. При этом с плеча моста, состоящего из резисторов $R18$, $R22$, через ограничивающие резисторы $R16$ и $R24$ управляющее напряжение подается на сетки лампы Л11, в результате которого левая половина лампы открывается, а правая половина этой лампы закрывается. Ток, протекающий в плече левой половины лампы Л11 и через обмотки управления ЭМУ ОIII–ОIII, ОIV–ОIV, увеличивается, а протекающий в плече правой половины лампы и через обмотки ОI–ОI, ОII–ОII уменьшается. В результате разности токов появляются результирующий магнитный поток возбуждения ЭМУ и напряжение на выходе ЭМУ, которое подается на обмотку якоря электродвигателя вращения М1 блока 31. Вал электродвигателя начинает вращаться и через механическую передачу вращать антенну.

Для обеспечения стабильности вращения используется напряжение обратной связи, снимаемое с ТГ блока 31, которое подается на другую диагональ моста, состоящую из резисторов $R23$, $R22$, $R25$. С плеча моста резисторов $R18$, $R22$ на сетки лампы Л11 поступает напряжение обратной связи

встречно управляющему напряжению и воздействует на его величину при отклонениях скорости вращения антенны от заданного значения. В случае уменьшения скорости вращения антенны напряжение обратной связи уменьшится, поэтому напряжение на сетке левой половины лампы Л11 увеличится, а на сетке правой половины этой лампы уменьшится, в результате этого ток правой половины лампы Л11 уменьшится, а ток левой половины этой лампы увеличится. При этом напряжение на выходе ЭМУ увеличится и скорость антенны восстановится до заданного значения.

Сигнал дополнительной обратной связи по току с компенсационной обмотки ЭМУ подается на потенциометр ($R26$) УСИЛ. ОС, а с потенциометра через диод отсечки Д9 поступает на резисторы $R11$ и $R14$, с которых через ограничивающие резисторы $R9$ и $R15$ подается на каскад дополнительной обратной связи по току, собранный на лампе Л7. Аноды лампы Л7 параллельно соединены с анодами лампы Л11 УПТ. При этом за счет изменения анодных токов лампы Л7 изменяются токи, протекающие через ОУ ЭМУ, и дополнительно стабилизируют скорость вращения антенны.

В цепь катода включен потенциометр $R12$ (БАЛАНС ОС), с помощью которого устанавливается равенство токов обеих половин лампы при отсутствии входного сигнала на сетках.

Измерение скорости вращения антенны производится микроамперметром ИП1 блока 32, шкала которого откалибрована в масштабе 10 мкА – скорость 1 об/мин. На клеммы микроамперметра подается напряжение с тахогенератора М2 блока 31, пропорциональное скорости вращения антенны. Измерение нестабильности скорости вращения производится компенсационным методом с помощью микроамперметра ИП1 блока 32, который реагирует на разность токов от источника постоянного напряжения 50 В, подаваемого от выпрямителя Д4 и напряжения ТГ М2 блока 31. Равенство токов через микроамперметр ИП1 устанавливается резистором $R27$ (КОМПЕНС), что соответствует нулевому положению стрелки микроамперметра ИП1. При отклонениях скорости вращения в сторону увеличения или уменьшения напряжение с обмотки якоря ТГ М2 также изменяется и равенство токов через микроамперметр нарушается. При этом стрелка прибора отклоняется от нулевого положения на число делений, соответствующее нестабильности вращения антенны. Шкала микроамперметра откалибрована в масштабе 10 мкА – нестабильность 1 %.

Выключение режима стабильных скоростей производится по команде «Стоп» после нажатия кнопки на АПУ. По этой команде разрывается цепь питания реле Р12, Р13, которые отключаются и размыкают коммутируемые ими цепи. На время нажатия кнопки СТОП отключается реле Р17, контактами которого разрывается цепь питания реле Р10. Реле Р10 отключается и выключает привод.

5.2.4. Работа системы вращения и наклона антенны в режиме плавного изменения скорости

Управление режимом плавного изменения скорости вращения антенны производится как с АПУ, так и с ВПУ. Перед включением данного режима с АПУ (ВПУ) ротор сельсина «Скорость» на блоке 11М (блок 22М) устанавливается в нулевое положение.

Микровыключатель В6 блока 11М обеспечивает защиту антенны от перегрузок в момент включения, если датчик находится не в нулевом положении. При этом срабатывает реле Р19 блока 32 от источника +26 В через контакты В6, обеспечивая включение реле Р16, контактами которого подается напряжение на тормозную электромагнитную муфту ЭМ1 блока 31. Муфта срабатывает и затормаживает антенну.

При управлении с АПУ команда «Плавно» (при нажатии кнопки включения этого режима) поступает на вход блока 32 и замыкает цепь включения реле Р21, Р22 блока 32. Контактными этими реле включается контактор Р6 и реле времени Р8. Контактор Р6 и реле Р8 срабатывают и производят такую же коммутацию, как при включении скоростей в режиме кругового вращения, при этом отключается тормозная электромагнитная муфта ЭМ1 блока 31, антенна растормаживается, а ОУ ЭМУ подключаются к выходу фазочувствительного выпрямителя (ФЧВ) блока 32.

ФЧВ предназначен для преобразования переменного напряжения в постоянное напряжение с полярностью, соответствующей фазе входного напряжения в режимах плавного изменения скорости и замедленной плавной скорости вращения антенны.

Выпрямитель собран на диодах Д2, Д3, конденсаторах С1, С2 и резисторах R4, R5. К выпрямителю подведены два напряжения: входное напряжение с роторных обмоток СД «Скорость» блока 11М или блока 22М и опорное напряжение 50 В, 50 Гц, поступающее со вторичной обмотки трансформатора Тр2. К выходу ФЧВ через контакты реле Р21 подключаются ОУ ЭМУ.

Когда ротор СД «Скорость» блока 11М или 22М установлен в нулевое положение, входное напряжение выпрямителя равно нулю, так как поступает только опорное напряжение. В этом случае в течение положительного полупериода равные токи, протекающие через оба диода и соответствующие обмотки ЭМУ в противоположных направлениях, создают результирующий магнитный поток, равный нулю, вследствие чего выходное напряжение ЭМУ также равно нулю. В отрицательный полупериод оба диода заперты и ток не проводят.

В том случае, когда ротор СД «Скорость» находится не в нулевом положении, т. е. повернут относительно нулевого положения на некоторый

угол, с его роторной обмотки на вход ФЧВ подается переменное напряжение определенной величины и фазы. Входное напряжение делится на резисторах $R4$ и $R5$ и в противофазе приложено к диодам $D2$ и $D3$.

Если напряжение на резисторе $R4$ совпадает по фазе с опорным напряжением, то оно сложится с ним, тогда как на резисторе $R5$, противоположное по фазе опорному напряжению, вычитается из него. Поэтому напряжение на ОУ ЭМУ $OI-OI$, $OII-OII$ будет больше, чем на обмотках управления $OIII-OIII$, $OIV-OIV$.

Таким образом, равенство токов в ОУ ЭМУ будет нарушено и появится некоторый результирующий магнитный поток возбуждения ЭМУ. При повороте ротора СД «Скорость» через нулевое положение фаза входного напряжения изменяется на 180° , при этом результирующий магнитный поток меняет направление, что вызывает изменение полярности выходного напряжения ЭМУ. В результате изменится направление вращения антенны. Скорость вращения зависит от угла поворота ротора СД от нулевого положения. Конденсаторы $C1$ и $C2$ служат для сглаживания пульсаций постоянного напряжения на выходе ФЧВ.

При повороте ротора СД «Скорость» через нулевое положение кулачком механизма кратковременно замыкаются контакты микровыключателя блока 11М или 22М. При этом отключаются ОУ ЭМУ от выхода ФЧВ блока 32, тем самым предохраняя антенну от реверса. Антенна под действием инерции будет продолжать вращаться в прежнем направлении, вращая электродвигатель $M1$ блока 31, который вследствие этого переходит в генераторный режим. Вырабатываемая электродвигателем электроэнергия гасится в сопротивлении обмотки якоря ЭМУ и этим обеспечивается режим динамического торможения. По мере снижения скорости вращения антенны величина напряжения, снимаемого с обмотки якоря ТГ $M2$ блока 31, уменьшается до значения, при котором возможно включение вращения антенны. ОУ ЭМУ подключаются к ФЧВ и антенна начинает вращаться в другую сторону.

Выключение режима плавного изменения скорости производится по команде «Стоп» после нажатия кнопки на АПУ. По этой команде замыкаются цепи питания реле включения данного режима в блоке 32 и электропривод вращения выключается.

При переводе управления станцией с АПУ на ВПУ команда управления «Плавно» на вход АПУ поступает с ВПУ. Включение режима замедленной плавной скорости вращения антенны производится только с АПУ за счет размыкания контактов тумблера $B3$ блока 17.

При этом часть выходного напряжения СД $Cs1$ блока 11М гасится на резисторе $R2$, что приводит к уменьшению управляющего напряжения на ЭМУ и, как следствие, уменьшению скорости вращения антенны.

5.2.5. Работа системы вращения и наклона антенны в режиме слежения

Сопряжение РЛС по вращению с другими радиотехническими средствами, когда она используется в режиме ведомой станции, обеспечивается одноканальной следящей системой.

При наличии рассогласования в положениях антенны ведущего и ведомого изделия напряжение синхронизации с СД ведущего изделия (с передаточным отношением 1:1) поступает на СП М2 блока 29 [1, рис. 5.10]. При вращении антенны ведущего изделия напряжение рассогласования с СП М2 блока 29 поступает на вход усилителя силового следящего привода (блока 37).

Усилитель силового следящего привода предназначен для управления ЭМУ (блок 41) при работе привода в режиме слежения.

В состав усилителя входят:

- фазочувствительный усилитель (ФЧУ);
- усилитель низкой частоты (УНЧ);
- сумматор;
- модуляторы;
- дифференцирующий контур;
- схема включения привода в согласованном положении, состоящая,

в свою очередь, из ФЧВ, электронного фильтра, триггера и исполнительных реле.

Напряжение рассогласования поступает на вход УНЧ через сумматор. Сумматор предназначен для сложения сигналов рассогласования и обратных связей на входе УНЧ. УНЧ предназначен для предварительного усиления сигналов рассогласования и обратных связей.

Усилитель выполнен на транзисторах по обычной схеме с выходом на ФЧУ. Вход усилителя защищен диодами Д1, Д2 от значительных превышений напряжений рассогласования. В нормальном режиме при малых уровнях сигналов диоды Д1, Д2 имеют высокое сопротивление как в прямом, так и в обратном направлениях. С выхода УНЧ подается на ФЧУ.

ФЧУ предназначен для пропорционального преобразования переменного напряжения рассогласования в постоянное с полярностью, определяемой фазой напряжения рассогласования, а также для дальнейшего усиления по напряжению и мощности.

Выход ФЧУ подключается контактами исполнительного реле Р1 к ОУ ЭМУ в том случае, если антенны ведущего и ведомого изделий будут находиться в согласованном положении.

Включение режима слежения может производиться в любой момент времени, когда разность в положениях антенн может достигать значитель-

ных величин. Без принятия специальных мер в элементах конструкции привода вращения и АМУ могут возникнуть значительные опасные перенапряжения в момент вхождения антенны в синхронизм. Поэтому в блоке 37 предусмотрены элементы, которые обеспечивают включение силового следящего привода в те моменты времени, когда ошибка в положениях антенн становится минимальной. Это достигается с помощью ФЧВ, электронного фильтра, триггера и исполнительных реле, подключающих управляющее напряжение на ЭМУ в согласованном положении антенн и при соответствии полярности управляющего напряжения направлению вращения антенны ведущего изделия. Этим самым обеспечивается включение режима слежения методом «вдогон». ФЧВ предназначен для преобразования переменного напряжения в пульсирующее с полярностью, определяемой фазой напряжения рассогласования СП ГО. Сигнал с выхода ФЧВ поступает на вход электронного фильтра. Электронный фильтр служит для фильтрации пульсаций напряжения частотой 50 Гц.

Сигнал с выхода электронного фильтра поступает на вход триггера. Триггер предназначен для формирования импульсов при переходе фазы напряжения рассогласования (ГО) из отрицательного полупериода в положительный, которые включают реле Р1. Реле Р1 срабатывает и своими контактами подключает ОУ ЭМУ к выходу ФЧУ.

Усиленный и преобразованный в постоянное напряжение сигнал рассогласования с ФЧУ поступает на ОУ ЭМУ, а с ЭМУ усиленный по напряжению и мощности сигнал поступает на якорь исполнительного электродвигателя М1 блока 31. Электродвигатель начинает вращать антенну синхронно с антенной ведущего изделия, поворачивая одновременно ось СП М2 блока 29, включенного в трансформаторном режиме, в сторону уменьшения напряжения рассогласования (ошибки слежения).

Для стабилизации работы электропривода в режиме «Слежение» используются положительная и отрицательная обратные связи. Сигнал положительной обратной связи по току поступает с компенсационной обмотки ЭМУ, сигнал отрицательной обратной связи по напряжению – с якоря ТГ М2 блока 31.

Напряжение ТГ блока 31 подается в блок 37, где предварительно дифференцируется в двойном дифференцирующем контуре. Двойной дифференцирующий контур является корректирующим устройством, позволяющим получить производные от поступающего на него сигнала и использовать их для стабилизации скорости вращения антенны.

Дифференцирующий контур имеет два выхода. Напряжение, пропорциональное первой производной от напряжения ТГ М2 блока 31, т. е. ускорению вращения антенны, подается на модулятор Т1. Со второго выхода контура напряжение, пропорциональное второй производной, т. е. рывкам антенны, подается на тот же модулятор.

Сигнал обратной связи с компенсационной обмотки ЭМУ поступает непосредственно на модулятор Т2 блока 37.

Модуляторы необходимы для преобразования сигналов постоянного тока в пропорциональные сигналы переменного тока с частотой модуляции 50 Гц, так как структурно усилитель силового следающего привода (блок 37) выполнен по принципу «модуляция – усиление – демодуляция». Такое исполнение усилителя позволяет качественно улучшить его работу (уменьшается дрейф нуля и др.).

Сигналы обратных связей с выходов модуляторов поступают на сумматор УНЧ, где складываются с сигналом рассогласования (ГО) и в виде общего сигнала поступают на УНЧ и далее по схеме, как это описано выше.

5.2.6. Работа системы вращения и наклона антенны в режиме наклона

Управление приводом наклона стрел антенны вверх (вниз) относительно горизонтального положения стрел производится специальными органами управления, размещенными на АПУ и ВПУ.

При управлении с АПУ включение привода наклона осуществляется переключателем ВВЕРХ–ВНИЗ (В2) блока 11М [1, рис. 5.11].

В положении ВВЕРХ переключателя В2 напряжение +26 В источника питания поступает через нормально замкнутые контакты реле Р1 на электродвигатель наклона М5 блока 31. Электродвигатель М5 начинает вращаться и производит наклон стрел антенны. В конечном положении, т. е. при повороте стрел антенны на +15°, кулачок, жестко связанный с механизмом наклона, замыкает контакты концевого выключателя В1 блока 31, и напряжение +26 В подается на обмотку реле Р1, которое сработает и выключит электродвигатель наклона.

В положении ВНИЗ переключателя В2 напряжение +26 В от источника питания поступает через нормально замкнутые контакты микровыключателя В2 на реле Р1, которое сработает и своими контактами подаст питание на электродвигатель наклона. Причем полярность напряжения на обмотке якоря электродвигателя наклона изменяется, поэтому электродвигатель наклона начинает вращаться в противоположную сторону. Как только стрелы антенны возвратятся в нижнее положение, кулачок разомкнет контакты концевого выключателя В2 блока 31 и отключит реле Р1, которое выключит электродвигатель наклона, и последний остановится.

При повороте траверсы поворачивается и ротор СД угла наклона антенны (М4), напряжение синхронизации с которого поступает на СП М1

блока 32, работающий в индикаторном режиме. По показаниям шкалы сельсина ведется отсчет угла наклона вниз до 5 или вверх до 15°.

При управлении с ВПУ индикация наклона производится с помощью СП М1 блока 26, работающего в индикаторном режиме.

Остановка привода в любом промежуточном положении производится установкой переключателем ВВЕРХ–ВНИЗ на блоках 11М или 22М в среднее положение.

5.3. Система передачи азимута радиолокационной станции П-18Р

Для передачи на системы станции напряжений, соответствующих положению антенны РЛС по азимуту, предназначена СПА.

При сопряжении с другими радиоэлектронными средствами СПА выдает на них импульсы азимутального масштаба и напряжения, соответствующие положению антенны РЛС по азимуту. СПА обеспечивает выдачу напряжений для формирования РКР и создания ОА масштабной сетки ИКО и ВИКО. При этом истинный отсчет координат цели (по азимуту) производится после предварительного ориентирования РЛС с помощью специальных устройств системы. Кроме того, СПА обеспечивает работоспособность СКДВ системы СДЦ, работоспособность автоматических устройств управления режимами излучения РЛС, а также привода вращения НРЗ путем выдачи на них напряжений с соответствующих датчиков системы.

В зависимости от конкретного вида сопряжения СПА не только выдает на ведомое изделие импульсы азимутального масштаба и напряжения синхронизации, но и может обеспечивать управление установкой антенны сопрягаемого изделия на любой заданный азимут, а также выдачу напряжения рассогласования антенн РЛС и ведомого изделия, обеспечивая взаимную сигнализацию операторов в необходимом объеме.

В состав СПА входят [1, рис. 5.12]:

- блок СП (блок 29);
- блок СД (блок 28);
- ВТ М1 в шкафу 1б;
- устройство управления излучением в блоке 12М (23М);
- синусно-косинусный механизм в блоке 12М (23М);
- СП М1 и М2 в блоке 17, включенные в трансформаторном режиме;
- блок управления визиром (блок 24);
- блок целеуказаний (блок 26).

5.3.1. Функциональная схема системы передачи азимута

Основным вопросом ориентирования РЛС является обеспечение соответствия значения координаты конкретной цели, снятой по масштабной сетке ИКО (ВИКО), реальному значению географической координаты той же цели относительно точки стояния РЛС на данной местности.

СПА с помощью своих датчиков и приемников, расположенных в различных блоках, обеспечивает однозначное соответствие выходных параметров этих устройств положению антенны по азимуту (положению максимума ДНА в горизонтальной плоскости) после предварительного ориентирования.

Отличительной особенностью датчиков блока 28 является их произвольная механическая установка, кроме сельсинов М2 и М4, которые электрически однозначно связаны между собой, но, как и все остальные датчики, при сборке произвольно связаны с угловым (по азимуту) положением антенны. Поэтому в цепях датчиков блока 28 установлены дифференциальные приемники, которые позволяют механическим поворотом роторов с отчетными устройствами устранять несоответствие выходных параметров датчиков блока 28 угловому положению антенны, т. е. производить ориентирование каждого устройства отдельно при первичном развертывании РЛС на данной местности.

Так, с помощью механического поворота сельсинов М1 и М2 блока 17 устанавливается истинное положение нуля относительно известных координат контрольного местного предмета или координат выносного гетеродина (блок 70), измеренных с помощью буссоли. С помощью ВТ М1 шкафа 1б изображение на экранах ИКО (ВИКО) устанавливается в удобное для наблюдений положение и т. д.

В отличие от блока 28 все СД и СП блоков 24 и 29 имеют после заводской регулировки единую электрическую ось, угловое положение которой соответствует азимутальному положению антенны, т. е. на выходе задающих устройств блоков 24 и 29 каждому угловому положению антенны (по азимуту) соответствует одно вполне определенное значение напряжения.

При сопряжении с другими изделиями по вращению возможное несогласование в положениях антенн, предварительно сориентированных (каждого в отдельности) изделий, может быть устранено за счет поворота всех сельсинов блока 29 одновременно с помощью вала ОРИЕНТИР., выведенного наружу блока 29.

Датчиком РКР ИКО (ВИКО) является синусно-косинусный ВТ М1 блока СД (блок 28).

Напряжение возбуждения ВТ (12 В, 2 кГц), синфазное с опорным напряжением ФД блоков горизонтальной и вертикальной разверток ИКО, подается от генератора опорного напряжения блока 25 ИКО.

Выходное синусно-косинусное напряжение с ВТ М1 блока 28 через дифференциальный ВТ М1 шкафа 1б поступает на блоки 7 и 8 ИКО.

Датчиком для формирования азимутальных импульсов 5 (или 10) и 30° является СД М4 блока 28.

Напряжение с этого СД подается на роторные обмотки ДС М1 блока формирователя азимутальных импульсов (блок 17). Со статорных обмоток ДС М1 напряжения поступают на детекторы и фильтры канала формирователя 5° азимутальных импульсов (ОА5).

Датчиком для формирования азимутального импульса ОА0 («Север») служит СД М2 блока 28, ротор которого через редуктор вращается в два раза медленнее вала антенны.

Напряжение синхронизации с СД подается на СП М2 блока 17, работающий в трансформаторном режиме. Такое подключение сельсинов обеспечивает одно нулевое (минимальное) значение напряжения роторной обмотки за один оборот антенны, что соответствует формированию одного импульса ОА0 за один оборот антенны.

В зависимости от режима управления РЛС (с АПУ или ВПУ) к СД М2 блока 28 подключаются СП устройства управления излучением блока 12М или 23М, с помощью которых вырабатываются стробы. Длительность стробов зависит от включенного режима излучения и углового положения антенны по азимуту. С помощью этих стробов производится автоматическое управление режимами хронизатора. При этом начало стробов в пределах оборота антенны может быть изменено поворотом ротора сельсина устройства управления излучением с помощью ручки АЗИМУТ. Истинный отсчет начала стробов производится по шкальному устройству сельсинов после его предварительного ориентирования.

Датчиком для синусно-косинусного устройства системы СДЦ является СД М3 блока 28, напряжение синхронизации с которого поступает на ДС блока 12М или 23М (в зависимости от того, с какого пульта ведется управление станцией).

С выхода синусно-косинусных устройств напряжение управления, пропорциональное радиальной составляющей скорости помехи, поступает на реактивные лампы кварцевых гетеродинов блока 76. Компенсация сигналов от ПП может производиться на любом азимуте, что достигается изменением направления вектора максимального напряжения на выходе синусно-косинусного устройства за счет поворота статора ДС ручкой АЗИМУТ ПОМЕХИ после предварительного ориентирования сельсина.

Датчиком системы вращения антенны НРЗ является СД М5 блока 28, напряжение синхронизации с которого поступает на СП НРЗ, включенный в трансформаторном режиме.

При сопряжении с другими изделиями, когда РЛС используется в режиме ведомой по вращению, напряжение синхронизации канала ГО с ведущего изделия поступает на СП М2 блока 29, включенный в трансформаторном режиме.

При наличии разности в положении антенн ведущего изделия и РЛС напряжение рассогласования с СП блока 29 поступает на усилитель силового привода (блок 37). Усиленное напряжение рассогласования в виде напряжения управления поступает на ЭМУ (блок 41). С выхода ЭМУ сигнал поступает на электродвигатель привода антенны.

Во всех случаях, когда РЛС является ведомой по вращению, разница в положениях предварительно сориентированных изделий устраняется поворотом на соответствующий угол СП М1 и М2 с помощью оси ОРИЕНТИР. блока 29.

При сопряжении с другими изделиями, когда РЛС является ведущей по вращению, напряжение синхронизации каналов ГО и точного отсчета (ТО) с передаточным отношением 1:23 на ведомое изделие поступает с СД М3 и М4 блока 29 при условии подачи на них опорного напряжения с ведомого изделия.

В случае, когда у ведомого изделия используются СД с передаточным отношением 1:36, напряжение синхронизации с СД ведомого изделия подается непосредственно на СП М1 и М2 блока 29. При этом напряжение рассогласования, пропорциональное разности в положениях антенн РЛС и ведомого изделия, подается на следящую систему ведомого изделия.

С помощью блока управления визиром (блок 24) СПА обеспечивает управление установкой антенн сопрягаемых изделий на любой заданный азимут, а с помощью блока 26 обеспечивает целеуказание по дальности в аналоговом виде [1, рис. 5.13].

Визуальный отсчет координат целеуказания на сопрягаемые изделия производится по экрану ВИКО, при этом положение визира соответствует целеуказанию по азимуту, а положение маркера дистанции – целеуказанию по дальности.

Конструкция и фазирование сельсинов блока 24 обеспечивает получение единого электрического нуля всех датчиков, т. е. при установке визира на нуль (по шкальному устройству) обеспечивается автоматическая установка визира (визирной развертки ВИКО), а также антенн сопрягаемых изделий (после отработки их следящих систем) на нуль.

Датчиком визирной развертки ВИКО является ВТ М1 блока 24. С помощью управляющих импульсов развертка ВИКО каждым шестнадцатым импульсом запуска отключается от датчика кругового вращения и на время периода повторения подключается к датчику визирной развертки. Опорное напряжение ВТ М1 блока 24 подается с блока 25 ИКО.

Целеуказание по азимуту возможно на изделия, имеющие передаточные отношения сельсинов ГО и ТО 1:23 (сельсины М2, М3) и 1:30 (сельсины М4 и М5). В последнем случае напряжение рассогласования каналов ГО и ТО в зависимости от ошибки в положениях антенн сопрягаемых изделий через коммутатор каналов блока 26 в виде напряжения подслеживания подается на следящую систему сопрягаемого изделия. При этом обязательным условием нормальной работы коммутатора является подача опорного напряжения с сопрягаемого изделия, синфазного с напряжением возбуждения СД каналов ГО и ТО (через трансформатор блока 26).

Координаты маркера дальности на визирной развертке ВИКО зависят от напряжения, поступающего на схему переменной задержки блока 25 с потенциометрического датчика Э1 ДИСТ. блока 26. При повороте ручки ДИСТ. изменяются не только координаты маркера, но изменяется и напряжение, пропорциональное координатам маркера, выдаваемое на сопрягаемое изделие. Под действием этого напряжения вырабатывается сигнал, координаты которого на экране индикатора сопрягаемого изделия соответствуют координатам маркера дальности на визирной развертке ВИКО.

Взаимная информация между сопрягаемыми изделиями в процессе совместной работы обеспечивается с помощью элементов коммутации и сигнализации.

При переводе управления РЛС на ВПУ оперативный контроль наклона антенны, производимого по соответствующим командам с ВПУ, обеспечивается с помощью СП блока 26, работающего в индикаторном режиме. Напряжение синхронизации на СП поступает с СД наклона М4 блока 31.

Контрольные вопросы

1. Для чего предназначена система вращения и наклона антенны РЛС?
2. Какие основные режимы работы СВНА используются в РЛС РТВ?
3. Какие основные требования предъявляются к СВНА РЛС?
4. Как работает схема системы вращения разомкнутого типа?
5. Для чего в системе вращения используются сельсины?
6. Каков принцип работы сельсинов в индикаторном режиме?
7. Каков принцип работы сельсинов в трансформаторном режиме?
8. Для чего используются дифференциальные сельсины в РЛС?
9. Для чего используются тахогенераторы в РЛС?
10. Что представляют из себя ЭМУ?
11. Какие технические характеристики СВНА РЛС?
12. Как работает СВНА РЛС в режиме автономного вращения?

13. Как работает СВНА РЛС в режиме кругового вращения со стабильными скоростями?
14. Как работает СВНА РЛС в режиме плавного изменения скорости?
15. Как работает СВНА РЛС в режиме слежения?
16. Как производится управление наклоном антенны?
17. Для чего предназначена и что обеспечивает СПА?
18. Каков состав СПА?
19. Как работает СПА по функциональной схеме?
20. Как СПА обеспечивает управление установкой антенн сопрягаемых изделий?

Глава 6

СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ, ЗАЩИТЫ, КОНТРОЛЯ И ХРОНИЗАЦИИ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СТАНЦИИ П-18Р

Динамично изменяющаяся воздушная обстановка требует оперативного управления режимами работы РЛС, в т. ч. и дистанционного, сигнализации о состоянии систем защиты при возникновении аварийных режимов. СУЗиК обеспечивает управление всеми режимами работы РЛС, сигнализацию о включении режимов и возникновении неисправностей. Как правило, основу СУЗиК составляют отдельные блоки РЛС, но многие элементы СУЗиК структурно входят в другие системы и устройства.

Система хронизации обеспечивает согласованную работу отдельных систем и устройств РЛС в целом, а также согласование работы РЛС и сопрягаемых средств. Система специальных режимов работы обеспечивает защиту РЛС в случае применения противником ПРЛР за счет запрета излучения и изменения частоты повторения РЛС по определенной программе.

6.1. Система управления, защиты и контроля радиолокационной станции П-18Р

6.1.1. Назначение, состав и характеристика системы управления, защиты и контроля

Для управления оперативными режимами работы РЛС с ИКО или ВИКО и сигнализации о включении того или иного режима предназначена СУЗиК РЛС. СУЗиК состоит из АПУ (блоки 11М, 12М), предназначенного для управления РЛС из станции аппаратной, и ВПУ (блоки 22М, 23М) – для управления с ВИКО [1, рис. 6.1].

СУЗиК обеспечивает:

- включение и выключение питания;
- повторное включение после перегрузки высоковольтного выпрямителя;

- включение режима плавного изменения скорости вращения антенны;
- включение режима фиксированных скоростей вращения антенны;
- включение режима слежения привода СВНА;
- изменение угла наклона стрел антенны;
- переключение режимов отображения обстановки на ИКО (ВИКО);
- перестройку приемного устройства и РПУ;
- переключение режимов запуска;
- включение режимов ШАРУ или РПУ приемной аппаратуры и плавную установку уровня усиления в режиме РПУ;
- управление режимами излучения;
- управление режимами аппаратуры СДЦ;
- установку когерентного строга по дальности;
- включение и выключение аппаратуры АПЧ.

РЛС может управляться с АПУ или ВПУ. Независимое управление возможно лишь по режимам отображения информации и включению НРЗ. Сигнализация о включении соответствующего режима работы происходит одновременно на АПУ и ВПУ независимо от того, с каких пультов в данный момент управляется РЛС.

Управление РЛС производится подачей команд управления с кнопочных устройств и переключателей пультов в виде корпуса или постоянного напряжения на соответствующую систему.

Сигнализация осуществляется подсветом соответствующих кнопок или табло на АПУ и ВПУ.

6.1.2. Структурная схема системы управления, защиты и контроля

СУЗиК построена по принципу формирования кодов команд управления (КУ) и кодов сигналов контроля (СК), их передачи по линиям связи между выносным постом и станцией аппаратной, обработки кодов КУ с последующей выдачей КУ в аппаратуру РЛС и осуществления индикации режимов работы станции на пультах управления АПУ и ВПУ.

Для передачи и обработки КУ и СК применяется полярно-временной код, сформированный из трехфазного напряжения сети частотой 50 Гц.

Система управления и сигнализации [1, рис. 6.1] включает в себя:

- формирователь опорных импульсов (ФОИ);
- шифратор команд управления АПУ (ШКУ);
- шифратор команд управления ВПУ;
- шифратор сигналов контроля (ШСК);
- дешифратор команд управления (ДКУ);

- дешифратор сигналов контроля (ДСК);
- устройство передачи функции управления с АПУ на ВПУ.

При управлении с АПУ опорные импульсы с ФОИ поступают в ШКУ АПУ, где с помощью органов управления образуются коды КУ, которые через устройство передачи функции управления поступают в ДКУ.

Коды «КУ» в ДКУ преобразуются или в сигналы КУ, или непосредственно в команды управления. КУ поступают в аппаратуру РЛС, обеспечивая включение соответствующих режимов работы. Сигналы КУ с ДКУ поступают на исполнительное устройство КУ, где происходит преобразование сигналов «КУ» в КУ, которые также поступают в аппаратуру РЛС, обеспечивая включение соответствующих режимов работы. Некоторые КУ и сигналы «КУ» поступают непосредственно с органов управления АПУ на аппаратуру РЛС и на исполнительные устройства КУ.

Часть СК, объективно отражающих состояние режимов РЛС, поступает на исполнительное устройство СК, осуществляющее индикацию режимов работы РЛС на АПУ.

Остальная индикация режимов работы РЛС является частично объективной и производится исполнительным устройством КУ. Исполнительные устройства КУ и СК с помощью опорных импульсов с ФОИ выполняют формирование кодов «СК» для передачи информации о режимах работы РЛС на ВПУ. Коды «СК» по линиям связи поступают на ВПУ в ДСК, которые преобразуют коды «СК» в постоянные сигналы и осуществляют индикацию режимов работы РЛС на ВПУ.

При управлении с ВПУ опорные импульсы с ФОИ, аналогичного ФОИ в АПУ, поступают в ШКУ ВПУ, где с помощью органов управления ВПУ образуются коды «КУ», которые через линию связи – линию кодов «КУ» поступают в станцию аппаратную и через устройство передачи функции управления – в ДКУ.

Коды «КУ» в ДКУ преобразуются или в сигналы КУ, или непосредственно в команды управления. КУ поступают в аппаратуру РЛС, обеспечивая включения соответствующих режимов работы.

Сигналы «КУ» с ДКУ подаются на исполнительное устройство КУ, где происходит преобразование сигналов «КУ» в КУ, которые также поступают в аппаратуру РЛС, обеспечивая включение соответствующих режимов работы РЛС.

Для уменьшения помех в линиях кодов «КУ» и «СК» формирование и декодирование кодов на ВПУ происходит относительно провода 0, который, являясь корпусом АПУ, поступает отдельной жилой на ВПУ. Таким образом, провод 0 изолирован от корпуса ВПУ.

Передача информации о состоянии работы аппаратуры РЛС происходит идентично как при управлении с АПУ, так и при управлении с ВПУ.

6.1.3. Управление аппаратурой РЛС

Управление аппаратурой РЛС с ВПУ осуществляется по идентичным каналам. По каждому каналу управления можно передать двенадцать полярно-временных кодов «КУ», которые формируются на ВПУ; затем проходят по линиям кодов «КУ» на АПУ в ДКУ, преобразуются в сигналы «КУ» или в команды управления.

Функциональная схема одного канала управления [1, рис. 6.2] включает в себя:

- два формирователя опорных напряжений (ФОН), расположенных на АПУ и ВПУ, представляющих собой три однофазных трансформатора, подключенных к трехфазному синусоидальному напряжению сети частотой 50 Гц;
- два ФОИ, расположенных на АПУ и ВПУ;
- ШКУ, состоящий из диодов Д1–Д12 и органов управления (КЭ1–КЭ6);
- линии связи между ВПУ и АПУ (линия кодов «КУ»);
- ДКУ, расположенный на АПУ.

Формирователь опорных напряжений. Представляет собой три одинаковых трансформатора (Тр1–Тр3), первичные обмотки которых соединены «треугольником». Питание трансформаторов производится от сети трехфазного синусоидального напряжения 220 В, частотой 50 Гц.

Вторичные обмотки трансформаторов Тр1–Тр3 выполнены с заземленной средней точкой, что позволяет снимать соответственно с каждой обмотки относительно корпуса синусоидальные напряжения фаз A , B и C и синусоидальные напряжения \bar{A} , \bar{B} , \bar{C} , сдвинутые по фазе на 180° относительно фаз A , B и C (инвертированные напряжения фаз A , B , C). Таким образом, со вторичных обмоток трансформаторов Тр1–Тр3 снимается шесть синусоидальных напряжений, равных по амплитуде, но сдвинутых по фазе на 60° .

Формирователь опорных импульсов [1, рис. 6.2]. Предназначен для формирования за один период синусоидального напряжения шести опорных импульсов положительной и шести опорных импульсов отрицательной полярности. ФОИ состоит из двенадцати идентичных схем формирования Ф1–Ф12. Для формирования импульсов используются шесть синусоидальных напряжений с ФОН.

Принцип получения опорных импульсов рассмотрим на примере формирования импульсов «ОИ1» и «ОИ7» [1, рис. 6.3].

Заштрихованная отрицательная область на участке 1–2 временной оси является общей для отрицательных полувольт напряжений фаз B , \bar{A} , C . Поэтому опорный импульс «ОИ1» отрицательной полярности, располо-

женный на участке 1–2, может быть получен схемой совпадения трех отрицательных полувольт напряжений фаз B , \bar{A} , C с последующим формированием по амплитуде и мощности из отрицательной полувольты напряжения фазы \bar{A} .

Таким образом, для получения отрицательного импульса, расположенного между точками 1–2, используются отрицательные полувольты синусоидальных напряжений фаз \bar{A} , B , C .

Импульс положительной полярности «ОИ7», расположенный на участке 1–2, может быть получен схемой совпадения трех положительных полувольт напряжений фаз \bar{B} , A , \bar{C} с последующим формированием по амплитуде и мощности из положительной полувольты напряжения фазы A .

Принцип формирования остальных опорных импульсов аналогичен вышеописанному, а полувольты напряжений, используемые для получения опорных импульсов, указаны в табл. 6.1.

Поскольку частота синусоидальных напряжений, используемых в схемах формирования, равна 50 Гц, то и каждый из сформированных импульсов следует с частотой 50 Гц.

В [1, рис. 6.3] приведены шесть отрицательных опорных импульсов (ОИ1–ОИ6) и шесть положительных опорных импульсов (ОИ7–ОИ12), снимаемых с двенадцати схем формирования (Ф1–Ф12).

Таблица 6.1

Формирование опорных импульсов

Нумерация опорных импульсов	Полувольты напряжений, используемые для получения опорных импульсов*
ОИ1	$-\bar{A}, -B, -C$
ОИ2	$-C, -\bar{B}, -\bar{A}$
ОИ3	$-B, -\bar{A}, -\bar{C}$
ОИ4	$-A, -\bar{B}, -\bar{C}$
ОИ5	$-\bar{C}, -A, -B$
ОИ6	$-B, -\bar{A}, -$
ОИ7	$+A, +\bar{C}, +\bar{B}$
ОИ8	$+\bar{C}, +B, +A$
ОИ9	$+\bar{B}, +A, +C$
ОИ10	$+\bar{A}, +B, +C$
ОИ11	$+C, +\bar{A}, +\bar{B}$
ОИ12	$+\bar{B}, +A, +C$

*Знак (+) означает положительную полувольту синусоидального напряжения; знак (–) означает отрицательную полувольту синусоидального напряжения.

Опорные импульсы с ФОИ, размещенного на АПУ, поступают на ШСК, ШКУ, ДКУ [1, рис. 6.1]. Опорные импульсы с ФОИ, размещенного на ВПУ, поступают на ШКУ, ДСК.

Шифратор команд управления [1, рис. 6.2]. Предназначен для передачи в линию связи кодов КУ. ШКУ состоит из развязывающих диодов Д1–Д12 и коммутирующих элементов КЭ1–КЭ6. Коммутирующий элемент подключает к линии определенный опорный импульс. Этот опорный импульс в линии связи служит кодом КУ. Опорный импульс «ОИ1» соответствует коду «КУ1», «ОИ2» соответствует коду «КУ2» и т. д. По одной линии можно передавать двенадцать кодов «КУ». Коммутирующий элемент исключает возможность одновременного прохождения в линию разнополярных опорных импульсов, совпадающих по времени. Таким образом, одновременно в линии не может быть более шести из двенадцати опорных импульсов, поскольку каждый коммутационный элемент выбирает один из двух опорных импульсов. Например, элемент КЭ1 может послать в линию или КУ1, или КУ7. Коммутирующими элементами в ШКУ служат контакты органов управления (кнопки, переключатели), развязывающие диоды Д1–Д12 – для развязки выходов формирователя опорных импульсов при одновременном подключении к линии нескольких опорных импульсов.

Дешифратор команд управления [1, рис. 6.2]. Предназначен для преобразования кодов «КУ» в сигналы управления. ДКУ представляет собой два устройства разделения кодов «КУ» по полярности с одновременным усилением У1, У2, двенадцать схем совпадения Сс1–Сс12 и двенадцать интеграторов И1–И12. На один из входов схемы совпадения поступают импульсы после устройства разделения кодов «КУ», на другой вход схемы совпадения подается опорный импульс с ФОИ АПУ. При совпадении во времени импульсов кода «КУ» и опорного импульса на выходе соответствующей схемы совпадения появится импульс. Соответствующие опорные импульсы с ФОИ АПУ и ФОИ ВПУ совпадают по времени, так как станция аппаратная и ВПУ питаются от одного источника переменного напряжения.

На схемы совпадения Сс1, Сс3, Сс5, Сс7, Сс9, Сс11 поступают с ФОИ опорные импульсы «ОИ7–ОИ12», а на схемы Сс2, Сс4, Сс6, Сс8, Сс10, Сс12 – опорные импульсы «ОИ1–ОИ6».

При совпадении во времени импульсов кода «КУ», прошедших через устройства У1 или У2, с опорным импульсом ФОИ, на выходе соответствующей схемы совпадения появится импульс. После прохождения импульса через интегратор на выходе интегратора появится сигнал, который поступает или непосредственно в аппаратуру станции, или на исполнительное устройство. Через устройство У1 проходят коды «КУ1–КУ6», а через устройство У2 – коды «КУ7–КУ12».

Рассмотрим режим управления РЛС с ВПУ. Допустим, что орган управления КЭ1 управляет определенным режимом работы аппаратуры.

При замыкании контактов 1, 3 органа управления КЭ1 в линию кодов поступает через диод Д2, контакты 3, 1 КЭ1 опорный положительный импульс «ОИ7», соответствующий коду «КУ7». По линии кодов код «КУ7» поступает на дешифратор команд управления. Код «КУ7» проходит только через устройство разделения У2 и далее на схемы Сс1, Сс3, Сс5, Сс7, Сс9, Сс11. Опорный импульс «ОИ7», совпадающий по времени с кодом «КУ7», поступает на схему совпадения Сс1, поэтому на выходе только этой схемы появится импульс, который поступит на интегратор И1. С выхода интегратора И1 сигнал «КУ» поступает непосредственно или через исполнительное устройство в аппаратуру РЛС для включения соответствующего режима работы аппаратуры.

6.1.4. Сигнализация включения режимов РЛС

Сигнализация предназначена для визуального отображения режимов работы аппаратуры на пультах управления (АПУ и ВПУ). Сигнализация режимов на пультах управления АПУ основана на непосредственном включении исполнительными органами управления подсвета кнопок и табло. Отображение режимов работы аппаратуры на пультах управления ВПУ основано на передаче кодов сигналов контроля по идентичным линиям связи (линия кодов «СК») с последующим преобразованием кодов «СК» в постоянное напряжение, включающее подсвет кнопок и табло.

Функциональная схема канала передачи сигналов контроля с АПУ на ВПУ аналогична каналу передачи команд управления с ВПУ на АПУ, представленному в [1, рис. 6.2]. Элементы, относящиеся к каналу передачи сигналов контроля в [1, рис. 6.2], указаны в скобках.

Канал передачи сигналов контроля состоит из двух ФОН и двух ФОИ, которые используются в канале управления, ШСК и ДСК. ШСК предназначен для передачи в линию связи кодов СК. Работа ШСК аналогична описанной выше работе ШКУ. Коммутирующими элементами являются контакты исполнительных реле. По одной линии связи может передаваться двенадцать кодов СК. Опорному импульсу «ОИ1» соответствует в линии сигнал «СК1», «ОИ2» – «СК2» и т. д. Одновременно по одной линии связи может передаваться не более шести сигналов «СК».

ДСК предназначен для преобразования кодов «СК» в сигналы, включающие подсвет индикаторных элементов ВПУ. Работа ДСК аналогична описанной выше работе ДКУ. Отличие состоит только в том, что выходы интеграторов нагружены на индикаторные элементы ВПУ, а не на исполнительные устройства.

Рассмотрим передачу одного сигнала контроля на ВПУ. Допустим, что включен режим работы аппаратуры, при котором замкнуты контакты 5–1 коммутирующего элемента КЭ1. Опорный импульс «ОИ1» через развязывающий диод Д1 и контакты КЭ1 (5–1) поступает в линию связи и далее в виде сигнала «СК1» – на вход ДСК. Пройдя через устройство У1, сигнал поступает на входы схем совпадения Сс2, Сс4, Сс6, Сс8, Сс10, Сс12. С выхода схемы Сс2 импульс поступает в интегратор И2, где преобразуется в постоянное напряжение, включающее подсвет индикаторного элемента, сигнализирующего о включенном режиме работы аппаратуры.

6.1.5. Блоки 11М (22М) и 12М (23М)

6.1.5.1. Блоки 11М и 22М

Блок предназначен для управления системой электропитания аппаратуры, системой вращения антенны, аппаратурой НРЗ [1, рис. 6.4].

Включение РЛС. Производится нажатием кнопки ВКЛ. на блоке 11М или 22М. После нажатия кнопки подсвечиваются кнопки ВКЛ. и ВЫКЛ. на блоках 11М и 22М, сигнализируя о включении РЛС. РЛС включится на 50 % мощности РПУ через 3 мин, о чем будет сигнализировать подсвеченная кнопка А50.

Переход с местного управления на дистанционное и наоборот. Осуществляется кнопками АПУ и ВПУ на блоках 11М и 22М.

Для управления с ИКО нажимается кнопка АПУ. Подсвет кнопки на блоках 11М и 22М сигнализирует об управлении с ИКО. Оператор ИКО может отдать управление оператору ВИКО, нажав кнопку ВПУ, при этом гаснет подсвет кнопок АПУ на блоках 11М и 22М и подсвечиваются кнопки ВПУ. Оператор ВИКО, нажав кнопку АПУ на блоке 22М, также может отдать управление оператору ИКО, а нажав кнопку ВПУ – взять управление на себя. Для управления с ВИКО индикатор предварительно должен быть включен выключателем ПИТАНИЕ на блоке 22М.

Управление режимами работы РПУ. Включение 100 % мощности РПУ производится повторным нажатием кнопки ВКЛ. Гаснет подсвет кнопки А50 и загорается табло А100 (над кнопкой ВКЛ.), сигнализирующее о включении 100 % мощности. Для включения 50 % мощности нажимается кнопка А50. Гаснет табло А100 и подсвечивается кнопка А50, сигнализирующая о включении 50 % мощности передатчика.

При перегрузках высоковольтного выпрямителя или модулятора РПУ выключается высокое напряжение и включается подсвет кнопки ТОК ВЪПР., сигнализирующий о перегрузке. Для повторного включения РПУ

нажимается кнопка ТОК ВЫПР. Если перегрузка была кратковременной, то гаснет подсвет кнопки ТОК ВЫПР. и включается высокое напряжение.

Управление системой вращения и наклона антенны. Включение скоростей вращения антенны 2; 4 и 6 об/мин производится кнопками 2, 4 и 6 на блоках 11М (22М). Режим плавного изменения скорости включается кнопкой ПЛАВ. Требуемая скорость вращения в диапазоне от 0,3 до 6 об/мин задается ручкой СКОРОСТЬ. Режим слежения за сопрягаемой РЛС включается кнопкой СЛЕЖ. В любом из вышеперечисленных режимов работы СВНА подсвечивается соответствующая кнопка на блоках 11М и 22М.

Управление наклоном антенны производится переключателем ВВЕРХ–ВНИЗ. В положении ВВЕРХ переключателя осуществляется подъем антенны и подсвечивается табло ВВЕРХ. В положении ВНИЗ переключателя антенна наклоняется и подсвечивается табло ВНИЗ. В нейтральном положении переключателя фиксируется положение антенны, табло ВВЕРХ и ВНИЗ выключены. Угол подъема (наклона) антенны контролируется по шкалам на блоках 32 и 26.

Управление режимами отображения информации. Включение соответствующего режима отображения информации на ИКО осуществляется переключателем В–В+Л–Л на блоке 11М, а включение соответствующего режима на ВИКО – аналогичным переключателем на блоке 22М. Включение производится независимо от того, с какого пульта в данный момент управляется станция.

При положении В переключателя на соответствующем индикаторе отображается обстановка от РЛС П-37Р или от радиовысотомера ПРВ-13, работающего в круговом режиме, и подсвечивается табло В.

При положении В+Л переключателя на соответствующем индикаторе отображается совмещенная воздушная обстановка от РЛС П-37Р или от радиовысотомера ПРВ-13 и РЛС П-18Р. При сопряжении с ПРВ-13 для отображения совмещенной обстановки должно погаснуть табло РАСС., сигнализирующее об отсутствии рассогласования в угловых положениях антенн ПРВ и РЛС П-18Р. В данном режиме подсвечиваются табло В и Л.

При положении Л переключателя на соответствующем индикаторе отображается обстановка РЛС П-18Р и подсвечивается табло Л.

Управление изделием 1Л22. Управление и сигнализацию при работе с изделием 1Л22 СУЗиК РЛС обеспечивает в следующем объеме:

- включение изделия 1Л22;
- переключение режимов изделия 1Л22;
- переключение диапазонов III Д–VII Д изделия 1Л22;
- включение запроса или контрольного запроса;
- индикация состояния изделия 1Л22;
- выключение режима «БР» изделия 1Л22.

Для включения режима «БР» изделия 1Л22 необходимо нажать кнопку МП или МП-К. Команда «Вкл. 64» поступает на ДПУ для включения режима «БР» изделия 1Л22.

Включается подсвет кнопк МП и МП-К. После отработки программы включения изделия 1Л22 поступает сигнал «Контр. пит.», определяющий готовность к работе изделия 1Л22, и включается подсвет кнопки 1 РЕЖИМ ЗПР.

Исходным состоянием изделия 1Л22 является первый режим (1-й режим ЗПР). Для включения других режимов необходимо нажать кнопки 2, 3, 4. При включении этих режимов включается подсвет соответствующих табло.

Включение опознавания в выбранном режиме осуществляется нажатием кнопки МП – в ДПУ поступает команда на включение излучения. При включении излучения изделия 1Л22 с ДПУ поступает СК, которым включается подсвет табло МОЩН. и подсвет табло МП.

При включении опознавания или контрольного опознавания в блок 19 поступает разрешающая КУ. По этой команде блок 19 разрешает прохождение сигналов опознавания только на ИКО.

Включение режима «НАВЕДЕНИЕ» осуществляется тумблером «Навед.». При нажатии кнопки МП КУ поступает в блок 30М1 для включения режима «НАВЕДЕНИЕ». Код СК поступает в линию для передачи на ВПУ информации о включенном режиме «НАВЕДЕНИЕ».

При неисправности изделия 1Л22 или блока 30М1 на блок 11М поступает сигнал «НЕИСПРАВН.», который включает табло НЕИСПР. Код СК поступает в линию для передачи на ВПУ информации о неисправности изделия 1Л22 или блока 30М1.

Управление диапазонами осуществляется тумблером III Д–VII Д. При поступлении с изделия 1Л22 на блок 11М сигнала тревоги «ИНД. ТР.» включается табло ТР. Код СК поступает в линию для передачи на ВПУ информации о сигнале «ТРЕВОГА» с изделия 1Л22.

В блок 11М (22М) введено устройство ограничения времени включения режимов опознавания и контрольного запроса.

Устройство временной регламентации, размещенное в блоке 11М, включает в себя органы управления – тумблеры РЕГЛ.–ВЫКЛ., 30–60°.

Выключение изделия 1Л22 осуществляется нажатием кнопки ВЫКЛ. ЗПР. После отработки программы выключения изделия 1Л22 отключается подсвет органов управления и сигнализации изделия 1Л22 на блоках 11М и 22М.

6.1.5.2. Блоки 12М и 23М

Предназначены для управления системой перестройки, системой защиты от помех, аппаратурой хронизации РЛС, режимами защиты от ПРЛР [1, рис. 6.5].

Управление системой перестройки станции. Производится нажатием одной из четырех кнопок переключателя каналов на блоке 12М или 23М. РПУ и приемник перестраиваются на новую фиксированную заранее установленную частоту. Переключатель АПЧ–ВЫКЛ.–НАСТР. должен находиться в положении ВЫКЛ. или АПЧ. Если данный переключатель будет установлен в положение НАСТР., то перестраивается лишь приемник, а РПУ продолжает работать на прежней частоте. Это положение переключателя используется при перестройке для поиска канала, свободного от помех. О номере включенного канала сигнализирует одно из следующих-табло: 1К, 2К, 3К, 4К.

Управление системой АПЧ. Осуществляется переключателем АПЧ–ВЫКЛ.–НАСТР. в положении АПЧ. О том, что данный переключатель установлен в это положение, сигнализирует табло АПЧ. Система АПЧ включается для работы лишь при 100 % мощности РПУ.

Управление усилением приемника. Производится переключателем РРУ–ШАРУ и ручкой УСИЛЕНИЕ при условии, что переключатель ШАРУ–СДУ–БЕЗ ШАРУ на приемнике (блок 5) находится в положении ШАРУ–СДУ. При установке переключателя РРУ–ШАРУ на блоке 12М (23М) в положение РРУ ручкой УСИЛЕНИЕ регулируется усиление в канале эхо-сигналов. В положении ШАРУ переключателя подсвечивается табло ШАРУ, а усиление приемника регулируется схемой ШАРУ таким образом, чтобы интенсивность шумов на выходе приемника оставалась постоянной при изменении интенсивности их на входе приемника.

Управление видами и режимами запуска РЛС. Для управления видами запуска РЛС служит переключатель СИНХР. В положение ВНУТР. данного переключателя РЛС запускается импульсами внутреннего запуска, о чем сигнализирует табло ВНУТР. Включение внешнего запуска переключателем СИНХР. можно произвести лишь в том случае, если от сопрягаемого изделия поступают синхронизирующие импульсы, о чем свидетельствует подсвет табло ВНЕШН. В этом случае при переводе переключателя СИНХР. в положение ВКЛ. начинает подсвечиваться табло ВКЛ., а РЛС – синхронизироваться импульсами внешнего запуска. При недостаточной амплитуде внешних синхронизирующих импульсов табло ВНЕШН. может не гореть, а РЛС – продолжать работать от импульсов внутреннего запуска. В этом случае необходимо потенциометром ВНЕШН. (внутри блока 11М или 22М) отрегулировать амплитуду синхронизирующих импульсов до зажигания табло ВНЕШН.

Для управления режимами запуска служит переключатель СИМ.–НЕСИМ. При положении СИМ. переключателя включается режим симметричного запуска и подсвечивается табло СИМ. При положении НЕСИМ. переключателя включается режим несимметричного запуска и под-

свечивается табло НЕСИМ. Режим несимметричного запуска применяется для борьбы со «слепыми» скоростями и включается при ухудшении наблюдаемости целей на экране индикатора когерентным каналом. Режим несимметричного запуска может быть включен лишь при работе РЛС от импульсов внутреннего запуска.

Управление излучением РЛС. Для управления излучением РЛС служит переключатель М–ВЫКЛ.–НЕПР. Данным переключателем коммутируется цепь подачи импульсов запуска на РПУ. При положении НЕПР. переключателя импульсы запуска постоянно подаются на ПДУ и подсвечивается табло НЕПР. Если передатчик включен на 50 или 100 % мощности, то дополнительно подсвечивается табло ИЗЛ.

При положении ВЫКЛ. переключателя разрывается цепь подачи импульсов запуска на РПУ и прекращается генерация передатчика. Положение М (МЕРЦАНИЕ) переключателя применяется для защиты РЛС от противорадиолокационных ракет. Кнопками СЕКТОР, ТЕМП М, РОД М, ручками АЗИМУТ и ШИР. СЕКТ. устанавливается требуемый режим работы РЛС.

Управление аппаратурой СПЦ. Для управления аппаратурой СПЦ служит группа кнопок РЕЖИМ ДЗ и РОД РАБОТЫ СПЦ, а также ручки СТРОБ М КОМП. I, КОМП. II и АЗИМУТ ПОМЕХИ.

Режим работы СПЦ выбирается кнопками ВЫКЛ., СПЦ и СПЦ + ПНП. Кнопкой АМПЛ. включается амплитудный режим работы СПЦ с защитой амплитудного канала от НИП. Когерентный канал включается ручкой СТРОБ М на дальность, зависящую от положения ручки СТРОБ М.

Кнопкой ДИП. включается когерентный режим работы. Ручками КОМП. I, КОМП. II и АЗИМУТ ПОМЕХИ осуществляется подавление подвижных дипольных помех. Введением ручки СТРОБ М в ближней зоне отключается СКДВ и в ней возможно лишь подавление сигналов от неподвижных образований.

Кнопкой АВТ. СТРОБ включается в пределах области, пораженной пассивными помехами, когерентный канал. Подавление помех производится ручками КОМП. I, КОМП. II и АЗИМУТ ПОМЕХИ. Кроме того, когерентный канал включается ручкой СТРОБ М на дальность, зависящую от положения данной ручки, но в данной области выключена СКДВ.

Кнопкой ВЫКЛ. полностью отключается аппаратура СПЦ, и на экраны индикаторов проходят сигналы амплитудного канала, защищенные от НИП. Данный род работы обычно применяется при выходе из строя аппаратуры СПЦ.

Сигнализация о включении того или иного режима работы СПЦ обеспечивается подсветом соответствующих кнопок.

6.1.6. Программа включения и выключения РЛС

Основным устройством, осуществляющим выполнение программы включения и выключения РЛС, является блок распределения питания и защиты (блок 34), который предназначен для распределения питания, контроля изоляции токонесущих цепей аппаратной машины и защиты цепей трехфазного напряжения 220 В от короткого замыкания.

Блок 34 обеспечивает включение трех режимов аппаратуры:

- рабочий;
- дежурный;
- экстренный.

Основным режимом является *рабочий*, который обеспечивает заданную программу включения РЛС. *Дежурный режим* обеспечивает питание накала ЭВП передающего устройства при отключенных напряжениях анодного питания и накала приемоусилительных ламп. Режим *экстренного включения* позволяет сократить время перевода РЛС из дежурного в рабочий режим одновременной подачей напряжений анодного питания и накала на приемоусилительные лампы. Режим работы без РПУ (ПДУ–ВЫКЛ.) применяется для учебных целей.

Рабочий режим включения РЛС. Для включения питания с АПУ (блок 11М) переключатель ВЫКЛ.–ПДУ–ВКЛ. необходимо поставить в положение ВКЛ., а переключатель РАБОЧИЙ–ДЕЖУРНЫЙ–ЭКСТРЕННЫЙ – в положение РАБОЧИЙ. При наличии напряжения питающей сети следует нажать кнопку ВКЛ. на блоке 11М.

Трехфазное напряжение 220 В, 50 Гц со щита автоматической защиты 995А подается на следующие устройства:

- вытяжной вентилятор шкафов;
- нагнетательный вентилятор шкафов;
- стабилизатор напряжения СТС-10/05.

Стабилизированное напряжение 220 В, 50 Гц со стабилизатора СТС-10/05 подается на следующие устройства:

- вентилятор охлаждения эквивалента антенны (при работе передатчика на эквивалент антенны);
- шкаф 4 и ба, на накал блокинга (модулятор);
- вентилятор охлаждения генератора;
- автомат выдержки времени М1.

Автомат выдержки времени включает РЛС по заданной программе:

- через 60 с подается сигнал на РПУ, при этом на генераторную лампу ГИ-19Б поступает полный накал;
- через 90 с стабилизированное напряжение 220 В подается на блоки питания, вырабатывающие напряжение для питания анодов приемоусилительных ламп шкафа 3;

- через 150 с снимается повышенное напряжение накала (форсированный накал) с тиратрона РПУ;
- через 180 с стабилизированное напряжение 220 В подается на высоковольтный трансформатор РПУ.

Включение РЛС в дежурный режим. Используется для сокращения времени включения РЛС. Из дежурного режима РЛС переводится в рабочий режим за 30–40 с. В дежурном режиме подается накал на генераторную лампу, тиратрон, диоды блока 104 и вентиляторы. Остальные напряжения с аппаратуры снимаются.

Для включения РЛС в дежурный режим необходимо:

- произвести включение РЛС в рабочий режим;
- перейти в дежурный режим, для этого переключатель РЕЖИМ ВКЛЮЧЕНИЯ на блоке 34 установить в положение ДЕЖУРНЫЙ;
- выключатель ВЫСОКОЕ на блоке 47 установить в положение ВЫКЛЮЧЕНО.

При установке переключателя РЕЖИМ ВКЛЮЧЕНИЯ станции в положение ДЕЖУРНЫЙ снимается напряжение питания анодов и накалов приемоусилительных ламп.

Из дежурного режима можно включить РЛС для боевой работы за 30–40 с, для чего переключатель РЕЖИМ ВКЛЮЧЕНИЯ необходимо установить в положение ЭКСТРЕННЫЙ, при этом подаются накальные и анодные напряжения на приемоусилительные лампы.

Через 30–40 с на РПУ включается выключатель ВЫСОКОЕ.

Выключение РЛС. Для выключения станции необходимо на блоке 11М (22М) нажать кнопку ВЫКЛ. При этом с РПУ снимаются анодные и накальные напряжения. На автомат выдержки времени М1 передается сигнал выключения. Автомат выдержки времени начинает работать по программе выключения станции. Через 300 ± 20 с после выключения накала блока 50 обесточиваются электродвигатели вентиляторов, аппаратура РЛС.

Для предохранения генераторной лампы блока 50 на случай внезапного отключения напряжения питающей сети предусмотрена система автоматического включения вентилятора аварийного охлаждения. Вентилятор приводится во вращение электродвигателем постоянного тока, питающимся от аккумуляторной батареи напряжением 28 В.

При проведении профилактических работ, тренировок расчета РЛС для экономии ресурса РПУ может быть отключено. Для этого на блоке 34 переключатель ПДУ устанавливается в положение ВЫКЛ. При этом разрываются цепи питания РПУ и вентилятора охлаждения генератора. При включении РЛС питание подается на все системы и устройства, за исключением передающего.

Защита цепей питания от перегрузок и коротких замыканий производится в основном плавкими предохранителями, параллельно которым установлены сигнальные лампы. Защита высоковольтного выпрямителя РПУ и электродвигателей охлаждения шкафов осуществляется при помощи реле максимального тока.

6.2. Система хронизации и специальных режимов работы радиолокационной станции П-18Р

6.2.1. Назначение, режимы работы хронизатора радиолокационной станции П-18Р

Хронизатор (блок 16М) предназначен для обеспечения согласованной во времени работы аппаратуры РЛС, а также формирования импульсов синхронизации для радиовысотомера ПРВ-13, изделия 1Л22, аппаратуры ИО-4 и других радиоэлектронных средств в режимах внутренней и внешней синхронизации РЛС.

Хронизатор формирует для аппаратуры РЛС и других изделий следующие импульсы [1, рис. 6.6]:

- импульсы «Зап. ПДУ» – для запуска блока накопителя (блок 47), где он заново формируется и подается в приемник (блок 5), аппаратуру защиты (блоки 27, 75, 76) и блок настройки (блок 90);
- импульс «КД» (конец дистанции) – для калибратора (блок 18);
- импульс «–НД» (начало дистанции) – для блока горизонтальной развертки (блок 7), блока эхо-сигналов (блок 19), блока сигналов изображения (блок 25), калибратора (блок 18);
- импульс «+НД» – для блока сопряжений (блок 20);
- импульс «КДМ» – для калибратора (блок 18);
- импульс «Зап. 23» – для запуска ИК (блок 56);
- импульс «Зап. 1» – для блока ШУВЧ;
- импульс «Зап. 64» – для запуска изделия 1Л22;
- импульс «Зап. ИО» – для запуска аппаратуры ИО-4;
- импульс «Зап. В» – для запуска высотомера ПРВ-13.

Временные расстановки импульсов запуска в режимах внутренней и внешней синхронизации приведены в [1, рис. 6.7 и 6.8] соответственно, параметры импульсов запуска – в табл. 6.2.

В режиме внутренней синхронизации блок обеспечивает:

- выдачу импульсов симметричного запуска;
- выдачу импульсов несимметричного запуска;
- выдачу импульсов запуска в режиме «Мерцание» излучением при защите от ПРЛР;
- выдачу импульсов запуска в режиме изменения фазы запускающих импульсов при защите от ПРЛР.

Таблица 6.2

Параметры импульсов запуска

Наименование импульса запуска	Амплитуда, В	Длительность, мкс
«Зап. ИО», «Зап. 64»	10–15	0,8–3
«Зап. 1»	4–6	3–10
«Зап. ПДУ»	≥20	0,8–5
«Зап. В»	≥25	2 ± 1
«+НД», «-НД»	9–12	0,7–1,7
«Зап. 23»	≥50	6–16
«КД»	4–6	3–10

Хронизатор может работать в трех режимах внешней синхронизации («Режим внешн. синхр. 1–2–3») при получении внешнего запуска от других РЛС или РЛУ:

- режим внешней синхронизации «1» используется при работе РЛС с НРЗ-12МН;
- режим внешней синхронизации «2» необходим при работе РЛС с изделием 1Л22;
- режим внешней синхронизации «3» используется только при совместной работе РЛС с комплексом ЗРК С-75М. В этом режиме РЛС может работать с НРЗ-12МН или изделием 1Л22.

В настоящее время НРЗ-12МН и комплекс ЗРК С-75М с вооружения сняты, поэтому в дальнейшем режимы синхронизации «1» и «3» не рассматриваются.

В режиме внешней синхронизации «2» импульсы внешнего запуска («Зап. внешн.») проходят в блок 16М:

- при сопряжении с РЛУ – через блок 102 и диодный смеситель, расположенный в шкафу 2;
- при сопряжении с РЛС, имеющими частоту повторения импульсов запуска, близкую к частоте повторения станции, – через блок 25 (вход 1:1), размещенный на ВИКО, блок 19 и диодный смеситель, расположенный в шкафу 2;
- при сопряжении с РЛС П-37Р – через диодный смеситель в шкафу 2.

В режиме внешней синхронизации «2» в блок 16М с блока 18 поступают импульсы «КД1» для формирования импульсов конца дистанции «КД», отстоящих от импульсов «-НД» на 2,4 мс. Выработанные из «КД1» импульсы «КД» поступают снова в блок 18 для снятия избыточной информации (дальность более 360 км) от других РЛС, имеющих более низкую частоту повторения. Во всех режимах синхронизации блок вырабатывает импульсы «КДМ», имеющие частоту повторения в два раза меньшую частоты повторения импульсов синхронизации.

Кроме того, в режиме внешней синхронизации «2» при сопряжении с РЛС П-37М блок выдает имитированные сигналы «Корпус» включения режима «Сигн. СВ» в блок 19. Сигнал «Сигн. СВ» используется для выработки в блоке 19 команды по включению в канал эхо-сигналов информации с РЛС П-37Р. Также в режиме внешней синхронизации «2» хронизатор вырабатывает импульсы «Зап. 64», «Зап. ИО».

6.2.2. Функциональная схема хронизирующего устройства

Хронизирующее устройство РЛС П-18Р (блок 16М) состоит из следующих функциональных узлов [1, рис. 6.9] (для упрощения схемы на ней не приведены элементы, использующиеся в режимах внешней синхронизации «1» и «3»):

- задающий генератор;
- канал формирования режимов запуска;
- канал формирования задержанных импульсов;
- канал формирования выходных импульсов.

6.2.2.1. Задающий генератор

Предназначен для формирования последовательности импульсов, определяющей частоту повторения РЛС.

Задающий генератор включает в себя [1, рис. 6.9]:

- автогенератор – У1/Т1, Т2, Т3;
- усилитель-ограничитель – У1/Т4;
- формирователь фронта импульсов – У1/Т5, Т6;
- эмиттерный повторитель – У1/Т7;
- ограничитель амплитуды импульсов внешнего запуска – У1/Д5, R22;
- инвертор импульсов внешнего запуска – У1/Э1;
- схему ИЛИ – У1/Д2, Д3, R21.

При работе в режиме внутренней синхронизации синусоидальное напряжение с автогенератора [1, рис. 6.10, а] подается на усилитель-ограничитель У1/Т4, служащий для увеличения крутизны перепадов на-

пряжения. Выходное напряжение с этого каскада [1, рис. 6.10, б] поступает на формирователь фронта импульсов У1/Т5, Т6. Сформированные каскадом отрицательные импульсы [1, рис. 6.10, в] при отсутствии сигнала «Корпус» с реле У1/Р1 (реле У1/Р1 управляется командой «Внешн.» с блока 12М) через эмиттерный повторитель У1/Т7 поступают на схему ИЛИ (У1/Д2, Д3, R21), с выхода которой поступают в канал формирования режимов запуска.

При работе в режимах внешней синхронизации поступающие извне положительные импульсы «Зап. внешн.» ограничиваются сверху ограничителем амплитуды У1/Д5, R22 и через инвертор У1/Э1 поступают в канал формирования задержанных импульсов, затем через схему ИЛИ У1/Д2, Д3, R21 – в канал формирования режимов запуска. Импульсы внешнего запуска проходят через инвертор У1/Э1 только тогда, когда с реле У1/Р1 не подается сигнал «Корпус», т. е. при наличии на обмотке реле У1/Р1 команды «Внешн.».

6.2.2.2. Канал формирования режимов запуска

Канал формирования режимов запуска включает в себя [1, рис. 6.9]:

- ГПИ – У1/Э2;
- триггер – У1/Э3;
- четыре эмиттерных повторителя – У1/Т8, Т21, Т12, Т13;
- четыре усилителя-инвертора – У1/Т9, Т17, Т22, Т23;
- четыре схемы совпадения – У1/Т10, Т11, У1/Т10, Т14; У1/Т19, Т20; У1/Т18, Т19;
- две линии задержки – У4/Лз1, У1/Лз1;
- схему ИЛИ – У1/Т15, Т16;
- развязывающие резисторы – У1/R42, R35, R25, R24, R26, R55, R56, R60, R45;
- развязывающие диоды – У1/Д8, Д24, Д14, Д20, Д26;
- элементы коммутации – В1, У1/Р1, Р3, Р4, Р5.

Импульсы с задающего генератора поступают на вход ГПИ У1/Э2, который вырабатывает положительный и отрицательный стробирующие импульсы [1, рис. 6.11, а]. Отрицательный стробирующий импульс поступает в канал формирования режимов запуска на кварцевый генератор ударного возбуждения Э1, усилитель-инвертор У1/Т9, а также на счетный вход триггера У1/Э3. С выхода усилителя-инвертора У1/Т9 положительный стробирующий импульс поступает на линии задержки У1/Лз1, У4/Лз1.

С помощью линий задержки осуществляется задержка формирования начала пачки счетных импульсов относительно импульса разрешения начала счета в счетчике, а также обеспечивается возможность одновременного изменения задержки всех импульсов канала формирования задержан-

ных импульсов с дискретностью 0,2 мкс в режимах внешней синхронизации при сопряжении с изделием 1Л22.

Задержанный положительный стробирующий импульс с выхода линий задержки поступает в канал формирования задержанных импульсов на запуск кварцевого генератора Э1 [1, рис. 6.11, а]. Также с выхода ГПИ положительный стробирующий импульс поступает через эмиттерные повторители У1/Т8 и У1/Т21 на каскады установки. Положительный стробирующий импульс с выхода эмиттерного повторителя У1/Т8 поступает на схемы совпадения У1/Т10, Т11; У1/Т10, Т14; У1/Т18, Т19; У1/Т19, Т20 только в режиме внутренней синхронизации. Положительный стробирующий импульс с выхода эмиттерного повторителя У1/Т21 поступает на усилитель У2/Т23 в режиме внешней синхронизации «2», так как в режиме внутренней синхронизации его выход подключен к корпусу через развязывающий диод У2/Д24 и реле У1/Р1.

Триггер У1/Э3 формирует две последовательности прямоугольных импульсов с частотой повторения $F_{\Pi}/2$, сдвинутых на половину периода [1, рис. 6.12, а, б] одна относительно другой. Одна из последовательностей поступает на входы схем совпадения У1/Т10, Т11 и У1/Т18, Т19 и подается в блок 18 в виде импульсов «КДМ». Другая последовательность поступает на входы схем совпадения У1/Т10, Т14 и У1/Т19, Т20.

При отсутствии на входе блока команд «Несим.», «Внешн.», «Строб» и «Фаза» схемы совпадений У1/Т18, Т19; У1/Т19, Т20, усилитель Т23 находятся в закрытом состоянии. Схемы совпадения У1/Т18, Т19 и У1/Т19, Т20 закрыты, потому что на их инверсном входе отсутствует сигнал «Корпус», который поступает с реле У1/Р5 при наличии команд «Строб» и «Фаза».

При отсутствии команды «Несим.» сигнал «Корпус» с реле У1/Р3 закрывает схемы совпадения У1/Т10, Т14 и У1/Т19, Т20 и подается на вход усилителя У1/Т17. На выходе усилителя У1/Т17 будет отрицательное напряжение, которое разрешает работу схем совпадения У1/Т10, Т11 и У1/Т18, Т19. Однако схема совпадения У1/Т18, Т19 закрыта по инверсному входу, поэтому будет работать только одна схема совпадения У1/Т10, Т11, на другой вход которой приходят прямоугольные импульсы с эмиттерного повторителя У1/Т8 с частотой повторения F_{Π} .

На выходе схемы совпадения У1/Т10, Т11 формируются прямоугольные импульсы [1, рис. 6.12, з], которые поступают в канал формирования задержанных импульсов в цепь установки счетчика.

При поступлении на вход блока команд «Несим.» срабатывает реле У1/Р3 и снимает сигнал «Корпус» со схемы совпадения У1/Т10, Т14. При этом на один из входов схем совпадения У1/Т10, Т14 и У1/Т10, Т11 поступают прямоугольные импульсы с эмиттерного повторителя У1/Т8 с частотой повторения F_{Π} . На другие входы этих схем совпадения подаются пря-

моугольные импульсы с выходов триггера У1/Э3 с частотой повторения $F_{\text{П}}/2$ [1, рис. 6.12, а, б].

Таким образом, на выходе схемы совпадения У1/Т10, Т11 формируются прямоугольные импульсы [1, рис. 6.12, в], а на выходе схемы совпадения У1/Т10, Т14 – прямоугольные импульсы [1, рис. 6.12, г], сдвинутые на период повторения относительно импульсов [1, рис. 6.12, в]. Обе эти последовательности прямоугольных импульсов поступают в цепи установок счетчика.

Схемы совпадения У1/Т18, Т19; У1/Т19, Т20 и усилители У1/Т22; У1/Т23 по-прежнему находятся в закрытом состоянии и на работу счетчика не влияют.

При наличии команды «Строб» срабатывает реле У1/Р4. Если команда «Фаза» при этом отсутствует, то сигнал «Корпус» с реле У1/Р4 через замкнутые контакты реле У1/Р5 поступает в канал формирования выходных импульсов на вход формирователя У4/Т9, Т10 и запрещает прохождение на выход блока импульсов «Зап. ПДУ».

При поступлении на вход блока команд «Строб» и «Фаза» срабатывает реле У1/Р4 и У1/Р5. При этом сигнал «Корпус» поступает на один из входов схем совпадения У1/Т10, Т11, У1/Т10, Т14 и закрывает их, а также поступает на инверсные входы схем совпадения У1/Т18, Т19; У1/Т19, Т20, поэтому данные схемы по инверсным входам открываются. В этом случае прямоугольные импульсы поступают в цепи установок счетчика либо через схему совпадения У1/Т18, Т19, либо поочередно через схемы У1/Т19, Т20, У1/Т18, Т19 в зависимости от отсутствия или наличия команды «Несим.» соответственно.

Таким образом, в зависимости от включенного режима импульсы установки поступают в счетчик через различные схемы и устанавливают его в исходное состояние, соответствующее режиму.

6.2.2.3. Канал формирования задержанных импульсов

Канал формирования задержанных импульсов служит для создания задержки импульсов запуска блока накопителя относительно импульсов запуска изделия 1Л22, ПРВ, блока 18. Задержка осуществляется путем выделения соответствующих импульсов из пачки импульсов, сформированных из синусоидальных колебаний ударно возбуждаемого кварцевого генератора.

Выделение импульсов производится с помощью восьмиразрядного счетчика импульсов и дешифратора, представляющего собой диодную схему совпадения на восемь входов.

Канал формирования задержанных импульсов включает в себя [1, рис. 6.9]:

- кварцевый генератор ударного возбуждения (Э1);
- формирователь пачки импульсов (У2/Э4);
- счетчик восьмиразрядный (У3/Э1–Э8, У2/Д11–Д50, У3/Т1);
- дешифратор (У2/Д51 – Д96, R1, R3, R4, R12, R20, R27, R39) на семь выходов, состоящий из семи диодных схем совпадения;
 - шесть эмиттерных повторителей (У2/Т2, У2/Т3, У2/Т6, У2/Т9, У2/Т10, У2/Т11);
 - шесть инверторов (У2/Т1, У2/Т14, У2/Э1, У2/Э2, У2/Э3, У2/Т15);
 - три схемы ИЛИ (У2/Т7, Т8; У2/Т4, Т5; У2/Т12, Т13);
 - шесть линий задержки (Лз1–Лз5, У2/Лз1);
 - дифференцирующую цепь DF У2/Р23, С1;
 - элементы развязки У2/Р16, R38, У2/Д1, Д3, Д4, Д5, Д8, Д7, Д10.

На кварцевый генератор Э1 из канала формирования режимов запуска поступают прямоугольные импульсы [1, рис. 6.11, а, б]. Кварцевый генератор вырабатывает пачку синусоидальных колебаний [1, рис. 6.11, в], длительность которой определяется длительностью прямоугольных импульсов.

Пачка синусоидальных колебаний подается на формирователь импульсов У2/Э4, преобразующий синусоидальное напряжение в серию кратковременных импульсов положительной полярности [1, рис. 6.11, г]. Эти импульсы поступают в восьмиразрядный двоичный счетчик, выполненный на триггерах. До прихода счетных импульсов триггеры устанавливаются в такое состояние, при котором на одном из выходов каждого триггера фиксируется высокий уровень постоянного напряжения (минус 0,5 В), на другом – низкий (минус 6,3 В). Эти уровни обозначаются соответственно через «1» и «0».

Задержка импульсов, выделенных с помощью счетчика и дешифратора, определяется по формуле

$$T_3 = T_0 n',$$

где $T_0 = 6,66$ мкс – период следования счетных импульсов; n' – количество периодов, выделенных дешифратором; $n' = 2^n - 1$.

С помощью восьмиразрядного счетчика можно получить максимальную задержку:

$$T_3 = 6,66 \times (2^8 - 1) = 1698 \text{ мкс.}$$

В хронизирующем устройстве РЛС максимальная величина задержки необходима в несимметричном запуске внутренней синхронизации с «мерцанием» фазой запускающих импульсов и приблизительно составляет следующее значение: $260 \text{ мкс} + 303 \text{ мкс} + 410 \text{ мкс} = 973 \text{ мкс}$, где 260 мкс – время задержки между импульсами «НД» и «КД»; 303 мкс – временной сдвиг запускающих импульсов в несимметричном запуске; 410 мкс – временной сдвиг запускающих импульсов в режиме «Мерцание» фазой.

Так как семиразрядный счетчик обеспечивает задержку:

$$T_3 = 6,66 \times (2^7 - 1) = 846 \text{ мкс},$$

для обеспечения максимальных задержек в хронизаторе требуется восьмиразрядный счетчик.

Изменяя исходное состояние триггеров счетчика в зависимости от режима работы, можно с одного дешифратора получить разные задержки импульсов.

Для обеспечения требуемых задержек импульсов относительно импульсов конца дистанции или импульсов внешнего запуска в различных режимах работы счетчик устанавливается в следующие исходные состояния:

10001000 – режим внешней синхронизации «2»;

01111000 – режим симметричного запуска;

01001010 – режим несимметричного запуска;

00111100 – режим симметричного запуска с изменением фазы;

00001110 – режим несимметричного запуска с изменением фазы.

При этом во всех режимах работы дешифратор вырабатывает импульсы при следующих состояниях счетчика:

01111001 – «КД»;

10000111 – «Зап. 64», «Зап. ИО»;

10011011 – «Зап. 1»;

10011101 – «Зап. ПДУ», «Зап. В»;

10011110 – «Зап. 23»;

10100000 – «+НД», «-НД».

Для обеспечения сопряжения с изделием 1Л22 в блоке предусмотрены неоперативные регулировки исходного состояния счетчика и выхода дешифратора в режимах внутренней и внешней синхронизации «2», соответствующего импульсу «Зап. 64», за счет изменения подключения диодов установки и дешифратора к триггерам.

В режиме внутренней синхронизации импульсы с дешифратора поступают на усилитель У2/Т1, проходят через линию задержки Лз5 в канал формирования выходных импульсов на формирователь У4/Т12, Т13, Т14, упрежденные относительно импульсов «+НД» на 13 мкс.

В режиме внутренней синхронизации при работе с изделием 1Л22 импульсы с дешифратора проходят через эмиттерный повторитель У2/Т10, линии задержки Лз5, Лз4, эмиттерный повторитель У2/Т11, схему ИЛИ У2/Т12, Т13 в канал формирования выходных импульсов. На второй вход схемы ИЛИ У2/Т12, Т13 поступает сигнал «Корпус» через развязывающий диод У2/Д10. В режиме внешней синхронизации «2» на один из входов схемы ИЛИ У2/Т12, Т13 поступает сигнал «Корпус» через развязывающий диод У2/Д8, на другой вход – импульсы внешнего запуска.

Со схемы ИЛИ У2/Т12, Т13 импульсы поступают в канал формирования выходных импульсов на формирователи У4/Т1, Т2 и У4/Т3, Т4, с выхода которого снимаются импульсы «Зап. ИО» и «Зап. 64». В обоих случаях эти импульсы упреждены относительно импульсов «НД» на 152–172 мкс.

Импульсы «КД» во внутреннем режиме выделяются с помощью дешифратора. В этих режимах импульсы с дешифратора проходят через схему ИЛИ У2/Т7, Т8, второй вход которой подсоединен к корпусу через развязывающий диод У2/Д7 и реле У1/Р1, и эмиттерный повторитель У2/Т9 на выход блока. В этом случае импульсы «КД» упреждены относительно импульсов «НД» на 260 мкс.

В режиме внешней синхронизации «2» на один из входов схемы ИЛИ У2/Т7, Т8 через развязывающий диод У2/Д5 поступает сигнал «Корпус». Импульсы «КД1» с блока 18 поступают на другой вход схемы ИЛИ. Таким образом, в этом режиме импульсы «КД» формируются из импульсов «КД1», задержанных относительно импульса «НД» на 2,4 мс.

Для формирования импульсов «Зап. 1» в режимах внутренней синхронизации и внешней синхронизации «2» импульсы с дешифратора проходят через инвертор У2/Э3 и эмиттерный повторитель У2/Т6 на выход блока.

Для формирования импульсов «+НД» и «-НД» во всех режимах работы импульсы с дешифратора проходят через инвертор У2/Э1, линии задержки Лз1 в канал формирования выходных импульсов.

Для формирования импульсов «Зап. ПДУ» во всех режимах работы импульсы с дешифратора проходят через инвертор У2/Э2, линию задержки Лз3 и Лз2. С одного из выводов Лз2 импульсы поступают в канал формирования выходных импульсов на эмиттерный повторитель У4/Т8, с другого вывода Лз2 формируются импульсы «Зап. В».

Линии задержки служат для более точной настройки величины задержки импульсов запуска. Изменение величины дополнительной задержки можно производить с дискретностью 0,2 мкс в пределах от 0 до 4 мкс для одной линии.

6.2.2.4. Канал формирования выходных импульсов

Канал формирования выходных импульсов включает в себя [1, рис. 6.9]:

- шесть формирователей (У4/Т1, Т2; У4/Т3, Т4; У4/Т6, 17; У4/Т9, Т10; У4/Т12, Т13, Т14; У4/Э1);

- четыре эмиттерных повторителя (У4/Т11, У4/Т5, У4/Т8, У4/Т15);
- реле (У4/Р1).

Импульсы из канала формирования задержанных импульсов поступают на формирователь У4/Т12, Т13, Т14 и формирователи У4/Т1, Т2, У4/Т3, Т4. Сформированные по амплитуде и длительности импульсы «Зап. 64», «Зап. ИО» и «Зап. 23» поступают на выход блока.

Импульсы с линии Лз1 проходят через эмиттерный повторитель У4/Т11 и подаются на формирователь У4/Э1 выходных импульсов начала дистанции «-НД» и «+НД».

С линии Лз2 импульсы поступают через эмиттерный повторитель У4/Т8 и формирователь У4/Т9, Т10 на вход блока в виде сигнала «Зап. ПДУ».

Предусмотрено снятие импульсов запуска накопителя «Зап. ПДУ» в режиме «Мерцание» излучением за счет подачи сигнала «Корпус» с реле У1/Р4, Р5 на вход формирователя по команде «Строб» и снятие импульсов по команде «Выкл. ПДУ» подачей сигнала «Корпус» с реле У4/Р1 на вход формирователя импульса «Зап. ПДУ».

6.2.3. Назначение, режимы работы аппаратуры защиты от противорадиолокационных ракет

Аппаратура защиты от ПРЛР предназначена для уменьшения вероятности поражения РЛС ПРЛР за счет обеспечения прерывистой работы РЛС на излучение СВЧ-колебаний, а также изменения частоты повторения зондирующих импульсов.

Прерывистая работа РЛС не позволяет постоянно корректировать траекторию полета ПРЛР, поэтому круговое вероятностное отклонение ПРЛР увеличивается. Периодическое изменение частоты повторения F_{Π} зондирующих импульсов также приводит к увеличению ошибки попадания ПРЛР.

Аппаратура защиты от ПРЛР содержит:

- устройство автоматического управления излучением в блоках 12М и 23М;

- схему управления формированием импульса «Зап. ПДУ» в блоке 16М.

На АПУ и ВПУ размещены устройства управления режимами защиты от ПРЛР, предусматривающие управление следующими режимами излучения:

1. Мерцание излучением («Род М» – «Изл.»):

- секторный режим излучения («Сектор»);
- режим «1» («Темп М»), при котором излучение попеременно включается и выключается на время одного оборота антенны;

- режим «2» («Темп М»), при котором излучение попеременно включается и выключается на время двух оборотов антенны.

2. Изменение временного положения импульсов запуска «Мерцание фазой» («Род М» – «Фаза»):

- в секторе («Сектор»);
- через один оборот («1» «Темп М»);
- через два оборота («2» «Темп М»).

Функциональная схема устройства автоматического управления излучением и фазой представлена в [1, рис. 6.13], временная диаграмма работы устройства автоматического управления излучением – в [1, рис. 6.14, 6,15].

Напряжение синхронизации с СД М2 блока 28 поступает на СП блока 12М (23М). Со статорной обмотки СП напряжение [1 рис. 6.14, а] поступает на двухполупериодный выпрямитель, а после выделения огибающей синусоидального напряжения фильтром [1, рис. 6.14, б] – на вход триггера Шмитта. Амплитуда огибающей регулируется потенциометром УСТ. 180°.

В зафиксированном положении ротора СП и при вращении антенны огибающая амплитудных значений напряжения статорной обмотки СП изменяется по закону

$$U = U_m \sin(\varphi/2),$$

где U – огибающая амплитудных значений напряжения; φ – угол поворота антенны относительно фиксированного положения ротора СП; U_m – амплитудное значение огибающей напряжения при $\varphi = 180^\circ$.

Изменяя угол поворота ротора СП, изменяют угол поворота антенны, при котором огибающая напряжения становится максимальной.

В секторных режимах излучения момент срабатывания триггера Шмитта устанавливается изменением напряжения смещения с помощью потенциометра ШИР. СЕКТ.

На выходе триггера Шмитта формируются положительные импульсы в течение времени, когда напряжение смещения больше по абсолютной величине, чем напряжение огибающей [1 рис. 6.14, б].

За время одного оборота антенны триггером Шмитта формируется один импульс [1 рис. 6.14, в], который поступает через дифференцирующую цепочку [1 рис. 6.15, а] на вход усилителя, а затем на вход симметричного триггера 1 [1 рис. 6.15, б]. Одновременно этот импульс в секторных режимах излучения через нормально замкнутые контакты реле поступает на эмиттерный повторитель ПП1 и усилитель ПП5. Нагрузкой усилителя является реле Р1, которое своими контактами управляет включением и выключением излучения РЛС.

С выхода симметричного триггера 1 импульсы [1 рис. 6.15, в] поступают на эмиттерный повторитель ПП8, а затем на вход симметричного триггера II. В режиме «Темп М» «1» на эмиттерный повторитель ПП1 подается напряжение с симметричного триггера 1, а в режиме «Темп М» «2» – с симметричного триггера 2 [1 рис. 6.15, г].

С выхода эмиттерного повторителя ПП1 импульсы подаются на вход блока 16М и запрещают формирование импульса «Зап. ПДУ».

Контрольные вопросы

1. Для чего предназначена СУЗиК РЛС и что она обеспечивает?
2. Что включает в себя СУЗиК, перечислите ее характеристики?
3. На каком принципе построена СУЗиК по формированию, передаче и обработке кодов команд?
4. Что включает в себя система управления и сигнализации и как она работает?
5. Из каких устройств состоят каналы управления РЛС?
6. Что из себя представляет формирователь опорных напряжений?
7. Для чего предназначен и из чего состоит формирователь опорных импульсов?
8. Каков принцип формирования опорных импульсов?
9. Каковы назначение, состав и принцип работы шифратора команд управления?
10. Каково назначение, состав и принцип работы дешифратора команд управления?
11. Для чего предназначена сигнализация включения режимов работы РЛС и каков принцип её работы?
12. Каково назначение блока 11М (22М) и его органов управления системами РЛС?
13. Каково назначение блока 12М (23М) и его органов управления системами РЛС?
14. Для чего предназначен блок 34 и какие режимы работы аппаратуры РЛС обеспечивает?
15. Каков порядок включения РЛС?
16. Каково назначение хронизатора и какие импульсы для аппаратуры РЛС он формирует?
17. Перечислите режимы синхронизации хронизатора, для чего они используются?
18. Из каких каналов состоит блок синхронизации (бл. 16М) и какое назначение имеет каждый канал?
19. Что включает в себя задающий генератор и как он работает?
20. Что включает в себя канал формирования режимов запуска и как он работает?
21. Что включает в себя канал формирования задержанных импульсов и как он работает?
22. Что включает в себя и как работает канал формирования выходных импульсов?
23. Назначение аппаратуры защиты от ПРЛР и режимы ее работы.
24. Как работает аппаратура защиты от противорадиолокационных ракет по функциональной схеме?

Глава 7

СИСТЕМА СОПРЯЖЕНИЯ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СТАНЦИИ П-18Р С КОМПЛЕКСАМИ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ, ПОДВИЖНЫМИ РАДИОВЫСОТОМЕРАМИ

7.1. Общие сведения о системе сопряжения радиолокационной станции П-18Р

Система сопряжения предназначена для сопряжения РЛС П-18Р с другими РЛС, ПРВ и КСА. Система сопряжения позволяет сопрягать РЛС П-18Р практически со всеми РЛС и КСА. Целью сопряжения с РЛС является улучшение боевых возможностей за счет наращивания ЗО РЛС. Цель сопряжения с ПРВ – получение всех трех координат на одном рабочем месте (на ВИКО П-18Р), а также возможность получения совмещенной обстановки на индикаторах станции от РЛС П-18Р и высотомера. Целеуказание на сопрягаемый ПРВ значительно уменьшает время определения высоты цели. Цель сопряжения с КСА – непосредственный ввод данных о воздушной обстановке в аппаратуру КСА.

Система сопряжения обеспечивает совместную работу РЛС П-18Р со следующими изделиями:

- с РЛУ и КСА 86Ж6, «Поле-ДД», «Фундамент-1», радиолокационными комплексами 5Н87М и 64Ж6, РЛС П-37Р (1РЛ139Р) – с использованием блока 102 или без него;
- с РЛС 44Ж6, 5Н84А – через аппаратуру С-14.

При работе вне автоматизированных систем ПВО РЛС может непосредственно сопрягаться с радиовысотомерами:

- ПРВ-11 (1РЛ119);
- ПРВ-9А (1РЛ19А), ПРВ-16 (1РЛ132);
- ПРВ-13 (1РЛ130), ПРВ-13М1 (1РЛ130М1);
- ПРВ-17 (1РЛ141).

РЛС П-18Р, сопряженная с ПРВ, образует автономный трехкоординатный комплекс, который может быть использован для наведения истребительной авиации и решения других задач.

7.2. Сопряжение с радиолокационным узлом и комплексами средств автоматизации

При сопряжении РЛС с РЛУ обеспечивается:

- передача радиолокационных сигналов и угла поворота антенны на РЛУ;
- возможность работы РЛС синхронно по запуску и вращению от РЛУ или другой РЛС, входящей в состав РЛУ;
- возможность подключения к РЛУ одной из двух РЛС (при работе РЛУ с двумя РЛС);
- дистанционное управление с РЛУ выключением излучения РЛС, а также включением запроса госпринадлежности целей;
- сигнализация с РЛС на РЛУ о готовности к включению, включении напряжений питания накала и наличии излучения;
- сигнализация с РЛУ (через блок 102) о выключении излучения РЛС.

7.2.1. Структурная схема сопряжения радиолокационной станции П-18Р с радиолокационным узлом

Радиолокационная информация (эхо-сигналы, сигналы опознавания) [1, рис. 7.1], а также ОД, ОА и импульсы запуска с соответствующих блоков РЛС поступают на блок сопряжения (блок 20), размещенный в шкафу 2. После формирования по амплитуде и длительности все сигналы по кабельным линиям поступают через переходной щит антенный (ПЩА) на пульт управления и сигнализации (блок 102), который размещается в РЛУ, удаленном на расстояние до 300 м от РЛС.

На индикаторы РЛУ сигналы и напряжения синхронизации ГО и ТО поступают с блока 102, при этом отметка ОА–0 РЛС передается совместно с ОА.

Для передачи на РЛУ напряжений ГО и ТО с передаточным отношением 1:36 на РЛС подается с РЛУ опорное напряжение 70–110 В, 50 Гц. Это напряжение питает однофазные обмотки СД блока сельсинов (блок 29), выдающие напряжение синхронизации на РЛУ.

Опорное напряжение с РЛУ через блок 102 по кабельной линии поступает на блок сельсинов РЛС.

Напряжения ГО и ТО с блока сельсинов через кабельную линию и блок 102 поступают на РЛУ.

Для синхронной работы по запуску и вращению от РЛУ или другой РЛС на РЛС П-18Р подаются:

- синхронизирующие импульсы запуска;
- напряжение синхронизации ГО;
- напряжение питания системы следящего привода РЛС 220 В, 50 Гц, синфазное с напряжением возбуждения СД ГО на РЛУ или другой РЛС;
- отметка ОА–0 для ориентирования.

Внешние синхронизирующие импульсы с РЛУ или другой РЛС через пульт управления и сигнализации и шкаф 2 поступают на запуск хронизатора РЛС П-18Р (блок 16М). Синхронное вращение антенны РЛС П-18Р с антенной ведущей РЛС осуществляется с помощью следящего привода СВНА РЛС в режиме «Слежение». Отметка ОА–0 поступает на блок 20 РЛС П-18Р, где формируется по амплитуде и длительности, смешивается с ОА и поступает на ИКО РЛС. При наличии двух РЛС П-18Р подключение второй к блоку 102 происходит аналогично подключению первой.

В зависимости от положения переключателя СТАНЦИЯ 1–2 на блоке 102 с его выходных разъемов на РЛУ будут поступать видеосигналы и напряжение синхронизации соответственно от первой или второй РЛС. Синхронизирующие импульсы запуска подаются с РЛУ или другой РЛС одновременно на обе РЛС.

Для сигнализации о состоянии готовности каждой из двух РЛС на блоке 102 имеются следующие световые табло: СТАНЦИЯ ГОТОВА, СТАНЦИЯ НЕ ГОТОВА, НАКАЛ ВКЛЮЧЕН, ИЗЛУЧЕНИЕ ЕСТЬ.

С пульта управления и сигнализации производится выключение излучения РЛС. Предусмотрено также дублирование напряжения сигнализации и управления для подачи их на пульта управления РЛУ. Для обеспечения работы элементов управления и сигнализации с РЛУ подается напряжение 220 В, 50 Гц.

Сопряжение с РЛУ и другими РЛС осуществляется аппаратурой, размещенной как в станции аппаратной РЛС П-18Р, так и на РЛУ. Пульт управления сигнализации (блок 102) устанавливается на РЛУ.

В станции аппаратной РЛС размещаются: блок сопряжения (блок 20), хронизатор (блок 16М) и блок аппаратуры синхронно-следящей системы (блок 37).

Передача видеосигналов осуществляется с помощью семи высокочастотных кабельных линий. Каждая такая линия состоит из трех 100-метровых кабелей, соединенных между собой посредством высокочастотных герметизированных разъемов. Передача напряжения синхронизации каналов ГО и ТО, напряжений питания, сигнализации и управления осуществляется с помощью двух низкочастотных кабельных линий. Каждая низкочастот-

ная линия состоит трех 100-метровых кабелей, соединенных между собой с помощью герметизированных разъемов.

Сопряжение РЛС П-18Р с РЛУ без использования блока 102 осуществляется аналогично сопряжению с блоком 102 с той лишь разницей, что 300-метровые кабельные линии подключаются не к блоку 102, а непосредственно к кабельным коробкам или щитам сопрягаемых изделий.

7.2.2. Блок сопряжения (блок 20)

Блок 20 предназначен для подачи на РЛУ или другую РЛС следующих сигналов:

- импульсов запуска;
- отметок дальности;
- отметок азимута;
- эхо-сигналов;
- сигналов опознавания;
- комплексного сигнала, в котором замешаны импульсы запуска, эхо-сигналы и сигналы опознавания.

Все перечисленные сигналы поступают по 300-метровым кабельным линиям через пульт управления и сигнализации (блок 102) или непосредственно на соответствующие входы РЛУ или другой РЛС. Через этот же блок с РЛУ на ИКО РЛС поступает сигнал ориентирования (отметка ОА–0 от другой РЛС).

7.2.2.1. Функциональная схема блока 20

В состав блока 20 [1, рис. 7.2] входят следующие каналы: запуска, ОД, опознавания, ОА, эхо-сигналов, ориентирования.

Канал запуска состоит из ждущего блокинг-генератора с пусковым транзистором и выходного согласующего каскада. На вход канала поступает сигнал «+НД» с блока 16М. Блокинг-генератор формирует импульс по длительности, а выходной каскад обеспечивает согласование схемы формирования импульсов запуска «Зап. вых.» с сопротивлением 300-метровой кабельной линии.

В *канале ОД* формируются замешанные ОД и по составу он аналогичен каналу запуска. На вход поступают сигналы «ОД–10» с блока 18. Формирование 50-километровых отметок происходит с помощью электронного ключа путем увеличения их амплитуды в момент поступления на блок сигналов «ОД–50».

Канал ОА состоит из диодного смесителя сигналов ОА и ОА–0, поступающих с блока 17. Усилитель ОА содержит один каскад усиления по напряжению. В канале формируются замешанные отметки азимута ОА.

Канал опознавания состоит из двух каскадов усиления по напряжению и эмиттерного повторителя. На вход блока поступают сигналы с блока 19 или с блока 30М1.

Канал эхо-сигналов содержит канал усиления по напряжению и эмиттерный повторитель. На вход канала приходит сигнал «Эхо» с блока 19, а с выхода сигнал «Эхо вых.» поступает на кабельную линию.

Канал ориентирования служит для формирования сигнала, создающего на ИКО станции яркостную отметку в момент прохождения антенной другой РЛС через «Север» и служащую для проверки ориентирования. Канал ориентирования состоит из входного ключевого каскада и формирующего мультивибратора. Ключевой каскад служит для включения питания формирующего мультивибратора только на время входного импульса. Выходной импульс «Ориент. вых.» поступает на блок 17 для замешивания с азимутальными отметками.

7.2.3. Пульт управления и сигнализации (блок 102)

Пульт управления и сигнализации выполняет следующие функции:

- подключение к РЛУ РЛС № 1 или РЛС № 2;
- переключение с РЛС П-18Р на работу от РЛС другого типа при их работе в составе РЛУ;
- воспроизведение с помощью световых табло сигналов, поступающих с РЛС;
- выключение излучения работающей РЛС;
- включение НРЗ.

В зависимости от положения переключателя СТАНЦИЯ 1–2 на пульте управления и сигнализации на РЛУ будут выдаваться видеосигналы, сигналы синхронной передачи и признаки работающей РЛС от РЛС №1 или РЛС № 2. При этом переключатель СТАНЦИЯ 12–14 должен находиться в положении 12. В положении 14 переключателя СТАНЦИЯ 12–14 блока 102 на РЛУ подаются сигналы от РЛС другого типа.

7.2.4. Элементы управления и сигнализации

Элементы управления и сигнализации обеспечивают передачу информации о состоянии РЛС П-18Р на РЛУ и другие РЛС, а также дистанционное управление отдельными режимами РЛС с РЛУ. Элементы управления и сигнализации размещены в блоке 102 (пульт управления и сигнализации) и в блоке 20 РЛС.

С блока 20 каждой из двух работающих РЛС на пульт управления блока 102 подаются следующие сигналы [1, рис. 7.3]:

- о готовности РЛС к включению – «Станция не готова» или «Станция готова»;
- о включении напряжения питания накала РЛС «Накал включен»;
- о наличии излучения станции – «Излучение есть».

Подача сигнала о готовности РЛС к включению осуществляется оператором вручную с помощью тумблера СТАНЦИЯ ГОТОВА–СТАНЦИЯ НЕ ГОТОВА, расположенного на блоке 20.

Если РЛС по причине ремонта, настройки или неисправности не готова к боевой работе, то тумблер СТАНЦИЯ НЕ ГОТОВА–СТАНЦИЯ ГОТОВА на блоке 20 устанавливается в положение СТАНЦИЯ НЕ ГОТОВА. При этом на блоке 20 включается табло СТАНЦИЯ НЕ ГОТОВА, а на пульте управления и сигнализации (блок 102) включается табло СТАНЦИЯ 1 НЕ ГОТОВА или СТАНЦИЯ 2 НЕ ГОТОВА.

При полной готовности РЛС к включению тумблер на блоке 20 устанавливается в положение СТАНЦИЯ ГОТОВА. При этом на блоке 20 выключается табло СТАНЦИЯ НЕ ГОТОВА и включается табло СТАНЦИЯ ГОТОВА, а на блоке 102 выключается табло СТАНЦИЯ 1 (2) НЕ ГОТОВА и включается табло СТАНЦИЯ 1 (2) ГОТОВА.

В процессе включения РЛС (после включения напряжения питания накала РПУ) с блока 20 на блок 102 автоматически поступает сигнал, который включает подсвет табло НАКАЛ ВКЛЮЧЕН, соответствующее данной РЛС.

При наличии излучения РПУ с блока 20 на блок 102 автоматически поступает сигнал, который включает подсвет табло ИЗЛУЧЕНИЕ ЕСТЬ, соответствующее данной РЛС.

Выключение излучения РЛС № 1 производится с блока 102 тумблером ИЗЛУЧЕНИЕ 1, а РЛС №2 – тумблером ИЗЛУЧЕНИЕ 2, при этом:

- снимается запуск РПУ соответствующей РЛС, и на блоке 20 включается табло ВЫСОКОЕ ОТКЛ., которое сигнализирует оператору РЛС о том, что излучение РПУ выключено с блока 102;
- на блоке 102 гаснет табло ИЗЛУЧЕНИЕ ЕСТЬ, соответствующее данной РЛС.

Включение контрольного запроса осуществляется нажатием переключателя ЗАПРОС-К.

Включение запроса производится нажатием кнопки ОПОЗНАВАНИЕ.

Выключение излучения РЛС и включение запроса может также производиться и с командного пункта РЛУ, на который для этой цели заводятся дублирующие цепи.

7.3. Сопряжение с радиолокационной станцией П-37Р

Сопряжение с РЛС П-37Р производится в целях:

- наращивания ЗО РЛС П-37Р на больших углах места;
- уменьшения радиуса «мертвой воронки» РЛС П-37Р;
- оперативного переключения КСА с одной сопряженной РЛС на другую без дополнительной настройки;
- проводки целей в ближней зоне на фоне местных предметов с использованием аппаратуры СДЦ РЛС П-18.

Сопряжение осуществляется через пульт управления и сигнализации (блок 102). Пульт устанавливается на сопрягаемой РЛС, которая может быть удалена на расстояние до 300 м от РЛС П-18Р.

РЛС П-18Р является ведомой по запуску и вращению, для чего с РЛС П-37Р на РЛС П-18Р через блок 102 подаются следующие сигналы и напряжения:

- напряжения ГО и ТО с передаточным отношением 1:36. Эти напряжения преобразуются в промежуточной синхронной передаче в напряжение с передаточным отношением сельсинов 1:23, которое поступает в силовой следящий привод. Под действием привода антенна РЛС П-18Р вращается синхронно и синфазно с антенной РЛС П-37Р;
- импульсы запуска, при этом хронизатор (блок 16М) переводится в режим внешнего запуска;
- отметка СЕВЕР для взаимной проверки ориентирования;
- напряжение питания блока 102;
- опорное напряжение ~70–100 В для питания СД в блоке 29.

Все указанные сигналы, кроме импульсов запуска, которые подаются через блок 102 транзитом, поступают через переключатель РЛС 1–РЛС 2 на одну из двух РЛС П-18Р, которая становится ведомой по запуску и вращению.

В этом случае с выходных разъемов блока 102 можно снимать радиолокационные сигналы для подачи на индикаторы РЛС П-37Р или на КСА (РЛУ); при этом на ИКО РЛС П-37Р на дистанции до 200 км (расстояние можно регулировать) отображается воздушная обстановка от РЛС П-18Р, а на остальной дистанции – от РЛС П-37Р. Переключатель 14–12 на блоке 102 устанавливается в положение 12. Такое отображение воздушной обстановки возможно только при включенной аппаратуре защиты от ПРЛР на РЛС П-37Р.

Радиолокационные сигналы с выходных разъемов блока 102 можно также подавать на КСА (РЛУ). Тогда на КСА (РЛУ) будет передаваться воздушная обстановка от одной из двух РЛС П-18Р (переключатель 14–12 устанавливается в положение 12) либо от РЛС П-37Р.

7.4. Сопряжение с радиолокационной станцией 5Н84А (44Ж6)

Сопряжение с РЛС 5Н84А производится с целью:

- наращивания ЗО РЛС 5Н84А на больших углах места;
- уменьшения радиуса «мертвой воронки» $R_{М.В.}$ ($R_{М.В.} 5Н84А = 3,5H_{ц}$, $R_{М.В.} П-18Р = 2H_{ц}$ – без наклона антенны и $R_{М.В.} П-18Р = H_{ц}$ – с наклоном антенны);

- оперативного переключения КСА (РЛУ) с одной сопряженной РЛС на другую без дополнительной подстройки.

Сопряжение РЛС П-18Р с РЛС 5Н84А (44Ж6) производится через аппаратуру «Сопряжение-14». При этом сопряжении пульт управления и сигнализации устанавливается на стойке 1 аппаратуры «Сопряжение-14». Он может выноситься от РЛС П-18 на расстояние до 300 м.

Для сопряжения РЛС 5Н84А (44Ж6) с РЛС П-18Р с аппаратуры «Сопряжение-14» на РЛС П-18Р через блок 102 подаются аналогичные сигналы, что и при сопряжении с РЛС П-37Р.

С выходных разъемов блока 102 радиолокационные сигналы и сигналы синхронно-следящего привода могут подаваться на КСА. Таким образом, на КСА (РЛУ) можно передавать воздушную обстановку от РЛС 5Н84А (44Ж6) либо от РЛС П-18Р.

7.5. Сопряжение с подвижным радиовысотомером ПРВ-13

РЛС П-18Р может сопрягаться с радиовысотомером ПРВ-13, а также с модификациями ПРВ-13: ПРВ-13М1, ПРВ-13М, ПРВ-13М3.

Сопряжение используется с целью:

- наращивания ЗО РЛС по маловысотным целям [1, рис. 7.4];
- обеспечения измерения высоты цели оператором РЛС по целеуказанию с ВИКО РЛС.

Сопряжение осуществляется при совместном размещении (расстояние не более 4 м) шкафа ВИКО РЛС и шкафа И7К ПРВ-13 в отдельном помещении, удаленном на расстояние до 500 м от обоих изделий. При этом расстояние между аппаратной машиной РЛС и прицепами В1 и В2 ПРВ-13 не должно превышать 300 м.

Для обеспечения сопряжения используется дополнительный распределительный щит РЩ-4 (из комплекта РЛС), размещаемый в помещении совместно со шкафами ВИКО и И7К.

При совместной работе ПРВ-13 может использоваться в двух режимах: дальномерном режиме и режиме измерения третьей координаты (угла места или высоты).

В дальномерном режиме предусматривается синхронная работа обоих изделий по запуску и вращению антенн с отображением РЛИ ПРВ-13 на штатных ИКО РЛС. Этот режим используется для увеличения ЗО по низколетящим целям. Индикатор высоты ПРВ-13 в этом случае не используется.

В режиме измерения высоты (угла места) установка антенны ПРВ-13 на необходимый азимут осуществляется от ВИКО с помощью электронного визирного устройства, при этом целеуказание по дальности выполняется голосом (по телефону). Высота цели измеряется по экрану индикатора высоты, размещенного в шкафу И7К ПРВ-13.

При работе ПРВ-13 в режиме измерения высоты и во время входа его в синхронизм при переводе в дальномерный режим на ИКО и ВИКО в режиме «В+Л» отображается только информация РЛС (информация от ПРВ-13 отсутствует).

В режиме «В» (индикация сигналов только ПРВ-13) с целью предотвращения полной потери информации ПРВ-13 до вхождения его в синхронизм обеспечивается отображением РЛИ ПРВ-13 на ИКО и ВИКО РЛС при рассогласовании антенн РЛС и ПРВ-13.

На ИКО шкафа И7К ПРВ-13 воспроизводится РЛИ только ПРВ-13. Кроме того, при указанном сопряжении в режиме измерения высоты возможность установки антенны ПРВ-13 на азимут со шкафа И7К исключается.

Схема сопряжения РЛС П-18Р с ПРВ-13 изображена в [1, рис. 7.5].

Для обеспечения синхронизации по запуску с РЛС на ПРВ-13 (прицеп В2) по согласованной 75-омной кабельной линии выдаются импульсы запуска положительной полярности с амплитудой не менее 25 В длительностью (2 ± 1) мкс с тактовой частотой РЛС. Эти импульсы вырабатываются хронизатором (блок 16М) с упреждением относительно ее нуля дистанции (для обеспечения совмещения РЛИ РЛС и ПРВ-13 на ИКО и ВИКО).

Кроме того, с калибратора РЛС (блок 18) на ПРВ-13 по 75-омной кабельной линии подаются 10-километровые ОД положительной полярности с амплитудой не менее 20 В.

Для обеспечения синхронного вращения ПРВ-13 с РЛС прицеп В1 ПРВ-13 связан кабельными линиями с тахогенератором М3 блока 31 и СП ГО и ТО М1, М2 блока 29. Передаточное отношение между осями роторов сельсинов ГО и ТО равно 1:23.

Вывод антенны ПРВ-13 на азимут целеуказания при работе его в режиме измерения угла места осуществляется подключением шкафа И7К ПРВ-13 к СП ГО и ТО М2, М3 блока управления визиром ВИКО (блок 24).

Для обобщения информации на ИКО со шкафа И7К на РЛС по 75-омной кабельной линии выдаются эхо-сигналы ПРВ-13 положительной полярности с максимальной амплитудой (6 ± 2) В при эффективном значении шумов в канале эхо-сигнала 0,6–0,8 В.

Включение дальномерного режима или режима измерения высоты (угла места) ПРВ-13 осуществляется через распределительный щит РЦ-4 с ВИКО РЛС.

Для переключения ПРВ-13 из режима измерения угла места в дальномерный режим и обратно используются реле, размещенные в щите РЦ-4. Управление реле обеспечивается переключателем блока 26 ВИКО

КАЧАНИЕ – КРУГОВОЙ
Н-ПРИНЯТА ЦУ

7.6. Сопряжение с наземными радиолокационными запросчиками

7.6.1. Общие принципы опознавания локационных целей и сопряжения с наземными радиолокационными запросчиками

Для определения государственной принадлежности объектов, обнаруживаемых РЛС, в комплект РЛС П-18Р входит НРЗ типа НРЗ-4П (изделие 1Л22). В общем случае совместная работа НРЗ и РЛС осуществляется следующим образом.

При включении с пультов управления РЛС запроса в определенном режиме на НРЗ поступает команда включения передатчика «Манип.» и признак режима, по которым в НРЗ происходит формирование и излучение кодовых посылок с частотой работы РЛС в азимуте направления антенны НРЗ.

Аппаратура ВО, находящихся в зоне опознавания НРЗ, принимает кодовые посылки. При этом аппаратура своих ВО расшифровывает принятые кодовые посылки и посылает ответные закодированные сигналы.

Аппаратура НРЗ принимает ответные сигналы, раскодировывает их и преобразует в сигналы опознавания, удобные для обработки в аппаратуре сопряжения РЛС.

Поступающие с НРЗ сигналы опознавания преобразуются аппаратурой РЛС в ОП для их визуального наблюдения на экранах индикаторов.

Таким образом, государственная принадлежность объектов определяется по наличию на экранах индикаторов РЛС ОП рядом с отметками эхо-сигналов РЛС.

При совместной работе РЛС и НРЗ аппаратурой сопряжения РЛС обеспечивается:

- совмещение по дальности ОП с эхо-сигналами РЛС;
- совмещение по азимуту радиолокационной обстановки РЛС и НРЗ;
- управление режимами работы НРЗ и РЛС по опознаванию;
- контроль за исполнением команд и состоянием аппаратуры НРЗ;
- обработка сигналов опознавания и выдача на экраны индикаторов РЛС и РЛУ отметок опознавания.

Совмещение по дальности отметок опознавания и эхо-сигналов РЛС достигается за счет упреждения относительно нуля дистанции РЛС импульсов запуска НРЗ, формируемых в блоке 16М РЛС. Величина упреждения импульсов запуска НРЗ определяется временем обработки и передачи сигналов в трактах НРЗ.

В РЛС при работе с НРЗ обеспечиваются следующие режимы синхронизации:

- внутренняя (импульсы симметричного и несимметричного запуска);
- внешняя – при запуске от другой РЛС или РЛУ.

Совмещение по азимуту радиолокационной обстановки РЛС и НРЗ достигается за счет синхронного вращения антенн РЛС и НРЗ, которое обеспечивается синхронно-следящим приводом НРЗ. Для работы ССП НРЗ в блок 28 РЛС от НРЗ поступает напряжение возбуждения. С роторных обмоток СД блока 28 снимаются напряжения синхронизации и выдаются в аппаратуру ССП НРЗ, где отрабатывается угол поворота антенны РЛС.

Контроль за синхронным вращением антенны НРЗ осуществляется по индикаторному сельсину НРЗ, размещаемому в станции аппаратной РЛС.

Управление НРЗ в полном объеме команд производится с дистанционного пульта управления (ДПУ) НРЗ. На оперативных пультах управления (ОПУ) РЛУ и АПУ и ВПУ РЛС имеются только оперативные органы управления и контроля, наиболее часто используемые оператором в процессе боевой работы.

В целях уменьшения радиопеленгации работы НРЗ и снижения активных помех по каналу опознавания для других РЛС предусмотрены устройства регламентации, служащие для включения запроса с соответствующего пульта управления РЛС или ОПУ РЛУ на ограниченное время, которое определяется положением тумблера 30° – 60° , что соответствует сектору 30 или 60° при скорости вращения антенн РЛС 6 об/мин.

Информация о включенных режимах, исполнении команд управления и исправности аппаратуры РЛС и НРЗ отображается подсветом соответствующих табло и сигнальных лампочек на АПУ (ВПУ) РЛС, ДПУ НРЗ, блоке 30М1 РЛС и ОПУ РЛУ.

В зависимости от выбранного режима работы НРЗ аппаратура сопряжения РЛС обеспечивает обработку сигналов опознавания и выдачу на экраны ИКО (ВИКО) РЛС и РЛУ ОП необходимой длительности и амплитуды.

Раздельное визуальное наблюдение эхо-сигналов и ОП на экранах индикаторов достигается за счет введения задержки (отрыва) в тракт ОП.

Для более точного определения местонахождения своих целей применяется режим «Наведение». При включении режима «Наведение» исключается отрыв ОП от эхо-сигналов РЛС и на экранах ИКО (ВИКО) происходит совмещение ОП и эхо-сигналов.

7.6.2. Сопряжение с НРЗ-4П

Наземный радиолокационный запросчик НРЗ-4П (изделие 1Л22) размещается на позиции вне основного сектора обнаружения РЛС на расстоянии до 100 м от РЛС.

В станции аппаратной РЛС расположены ДПУ изделия 1Л22, индикатор положения антенны 1Л22. Подключение изделия 1Л22 к РЛС производится с помощью 100-метровых кабелей из комплекта изделия 1Л22. Для управления изделием 1Л22 с РЛУ используется 300-метровая кабельная линия из комплекта РЛС.

Структурная схема сопряжения РЛС П-18 с изделием 1Л22, РЛУ и аппаратурой ИО-4 приведена в [1, рис. 7.6].

Для совмещения радиолокационной обстановки РЛС и изделия 1Л22 на экранах индикаторов в блоке 16М формируются импульсы запуска для изделия 1Л22 («Зап. 64»), упрежденные относительно нуля дистанции РЛС. Вследствие того, что величина упреждения импульсов «Зап. 64» может быть различна для разных изделий 1Л22, в блоке 16М предусмотрена возможность неоперативной регулировки величины упреждения.

Для синхронизации РЛС и изделия 1Л22 по вращению с изделия 1Л22 на СД М5 блока 28 РЛС поступает опорное напряжение 110 В, 400 Гц. С роторных обмоток сельсина на изделие 1Л22 подаются напряжения синхронизации по каналу ГО.

Для повышения точности и надежности синхронного вращения антенн РЛС и изделия 1Л22 с блока 32 РЛС на изделие 1Л22 выдаются признаки работы РЛС со стабильными скоростями вращения антенны (2, 4 и 6 об/мин).

Контроль за вращением антенн РЛС и изделия 1Л22 осуществляется по стрелке индикатора положения антенны (ИПА) изделия 1Л22.

ОПУ РЛС (блоки 11М и 22М) обеспечивают управление изделием 1Л22 в следующем объеме:

- включение и выключение питания изделия 1Л22;
- включение запроса и контрольного запроса;
- переключение диапазонов работы изделия 1Л22 (III Д, VII Д);
- включение режима «Наведение»;
- включение устройства регламентации;
- включение режимов опознавания (1, 2, 3, 4).

Управление изделием 1Л22 с ОПУ РЛУ, а также с выносного ОПУ (блок 3), размещенных в РЛУ или другой РЛС вместе с распределительным щитом РЩ-5, блоком 102 и коробкой коммутации, осуществляется в объеме ОПУ РЛС, кроме включения и выключения питания изделия 1Л22.

Включение питания изделия 1Л22, запроса и контрольного запроса, устройства регламентации, переключение режимов работы изделия 1Л22 производится с АПУ и ВПУ (блоков 11М и 22М соответственно) независимо от управления РЛС.

Выключение питания, переключение диапазонов работы изделия 1Л22, включение режима «Наведение» происходят с того ОПУ, с которого происходит управление РЛС (АПУ или ВПУ).

Команды управления изделием 1Л22 с пультов управления РЛС и РЛУ поступают на ДПУ, в котором они переформируются и передаются на изделие 1Л22 для исполнения.

Включение питания изделия 1Л22 осуществляется при первом нажатии кнопок МП, МП-К на блоках 11М или 22М, кнопки ОПОЗНАВАНИЕ на блоке 102 или педали, подключенной к шкафу ба.

Включение изделия 1Л22 возможно с ДПУ тумблерами БР и ДР. При включении питания изделия 1Л22 на ДПУ с блока 11М РЛС поступает команда включения питания «ВКЛ. 64». О включении питания изделия 1Л22 сигнализирует лампочка БР на ДПУ и подсвет кнопок МП и МП-К на блоках 11М и 22М.

При готовности изделия 1Л22 к боевой работе с изделия 1Л22 на ДПУ поступает сигнал «Готовность ДР», по которому загорается табло ДР на ДПУ. Сигнал «Готовность ДР» с ДПУ подается на РЛУ для обеспечения включения режимов изделия 1Л22 и на блоки 11М и 30М1.

Выключение изделия 1Л22 производится нажатием кнопки ВЫКЛ. ЗПР блоков 11М или 22М.

Включение запроса производится нажатием кнопки МП на блоках 11М или 22М, или кнопки ОПОЗНАВАНИЕ на блоке 102, или педали,

подключенной к шкафу ба, или переключателя ЗПР на блоке 3 (выносной ОПУ), или с РЛУ.

Переключение диапазонов производится тумблером III Д–VII Д на блоках 11М, 22М или тумблером ДИАПАЗОН на блоке 3. Команда включения VII диапазона выдается с соответствующего пульта только в момент включения запроса.

Включение режима «Наведение» осуществляется установкой переключателя КЛАП.–НАВЕД. на блоках 11М или 22М в положение НАВЕД. или тумблера НАВ. на блоке 3 в верхнее положение. Команда включения режима «Наведение» выдается с соответствующего пульта только в момент включения запроса.

Включение устройства регламентации производится установкой тумблера РЕГЛ. ВКЛ. на блоках 11М, 22М или 3 в положении РЕГЛ. и включении запроса (контрольного запроса).

Включение режимов работы изделия 1Л22 выполняется нажатием соответствующей кнопки 1, 2, 3, 4 (РЕЖИМ ЗПР) блоков 11М или 22М или установкой переключателя РЕЖИМ на блоке 3 в соответствующее положение. Признак режима выдается только в момент включения запроса с соответствующего пульта.

В случае одновременного включения разных режимов работы изделия 1Л22 с ПУ РЛС и ОПУ РЛУ обеспечивается приоритет включения VII диапазона определенного режима опознавания.

Состав режимов опознавания в диапазонах и логика приоритета построена следующим образом:

- в III диапазоне частот:
 - контрольный запрос;
 - третий режим индивидуального опознавания (ИО) (3);
 - режим общего опознавания (ОО) (1);
- в VII диапазоне частот:
 - режим гарантированного опознавания (I2);
 - четвертый режим ИО (4);
 - третий режим ИО (3);
 - режим ОО (1).

Информация о включенных режимах, исполнении команд управления и исправности аппаратуры поступает с изделия 1Л22 или ДПУ на пульты управления РЛС и РЛУ и отображается подсветом соответствующих табло и сигнальных лампочек.

На блоках ОПУ РЛС (блоки 11М и 22М) и в ОПУ (блок 3) отображается следующая информация:

- включение питания изделия 1Л22 (подсвет кнопок МП, МП-К на блоках 11М, 22М и кнопки ВЫКЛ. ЗПР на блоке 22М);

- готовность изделия 1Л22 к боевой работе (подсвет кнопки I РЕЖИМ ЗПР, 7Д на блоках 11М и 22М, кнопки ВЫКЛ. ЗПР на блоке 11М, подсвет табло ПИТ. III (ДИАПАЗОН) на блоке 3);
- включен запрос (подсвет табло МП и МОЩН. на блоках 11М, 22М и табло ЗПР на блоке 3);
- включен контрольный запрос (подсвет табло МП-К, МОЩН. на блоках 11М, 22М и табло ЗПР, ЗПР-К на блоке 3);
- включен III или VII диапазон (подсвет табло 3Д на время включения запроса или 7Д блоках 11М, 22М и подсвет III (ДИАПАЗОН) на время включения запроса или VII на блоке 3);
- включен режим «Наведение» (подсвет табло НАВЕД. на блоках 11М, 22М и подсвет табло НАВ. на блоке 3 на время включения запроса с блока 3);
- включен 1, 2, 3 и 4-й режимы опознавания (подсвет кнопок 1, 2, 3 или 4-й РЕЖИМ ЗПР на блоках 11М или 22М при включении соответствующего режима опознавания на этих блоках или подсвет табло I, II, III или IV РЕЖИМ на блоке 3 при включении соответствующего режима опознавания на блоке 3);
- наличие сигналов «Тревога» (подсвет табло ТР на блоках 11М, 22М и табло ТРЕВ. на блоке 3);
- неисправность аппаратуры изделия 1Л22 (подсвет табло НЕИСПР. на блоках 11М и 22М и 3);
- неисправность блока 30М1 РЛС (подсвет табло НЕИСПР. на блоках 11М, 22М и лампочки НЕИСПР. на блоке 30М1).

7.6.3. Сопряжение с аппаратурой ИО-4 (ИО-4М) индивидуального опознавания IV режима

Аппаратура ИО-4 предназначена для обработки и отображения полетной информации опрашиваемой цели при работе РЛС с изделием 1Л22. Аппаратура ИО-4 выполнена в виде отдельных блоков и размещается на выносных постах. Подключение аппаратуры ИО-4 производится посредством 500-метровых кабельных линий из комплекта изделия 1Л58.

На аппаратуру ИО-4 поступают:

- импульсы упрежденного запуска («Зап. ИО-4» с блока 16М, при этом на блоке 16М предусмотрена неоперативная регулировка величины упреждения импульсов «Зап. ИО-4» совместно с импульсами «Зап. 64»);
- сигналы ОО с блока 30М1;
- команда включения передатчика изделия 1Л22 и признак 4-го режима опознавания (с ДПУ, ОПУ РЛС и РЛУ);

- сигналы «ИЧ» (информационная часть), несущие информацию о цели (с изделия 1Л22).

С аппаратуры ИО-4 на блок 30М1 РЛС выдаются сигналы ИО 4 режима («ИО-IV»), на аппаратуру изделия 1Л22 – сигналы вида запроса («№, Н»).

На пульте табло аппаратуры ИО-4 высвечивается информация об индивидуальном номере, высоте и запасе топлива опрашиваемых целей. При работе аппаратуры ИО-4 на экранах индикаторов РЛС дополнительно к отметке сигнала ОО высвечиваются отметки сигнала «ИО-IV», аналогичные ОО. Количество отметок «ИО-IV» соответствует номеру канала, по которому происходит обработка информации о цели (1-, 2-, 3-й канал).

7.6.4. Блок сопряжения (блок 30М1)

7.6.4.1. Назначение и состав блока 30М1

При включении запроса с пультов управления РЛС или РЛУ на блок сопряжения (блок 30М1) РЛС в зависимости от включенного режима опознавания поступают сигналы (по одному высокочастотному кабелю):

- общего опознавания 1-го режима («ОО»);
- сигналы бедствия («Б»);
- гарантированного опознавания 2-го режима («ГО»);
- индивидуального опознавания 3-го режима («ИО-III»).

С аппаратуры ИО-4 на блок 30 М1 выдаются сигналы индивидуального опознавания 4 режима («ИО-IV»). В блоке 30М1 сигналы опознавания формируются по длительности, задерживаются по времени относительно эхо-сигналов РЛС, усиливаются до необходимой амплитуды и в качестве ОП положительной полярности поступают в блок сопряжения (блок 20) для передачи их на РЛУ и в блок эхо-сигналов (блок 19) для передачи на ИКО и ВИКО РЛС. ОП отрицательной полярности с блока 30М1 поступают на ИК (блок 56).

Указанные сигналы индицируются на экранах ИКО и ВИКО в виде отметок различной ширины, отстоящих (с «отрывом») на 1...2 мм от отметок соответствующих эхо-сигналов опрашиваемых целей.

Ширина отметок и соответствующие им длительности выходных сигналов τ блока 30М1 в зависимости от режима работы НРЗ приведены в табл. 7.1 для двух случаев индикации сигналов на экране трубки:

- с диаметром (d) экрана 31 см на масштабе 180 км (для РЛС П-18);
- с диаметром (d) экрана 45 см на масштабе 400 км.

Сигналы «ИО-III» дополнительно задерживаются на 8–16 мкс ($d = 31$ см) или на 15–25 мкс ($d = 45$ см), поэтому они отстоят от сигналов «ОО» на 1–1,5 мм.

Таблица 7.1

Ширина ОП и длительность выходных импульсов блока 30М1

Режим опознавания	Ширина ОП, мм	Длительность выходных сигналов τ , мкс	
		$d = 31$ см	$d = 45$ см
«ОО» (1 режим)	1,0–1,5	3–10	3–10
«Б»	2,5–3,5	21–30	35–45
«ГО» (2 режим)	4–5	35–45	50–60
«ИО-III» (3 режим)	1,0–1,5	3–10	3–10
Задержка «ИО-III» от «ОО»	1,0–1,5	8–16	15–25
«ИО-IV» (4 режим)	1,0–1,5	3–10	3–10
Задержка «ИО-IV» от «ОО»	1,0–1,5	15–25	15–25

Сигналы «ИО-IV» задерживаются на 15–25 мкс в аппаратуре ИО-4, потому они отстают от сигналов «ОО» на 1–1,5 мм.

В блоке предусмотрено (при наличии команды «Наведение») исключение «отрыва» выходных сигналов блока от входных сигналов. При этом происходит совмещение эхо-сигналов с сигналами опознавания. В блоке имеется устройство контроля исправности блока по его выходным сигналам при подаче на вход сигнала имитатора изделия 1Л22. Если при включенном имитаторе (на передней панели блока горит сигнальная лампа ИМИТ. ВКЛ.) на выходе блока отсутствуют сигналы опознавания, то загорается сигнальная лампа НЕИСПР. При отключении изделия 1Л22 или его имитатора отключается и устройство контроля (лампа ИМИТ. ВКЛ. гаснет).

Отсутствие выходных сигналов блока может быть обусловлено как неисправностью самого блока, так и отсутствием сигналов имитатора или несоответствием их параметров (табл. 7.2). Отсутствие выходных сигналов блока может быть обусловлено как неисправностью самого блока, так и отсутствием сигналов имитатора.

На аппаратуру ИО-4 с блока выдаются сигналы общего опознавания («Вых. ОО») положительной полярности, амплитудой 5–12 В, длительностью $(1,2 \pm 0,4)$ мкс с длительностью фронта не более 0,4 мкс.

Таблица 7.2

Амплитуда и длительность входных сигналов блока 30М1

Режим опознавания	Амплитуда, В	Длительность, мкс
«ОО» (1 режим)	5–9	$1 \pm 0,4$
«Б»	5–9	5–9
«ГО» (2 режим)	15–25	$1 \pm 0,4$
«ИО-III» (3 режим)	15–25	5–9

Сигналы опознавания с изделия 1Л22 имеют положительную полярность и различаются по амплитуде и длительности в зависимости от режима работы.

Сигнал «ИО-IV» подается по отдельному каналу, имеет положительную полярность, амплитуду 4–8 В и длительность $(1 \pm 0,4)$ мкс.

7.6.4.2. Функциональная схема блока 30М1

Для различения на экранах индикаторов РЛС ОП при работе изделия 1Л22 в различных режимах в блоке 30М1 [1, рис. 7.7] происходит их усиление и формирование по длительности. С учетом разницы в параметрах сигналов опознавания различных режимов (табл. 7.2) сигналы разделяются с помощью селекторов по амплитуде и длительности, а затем подаются на соответствующие формирующие устройства (ФУ).

Селектор по амплитуде пропускает на выход лишь сигналы, превышающие 12 В, т. е. сигналы «ГО» и «ИО-III», которые через контакты реле У1/Р1 поступают на ФУ «ГО» или (при наличии команды «Инд. III») на ФУ «ИО-III».

Селектор по длительности пропускает на выход сигналы, превышающие по длительности 3,2 мкс, т. е. сигналы «Б» и «ИО-III», которые поступают (при отсутствии команды «Инд. III») на ФУ «Б».

Через ограничитель по амплитуде все сигналы опознавания поступают на ФУ «ОО», «ИО-III», «ИО-IV», где из них формируется сигнал «ОО». Этим же устройством формируются сигналы «ИО-III» (поступают с ФУ «ИО-III») и сигналы «ИО-IV» (поступают непосредственно с аппаратуры ИО-4).

Импульсы различной длительности в зависимости от положения тумблеров В1...В3 («31»–«45»), которые переключают времязадающие емкости, формируются ФУ «ГО», ФУ «Б» и ФУ «ИО-III».

Сформированные по длительности (в соответствии с табл. 7.1) сигналы с выходов ФУ поступают на сумматор и затем на линии задержки Лз1–Лз7, с помощью которых создается задержка выходных сигналов блока от входных. На экранах индикаторов эта задержка обеспечивает «отрыв» ОП от отметок эхо-сигналов. Задержка может быть исключена с помощью реле У1/Р4 при поступлении на его обмотку команды «Навед.» (+27 В).

Через согласующий фазоинвертор сигналы поступают на выходные усилители сигналов опознавания положительной и отрицательной полярности. По команде «Манипул.» срабатывает реле У1/Р5 и усиленные по амплитуде сигналы через переменные резисторы R3 и R4 поступают на выход блока (ВЫХ. ОП, ВЫХ. ПОЛ., ВЫХ. ОТР.) и далее – в блок 19, ИК (блок 56). С помощью резисторов R3 и R4 регулируется яркость ОП на экранах индикаторов.

Одновременно положительные сигналы поступают на схему контроля, которая управляет работой реле У1/РЗ. Если при включенном изделии 1Л22 (сигнал «ГОТ. ДР») и включенном имитаторе (отсутствует сигнал «Имит. выкл») по каким-либо причинам отсутствует сигнал на положительном выходе, то срабатывает реле У1/РЗ, на передней панели блока загорается лампа НЕИСПР. и на выход блока выдается сигнал «Неиспр.» (+27 В).

7.6.5. Выносной оперативный пульт управления (блок 3)

Выносной ОПУ предназначен для управления работой НРЗ и отображения информации о работе его аппаратуры.

Блок 3 является унифицированным и устанавливается на РЛС или на РЛУ совместно с выносной аппаратурой РЛС (используется как выносной ОПУ РЛС).

Блок состоит из устройства регламентации, органов управления и элементов контроля за работой НРЗ. С блока осуществляется управление следующими режимами работы аппаратуры НРЗ и РЛС:

- включение питания НРЗ;
- включение запроса и контрольного запроса;
- переключение диапазонов и режимов работы НРЗ;
- включение режима «Наведение»;
- включение регламентированного запроса.

Световые табло блока 3 отображают информацию об исполнении команд управления (включено питание НРЗ; включен запрос; включен контрольный запрос; диапазон работы НРЗ), о включении режима «Наведение», включении 1, 2, 3 или 4 режимов работы НРЗ, неисправности аппаратуры НРЗ, наличии сигналов несинхронного бедствия.

Блок 3 через коробку коммутации и переходный щит ПЩА РЛС подключается к ДПУ НРЗ, установленному в РЛС.

Контрольные вопросы

1. Для чего предназначена система сопряжения РЛС и с какими изделиями она обеспечивает совместную работу?
2. Как работает система сопряжения РЛС с РЛУ?
3. Назначение и состав блока 20.
4. Какие функции выполняет пульт управления и сигнализации (блок 102)?
5. Как взаимодействуют элементы управления и сигнализации?
6. Как осуществляется сопряжение с РЛС П-37Р?

7. Как осуществляется сопряжение с РЛС 5Н84АП (44Ж6)?
8. Как осуществляется сопряжение с ПРВ-13?
9. Какие принципы заложены в систему опознавания и сопряжения РЛС с НРЗ?
10. Как осуществляется сопряжение РЛС с изделием 1Л22?
11. Какие режимы опознавания предусмотрены в РЛС с помощью изделия 1Л22?
12. Как осуществляется сопряжение РЛС с аппаратурой ИО-4?
13. Назначение и состав блока 30М1.
14. Как работает блок 30М1 по функциональной схеме?
15. Как в РЛС осуществляется управление НРЗ с блока 3 (выносного оперативного пульта управления)?

Глава 8

СИСТЕМА ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СТАНЦИИ П-18Р И ВТОРИЧНЫЕ ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ

8.1. Общие сведения о системе энергоснабжения

Питание РЛС осуществляется от внешней сети переменного трехфазного тока напряжением 220 или 380 В 50 Гц (с заземленной или изолированной нейтралью) или от собственной станции питания, вырабатывающей трехфазное напряжение 220 В, 50 Гц с изолированной нейтралью [1, рис. 8.1].

Питание бытовых приборов (светильника и др.) производится от переносного трансформатора напряжением 220/36 В мощностью 150 Вт.

Станция питания состоит из двух прицепов силовых (ПС-1 и ПС-2) с дизель-электрическими агрегатами АД-10-Т230М, размещенными по одному в каждом прицепе.

В станции предусмотрен перевод питания с одного агрегата на другой без выключения РЛС. Для повышения коэффициента мощности при питании РЛС от дизель-электрических агрегатов применяется компенсатор реактивной мощности (блок 39).

Внешняя сеть подключается к ПС-1, в котором расположен разделительный трансформатор (блок 38). Блок 38 обеспечивает на выходе напряжение 220 В с изолированной нейтралью (при любом питании внешней сети) и разделяет внешнюю сеть от цепей питания РЛС.

Перевод питания с внешней сети на любой из агрегатов осуществляется с помощью выключателей СЕТЬ, АГРЕГАТ 1, АГРЕГАТ 2 (блок 44) и синхронизирующих устройств агрегатов.

При работе станции на высоте более 1 000 м над уровнем моря или при повышенной ветровой нагрузке на антенну электропитание обеспечивается двумя агрегатами, работающими параллельно.

Напряжение первичного источника поступает из ПС-1 на щит с автоматической защитой и с него:

- на розетки;
- освещение;
- вентилятор санитарный;
- щит питания УЗ;
- блок распределения и защиты (блок 34);
- блок 36 и стабилизатор напряжения (СТС) через блок 34.

С блока СТС стабилизированное напряжение поступает на блок 34 и с него подается потребителям станции аппаратной.

Станция аппаратная и оба силовых прицепа соединяются между собой линиями телефонной связи.

Кроме того, предусмотрена подача звукового сигнала из станции аппаратной в ПС-1 при включенном зажигании двигателя автомашины.

Прицепы силовые, АМУ и станция аппаратная заземляются штыревыми электродами-заземлителями.

8.2. Станция питания

Станция питания состоит из двух прицепов силовых (ПС-1 и ПС-2) с дизель-электрическими агрегатами АД-10-Т230М, размещенными по одному в каждом прицепе [1, рис. 8.1].

В кузове ПС-1 размещены и смонтированы:

- дизель-электрический агрегат АД-10-Т230М;
- силовой щит (блок 44);
- разделительный трансформатор (блок 38);
- пульт включения отопительно-вентиляционной установки (блок 69);
- отопительно-вентиляционная установка (блок 103);
- зарядный выпрямитель (блок 71);
- компенсатор реактивной мощности (блок 39);
- элементы освещения и сигнализации;
- аппаратура телефонной связи;
- вспомогательное и запасное имущество станции.

В кузове ПС-2 размещены и смонтированы:

- дизель-электрический агрегат АД-10-Т230М;
- пульт включения отопительно-вентиляционной установки (блок 69);
- отопительно-вентиляционная установка (блок 103);
- элементы освещения и сигнализации;
- аппаратура телефонной связи;
- вспомогательное и запасное имущество станции.

При питании от дизель-электрических агрегатов трехфазное напряжение 220 В через блок 44 и щит ПЩС-1 на ПС-1 по кабелю поступает в станцию аппаратную на разъем ВХОД 220 В НЕЙТРАЛЬ ИЗОЛИРОВАНА.

При питании от внешней сети с заземленной или изолированной нейтралью трехфазное напряжение 220 или 380 В поступает на блок 38, далее через блок 44 и щит ПЩС-1 и разъем ВХОД 220 В НЕЙТРАЛЬ ИЗОЛИРОВАНА поступает в станцию аппаратную.

В РЛС применена схема заземления с изолированной нейтралью. Заземление станции аппаратной, машины с АМУ и прицепов силовых ПС-1 и ПС-2 с помощью заземлителей обеспечивает защиту обслуживающего персонала при замыкании фазы на корпус.

Корпусы прицепов и кузовов станции имеют общий контур заземления с сопротивлением заземления не более 25 Ом на почвах с удельным сопротивлением не более $2 \cdot 10^4$ Ом·м и 250 Ом при удельном сопротивлении почвы более $2 \cdot 10^4$ Ом·м.

Заземление производится с помощью 12 заземлителей и проводов заземления.

8.2.1. Силовой щит (блок 44)

Силовой щит (блок 44) предназначен для коммутации источников электропитания станции аппаратной от внешней сети или от дизель-электрических агрегатов, а также для коммутации цепей освещения и сигнализации прицепов силовых.

При питании РЛС от внешней сети трехфазное напряжение 220 В с блока 38 поступает на блок 44. При наличии напряжения на входе блока 44 горит сигнальная лампа СЕТЬ.

При питании РЛС от дизель-электрических агрегатов 1 или 2 трехфазное напряжение 220 В подается на разъемы блока 44. При наличии напряжения на входе блока горит сигнальная лампа АГРЕГАТ 1 или АГРЕГАТ 2.

Коммутация источников питания осуществляется при помощи выключателей СЕТЬ, АГРЕГАТ 1 или АГРЕГАТ 2. При этом напряжение соответствующего первичного источника питания поступает на выход блока 44 для питания станции аппаратной. На блоке 44 горит сигнальная лампочка НАГРУЗКА. Напряжение 220 В также подается на розетку для питания электроприборов в ПС-1 и на выходные разъемы блока для питания блоков 69 и блока 39.

Для защиты цепей питания от перегрузок и коротких замыканий установлены плавкие предохранители в цепи аккумуляторов, розеток и трансформатора освещения.

8.2.2. Разделительный трансформатор (блок 38)

Разделительный трансформатор (блок 38) предназначен для понижения напряжения с 380 до 220 В и разделения внешней сети от цепи питания аппаратуры станции.

Трехфазное напряжение сети 380 или 220 В через предохранители подается на переключатель СЕТЬ 380 В – 220 В и на вольтметр для контроля напряжения сети.

Нулевая точка вторичной обмотки изолирована.

Для защиты трансформатора от перегрузок и короткого замыкания в первичной цепи предусмотрены плавкие предохранители.

8.2.3. Компенсатор реактивной мощности (блок 39)

Компенсатор реактивной мощности (блок 39) предназначен для повышения коэффициента мощности при питании станции аппаратной от дизель-электрических агрегатов.

Трехфазное напряжение 220 В с блока 44 на блок 39, в котором через предохранители подается на конденсаторы $C1$, $C2$, $C3$.

Конденсаторы соединяются в три группы ($C1$, $C2$, $C3$). Группы соединены «треугольником», при этом напряжение на зажимах конденсаторов соответствует номинальному значению 220 В.

8.3. Вторичные источники электропитания

Напряжение 220 В на блок распределения питания и защиты (блок 34) с разъема ВХОД 220 В НЕЙТРАЛЬ ИЗОЛИРОВАНА подается через щит с автоматической защитой, предназначенный для подачи трехфазного напряжения 220 В с изолированной нейтралью на блок 34 для питания аппаратуры станции, питания освещения кузова напряжением 24 В, 50 Гц.

Стабилизатор входного напряжения предназначен для стабилизации напряжения питающей сети 220 В, 50 Гц мощностью до 10 кВА.

Блок распределения питания и защиты (блок 34) предназначен для распределения питания, контроля изоляции токонесущих цепей аппаратной машины и защиты цепей трехфазного напряжения 220 В от короткого замыкания.

Вторичные источники питания предназначены для питания систем и блоков РЛС стабилизированными напряжениями постоянного и переменного тока (табл. 8.1).

Таблица 8.1

Вторичные источники электропитания

Номер и название блока	Вырабатываемые напряжения	Питаемые блоки
Высоковольтный выпрямитель (блок 35)	+4 кВ	Блок 47
Стабилизатор накала (блок 99)	-7,3 В	Блок 20 (накал генераторной лампы)
Стабилизатор -150 В; +200 В; -2 000 В (блок 87)	-150 В; +200 В; -2 000 В	+200 В – блоки 27, 75, 90, 42; -150 В – блоки 27, 76; -2 000 В – блок 75
Блок выпрямителей (блок 86)	+360 В; ±250 В; ±330 В; -3 000 В	Блок 87
Стабилизатор -150 В; +300 В (блок 64)	+300 В; -150 В	+300 В – блоки 5, 6, 12М, 23, 33, 40, 47, 56, 27, 76, 85, 45; -150 В – блоки 16, 45, 90
Стабилизатор ~6,3 В; ~110 В; +200 В (блок 33)	~6,3 В; ~110 В; +200 В; -1 700 В; +1 200 В	~6,3 В – блок 75; ~110 В – блоки 12М, 23М, 28, 40; +200 В – блок 75; -1 700 В; +1 200 В – блок 56
Блок питания накала (блок 45)	-6,3 В	Блоки 5, 76 и 90
Субблок выпрямителя +7,5 кВ	+7,5 кВ	Блок 10 – питание анода трубки
Блок питания -24 В; ~80 В; ±110 В (блок 36)	-24 В; ~80 В; ±110 В	-24 В – АТГС и блок 11М; ~80 В – АТГС; ±110 В – блок 32
Стабилизатор +12,6 В; -20 В; -150 В (блок 13)	+12,6 В; -20 В; -150 В	-150 В – блоки 10, 25, 7; +12,6 В – блоки 7, 8, 10, 11, 12, 22, 23, 25; -20 В – блок 10; +60 В – блоки 16, 18, 25
Блок выпрямителей (блок 15)	220 В постоянное	Блок 21
Стабилизатор ±6,3 В; ±12,6 В; ±27 В (блок 21)	±6,3 В; ±12,6 В; ±27 В	±6,3 В – блоки 16, 17, 18; ±12,6 В – блоки 16, 17, 18, 19, 20; ±27 В – блоки 3, 16, 17, 18, 19, 20, 30

8.3.1. Стабилизатор напряжения –150, +300 В (блок 64)

Стабилизатор напряжения –150, +300 В (блок 64) питает постоянными стабилизированными напряжениями +300 В и –150 В анодные и сеточные цепи ЭВП блоков РЛС. Примененная схема электронной стабилизации уменьшает пульсации выпрямленного напряжения. Малое выходное сопротивление источника питания исключает появление нежелательных связей через внутреннее сопротивление источника питания.

Блок включает в себя [1, рис. 8.2]:

- элементы сигнализации и защиты от короткого замыкания;
- трехфазный анодный трансформатор Тр1;
- накальный трансформатор Тр2;
- накальный трансформатор Тр3;
- выпрямитель +400 В (Д1) цепи питания стабилизатора +300 В;
- выпрямитель –250 В (Д2) цепи питания стабилизатора –150 В;
- стабилизатор +300 В;
- стабилизатор –150 В.

Выпрямитель +400 В (Д1) цепи питания стабилизатора +300 В собран по трехфазной мостовой схеме.

Питание выпрямителя осуществляется от трансформатора Тр1. Для сглаживания пульсаций выпрямленное напряжение подается на Г-образный фильтр, состоящий из дросселя и двух конденсаторов.

Стабилизатор +300 В представляет собой компенсационно-параметрическую схему стабилизатора напряжения с последовательно включенным регулирующим элементом и управлением со стороны выхода.

Стабилизатор включает в себя четыре параллельно соединенные регулирующие лампы Л1, Л2, Л3 и Л4 и усилительные лампы Л9 и Л7 (левая половина).

На управляющие сетки регулирующих ламп напряжение поступает с резистора, выполняющего роль анодной нагрузки для левой половины лампы Л7.

Напряжение на аноды регулирующих ламп подается непосредственно с выхода фильтра выпрямителя +400 В.

Стабилизированное напряжение +300 В снимается с катодов регулирующих ламп и подается на выход блока.

Питание цепей накала регулирующих ламп осуществляется от трансформатора Тр2.

Принцип действия электронного стабилизатора основан на изменении внутреннего сопротивления регулирующих ламп, включенных последовательно с нагрузкой.

При увеличении напряжения на выходе стабилизатора (из-за увеличения напряжения питающей сети или уменьшения тока в нагрузке) соответственно увеличится потенциал на управляющей сетке правой половины лампы Л9 относительно ее катода. При этом анодный ток, проходящий через эту лампу, возрастает, что ведет к увеличению потенциала катодов лампы относительно корпуса и, следовательно, к понижению напряжения между управляющей сеткой и катодом левой половины лампы. Поэтому анодный ток левой половины лампы уменьшится, что вызовет, в свою очередь, уменьшение отрицательного потенциала на управляющей сетке (относительно катода) и увеличение анодного тока левой половины лампы Л7. Увеличение анодного тока левой половины лампы Л7 вызовет увеличение отрицательного напряжения на управляющих сетках регулирующих ламп, что приведет к увеличению их внутреннего сопротивления.

Так как регулирующие лампы включены последовательно с нагрузкой, то падение напряжения на них увеличивается и тем самым компенсируется появившееся избыточное напряжение.

Аналогично можно было бы проследить процесс стабилизации напряжения при уменьшении напряжения на выходе стабилизатора.

Из-за наличия реактивных сопротивлений в цепях сеток регулирующих ламп (емкости монтажа, междуэлектродные емкости и т. п.) процесс установления выходного напряжения определяется постоянной времени сеточных цепей ламп.

Наличие пульсаций на входе стабилизатора равносильно изменению напряжения питающей сети, поэтому схема электронной стабилизации одновременно обеспечивает значительное ослабление пульсаций выходного напряжения.

Выпрямитель –250 В (Д2) цепи питания стабилизатора –150 В работает по трехфазной мостовой схеме. Питание выпрямителя осуществляется от трансформатора Тр1.

Стабилизатор –150 В по принципу действия аналогичен стабилизатору +300 В.

8.3.2. Блок выпрямителей (блок 86)

Блок выпрямителей (блок 86) предназначен для питания анодных, сеточных и накальных цепей электронных ламп блока стабилизаторов (блок 87).

Блок включает в себя [1, рис. 8.3]:

- анодный трансформатор Тр2;
- выпрямитель +360 В (Д4);

- выпрямитель ± 250 В (Д3);
- выпрямитель ± 330 В (Д5);
- высоковольтный трансформатор Тр1;
- накальный трансформатор Тр3;
- элементы сигнализации и защиты.

Выпрямители $+360$, ± 250 и ± 330 В питаются от анодного трансформатора Тр2.

Высоковольтный трансформатор Тр1 питает выпрямитель $3\ 000$ В, размещенный в блоке 87.

Выпрямители ± 250 (Д3), $+360$ (Д4), ± 330 В (Д5) вырабатывают постоянное напряжение $+360$ В для питания анодов регулирующих ламп стабилизатора $+200$ В в блоке 87.

Выпрямители собраны по трехфазной мостовой схеме. Для сглаживания пульсаций выпрямленных напряжений применяются Г-образные фильтры, каждый из которых состоит из дросселя и двух конденсаторов.

Для защиты от короткого замыкания в цепь первичных обмоток трансформаторов Тр2 и Тр3 включены предохранители Пр1–Пр4 с сигнальными лампами НЛ1, НЛ3 и НЛ5. В цепь первичной обмотки трансформатора Тр1 включена индикаторная лампочка НЛ4, сигнализирующая о включении высокого напряжения. Питание на первичную обмотку трансформатора Тр1 подается через цепь блокировки и предохранитель Пр5.

8.3.3. Стабилизатор $-2\ 000$, -150 , $+200$ В (блок 87)

Стабилизатор $-2\ 000$, -150 , $+200$ В (блок 87) предназначен для питания блоков 27 и 76 (анодных и сеточных цепей ЭВП, потенциалоскопических трубок), блока 42 (по цепи $+200$ В) и блока 45 (по цепи -150 В) [1, рис. 8.4].

Стабилизатор $+200$ В представляет компенсационно-параметрическую схему стабилизатора с последовательно включенным регулирующим элементом и управлением со стороны выхода.

Стабилизатор включает в себя шесть параллельно соединенных регулирующих ламп Л1, Л2, Л3, Л6, Л8, Л11, управляющую лампу Л17, катодный повторитель Л13 и источник опорного напряжения на стабилитроне Л15. Напряжение на аноды регулирующих ламп подается с выпрямителя Д4 блока 86.

Принцип действия стабилизатора основан на изменении внутреннего сопротивления регулирующих ламп, включенных последовательно с нагрузкой стабилизатора. Катодный повторитель уменьшает воздействие импульсной нагрузки на стабилизатор.

При увеличении напряжения на выходе электронного стабилизатора (вследствие увеличения напряжения питающей сети или уменьшения тока нагрузки) соответственно увеличивается положительный потенциал на управляющей сетке лампы Л17, а вместе с этим и анодный ток через нее. Увеличение анодного тока уменьшает напряжение на аноде управляющей лампы, что ведет к увеличению отрицательного потенциала на управляющей сетке катодного повторителя лампы Л13. Ток через лампу Л13 уменьшится, что приведет к увеличению отрицательного потенциала на управляющих сетках регулирующих ламп, т. е. к увеличению внутреннего сопротивления регулирующих ламп.

В связи с этим увеличивается падение напряжения на регулирующих лампах. Так как регулирующие лампы соединены последовательно с нагрузкой, то выходное напряжение уменьшится до номинальной величины.

Аналогичный процесс происходит в случае уменьшения напряжения на выходе (вследствие уменьшения напряжения питающей сети или увеличения тока нагрузки).

Опорное напряжение -150 В на стабилизатор $+200$ В подается с выхода стабилизатора -150 В.

Напряжение накала ламп поступает от накального трансформатора Тр3, расположенного в блоке 86.

Стабилизатор -150 В аналогичен стабилизатору $+200$ В и содержит параллельно соединенные регулирующие лампы Л4, Л7, Л9, управляющую лампу Л14 и стабилитрон Л16. Левая половина лампы Л14 является усилителем, а правая половина – катодным повторителем.

Стабилитрон Л16 для данной схемы является источником опорного напряжения. Напряжение на аноды регулирующих ламп подается с выпрямителя Д5 блока 86.

Стабилизатор -150 В работает по тому же принципу, что и стабилизатор $+200$ В, с той лишь разницей, что в данной схеме предусмотрена компенсация влияния изменения напряжения накала управляющей лампы. С этой целью применен катодный повторитель, собранный на правой половине лампы Л14.

Накалы ламп стабилизатора питаются от накального трансформатора Тр3 блока 86.

Выпрямитель $3\ 000$ В (Д1 и Д2) вырабатывает постоянное напряжение для питания анода регулирующей лампы стабилизатора $-2\ 000$ В, выпрямитель $3\ 000$ В работает по схеме удвоения напряжения. Напряжение на выпрямитель подается с трансформатора Тр1, размещенного в блоке 86.

Схему удвоения напряжения можно представить как две последовательно соединенные однополупериодные схемы, из которых одна образована диодом Д1 и конденсатором С1, а вторая – диодом Д2 и конденсатором С2.

При положительном потенциале на клемме И2 ток идет через диод Д1 и заряжает конденсатор С1 до напряжения, близкого к амплитудному значению напряжения вторичной обмотки трансформатора Тр1 блока 86.

В следующий момент, когда положительным становится напряжение на клемме И1, ток пойдет через конденсатор С2 и диод Д2. При этом конденсатор С2 зарядится также до напряжения, близкого к амплитудному.

Конденсаторы С1 и С2 соединены последовательно, и поэтому напряжение на выходе выпрямителя будет равно сумме напряжений на конденсаторах С1 и С2, т. е. почти удвоенному амплитудному значению напряжений вторичной обмотки трансформатора Тр1 блока 86.

Стабилизатор –2 000 В состоит из регулирующей лампы Л5, управляющей лампы Л10 и стабилитрона Л12.

На анод регулирующей лампы подается напряжение порядка +3 000 В, на экранную сетку – стабилизированное напряжение +200 В.

Стабилитрон Л12 в данной схеме является источником опорного напряжения +150 В как для регулирующей, так и для управляющей ламп. Опорное напряжение +150 В подается на управляющую сетку регулирующей лампы Л5.

Принцип действия стабилизатора основан на изменении внутреннего сопротивления регулирующей лампы, включенной последовательно с нагрузкой.

8.3.4. Стабилизатор ~6,3, ~110, +200 В (блок 33)

Стабилизатор ~6,3, ~110, +200 В (блок 33) предназначен для питания цепей: накала потенциалоскопических трубок блока 75 переменным стабилизированным напряжением 6,3 В; блоков 12М, 23М, 28, 40 переменным стабилизированным напряжением 110 В; анодных цепей электронных ламп блока 75 постоянным стабилизированным напряжением +200 В; ЭЛТ блока 56 постоянным напряжением +1 200 и –1 700 В.

Функциональная схема блока приведена в [1, рис. 8.5]. В состав блока входят:

- элементы сигнализации и защиты от короткого замыкания (Пр1–Пр4, Л3–Л6);
- регулирующий элемент (дроссель насыщения Др1);
- схема управления (Л1 и Л2);
- трансформатор Тр1 для накала субблока +200 В;
- трансформаторы Тр3 и Тр4;
- система блокировки с кнопкой Кн1;

- выпрямители +1 200 В (Д2) и –1 700 В (Д1);
- переключатель (В1);
- субблок +200 В (У1).

Стабилизатор ~6,3, ~110 В содержит трансформаторы Тр4 и Тр3, дроссель насыщения Др1, регулируемую лампу Л1 и управляющую лампу Л2. Дроссель насыщения включен последовательно с первичными обмотками трансформаторов Тр3 и Тр4. С трансформатора Тр3 снимается переменное напряжение 6,3 В, а с трансформатора Тр4 – переменное напряжение 110 В.

Анодная цепь регулирующей лампы Л1 через обмотку подмагничивания дросселя насыщения питается постоянным стабилизированным напряжением +300 В, которое подается с блока 64.

Переключатель В1 служит для включения и выключения накального и анодного напряжений потенциалоскопических трубок блока 75 за счет коммутации переменного напряжения 220 В, которое подается на первичную обмотку трансформатора Тр3 и высоковольтный трансформатор Тр1, расположенный в блоке 86.

Работа схемы стабилизатора основана на принципе использования нелинейных свойств насыщенного магнитного сердечника. В процессе работы магнитная проницаемость стали дросселя, а следовательно, и индуктивность его изменяются при изменении подмагничивания сердечника постоянным током. При увеличении подмагничивающего тока индуктивность дросселя уменьшается, а при уменьшении – возрастает.

При повышении напряжения питающей сети повышается напряжение на вторичной обмотке трансформатора Тр4, питающей нить накала управляющей лампы Л2.

При увеличении напряжения накала лампы Л2 увеличивается ее анодный ток и уменьшается внутреннее сопротивление.

Анод лампы Л2 оказывается под более отрицательным потенциалом относительно корпуса, и регулирующая лампа получает дополнительное отрицательное смещение. В результате анодный ток лампы Л1 уменьшится, уменьшится и ток подмагничивания дросселя насыщения, последовательно включенного в анодную цепь лампы Л1.

Реактивное сопротивление дросселя насыщения увеличится, увеличится и падение напряжения на нем, напряжение на первичной обмотке трансформатора Тр4 уменьшится. Соответственно уменьшится и выходное напряжение трансформатора Тр4, и выходное напряжение трансформатора Тр3, так как дроссель Др1 является общим регулирующим элементом.

Аналогичный процесс происходит и в случае уменьшения напряжения питающей сети.

Выпрямители $-1\ 700$, $+1200$ В собраны по однополупериодной схеме выпрямления. Трансформатор Тр2 выдает напряжение $\sim 1\ 300$ В, которое подается на выпрямители.

Субблок $+220$ В (У1) работает по схеме стабилизатора напряжения с регулирующей лампой, включенной последовательно с нагрузкой.

8.3.5. Блок выпрямителей (блок 15)

Блок выпрямителей (блок 15) предназначен для питания стабилизаторов напряжения $\pm 6,3$, $\pm 12,6$, ± 27 В блока 21.

Блок выдает постоянное напряжение ± 40 , ± 18 , ± 20 , ± 12 , ± 35 , ± 28 В [1, рис. 8.6].

Выпрямители ± 40 В питают источники опорного напряжения и схемы включения в стабилизаторах $+6,3$ и $-6,3$ В, а выпрямители ± 20 В – источники опорного напряжения и схемы включения в стабилизаторах $\pm 12,6$ и ± 27 В.

Выпрямители ± 12 , ± 18 и ± 35 В собраны по трехфазной мостовой схеме и служат для питания стабилизаторов напряжения $\pm 6,3$, $\pm 12,6$ и ± 27 В соответственно.

Напряжение сети через предохранители Пр1–Пр9 поступает на трансформаторы Тр1, Тр2, Тр3.

С вторичных обмоток трансформатора напряжения подаются на выпрямители.

Выпрямитель на диодах Д1, Д2 и Д3 собран по трехфазной однополупериодной схеме. На выходе выпрямителя включен Г-образный фильтр, состоящий из резистора $R7$ и конденсатора $C1$.

Выпрямитель У1 на тиристорах Д1, Д2, Д3 и диодах Д4, Д5, Д6 собран по мостовой трехфазной схеме и питает стабилизатор $+6,3$ В, $0,3$ А блока 21 напряжением ± 12 В.

Выпрямитель У1 управляется за счет включения тиристоров Д1, Д2 и Д3 в плечи моста.

Свойство управляемого выпрямителя использовано при защите полупроводникового стабилизатора от коротких замыканий в нагрузке.

Сигнал «Датчик перегрузки» поступает с блока 21 на управляющий электрод тиристоров Д1, Д2 и Д3, открывая или закрывая их.

При коротком замыкании цепь поджига обесточена, тиристоры закрыты. Напряжение на выходе выпрямителя равно нулю.

Остальные трехфазные выпрямители аналогичны рассмотренным ранее.

Напряжения -28 В, снимаемые непосредственно с выхода выпрямителей Д7–Д9, Д10–Д12, Д13–Д15, Д16–Д18 (до фильтра), подаются на схемы первоначального включения стабилизаторов блока 21, а напряжения -20 В, снимаемые с выхода фильтров, поступают на дополнительные источники опорного напряжения стабилизаторов блока 21.

8.3.6. Стабилизатор $\pm 6,3$, $\pm 12,6$, ± 27 В (блок 21)

Стабилизаторы $\pm 6,3$, $\pm 12,6$, ± 27 В (блок 21) выдают стабилизированные напряжения $\pm 6,3$, $\pm 12,6$ и ± 27 В для питания схем на полупроводниковых приборах.

Блок включает в себя шесть стабилизаторов напряжения $+6,3$, $-6,3$, $+12,6$, $-12,6$, $+27$ и -27 В, выполненных в виде субблоков.

Стабилизаторы напряжения $\pm 6,3$ В выполнены на полупроводниковых приборах по схеме последовательной стабилизации [1, рис. 8.7].

В качестве регулирующего элемента используется переход эмиттер-коллектор транзистора ПП1.

Для согласования усилителя обратной связи (УОС) с основным регулирующим элементом (ПП1) в целях уменьшения тока управления применяется согласующий каскад составного транзистора, состоящий из двух транзисторов ПП1 и ПП2 (У1). УОС выполнен по схеме симметричного дифференциального усилителя на транзисторах ПП3 и ПП4 (У1).

В качестве источника опорного напряжения используется двухкаскадный параметрический стабилизатор на стабилитронах Д1, Д2 (У1) – первый каскад и Д3 (У1) – второй каскад.

Стабилизатор напряжения имеет схему защиты от короткого замыкания в нагрузке, состоящую из трех датчиков Э1, Э2 и Э3 (У2) на магнитоуправляемых контактах.

Напряжение питания на эмиттер регулирующего элемента, состоящего из основного транзистора ПП1 и согласующих транзисторов ПП1 и ПП2 (У1), поступает с блока 15 через последовательно включенную нагрузку. Эмиттеры транзисторов ПП3 и ПП4 дифференциального УОС соединены между собой и подключены к источнику опорного напряжения на стабилитроне Д3.

На базу транзистора ПП4 подается часть выходного напряжения, коллектор транзистора ПП4 питается напряжением, снимаемым с выхода первого каскада параметрического стабилизатора.

База транзистора ПП3 подключена к положительной шине, а коллектор через переход «база – эмиттер» ПП1 – к отрицательной шине выходного стабилизированного напряжения.

Отличие схемы стабилизаторов $\pm 12,6$ и ± 27 В от схемы стабилизатора $\pm 6,3$ В состоит в том, что усилитель обратной связи выполнен по схеме с общим эмиттером на транзисторе ППЗ, который питается опорным напряжением со стабилитрона Д2.

8.3.7. Стабилизатор $\pm 12,6$, -20 , -150 В (блок 13)

Стабилизатор $\pm 12,6$, -20 , -150 В (блок 13) выдает стабилизированные напряжения $+12,6$, -20 , -150 В, нестабилизированное напряжение $+60$ В и нестабилизированное напряжение $+30$ В [1, рис. 8.8].

Выпрямитель Д1 собран по однофазной мостовой схеме. Выпрямитель выдает напряжение порядка 300 В для питания параметрического стабилизатора, выполненного на газоразрядном стабилитроне Л9, с выхода которого снимается напряжение -150 В. На выходе выпрямителя включен Г-образный фильтр, состоящий из конденсатора С1 и дросселя Др1.

Конденсатор С3 препятствует возникновению возможных релаксационных колебаний стабилитрона.

Выпрямитель Д2 собран по мостовой схеме с Г-образным фильтром на выходе, состоящим из дросселя Др2 и конденсатора С2. На выходе выпрямителя включен балластный резистор R6 и предохранитель Пр6.

Стабилизаторы напряжения $+12,6$, $-12,6$ и -20 В выполнены в виде субблоков. Субблоки стабилизаторов напряжения питаются от трансформатора Тр1. Стабилизатор напряжения -20 В предназначен для питания выпрямителя $+7,5$ кВ (субблок $+7,5$ кВ), который размещен в блоке 10.

Стабилизаторы напряжения $+12,6$ и $-12,6$ В предназначены для питания схем на полупроводниковых приборах.

Сигнальные лампы АВАРИЯ (Л5, Л6, Л7) указывают на неисправности источников питания -20 , $+12,6$ и $-12,6$ В.

Трансформаторы Тр1 и Тр2 защищены предохранителями Пр2–Пр4 и Пр5.

8.3.8. Выпрямитель $+7,5$ кВ (субблок 7,5 кВ)

Выпрямитель $+7,5$ кВ (субблок 7,5 кВ) предназначен для питания анода трубки блока 10 и выдает напряжение $+7,5$ кВ.

Для получения стабильности выходного напряжения питание субблока осуществляется от стабилизированного источника питания -20 В блока 13.

В состав субблока входят [1, рис. 8.9]:

- преобразователь постоянного напряжения (задающий генератор и усилитель мощности);
- высоковольтный трансформатор Tr_2 ;
- выпрямитель высоковольтный, выполненный в виде узла $У1$.

Задающий генератор [1, рис. 8.10] состоит из транзисторов ПП1, ПП2; трансформатора Tr_1 , имеющего три обмотки: коллекторную, базовую и выходную. Задающий генератор выполнен по двухтактной схеме автогенератора с трансформаторной связью. Транзисторы автогенератора включены по схеме с общим эмиттером. Схема позволяет получить на выходе автогенератора напряжение симметричной и практически прямоугольной формы, что повышает коэффициент полезного действия преобразователя.

Резисторы R_1 и R_2 с конденсаторами C_1 и C_2 в цепи базы транзисторов ПП1 и ПП2 предназначены для улучшения формы импульса выходного напряжения генератора.

Делитель напряжения R_3 и R_4 обеспечивает надежный запуск генератора.

При подаче напряжения питания -20 В с блока 13 на резисторе R_3 появляется напряжение, минус которого приложен к базам транзисторов, вызывая отпирание одного из них.

Предположим, что открыт транзистор ПП1. Тогда напряжение питания 20 В (за вычетом небольшого падения напряжения на переходе «эмиттер – коллектор») окажется приложенным к половине коллекторной обмотки 1–2, создавая на обмотках трансформатора ЭДС с полярностью, указанной в [1, рис. 8.10] (знаки даны без скобок). ЭДС базовой обмотки 5–6 создает на базе транзистора ПП1 отрицательное напряжение по отношению к эмиттеру, а обмотка 4–5 на базе транзистора ПП2 – положительное напряжение по отношению к эмиттеру. Следовательно, когда транзистор ПП1 открыт, транзистор ПП2 закрыт.

Транзистор ПП1 будет открыт до тех пор, пока магнитный поток в сердечнике трансформатора не достигнет величины насыщения. В этот момент скорость изменения магнитного потока становится равной нулю (или очень малой), ЭДС в обмотках трансформатора Tr_1 также станет равной нулю (или значительно уменьшится).

Резкое уменьшение токов в обмотках вызывает появление в обмотках ЭДС противоположной полярности [1, рис. 8.10] (знаки в скобках).

Теперь базовая обмотка 4–5 создает на базе транзистора ПП2 отрицательное напряжение по отношению к эмиттеру, что приводит к открытию этого транзистора и возникновению тока в коллекторной обмотке

2–3 в направлении, указанном пунктирной стрелкой. При этом ЭДС базовой обмотки 4–5 возрастает, что вызовет дальнейшее увеличение коллекторного тока. Процесс протекает лавинообразно и приводит транзистор ПП2 в режим насыщения. В обмотке 7–9 трансформатора Тр1 наводится ЭДС прямоугольной формы, которая подается на вход усилителя мощности.

Усилитель мощности выполнен на транзисторах ПП3 и ПП4. Переключение транзисторов ПП3 и ПП4 происходит с частотой задающего генератора. Напряжение с обмотки 7–8 высоковольтного трансформатора Тр2 подается на выпрямитель У1, представляющий собой схемы удвоения. С выхода выпрямителя напряжение подается непосредственно на анод трубки.

8.3.9. Блок питания –24, ~80, ±110 В (блок 36)

Блок питания –24, ~80, ±110 В (блок 36) предназначен для питания АТГС от сети или от аккумуляторов постоянным напряжением –24 В и переменным напряжением 80 В, блока 32 стабилизированным напряжением ±110 В и цепей включения РЛС от аккумуляторов напряжением –24 В.

В состав блока входят [1, рис. 8.11]:

- выпрямитель –24 В;
- преобразователь постоянного напряжения от аккумуляторов в переменное 80 В, 15–50 Гц;
- стабилизатор постоянного напряжения ±110 В.

При отсутствии напряжения сети АТГС питаются от аккумуляторов напряжением –24 В, а цепи вызова АТГС напряжением ~80 В – от преобразователя. Питание преобразователя осуществляется от аккумуляторов при подаче на блок сигнала вызова от АТГС.

Преобразователь состоит из задающего генератора на транзисторах ПП1 и ПП2 и усилителя мощности на транзисторах ПП4 и ПП5. Работа задающего генератора аналогична работе задающего генератора субблока +7,5 кВ.

При питании от сети напряжение поступает на трансформатор Тр4, который выдает переменное напряжение 80 В для питания вызова АТГС и –24 В с выпрямителя Д6 на АТГС. Кроме этого, напряжение –24 В с выпрямителя Д6 поступает на обмотку реле Р1, которое своими контактами переключает питание вызова АТГС с преобразователя на трансформатор Тр4, отключает цепь питания преобразователя и переключает питание аппаратов АТГС с аккумуляторов на выпрямитель Д6.

Стабилизатор ± 110 В предназначен для питания блока 32 стабилизированным напряжением ± 110 В.

Питание обмотки смещения магнитного усилителя УМ1 осуществляется от выпрямителя Д1 с фильтром (конденсатор С1) и параметрического стабилизатора на стабилитроне Д3 напряжением ± 10 –12 В.

Основной выпрямитель Д2–Д5 собран по мостовой схеме и выдает напряжение приблизительно ± 130 В. На выходе выпрямителя включен конденсатор фильтра С2. В плечи моста включены рабочие обмотки магнитного усилителя.

Магнитный усилитель является предварительным стабилизатором напряжения и позволяет поддерживать постоянный режим работы регулирующего транзистора ППЗ.

В качестве регулирующего элемента использован составной транзистор, состоящий из основного ППЗ и согласующего ПП1 (У1), включенные последовательно с нагрузкой.

8.3.10. Блок питания накала (блок 45)

Блок питания накала (блок 45) предназначен для питания накалов ламп блоков 5, 76, 90 напряжением постоянного тока $\pm 6,3$ В и защиты блоков 27 и 75 по цепи -150 В. Блок включает в себя [1, рис. 8.12]:

- накальные трансформаторы Тр1, Тр2, Тр3;
- выпрямители Д1, Д2, Д3;
- реле защиты Р1;
- элементы сигнализации и защиты от коротких замыканий.

Через предохранители Пр1, Пр2 и Пр3 на первичные обмотки трансформаторов Тр1, Тр2 и Тр3 подается переменное напряжение 220 В. Со вторичных обмоток трансформаторов напряжение поступает на выпрямители Д1, Д2 и Д3, которые вырабатывают напряжения постоянного тока $\pm 6,3$ В.

Каждый выпрямитель собран по однофазной мостовой схеме. Сглаживание пульсаций выпрямленных напряжений осуществляется Г-образными фильтрами, состоящими соответственно из дросселей Др1, Др2, Др3 и конденсаторов С1, С5; С3, С4; С2, С6.

Реле Р1 предназначено для защиты блоков 27 и 75 при пропадании напряжения -150 В и включенном напряжении $+300$ В. При снятии напряжения -150 В выключится реле Р1 и своими контактами разорвет цепь $+300$ В питания блоков 27 и 75.

8.4. Первичные источники электропитания

В качестве первичных источников электропитания используются два дизель-электрических агрегата АД-10-Т/230М.

8.4.1. Технические характеристики дизель-электрического агрегата

Технические характеристики дизель-электрического агрегата АД-10-Т/230М следующие:

1. Мощность номинальная – 10 кВт.
2. Род тока – переменный трехфазный.
3. Напряжение линейное номинальное – 230 В.
4. Ток номинальный – 31,5 А.
5. Частота номинальная – 50 Гц.
6. Коэффициент мощности номинальный – 0,8.
7. Режим работы – длительный.
8. Длительность непрерывной работы при номинальной мощности – не менее 72 ч.
9. Длительность 10%-ной перегрузки по мощности – не более 1 ч.
10. Номинальная мощность агрегата обеспечивается при:
 - высоте над уровнем моря – до 1 000 м
 - относительной влажности – до 98 %.
 - температуре окружающей среды – минус 50...плюс 50 °С.
11. Расход топлива при номинальной мощности – не более 4,5 кг/ч.
12. Расход масла при номинальной мощности – не более 0,01 кг/ч.

Электрическая схема агрегата позволяет вести устойчивую параллельную работу с другими, аналогичными по выходным характеристикам, агрегатами и обеспечивает:

1. Отклонение линейного и фазового напряжений при несимметричной нагрузке, лежащей в пределах до 25 % от номинальной, – не более 10 %.
2. Автоматическое поддержание напряжения при любом изменении симметричной нагрузки с коэффициентом мощности от 1 до 0,8, лежащей в пределах:
 - от 0 до 100 % номинальной с точностью – ± 3 % от среднерегулируемого значения;
 - от 50 до 100 % номинальной – ± 2 % от среднерегулируемого значения;

- при переходных режимах, при сбросе и набросе нагрузки, составляющей от 50 до 100 % номинальной – ± 2 % от номинального значения;
- длительность переходного режима не должна превышать 3 с.

3. Запуск асинхронного короткозамкнутого электродвигателя мощностью 7 кВт, нагруженного на 30 %.

4. Возможность установки напряжения при любой симметричной нагрузке, лежащей в пределах от 0 до 100 % от номинальной, и коэффициенте мощности 0,8–1 – в пределах 95–100 %.

5. Устойчивую параллельную работу нескольких агрегатов с возможностью отключения и включения их в работу без перерыва питания потребителей.

6. Величину сопротивления изоляции относительно корпуса и между любыми электрически разобращенными цепями при относительной влажности до 98 % в холодном состоянии – не менее 0,5 МОм.

Дизель-генератор состоит из двигателя типа 4ч-8,5/11 – четырехцилиндрового бескомпрессорного однорядного четырехтактного дизеля с самовоспламенением топлива от сжатия, верхним расположением клапанов, жидкостным охлаждением и генератора типа ДГС-81-4ЩФ2 – синхронного генератора с электромашинным возбудителем и самовентиляцией.

Двигатель и генератор соединены между собой жестко при помощи фланцевого соединения и представляют собой единый блок.

8.4.2. Технические характеристики двигателя 4ч-8,5/11

Технические характеристики двигателя 4ч-8,5/11 следующие:

1. Мощность номинальная – 24 л. с.
2. Скорость вращения номинальная – 1 500 об/мин.
3. Контроль скорости вращения – дистанционный тахометр типа ТЭ-204, класс точности 4.
4. Регулятор числа оборотов обеспечивает при установившемся тепловом режиме двигателя поддержание частоты тока (оборотов) с точностью:
 - при неизменной нагрузке, лежащей в пределах 0–100 % от номинальной – ± 1 %;
 - после изменения нагрузки в пределах от 100 до 50 и от 50 до 100 % от номинальной – ± 3 %;
 - в момент включения и отключения нагрузки, составляющей от 100 % до 0 и от 0 до 100 % от номинальной – ± 8 %;
 - при этом время установления нового режима не должно превышать – 5 с.

5. Тип системы смазки – комбинированная: циркуляционная и разбрызгиванием.

6. Тип системы охлаждения – жидкостная, закрытая, с принудительной циркуляцией охлаждающей жидкости, включением в систему подогревателя и радиатора.

7. Система запуска двигателя – электрическая, с помощью пускового стартера и аккумуляторной батареи.

8. Система электропроводки – однопроводная, плюс соединен с «массой».

9. Напряжение цепей собственных нужд – 12 В.

10. Запуск двигателя производится:

- при температуре окружающего воздуха от +5 °С и выше – при заполнении системы охлаждения водой;

- при температуре окружающего воздуха от +5 до –50 °С – с заполнением системы охлаждения низкотемпературной жидкостью и последующим разогревом подогревателем.

11. Тип подогревателя – с ручным приводом, факельный, с воспламенением факела от электрической свечи накала, встроенным топливным насосом, вентилятором для подачи воздуха в камеру сгорания и распыливания топлива и циркуляционным насосом для создания циркуляции жидкости в системе подогрева.

8.4.3. Технические характеристики и принцип работы генератора ДГС-81-4ЩФ2

Технические характеристики генератора ДГС-81-4ЩФ2 следующие:

1. Мощность – 12 кВт (15 кВА).

2. Напряжение – 230 В.

3. Ток – 37,7 А.

4. Коэффициент полезного действия – 83 %.

5. Коэффициент мощности ($\cos \varphi$) – 0,8.

6. Соединение обмоток – «звезда» с выведенным нулем.

Генератор состоит из неподвижной части – статора, в пазах которого помещается трехфазная обмотка переменного тока, и вращающейся части – ротора, представляющего собой электромагнит.

В качестве возбуждителя в генераторе применяется четырехполюсный генератор постоянного тока параллельного возбуждения типа ВС13/7, который состоит из вращающейся части – якоря, насаженного на вал ротора генератора, и неподвижной части – индуктора, прифланцованного к переднему щиту генератора, на котором расположена обмотка возбуждения возбуждителя (шунтовая обмотка).

Принцип действия генератора ДГС-81-4ЩФ2. При вращении ротора генератора приводным двигателем остаточный магнитный поток полюсов индуктора наводит во вращающейся обмотке якоря переменную ЭДС [1, рис. 8.13], которая выпрямляется (преобразуется) в постоянную ЭДС с помощью коллекторного узла. Выпрямленное напряжение создает в шунтовой обмотке возбуждателя ток, направленный таким образом, что создаваемый им магнитный поток усиливает поток остаточный. В результате такого подмагничивания появляется напряжение, достаточное для создания в обмотке возбуждения генератора (обмотке ротора) необходимой величины электрического тока.

Ток, проходя по обмоткам полюсов ротора, создает магнитное поле, которое вращается совместно с ротором. При этом поле ротора пересекает проводники неподвижной обмотки статора и наводит в них ЭДС. При замыкании обмотки статора на нагрузку по созданной цепи течет электрический ток, частота которого

$$f = \frac{pn}{60},$$

где f – частота тока, Гц; p – число пар полюсов генератора; n – частота вращения генератора, об/мин.

Для получения частоты, равной 50 Гц, генератор, имеющий две пары полюсов ($p = 2$), должен вращаться с частотой вращения 1 500 об/мин.

Величина выходного напряжения генератора устанавливается регулятором возбуждения, включенным последовательно с шунтовой обмоткой возбуждателя. Изменяя величину его сопротивления, регулируют величину тока в шунтовой обмотке, а следовательно, и величину магнитного потока полюсов возбуждателя, ЭДС якоря, ток ротора, магнитный поток ротора, ЭДС и выходное напряжение статора.

Контрольные вопросы

1. Состав и характеристики системы энергоснабжения РЛС?
2. Из каких устройств и блоков состоят станции питания и каким образом осуществляется с них подача напряжения на РЛС?
3. При помощи каких элементов коммутации и управления осуществляется питание РЛС, каково их назначение?
4. Какие блоки являются вторичными источниками питания РЛС?
5. Для чего предназначен стабилизатор напряжения (блок 64), его состав и принцип работы?
6. Для чего предназначен блок выпрямителей (блок 86), его состав и назначение отдельных элементов?
7. Что представляет из себя блок 87 и каков его принцип работы?

8. Назначение и состав блока 33, его принцип работы.
9. Что входит в состав блока выпрямителей (блок 15) и каков принцип работы его составных элементов?
10. Назначение и состав блока 21, принцип работы его составных элементов.
11. Назначение и состав блока 13, принцип работы его составных элементов.
12. Для чего предназначен выпрямитель +7,5 кВ и как он работает по принципиальной схеме?
13. Для чего предназначен блок питания 36 и как он работает по принципиальной схеме?
14. Назначение и состав блока питания накала (блок 45), принцип работы его составных элементов.
15. Какие технические характеристики имеет дизель-электрический агрегат АД-10-Т/230М?
16. Какие технические характеристики имеет двигатель 4ч-8,5/11?
17. Какие технические характеристики имеет генератор ДГС-81-4ЩФ1 и каков принцип его работы?

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном учебнике изложены принципы действия устройств и работы основных трактов и узлов радиолокационной станции П-18Р, изучаемой в рамках дисциплины «Военно-техническая подготовка».

Основное внимание в учебнике уделено объяснению физической стороны описываемых явлений с целью приобретения обучаемыми знаний по принципам работы и функционированию систем РЛС, освоения ими профессиональных компетенций, направленных на решение задач эффективного боевого применения радиолокационного вооружения в интересах обороноспособности страны.

Офицер запаса, успешно завершивший обучение по военно-учетной специальности «Эксплуатация и ремонт радиолокационных комплексов ПВО ВВС», должен уметь решать следующие профессиональные задачи:

- принимать грамотные решения на боевое применение РЛС в условиях дефицита времени и скоротечности изменения воздушной обстановки;
- эксплуатировать и качественно обслуживать РЛС;
- проводить контроль функционирования РЛС;
- проводить ремонт и настройку систем и устройств РЛС;
- в зависимости от помеховой обстановки выбирать режимы работы РЛС;
- уметь методически грамотно проводить занятия с личным составом боевого расчета по технической подготовке;
- знать и выполнять мероприятия по требованиям техники безопасности.

Изучение изложенного в настоящем учебнике материала послужит основой для организации эксплуатации и боевого применения РЛС П-18Р, а также для детального её освоения по заводской технической документации.

ПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ

АМУ	– антенно-мачтовое устройство
АПЧ	– автоматическая подстройка частоты
АРУ	– автоматическая регулировка усиления
АПУ	– аппаратный пульт управления
АТГС	– аппарат телефонной и громкоговорящей связи
АФС	– антенно-фидерная система
АЧХ	– амплитудно-частотная характеристика
АШП	– активная шумовая помеха
ВАРУ	– временная регулировка усиления
ВВС	– Военно-воздушные силы
ВИКО	– выносной индикатор кругового обзора
ВО	– воздушный объект
ВОК	– вертикальные отклоняющие катушки
ВПУ	– выносной пульт управления
ВРЛ	– вторичный радиолокатор
ВТ	– вращающийся трансформатор
ВУС	– видеоусилитель
ГГС	– громкоговорящая связь
ГНЧ	– генератор низкочастотный
ГО	– грубый отсчет
ГОК	– горизонтальные отклоняющие катушки
ГПИ	– генератор прямоугольных импульсов
ГПН	– генератор пилообразного напряжения
ГФН	– гребенчатый фильтр накопления
ГФП	– гребенчатый фильтр подавления
ДД	– динамический диапазон
ДКУ	– дешифратор команд управления
ДНА	– диаграмма направленности антенны
ДО	– дипольные отражатели
ДПУ	– дистанционный пульт управления
ДС	– дифференциальный сельсин
ДСК	– дешифратор сигналов контроля
ДУ	– дистанционное управление
ЗИП	– запасные части, инструменты и принадлежности
ЗО	– зона обнаружения
ЗРВ	– зенитно-ракетные войска

ЗРК	– зенитный ракетный комплекс
ИА	– истребительная авиация
ИК	– индикатор контроля
ИКО	– индикатор кругового обзора
ИО	– индивидуальное опознавание
ИПА	– индикатор положения антенны
КБВ	– коэффициент бегущей волны
КГ	– когерентный гетеродин
КИА	– когерентно-импульсная аппаратура
КП	– командный пункт
КСА	– комплекс средств автоматизации
КУ	– команда управления
МДС	– магнитодвижущая сила
НИП	– несинхронная импульсная помеха
НКН	– некогерентный накопитель
НО	– направленный ответвитель
НРЗ	– наземный радиолокационный запросчик
ОА	– отметки азимута
ОД	– отметки дальности
ОО	– общее опознавание
ОП	– отметки опознавания
ОПУ	– оперативный пульт управления
ОУ	– обмотка управления
ОФОИ	– оптимальный фильтр одиночного импульса
ПП	– пассивная помеха
ПРВ	– подвижный радиовысотомер
ПРЛР	– противорадиолокационная ракета
ПУ	– пункт управления
ПЩА	– переходной щит антенный
РКР	– радиально-круговая развертка
РЛИ	– радиолокационная информация
РЛК	– радиолокационный комплекс
РЛС	– радиолокационная станция
РЛУ	– радиолокационный узел
РМО	– рабочее место оператора
РПУ	– радиопередающее устройство
РРУ	– ручная регулировка усиления
РТВ	– радиотехнические войска
РФ	– режекторный фильтр
РЭБ	– радиоэлектронная борьба
РЭТ	– радиоэлектронная техника
СВН	– средство воздушного нападения

СВНА	– система вращения и наклона антенны
СВЧ	– сверхвысокие частоты
СД	– сельсин-датчик
СДЦ	– селекция движущихся целей
СК	– сигнал контроля
СКДВ	– схема компенсации действия ветра
СКО	– среднеквадратическое отклонение
СНСЭ	– система настройки станции на эквивалент антенны
СП	– сельсин-приемник
СПА	– система передачи азимута
СПЧ	– система перестройки частоты
ССП	– синхронно-следящий привод
СУЗиК	– система управления, защиты и контроля
СФОИ	– согласованный фильтр одиночного импульса
ТГ	– тахогенератор
ТО	– точный отсчет
ТТХ	– тактико-технические характеристики
УВЧ	– усилитель высокой частоты
УМЧ	– усилитель модулирующей частоты
УНЧ	– усилитель низкой частоты
УОС	– усилитель обратной связи
УПТ	– усилитель постоянного тока
УПЧ	– усилитель промежуточной частоты
ФД	– фазовый детектор
ФОИ	– формирователь опорных импульсов
ФОН	– формирователь опорного напряжения
ФСС	– фильтр сосредоточенной селекции
ФУ	– формирующее устройство
ФЧВ	– фазочувствительный выпрямитель
ФЧУ	– фазочувствительный усилитель
ЧПВ	– черезпериодное вычитание
ЧПК	– череспериодная компенсация
ШАРУ	– шумовая автоматическая регулировка усиления
ШКУ	– шифратор команд управления
ШСК	– шифратор сигналов контроля
ШУВЧ	– широкополосный усилитель высокой частоты
ЭВП	– электровакуумный прибор
ЭДС	– электродвижущая сила
ЭЛТ	– электронно-лучевая трубка
ЭМУ	– электромашинный усилитель
ЭПР	– эффективная площадь рассеивания

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Военно-техническая подготовка. Устройство РЛС РТВ ВВС. Радиолокационная станция П-18Р : учебник : в 2-х ч. Ч. 2. Альбом схем и рисунков / Е.Н. Гарин, Д.Д. Дмитриев [и др.] ; ред. Е.Н. Гарин. – Красноярск : СФУ. – 2012. – 120 с.
2. 1РЛ131Р. Формуляр. Уц1.231.054 ФО. – п/я В-2172. – 1987. – 69 с. – (ДСП).
3. 1РЛ131Р. Техническое описание. ЖГ1.231.001 ТО. – п/я В-2172. – 1987. – 257 с. – (ДСП).
4. 1РЛ131Р. Техническое описание. Уц1.231.054 ТО. – п/я В-2172. – 1987. – 99 с. – (ДСП).
5. 1РЛ131Р. Техническое описание. Приложение. Альбом рисунков. ЖГ1.231.001 ТО1. – п/я В-2172. – 1987. – 197 с. – (ДСП).
6. 1РЛ131Р. Альбом № 2. Схемы разные и сборочные чертежи. Уц1.231.054 ОП4. – п/я В-2172. – 1987. – 122 с. – (ДСП).
7. 1РЛ131Р. Альбом №4. Схемы разные и таблицы данных штатных кабелей. Уц1.231.054 ОП5. – п/я В-2172. – 1987. – 49 с. – (ДСП).
8. Подвижная радиолокационная станция П-18 : учеб. пособие. – М. : Воениздат, 1978. – 320 с.
9. Радиоэлектронные системы: Основы построения и теория : справ. / Я.Д. Ширман [и др.] ; ред. Я.Д. Ширман. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Радиотехника, 2007. – 512 с.
10. Бакулев, П.А. Радиолокационные системы : учебник для вузов / П.А. Бакулев. – М. : Радиотехника, 2004. – 320 с.
11. Основы построения РЛС РТВ: учебник / В.Н. Тяпкин [и др.] ; общ. ред. В.Н. Тяпкин. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т. – 2011. – 536 с.
12. Радиолокационные системы : учебник / В.П. Бердышев [и др.] ; общ. ред. В.П. Бердышев. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т. – 2011. – 400 с.
13. Основы построения РЛС : учеб. пособие : в 2 ч. Ч. 1. Общие сведения о РЛС и основы построения трактов излучения и приема радиолокационных сигналов / ред. В.П. Бердышев. – СПб. : СПВУРЭ ПВО, 2003. – 282 с.
14. Основы построения РЛС : учеб. пособие : в 2 ч. Ч. 2. Методы защиты от помех и обработки радиолокационной информации. Дополнительные системы РЛС / ред. В.П. Бердышев. – СПб. : СПВУРЭ ПВО, 2003. – 242 с.

15. Основы построения РЛС РТВ : учеб. пособие / ред. Б.Ф. Бондаренко. – Киев : КВИРТУ ПВО, 1987. – 368 с.
16. Дудник, П.И. Авиационные радиолокационные комплексы и системы : учебник для слушателей и курсантов вузов ВВС / П.И. Дудник [и др.] ; под ред. П.И. Дудника. – М. : Изд-во ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 2006. – 1112 с.
17. Сазонов, Д.М. Антенны и устройства СВЧ : учебник для радиотехнич. спец. вузов / Д.М. Сазонов. – М. : Высш. шк., 1988. – 432 с.
18. Шпиндлер, Э. Практические конструкции антенн : пер. с нем. / Э. Шпиндлер. – М. : Мир, 1989. – 448 с.
19. Ротхаммель, К. Антенны : пер. с нем. / К. Ротхаммель. – 3-е изд., доп. – М. : Энергия, 1979. – 320 с.
20. Изюмова, Т.И. Волноводы, коаксиальные и полосковые линии / Т.И. Изюмова, В.Т. Свиридов. – М. : Энергия, 1975. – 113 с.
21. Драбкин, А.Л. Антенно-фидерные устройства : учеб. пособие / А.Л. Драбкин [и др.]. – 2-е изд., доп. и перераб. – М. : Сов. радио, 1974. – 536 с.
22. Левичев, В.Г. Радиопередающие и радиоприемные устройства : учеб. пособие / В.Г. Левичев. – 3-е изд., доп. и перераб. – М. : Воениздат, 1974. – 511 с.
23. Радиопередающие устройства : учеб. для техникумов / М.С. Шумилин [и др.] . – М. : Высш. школа, 1981. – 293 с.
24. Передающие устройства СВЧ : учеб. пособие для радиотехнич. спец. вузов / М.В. Вамберский [и др.] ; ред. М.В. Вамберский. – М. : Высш. шк., 1984. – 448 с.
25. Палшков, В.В. Радиоприемные устройства : учеб. пособие / В.В. Палшков. – М. : Радио и связь, 1984. – 392 с.
26. Радиоприемные устройства : справ. пособие / Л.Г. Барулин [и др.] ; ред. Л.Г. Барулин. – М. : Радио и связь, 1984. – 272 с.
27. Обнаружение радиосигналов / А.А. Колосов [и др.] ; ред. А.А. Колосов. – М. : Радио и связь, 1989. – 288 с.
28. Хрущев, В.В. Электрические машины систем автоматизации : учебник для вузов / В.В. Хрущев. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л. : Энергоатомиздат, 1985. – 368 с.
29. Агрегаты дизель-электрические типов АД-10-Т/230 и АД-10-Т/400 (унифицированные). Краткое описание и инструкция по эксплуатации. – 1-е изд. – 1980. – 63 с. – (ДСП).
30. Генераторы синхронные типов ДГС-81/4 и ДГС-82/4. Руководство по эксплуатации. 1ВР.214.241РЭ. – 1981. – 55 с. – (ДСП).

Приложение 1

СОСТАВ АППАРАТУРЫ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СТАНЦИИ П-18Р

В состав аппаратуры РЛС входят:

- станция аппаратная с радиоэлектронной аппаратурой, вторичными источниками питания, аппаратурой сопряжения с другими РЛС, контрольно-измерительной аппаратурой, аппаратурой телефонной и ГГС;
- машина с антенно-мачтовым устройством, электромашинным усилителем, электролебедкой;
- станция питания, состоящая из двух прицепов силовых (ПС-1 и ПС-2), в которых размещаются электроагрегаты, а на крыше – катушки с кабелями.

К РЛС прилагаются: комплект эксплуатационной документации; комплект одиночного ЗИП.

Блоки аппаратуры радиолокационной станции П-18Р

Аппаратура станции состоит из отдельных блоков, каждому из которых присвоено условное цифровое обозначение (табл. П1.1).

Таблица П1.1

Название блока	Номер блока
Антенна	Блок 1
Высокочастотный токосъемник	Блок 2
Антенный коммутатор	Блок 3
Высокочастотный делитель мощности	Блок 4
Приемник	Блок 5
Широкополосный усилитель высокой частоты	Блок ШУВЧ
Блок горизонтальной развертки	Блок 7
Блок вертикальной развертки	Блок 8
Видеоусилитель	Блок 9
Блок трубки	Блок 10
Аппаратный пульт управления (АПУ)	Блоки 11М, 12М
Стабилизатор напряжения $\pm 12,6$ В; -20 В; -150 В	Блок 13
Блок выпрямителей	Блок 15
Хронизатор	Блок 16М
Формирователь азимутальных импульсов	Блок 17
Калибратор	Блок 18
Блок эхо-сигналов	Блок 19

Название блока	Номер блока
Блок сопряжения	Блок 20
Стабилизатор $\pm 6,3$ В; $\pm 12,6$ В; ± 27 В	Блок 21
Выносной пульт управления (ВПУ)	Блоки 22М, 23М
Блок управления визиром ВИКО	Блок 24
Блок сигналов изображения	Блок 25
Блок целеуказания	Блок 26
Блок усилителей ЧПК	Блок 27
Блок сельсинов-датчиков	Блок 28
Блок сельсинов-приемников	Блок 29
Привод вращения антенны	Блок 31
Блок коммутации СВА	Блок 32
Стабилизатор $\sim 6,3$ В; ~ 100 В; $+200$ В	Блок 33
Блок распределения питания и защиты	Блок 34
Высоковольтный выпрямитель	Блок 35
Блок питания -24 В, ~ 80 В, ± 110 В	Блок 36
Усилитель силового следящего привода	Блок 37
Разделительный трансформатор	Блок 38
Блок компенсации реактивной мощности	Блок 39
Индикатор коэффициента шума	Блок 40
Электромашинный усилитель	Блок 41
Индикатор мощности и КБВ	Блок 42
Эквивалент антенны	Блок 43
Силовой щит	Блок 44
Блок питания накала	Блок 45
Блок накопителя	Блок 47
Генератор ВЧ	Блок 50
Индикатор контроля	Блок 56
Стабилизатор напряжения -150 В, $+300$ В	Блок 64
Пульт включения отопителя	Блок 69
Выносной гетеродин	Блок 70
Индикатор входных сопротивлений	Блок 72
Блок потенциалоскопов	Блок 75
Блок когерентного гетеродина	Блок 76
Усилитель АПЧ	Блок 85
Блок выпрямителей	Блок 86
Стабилизатор -150 В $+200$ В; -2000 В	Блок 87
Блок настройки	Блок 90
Стабилизатор накала	Блок 99
Пульт управления и сигнализации	Блок 102
Отопительно-вентиляционная установка	Блок 103
Блок зарядных кенотронов	Блок 104
Стабилизатор входного напряжения	СТС

В машине с АМУ установлены блоки 1, 2, 4, 28, 29, 31 и 41. В прицепе ПС-1 расположены блоки 38, 39, 44, 69 и 103, в прицепе ПС-2 – блоки 69 и 103. В станции аппаратной находятся все остальные блоки.

Приложение 2

НАПРАВЛЕНИЯ МОДЕРНИЗАЦИИ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СТАНЦИИ П-18Р

Достаточно хорошие технические характеристики при сравнительно невысокой стоимости, простота и надежность при эксплуатации, совершенство заложенных технических решений в сочетании с преимуществами метрового диапазона рабочих длин волн обеспечили на протяжении последних десятилетий широкую популярность РЛС П-18Р.

Однако РЛС этого типа практически исчерпали свой эксплуатационный ресурс. Тем не менее, как показал опыт боевых действий в локальных конфликтах, РЛС метрового диапазона волн являются практически единственными РЛС, способными обнаруживать самолеты типа «СТЕЛС». Все эти особенности в совокупности с простотой и надежностью оставляют РЛС востребованными еще на 10–15 лет. К тому же модернизация РЛС П-18Р – это оптимальное решение по критерию «эффективность – стоимость».

Одним из подтверждений технического совершенства РЛС П-18 стала ее модернизационная способность, позволяющая качественно улучшать характеристики РЛС на основе перехода на современную элементную базу, внедрения микропроцессорной техники, использования новейших достижений в области цифровой обработки сигналов.

Модернизация РЛС П-18Р подразумевает создание перспективной РЛС с многоканальной цифровой пространственно-временной обработкой сигналов.

Направления модернизации:

- замена устаревшей элементной базы аппаратуры РЛС, имеющей низкую надежность, на более современную;
- введение аппаратуры компенсации активных шумовых помех;
- замена аналоговой СДЦ на цифровую;
- введение цифровой обработки сигналов и алгоритмов автоматического обнаружения и сопровождения целей;
- введение в состав РЛС аппаратуры автоматической передачи данных удаленным потребителям по защищенным проводным и радиоканалам связи;
- оснащение РЛС комплексом аппаратуры автоматического съема координат, обеспечивающим: введение трассовой обработки информации; сопряжение РЛС с современными автоматизированными системами управления; автоматическое определение государственной принадлежно-

сти по информации НРЗ; отображение первичной и вторичной РЛИ и служебной информации на цветных мониторах рабочих мест операторов;

- замена или модернизация автономных агрегатов энергоснабжения.

В результате модернизации:

- обеспечивается защита РЛС от активных помех;
- повышается эксплуатационная надежность за счет замены электровакуумных приборов на полупроводниковые элементы (всего в результате модернизации из состава станции исключается 230 вакуумных ламп, 3 электронно-лучевые трубки и 2 потенциалоскопа);

- повышается информационная производительность РЛС в условиях наличия большого количества целей (256 целей вместо 6) за счет цифровой обработки сигналов и вывода информации на экраны мониторов – аппаратного и выносного;

- улучшается защита РЛС от пассивных и несинхронных помех;
- уменьшается электропотребление РЛС;
- снижаются затраты на эксплуатацию за счет увеличения ресурса новых блоков.

При модернизации в состав РЛС вводится принципиально новое устройство, выводящее РЛС на новый уровень – аппаратура защиты от активных шумовых помех.

Аппаратура защиты от активных шумовых помех построена по схеме четырехканального квадратурного компенсатора на несущей частоте и обеспечивает подавление активных шумовых помех, действующих по боковым лепесткам диаграммы направленности.

Применение цифровой обработки сигналов обеспечивает достижение следующих преимуществ:

- предоставляется возможность реализации автоматической обработки отраженных сигналов, автоматической фильтрации, накопления и выделения на фоне шумов и помех сигналов целей;

- возможен автоматический захват и взятие на сопровождение обнаруженных целей;

- имеется автоматическая нумерация целей в собственной системе нумерации;

- пропускная способность модернизированной РЛС обеспечивает автоматическое обнаружение и сопровождение до 256 целей;

- использование алгоритмов рангового обнаружения обеспечивает стабилизацию уровня ложных тревог на уровне 10^{-4} – 10^{-6} независимо от статистических свойств (распределения) шумов и помех;

- алгоритмы цифровой фильтрации и сглаживания траекторий повышают точность измерения координат и скорости движения целей;

- использование алгоритма экстраполяции траекторий целей в течение 4–6 обзоров с восстановлением номера цели позволяет обеспечить беспровальное сопровождение;

- применение для отображения радиолокационной информации цветных мониторов обеспечивает высокое качество изображения, удобства работы оператора и отсутствие информационных потерь.

В модернизированной РЛС осуществляется автоматический съем и передача информации от РЛС на КП (ПУ), что обеспечивает:

- автоматическое обнаружение, обработку и передачу на КП и ПУ данных об обнаруженных и сопровождаемых целях;
- передача на КП (ПУ) формуляра для последующей обработки, привязки к общегосударственной системе нумерации и отображения текущих данных о воздушных объектах;
- возможность автоматизированного взаимодействия между КП (ПУ) и другими источниками информации путем обмена данными о воздушной обстановке, а также формализованными и неформализованными сообщениями.

Модернизация РЛС П-18Р

в ОАО «Лянозовский электромеханический завод»

Модернизация РЛС П-18Р метрового диапазона создает практически новую современную РЛС, способную эффективно осуществлять контроль воздушного пространства на требуемых рубежах в условиях активного радиоэлектронного противодействия.

Основными достоинствами модернизированной РЛС П-18Р являются:

- полностью твердотельная технология, включая передающее устройство;
- цифровая обработка радиолокационной информации и цифровое формирование сигналов;
- автокомпенсация шумовых активных помех;
- автоматический функциональный контроль и диагностика;
- современное рабочее место оператора с цифровым монитором высокого разрешения;
- документирование и воспроизведение радиолокационной информации.

Антенная система основного канала локации изменению не подлежит.

Вновь вводится антенна дополнительных компенсационных каналов, которая является самостоятельным элементом и находится на поверхности земли на мачте, что позволяет не затрагивать антенно-фидерную систему основного канала. При встраивании НРЗ или вторичного радиолокатора (ВРЛ) дополнительно монтируются антенна и вращающийся переход вторичного канала.

Антенна дополнительных компенсационных каналов состоит из четырех излучателей типа «волновой канал», имеющих горизонтальную поляризацию. Антенны расположены под углом 90° друг к другу в горизонтальной плоскости, что обеспечивает прием сигналов со всех четырех направлений.

Передающее устройство РЛС построено по принципу суммирования мощности восьми широкополосных транзисторных усилителей, выполненных в виде модулей, размещаемых в шкафу передатчика. Модульный принцип построения передающего устройства позволяет существенно повысить надежность передатчика и его ремонтпригодность.

Приёмное устройство имеет шесть одинаковых приёмных каналов: основной канал, резервный канал (для основного) и четыре дополнительных канала. Каждый приёмный канал включает в себя приемник прямого усиления, аналого-цифровой преобразователь, цифровой фазовый детектор и цифровой фильтр.

Система обработки сигналов и информации реализована программным способом на сигнальных процессорах специализированной ЭВМ и обеспечивает:

- согласованную фильтрацию частотно-модулированного сигнала;
- доплеровскую межпериодную фильтрацию азимутального пакета на базе дискретного преобразования Фурье с весовой обработкой и режекцией в области нулевых доплеровских частот;
- обнаружение сигналов целей и измерение их координат;
- формирование адаптивного порога для обнаружения сигналов целей с реализацией дальностного, азимутального и доплеровского разрешения;
- стабилизацию уровня ложных тревог;
- пеленгацию источников АШП, измерение мощности помех со всех азимутальных направлений с целью анализа помеховой обстановки и выбора несущей частоты, свободной от воздействия помех;
- цифровую автокомпенсацию АШП;
- защиту приёмных каналов от несинхронных импульсных помех;
- картографирование отражений от местных предметов, дипольных помех и метеообразований;
- трассовую обработку информации, объединение информации первичного и вторичного (НРЗ, ВРЛ) каналов, автоматизированное управление режимами работы РЛС и сопрягаемых объектов, а также выдачу информации на систему отображения и внешним потребителям (системы автоматизации).

Во время работы РЛС обеспечивается документирование всей необходимой информации на жестком диске. Предусмотрены различные режимы воспроизведения зарегистрированной информации на видеомониторе ЭВМ в удобном для анализа виде при разборе конфликтных ситуаций.

В модернизированной РЛС имеется автоматизированная система контроля, обеспечивающая: функциональный контроль по обобщенным параметрам с индикацией технического состояния с достоверностью не менее 0,95; автоматизированный поиск неисправности и локализацию не-

исправности с точностью до 1–3 типовых сменных элементов. В состав автоматизированной системы контроля входит информационно-справочная система, обеспечивающая оперативное получение информации по следующим вопросам: техническому обслуживанию, размещению ЗИП; размещению эксплуатационной документации, порядку работы оператора; текущему ремонту.

Для отображения РЛИ, управления режимами работы РЛС в состав станции входят два одинаковых рабочих места оператора (РМО). Одно РМО является выносным и может быть удалено от РЛС на расстояние до 500 м. Аппаратура РМО реализована на базе ЭВМ с цветным 19-дюймовым видеомонитором высокого разрешения, который позволяет отображать следующую информацию:

первичную информацию, поступающую в реальном масштабе времени (эхо-сигналы, сигналы НРЗ, сигналы пеленга);

- формуляры по обнаруженным ВО;
- уровень мощности активных помех, воздействующих в данном азимутальном направлении;
- графическую информацию (границы стробов, зон, сетку ПВО, государственную границу);
- текстовую информацию (короткие, полные и сокращенные формуляры о характеристиках ВО, квитанции, подсказки оператору).

При модернизации в РЛС П-18 может быть встроен запросчик государственного опознавания или вторичный радиолокатор, соответствующий нормам ИКАО и стандарту STANAG 4193. НРЗ/ВРЛ может работать в режимах 1, 2, 3/А, С и обеспечивает любое чередование этих режимов. Он выполнен по твердотельной технологии, имеет автоматизированную систему контроля и управления. Возможна доработка до уровня МК-ХII с криптографическим режимом 4.

Возможно сопряжение с автономным НРЗ любого типа, включая МК-Х (МК-ХII) в соответствии с протоколом сопряжения, предоставляемым потребителем. Включение запроса в процессе захвата и сопровождения цели предусмотрено как в ручном, так и в автоматическом режимах.

В модернизированной РЛС имеется встроенный имитатор-тренажер, формирующий независимые имитационные трассы ВО различных классов, включая групповые и маневрирующие. При тренировке обеспечивается документирование информации и действий расчёта.

РЛС обеспечивает сопряжение со всеми типами радиовысотомеров, с которыми сопрягается немодернизированная РЛС П-18Р.

Обеспечивается передача радиолокационной информации на автоматизированную систему управления в соответствии с протоколом сопряжения, предоставляемым потребителем.

- В состав монтажного комплекта для модернизации входят:
- твердотельное передающее устройство;
 - приёмное устройство;
 - аппаратура цифровой обработки сигналов на базе сигнальных процессоров;
 - аппаратура автоматического съема информации, отображения, управления и контроля на базе персональной специализированной ЭВМ;
 - аппаратура сопряжения.

Аппаратура монтажного комплекта выполнена на современной элементной базе с применением новейших информационных технологий.

Аппаратура монтажного комплекта устанавливается взамен существующей в аппаратной машине, ее ресурс равен 100 тыс. ч со сроком службы не менее 12 лет. При этом ресурс всей РЛС восстанавливается не менее чем на 80 %. При совмещении модернизации с восстановительным (капитальным) ремонтом немодернизированной части аппаратуры (антенная машина и система энергоснабжения) ресурс РЛС восстанавливается не менее чем на 90 %.

Таблица П2.1

Сравнительные ТТХ РЛС П-18Р и П-18М

Наименование	Характеристика РЛС	
	П-18Р	П-18М
Коэффициент подавления сигналов АШП, дБ	0	25
Точность пеленгования постановщика АШП, град	±4	1
Коэффициент подавления отражений от местных предметов, дБ, не менее	20	52
Точность измерения координат:		
– дальности, м	1 400	70
– азимута, мин	77	25
Вид выходной информации	Аналоговая	Цифровая, трассовая и координатная
Производительность, трасс целей	Нет	250
Передающее устройство	Ламповое	Транзисторное
Перестройка частоты	Электромеханическая перестройка, 4 фиксированные частоты	Автоматический мониторинг помеховой обстановки и автоматическая адаптивная перестройка рабочей частоты рлс, с шагом 0,2 мгц
Мощность:		
– импульсная, кВт	200	5,0
– средняя, Вт	500	500

Наименование	Характеристика РЛС	
	П-18Р	П-18М
Энергопотребление, кВт	10	10
Время включения (выключения), мин	3 (5)	1 (1)
Среднее время наработки на отказ аппаратной части, ч	140	2 000

Модернизация РЛС вместе с ремонтно-восстановительными работами может производиться на ремонтных предприятиях потребителей, при этом поставляется монтажный комплект, оказывается техническая помощь в проведении модернизации, производится обучение персонала. Модернизация РЛС проводится совместно с ОАО «НИТЕЛ».

Сравнительные характеристики РЛС П-18Р и модернизированной РЛС П-18М приведены в табл. П2.1.

В настоящее время в мире существует не менее восьми проектов модернизации радиолокационной станции П-18, выполненных, в частности, компаниями «Эрикссон» (Швеция), «Арсенал» (Венгрия), «Зеленка» (Польша), «Альфа» (Болгария), «Аэротехника» (Украина), НИТЭЛ, НИИИРТ (Россия), «Агат» (Белоруссия).

Так, глава оборонного ведомства Украины Михаил Ежель 4 января 2012 года подписал приказ № 4 «О принятии на вооружение ВС Украины радиолокационной станции П-18 «Малахит».

Наземная подвижная РЛС контроля воздушной и надводной обстановки с цифровой обработкой и автоматической передачей информации П-18 «Малахит» предназначена для автоматического обнаружения целей в условиях активных и пассивных помех естественного и искусственного происхождения, определения координат (азимута, дальности, радиальной скорости) целей, их сопровождения и выдачи координат потребителям.

В частности, РЛС П-18 «Малахит» выполняет задачи по выявлению, отображению и автоматическому определению координат азимута, дальности и радиальной скорости воздушных целей, движущихся со скоростью до 1 000 м/с, автоматического и полуавтоматического сопровождения до 256 целей и расчета параметров их движения, автоматической передачи данных удаленным потребителям.

Радиолокационная станция П-18 «Малахит» позволит осуществить замену устаревших и энергоемких РЛС модернизированными радиолокационными станциями на новой элементной базе с улучшенными ресурсными показателями, техническими характеристиками и расширенными функциональными возможностями.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
Глава 1	
ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СТАНЦИИ П-18Р	7
1.1. Сравнительная характеристика РЛС метрового и сантиметрового диапазона волн	7
1.2. Назначение, состав и размещение на позиции радиолокационной станции П-18Р	10
1.2.1. Назначение радиолокационной станции П-18Р	10
1.2.2. Состав радиолокационной станции П-18Р	11
1.2.3. Размещение радиолокационной станции П-18Р на позиции	12
1.3. Боевые возможности радиолокационной станции П-18Р	13
1.3.1. Форма и размеры зоны обнаружения	14
1.3.2. Информационная способность и качество радиолокационной информации	15
1.3.3. Помехозащищенность	17
1.3.4. Мобильность, живучесть и эксплуатационная надежность	18
1.3.5. Технические характеристики радиолокационной станции П-18Р	20
1.4. Структурная схем радиолокационной станции П-18Р	22
1.4.1. Назначение основных систем радиолокационной станции П-18Р	23
1.4.2. Взаимодействие систем радиолокационной станции П-18Р по структурной схеме	28
1.5. Зона обнаружения радиолокационной станции П-18Р	31
1.5.1. Принцип формирования диаграммы направленности антенны в РЛС метрового диапазона волн	31
1.5.2. Диаграмма направленности антенны радиолокационной станции П-18Р	35
Контрольные вопросы	31
Глава 2	
ТРАКТ ГЕНЕРИРОВАНИЯ И ИЗЛУЧЕНИЯ ЗОНДИРУЮЩЕГО СИГНАЛА РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СТАНЦИИ П-18Р	38
2.1. Радиопередающее устройство радиолокационной станции П-18Р	38
2.1.1. Общие сведения о радиопередающем устройстве радиолокационной станции П-18Р	39
2.1.2. Генератор СВЧ	40
2.1.3. Модулятор радиопередающего устройства	46
2.1.4. Питающее устройство	50
2.2. Антенно-фидерная система радиолокационной станции П-18Р	51
2.2.1. Назначение, состав и технические характеристики антенно-фидерной системы	53
2.2.2. Работа антенно-фидерной системы по структурной схеме	55
2.2.3. Антенная система РЛС	56
2.2.4. Фидерный тракт РЛС	60
2.3. Система настройки на эквивалент	63
Контрольные вопросы	65

Глава 3

ПРИЕМНОЕ УСТРОЙСТВО РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СТАНЦИИ П-18Р.

АППАРАТУРА ЗАЩИТЫ ОТ ПОМЕХ	67
3.1. Приемное устройство радиолокационной станции П-18Р	67
3.1.1. Общие сведения о приемных устройствах	67
3.1.2. Назначение, технические характеристики и принцип работы приемного устройства радиолокационной станции П-18Р	74
3.1.3. Блок ШУВЧ	76
3.1.4. Блок приемника (блок 5)	79
3.2. Система защиты от пассивных и несинхронных импульсных помех радиолокационной станции П-18Р	83
3.2.1. Общие сведения о системах защиты от пассивных и несинхронных импульсных помех	83
3.2.2. Система защиты от пассивных и несинхронных импульсных помех РЛС П-18Р	96
3.3. Система перестройки частоты радиолокационной станции П-18Р	114
3.3.1. Общие сведения о системах перестройки частоты	114
3.3.2. Назначение, состав и технические характеристики системы перестройки частоты радиолокационной станции П-18Р	116
3.3.3. Работа системы перестройки частоты по структурной схеме	117
Контрольные вопросы	119

Глава 4

СИСТЕМА ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ

РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СТАНЦИИ П-18Р	122
4.1. Общие сведения об индикаторных устройствах радиолокационных станций	122
4.1.1. Классификация индикаторных устройств	123
4.1.2. Индикаторы кругового обзора с радиально-круговой разверткой	125
4.2. Индикаторная система радиолокационной станции П-18Р	129
4.2.1. Назначение, состав и технические характеристики индикаторной системы	129
4.2.2. Структурная схема индикаторной системы	131
4.2.3. Работа индикатора кругового обзора по функциональной схеме	133
4.2.4. Особенности работы выносного индикатора кругового обзора по функциональной схеме	142
4.2.5. Работа индикатора контроля по функциональной схеме	146
4.2.6. Формирование масштабных отметок дальности	148
4.2.7. Формирование отметок азимута	150
Контрольные вопросы	153

Глава 5

СИСТЕМА ВРАЩЕНИЯ, КАЧАНИЯ АНТЕННЫ

И СИНХРОННО-СЛЕДЯЩЕГО ПРИВОДА

РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СТАНЦИИ П-18Р	154
5.1. Общие сведения о системах вращения	154
5.1.1. Назначение, режимы работы и классификация систем вращения антенны	154
5.1.2. Схемы систем вращения антенн	157
5.1.3. Элементы системы вращения и наклона антенны	158

5.2. Система вращения и наклона антенны радиолокационной станции П-18Р	165
5.2.1. Назначение, состав и технические характеристики системы вращения и наклона антенны	165
5.2.2. Структурная схема системы вращения и наклона антенны.....	166
5.2.3. Работа системы вращения и наклона антенны в режиме стабильных скоростей вращения	167
5.2.4. Работа системы вращения и наклона антенны в режиме плавного изменения скорости	170
5.2.5. Работа системы вращения и наклона антенны в режиме слежения.....	172
5.2.6. Работа системы вращения и наклона антенны в режиме наклона	174
5.3. Система передачи азимута радиолокационной станции П-18Р.....	175
5.3.1. Функциональная схема системы передачи азимута	176
Контрольные вопросы	179
Глава 6	
СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ, ЗАЩИТЫ, КОНТРОЛЯ И ХРОНИЗАЦИИ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СТАНЦИИ П-18Р	181
6.1. Система управления, защиты и контроля радиолокационной станции П-18Р	181
6.1.1. Назначение, состав и характеристика системы управления, защиты и контроля	181
6.1.2. Структурная схема системы управления, защиты и контроля	182
6.1.3. Управление аппаратурой РЛС	184
6.1.4. Сигнализация включения режимов РЛС	187
6.1.5. Блоки 11М (22М) и 12М (23М).....	188
6.1.6. Программа включения и выключения РЛС.....	193
6.2. Система хронизации и специальных режимов работы радиолокационной станции П-18Р	195
6.2.1. Назначение, режимы работы хронизатора радиолокационной станции П-18Р	195
6.2.2. Функциональная схема хронизирующего устройства	197
6.2.3. Назначение, режимы работы аппаратуры защиты от противорадиолокационных ракет	204
Контрольные вопросы	206
Глава 7	
СИСТЕМА СОПРЯЖЕНИЯ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СТАНЦИИ П-18Р С КОМПЛЕКСАМИ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ, ПОДВИЖНЫМИ РАДИОВЫСОТОМЕРАМИ.....	207
7.1. Общие сведения о системе сопряжения радиолокационной станции П-18Р	207
7.2. Сопряжение с радиолокационным узлом и комплексами средств автоматизации.....	208
7.2.1. Структурная схема сопряжения радиолокационной станции П-18Р с радиолокационным узлом.....	208
7.2.2. Блок сопряжения (блок 20)	210
7.2.3. Пульт управления и сигнализации (блок 102)	211
7.2.4. Элементы управления и сигнализации	211

7.3. Сопряжение с радиолокационной станцией П-37Р.....	213	
7.4. Сопряжение с радиолокационной станцией 5Н84А (44Ж6).....	214	
7.5. Сопряжение с подвижным радиовысотомером ПРВ-13.....	214	
7.6. Сопряжение с наземными радиолокационными запросчиками	216	
7.6.1. Общие принципы опознавания локационных целей и сопряжения с наземными радиолокационными запросчиками.....	216	
7.6.2. Сопряжение с НРЗ-4П	218	
7.6.3. Сопряжение с аппаратурой ИО-4 (ИО-4М) индивидуального опознавания IV режима.....	221	
7.6.4. Блок сопряжения (блок 30М1).....	222	
7.6.5. Выносной оперативный пульт управления (блок 3).....	225	
Контрольные вопросы	225	
Глава 8		
СИСТЕМА ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СТАНЦИИ П-18Р И ВТОРИЧНЫЕ ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ		227
8.1. Общие сведения о системе энергоснабжения.....	227	
8.2. Станция питания.....	228	
8.2.1. Силовой щит (блок 44)	229	
8.2.2. Разделительный трансформатор (блок 38)	230	
8.2.3. Компенсатор реактивной мощности (блок 39)	230	
8.3. Вторичные источники электропитания.....	230	
8.3.1. Стабилизатор напряжения –150, +300 В (блок 64).....	232	
8.3.2. Блок выпрямителей (блок 86)	233	
8.3.3. Стабилизатор –2 000, –150, +200 В (блок 87)	234	
8.3.4. Стабилизатор ~6,3, ~110, +200 В (блок 33)	236	
8.3.5. Блок выпрямителей (блок 15)	238	
8.3.6. Стабилизатор ±6,3, ±12,6, ±27 В (блок 21)	239	
8.3.7. Стабилизатор ±12,6, –20, –150 В (блок 13).....	240	
8.3.8. Выпрямитель +7,5 кВ (субблок 7,5 кВ)	240	
8.3.9. Блок питания –24, ~80, ±110 В (блок 36).....	242	
8.3.10. Блок питания накала (блок 45)	243	
8.4. Первичные источники электропитания.....	244	
8.4.1. Технические характеристики дизель-электрического агрегата.....	244	
8.4.2. Технические характеристики двигателя 4ч-8,5/11.....	245	
8.4.3. Технические характеристики и принцип работы генератора ДГС-81-4ЩФ2	246	
Контрольные вопросы	247	
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	249	
ПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ	250	
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	253	
Приложение 1		
СОСТАВ АППАРАТУРЫ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СТАНЦИИ П-18Р	255	
Приложение 2		
НАПРАВЛЕНИЯ МОДЕРНИЗАЦИИ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СТАНЦИИ П-18Р.....	257	

Учебное издание

Гарин Евгений Николаевич,
Тяпкин Валерий Николаевич,
Владимиров Валерий Михайлович,
Градусов Владимир Юрьевич,
Анпилогов Николай Егорович,
Абалмасов Виктор Александрович,

Дмитриев Дмитрий Дмитриевич
Фатеев Юрий Леонидович
Фомин Алексей Николаевич
Саргин Борис Константинович
Сосновский Александр Дмитриевич
Леусенко Валерий Александрович

ВОЕННО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА

УСТРОЙСТВО РЛС РТВ ВВС

РАДИОЛОКАЦИОННАЯ СТАНЦИЯ П-18Р

Учебник

В двух частях
Часть 1

Редактор *Л.И. Вейсова*

Компьютерная верстка *И.В. Манченковой*

Подписано в печать 29.12.2012. Печать плоская. Формат 60×84/16
Бумага офсетная. Усл. печ. л. 15,6. Тираж 500 экз. Заказ № 10894

Издательский центр

Библиотечно-издательского комплекса
Сибирского федерального университета
660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 79
Тел./факс (391) 206-21-49, e-mail: rio@lan.krasu.ru

Отпечатано Полиграфическим центром
Библиотечно-издательского комплекса
Сибирского федерального университета
660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 82а
Тел./факс (391) 206-26-67, 206-26-49
E-mail: print_sfu@mail.ru; <http://lib.sfu-kras.ru>