

Annotatsiya

Bitiruv malakaviy ishida radiolokatsion stantsiyalarning umumiy xarakteristikasi, shovqinlardan himoya qilish usullari keltirilgan, shuningdek, «Скала-М» radiolokatsion stantsiyaning xalaqitlarga chidamliligi parametrlari hisoblangan.

Аннотация.

В выпускной квалификационной работе приведены общие характеристики радиолокационных станций, методы защиты от помехи, а также проведен расчет параметров помехоустойчивости радиолокационной станции «Скала-М».

The summary.

In the final qualifying work provides General characteristics of the radar stations, methods of protection from interference, as well as calculation of the parameters of immunity of the radar station «Скала-М».

Содержание

ВВЕДЕНИЕ.....	6
ГЛАВА 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РЛС УВД	10
1.1. Задачи и основные параметры РЛС	10
1.2. Трассовая обзорная РЛС «Скала - М»	17
1.3. Особенности функциональных узлов РЛС «Скала - М»	21
1.4. Обзорная РЛС с вращающейся антенной.....	24
ГЛАВА 2. МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ПРИЕМНОГО ТРАКТА РЛС ОТ ПОМЕХ	29
2.1. Селекция сигналов	29
2.2. Защита приемников от перегрузок.....	32
2.3. Помеха в полосе основной частотной селекции.....	41
ГЛАВА 3. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ	50
3.1 Расчет активной помехи.	50
3.2. Расчет зон прикрытия помехами	56
3.3.Расчет параметров средств помехозащиты	61
РАСЧЕТ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ.....	68
ОХРАНА ТРУДА	72
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	76
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	79

Введение

Радиолокационные станции системы управления воздушным движением (УВД) являются основным средством сбора информации о воздушной обстановке для диспетчерского состава службы движения и средством контроля за ходом выполнения плана полетов, а также служат для выдачи дополнительной информации по наблюдаемым воздушным судам и обстановке на взлетно-посадочной полосе и рулежных дорожках. В отдельную группу могут быть выделены метеорологические радиолокационные станции, предназначенные для оперативного снабжения командного, летного и диспетчерского состава данными о метеорологической обстановке.

В нормах и рекомендациях ИКАО, Постоянной комиссии по радиотехнической и электронной промышленности СЭВ предусмотрено разделение радиолокационных средств на первичные и вторичные. Часто первичные радиолокационные станции (ПРЛС) и ВРЛС объединяют по принципу функционального использования и определяют как радиолокационный комплекс (РЛК). Однако характер получаемой информации, особенно построения аппаратуры, позволяет рассматривать данные станции отдельно.

Исходя из сказанного РЛС целесообразно объединить в следующие трастовые обзорные радиолокаторы ОРЛ-Т с максимальной дальностью действия около 400 км;

трассовые и аэроузловые радиолокаторы ОРЛ-ТА с максимальной дальностью действия порядка 250 км;

аэродромные обзорные радиолокаторы ОРЛ-А (варианты В1, В2, В3) с максимальной дальностью действия 150, 80 и 46 км соответственно;

посадочные радиолокаторы (ПРЛ);

вторичные радиолокаторы (ВРЛ);

комбинированные обзорно-посадочные радиолокаторы (ОПРЛ);

радиолокаторы обзора летного поля (ОЛП);

метеорологические радиолокаторы (МРЛ).

В современных авторизованных системах (АС) управления воздушного движения (УВД) применяются РЛС третьего поколения. Переоснащение предприятий гражданской авиации занимает обычно длительный период, поэтому в настоящее время наряду с современными РЛС применяются РЛС второго и даже первого поколений. РЛС различных поколений отличаются, прежде всего, элементной базой, способами обработки радиолокационных сигналов и защиты РЛС от помех.

РЛС первого поколения начали широко применяться с середины 60-х годов. К ним относятся трассовые РЛС типа П-35 и аэродромные РЛС типа «Экран». Эти радиолокаторы построены на электровакуумных приборах с применением навесных элементов и объемного монтажа.

РЛС второго поколения начали применяться в конце 60-х - начале 70-х годов. Повышение требований к источникам радиолокационной информации системы УВД привело к тому, что радиолокаторы этого поколения превратились в сложные многорежимные и многоканальные радиолокационные комплексы (РЛК). Радиолокационный комплекс второго поколения состоит из РЛС со встроенным радиолокационным каналом и аппаратуры первичной обработки информации (АПОИ). Ко второму поколению относятся трассовые РЛК «Скала» и аэродромные РЛК «Иртыш». В этих комплексах наряду с электровакуумными приборами начали широко применяться твердотельные элементы, модули и микромодули в сочетании с монтажом на основе печатных плит. Основной схемой построения первичного канала РЛК стала двухканальная схема с разносом частот, которая позволила повысить показатели надежности и улучшить характеристики обнаружения по сравнению с РЛС первого поколения. В РЛС второго поколения начали применяться более совершенные средства защиты от помех.

Опыт эксплуатации РЛС и РЛК второго поколения показал, что в целом они недостаточно полно удовлетворяют требованиям АС УВД. В

частности, к их существенным недостаткам относятся ограниченное применение в аппаратуре современных средств цифровой обработки сигналов, малый динамический диапазон приемного тракта и др. Данные РЛС и РЛК используются в настоящее время в неавтоматизированных и автоматизированных системах УВД.

Первичные РЛС и РЛК третьего поколения начали использоваться в гражданской авиации нашей страны как основные источники радиолокационной информации АС УВД с 1979 г. Главное требование, которое определяет особенности РЛС и РЛК третьего поколения, - обеспечение стабильного уровня ложных тревог на выходе РЛС. Это требование выполняется благодаря адаптивным свойствам первичных РЛС третьего поколения. В адаптивных РЛС осуществляются анализ в реальном масштабе времени помеховой обстановки и автоматическое управление режимом работы РЛС. С этой целью вся зона обзора РЛС разбивается на ячейки, для каждой из которых в результате анализа за один или несколько периодов обзора принимается отдельное решение о текущем уровне помех. Адаптация РЛС к изменениям помеховой обстановки обеспечивает стабилизацию уровня ложных тревог и уменьшает опасность перегрузки АПОИ и аппаратуры передачи данных в центр УВД.

Элементной базой РЛС и РЛК третьего поколения являются интегральные микросхемы. В современных РЛС начинают широко применяться элементы вычислительной техники и, в частности, микропроцессоры, которые служат основой технической реализации адаптивных систем обработки радиолокационных сигналов.

Одним из важных параметров РЛС является помехоустойчивость. Поэтому в составе РЛС функционируют устройства защиты от пассивных и активных помех, которые включаются оператором РЛС. На экране индикатора появляется информация о воздушном пространстве, задача оператора стоит в безошибочном определении вида помехи. После того как оператор принял решение, например, об отсутствии помеховой обстановки,

то устройство активных помех (квадратурный компенсатор) отключается ключами 1 и 2 или устройство пассивных помех (режекторный фильтр) отключается ключами 3 и 4.

Работа такой структурной схемы осуществляется в устройстве выбора типа помехи. После происходит измерение требуемых параметров подавляемой РЛС. Затем полученная информация о параметрах РЛС передается на устройство активных помех (генератор на ЛОВ), либо на устройство пассивных помех (отражатели).

В данной выпускной квалификационной работе рассматривается принцип построения РЛС управления воздушным движением и вопросы повышения помехоустойчивости трассового обзорного РЛС «Скала - М».

Глава 1. Общая характеристика РЛС УВД

1.1. Задачи и основные параметры РЛС

Система управления воздушным движением /УВД/ содержит РЛС обнаружения, радиомаяк и общий цифровой кодер для сопровождения самолетов и устранения возможности столкновений. В процессе передачи данных на систему УВД производится сбор данных, поступающих с общего цифрового кодера, при этом для всех сопровождаемых самолетов собираются данные о дальности и азимуте. Из общего массива данных отфильтровываются данные, не относящиеся к местонахождению сопровождаемых самолетов. В результате формируется сообщение о траектории с полярными координатами. Полярные координаты преобразуются в прямоугольные, после чего формируется и кодируется блок данных, несущий информацию о всех самолетах, сопровождаемых системой УВД. Блок данных формируется вспомогательным компьютером. Блок данных считывается во временное ЗУ и передается на приемную станцию. На приемной станции принятый блок данных декодируется и воспроизводится в виде, приемлемом для восприятия человеком.

Назначение РЛС - обнаружение и определение координат воздушных судов (ВС) в зоне ответственности радиолокатора. Первичные радиолокационные станции позволяют обнаружить и измерить наклонную дальность и азимут ВС методом активной радиолокации, используя отраженные от целей зондирующие сигналы радиолокатора. Они работают в импульсном режиме с высокой (100 ... 1000) скважностью. Круговой обзор контролируемого воздушного пространства осуществляется с помощью вращающейся антенны, обладающей остронаправленной ДНА в горизонтальной плоскости.

В табл. 1 приведены основные характеристики обзорных РЛС и их численные значения, регламентированные нормами СЭВ—ИКАО.

Рассматриваемые РЛС имеют значительное число общих черт и зачастую выполняют аналогичные операции. Им присуща идентичность структурных схем. Основные их отличия обусловлены различными особенностями функционального использования в иерархически сложной системе УВД.

Таблица 1. Основные характеристики РЛС

Параметр	РЛС				
	ОРЛ-Т	ОРЛ-ТА	ОРЛ-А		
			В1	В2	В3
Максимальная дальность действия, км	400	250	150	80	46
Минимальная дальность действия, км	5	5	1,5	1,5	1,5
Максимальная высота обнаружения, км	20	20	12	7	2,4
Максимальный угол места	45	45	45	45	30
Вероятность ложных тревог	10^{-4}	10^{-4}	10^{-4}	10^{-8}	10^{-8}
Вероятность обнаружения	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Средняя квадратическая погрешность:					
По дальности, м	1000	1000	1000	1000	1000
По азимуту	1	1	1	1	2
Разрешающая способность:					
По дальности, м	1000	1000	1000	350	350
По азимуту	1,3	1,5	1,5	1,5	4
Тип обновления информации, с	12	12	4	4	2
Коэффициент подпомеховой видимости, дБ	35	35	30	30	30
Коэффициент подавления отражений от метеообразований, дБ	23	23	23	18	18
Наработка на отказ, ч	1000	1000	1000	1000	1000
Среднее время устранения неисправности, ч	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

Типовая структурная схема первичной РЛС (рис. 1) состоит из следующих основных узлов: антенно-фидерной системы (АФС) с механизмом привода (МПА); датчика угловых положений (ДУА) и канала подавления боковых лепестков (КП); передатчика (Прд) с устройством автоматической подстройки частоты (АПЧ); приемника (Прм); аппаратуры выделения и обработки сигналов (АВОС) - в ряде современных и перспективных радиолокационных станций и комплексов, объединяемых с приемником в процессор обработки сигналов; синхронизирующего устройства (СУ), тракта трансляции сигналов к внешним устройствам обработки и отображения (ТС); контрольного индицирующего устройства (КИ), обычно работающего в режиме «Аналог» или «Синтетика»; системы встроенного контроля (ВСК).

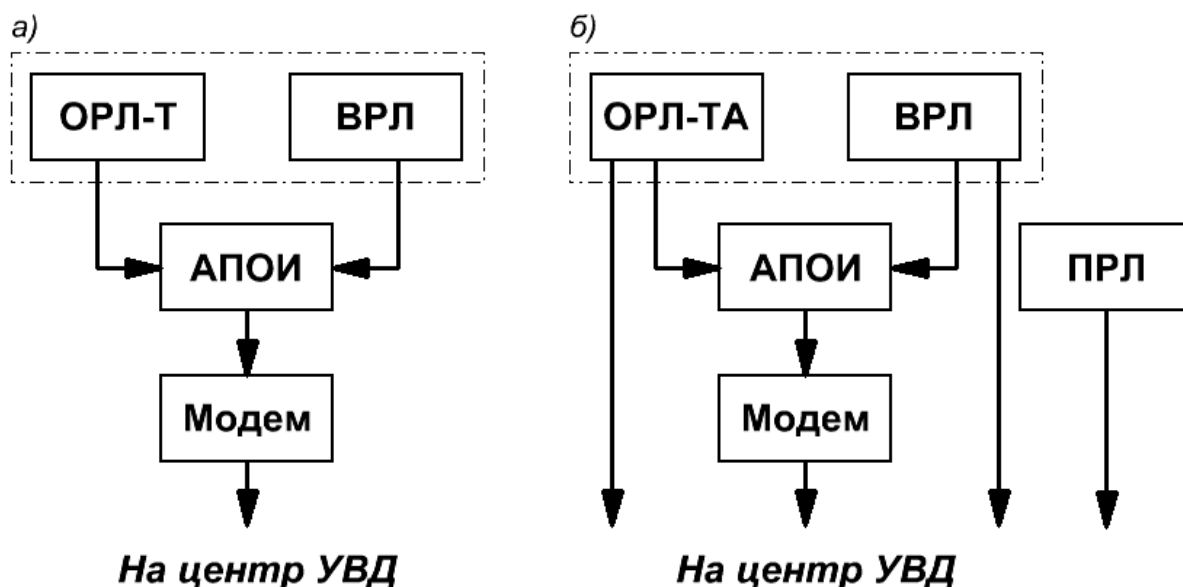


Рис.1.Состав оборудования радиолокационной позиции АС УВД:

а- позиция трассовой АС УВД; б-позиция аэродромной АС УВД

Основная антенна, входящая в состав АФС, предназначена для формирования ДНА, имеющей в вертикальной плоскости ширину 30 ... 40°, а в горизонтальной плоскости ширину 1 ...2°. Малая ширина ДНА в горизонтальной плоскости обеспечивает необходимый уровень разрешающей способности по азимуту. Для уменьшения влияния дальности обнаружения

ВС на уровень отражения от цели сигналов ДНА в вертикальной плоскости часто имеет форму, подчиняющуюся закону $\text{Cosec}^2 \theta$, где θ - угол места.

Канал подавления боковых лепестков ДН запросной антенны (при работе РЛС в активном режиме, т. е. при использовании встроенного или параллельно работающего ВРЛ) предназначен для уменьшений вероятностей ложных срабатываний самолетного ответчика. Конструктивно более проста система подавления боковых лепестков по ответу.

В большинстве РЛС в АФС используются два облучателя, один из которых обеспечивает обнаружение ВС на малых высотах, т. е. под малыми углами места. Особенностью ДН в вертикальной плоскости является градация ее конфигурации, особенно в нижней части, чем достигается уменьшение помех от местных предметов и подстилающей поверхности. С целью повышения гибкости юстирования РЛС предусмотрена возможность изменения максимума ДНА по углу θ в пределах $0 \dots 5^\circ$ относительно горизонтальной плоскости. В состав АФС входят устройства, позволяющие изменять поляризационные характеристики излучаемых и принимаемых сигналов. Так, например, применение круговой поляризации позволяет ослабить на 15 ... 22 дБ сигналы, отраженные от метеообразований.

Отражатель антенны, выполненный из металлической сети, по форме близок к усеченному параболоиду вращения. В современных РЛС УВД используются также радиопрозрачные покрытия, защищающие АФС от осадков и ветровой нагрузки. На отражателе антенны монтируют антенны ВРЛ и антенну канала подавления.

Механизм привода антенны обеспечивает ее равномерное вращение. Частота вращения антенны определяется требованиями информационного обеспечения диспетчеров службы движения, ответственных за различные этапы полета. Как правило, предусмотрены варианты секторного и кругового обзора пространства.

Определение азимута ВС осуществляется с помощью считывания информации в системе координат, заданных для индицирующего устройства

РЛС. Датчики угловых положений антенны предназначены для получения дискретных или аналоговых сигналов, являющихся базовыми для выбранной системы координат.

Передачик предназначен для получения радиоимпульсов длительностью 1 ... 3 мкс. Частотный диапазон работы выбирается исходя из назначения РЛС. С целью снижения потерь, вызванных флуктуациями цели, увеличения числа импульсов, отраженных от цели за один обзор, а также с целью борьбы со слепыми скоростями применяют двухчастотное зондирование пространства. При этом рабочие частоты отличаются на 50...100 МГц.

Временные характеристики зондирующих импульсов зависят от функционального использования РЛС. В ОРЛ-Т используются зондирующие импульсы с длительностью порядка 3 мкс, следующие с частотой повторений 300 ... 400 Гц, а ОРЛ-А имеют длительность импульса не более 1 мкс при частоте повторения 1 кГц. Мощность передатчика не превосходит 5МВт.

Для обеспечения заданной точности частоты генерируемых колебаний СВЧ, а также для нормальной работы схемы СДЦ используется устройство автоматической подстройки частоты (АПЧ). В качестве источника опорных колебаний в устройствах АПЧ используют стабильный местный гетеродин приемника. Скорость автоподстройки достигает единиц мегагерц на секунду, что позволяет снизить влияние АПЧ на эффективность работы системы СДЦ. Значение остаточной расстройки реальной величины частоты по отношению к номинальному значению не превосходит 0,1 ... 0,2 МГц.

Обработка сигналов по заданному алгоритму осуществляется в приемно-анализирующем устройстве РЛС в случае, когда Прм и АВОС практически неразличимы.

В общем случае приемник выполняет функции выделения, усиления и преобразования принимаемых эхо-сигналов. Особенностью приемников РЛС является наличие малошумящего усилителя высокой частоты, позволяющего снизить коэффициент шума приемника и тем самым увеличить дальность

обнаружения цели. Среднее значение коэффициента шума приемников лежит в пределах 2 ... 4 дБ, а чувствительность составляет 140 дБ/Вт. Промежуточная частота обычно равна 30 МГц, двойное преобразование частоты в РЛС УВД практически не используется, коэффициент усиления УПЧ около 20 ... 25 дБ. В некоторых РЛС с целью расширения динамического диапазона входных сигналов используют усилители с ЛАХ.

В свою очередь для сужения диапазона входных сигналов, поступающих на АПОИ, используют АРУ, а также ВАРУ, повышающую коэффициент усиления УПЧ при работе на предельных дальностях обнаружения.

С выхода УПЧ сигналы идут по каналам амплитудного и фазового детектирования.

Аппаратура временной обработки сигнала (АВОС) выполняет функцию фильтрации полезного сигнала на фоне помех. Наибольшей интенсивностью обладают непреднамеренные помехи от радиотехнических средств, расположенных в радиусе до 45 км от РЛС.

Аппаратурные средства борьбы с электромагнитными помехами включают специальные устройства коммутации и управления ДН, схемы ВАРУ, уменьшающие динамический диапазон входных сигналов от близкорасположенных целей, устройства бланкирования приемо-анализирующего тракта, фильтры синхронных и несинхронных помех и др.

Эффективным средством борьбы с помехами от неподвижных или слабо меняющих свое положение в пространстве и времени целей являются системы селекции движущихся целей (СДЦ), реализующие методы одно- или двукратной череспериодной компенсации. В ряде современных РЛС устройство селекции движущихся целей (СДЦ) реализует алгоритм цифровой обработки в квадратурных каналах, имея коэффициент подавления помех от неподвижных объектов 40 ... 43 дБ, а от метеопомех до 23 дБ.

Выходными устройствами АВОС являются параметрические и непараметрические обнаружители сигналов, позволяющие стабилизировать вероятность ложной тревоги на уровне 10^{-6} .

При цифровой обработке сигналов АВОС представляет собой специализированный микропроцессор.

1.2. Трассовая обзорная РЛС «Скала - М»

Рассматриваемая РЛС представляет собой комплекс, в который входят ПРЛ и вторичный канал «Корень». РЛС предназначена для контроля и управления и может быть использована как в автоматизированных системах управления воздушным движением, так и в неавтоматизированных центрах УВД.

Основные параметры радиолокатора «Скала-М» приведены ниже.

Структурная схема РЛС «Скала-М» представлена на рис. 1.2. В ее состав входят первичный радиолокационный канал (ПРК), вторичный радиолокационный канал (ВРК), аппаратура первичной обработки информации (АПОИ) и комммутирующее устройство (КУ).

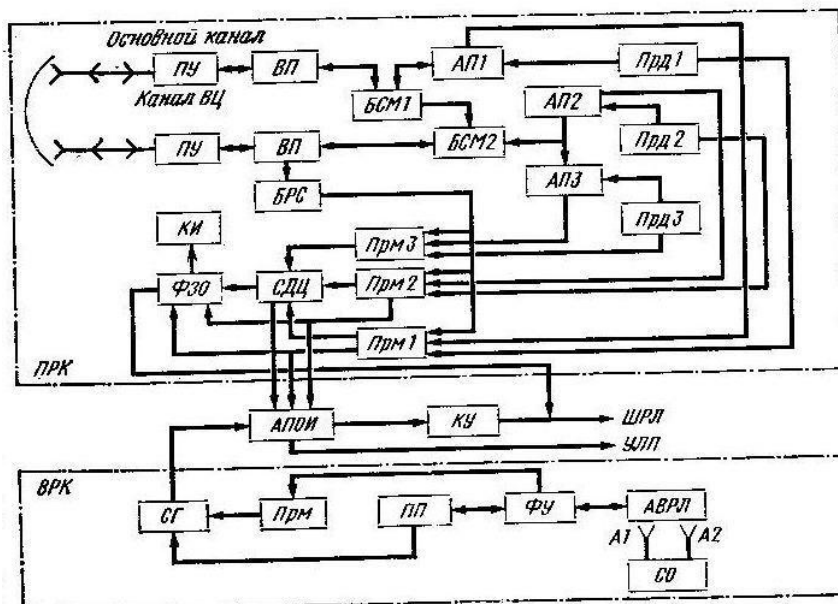


Рис.1.2. Структурная схема РЛС «Скала-М»

В ПРК входят: поляризационные устройства ПУ; вращающиеся переходы ВП, два блока сложения мощностей БСМ1 (2); антенные переключатели АП1 (2, 3); передатчики Прд (2, 3); блок разделения сигналов БРС; приемники Прм 1 (2, 3); система селекции движущихся целей СДЦ; устройство формирования зоны обнаружения ФЗО и контрольный индикатор КИ. Вторичный радиолокационный канал включает в себя: антенную систему ВРЛ АВРЛ; самолетный ответчик типа СОМ-64, используемый в качестве устройства, контролирующего работу ВРК-СО; фидерное

устройство ФУ; приемопередающее устройство, используемое в режиме «RBS» ПП; устройство согласования СГ и приемное устройство, используемое в режиме УВД-ПРМ.

Съем и трансляция информации осуществляются с помощью широкополосной радиорелейной линии ШРЛ и узкополосной линии передачи УЛП.

Первичный канал РЛС представляет собой двухканальное устройство и работает на трех фиксированных частотах. Нижний луч ДНА формируется облучателем основного канала, а верхний - облучателем канала индикации высоколетящих целей (ИВЦ). В РЛС реализована возможность одновременной обработки информации в когерентном и амплитудном режимах, что позволяет проводить оптимизацию зоны обзора, представленную на рис. 1.3.

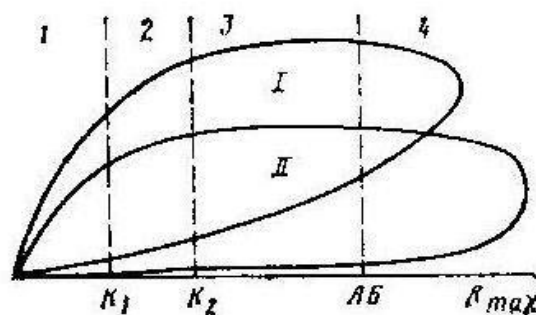


Рис.1.3.Зона обзора РЛС «Скала-М»

Границы зоны обнаружения устанавливаются в зависимости от помеховой ситуации. Их выбор определяется импульсами, вырабатываемыми в КИ, управляющими коммутацией в АПОИ и видеотракте.

Участок 1 имеет протяженность не более 40 км. Информация формируется при помощи сигналов верхнего луча. При этом подавление отражений от местных предметов в ближней зоне составляет 15 ... 20 дБ.

На участке 2 используются сигналы верхнего луча при работе приемно-анализирующего устройства в амплитудном режиме и сигналы нижнего луча, обработанные в системе СДЦ, причем в канале нижнего луча используется ВАРУ, имеющая динамический диапазон на 10 ...15 дБ больше, чем в канале

верхнего луча, что обеспечивает контроль за местоположением ВС, находящимся под малыми углами места.

Второй участок заканчивается на таком удалении от РЛС, при котором эхо-сигналы от местных предметов, принимаемые нижним лучом, имеют незначительный уровень.

На участке 3 используются сигналы верхнего луча, а на 4 - нижнего луча. В приемо-анализирующем тракте осуществляется режим амплитудной обработки.

Вобуляция частоты запуска РЛС позволяет устранить провалы в амплитудно-скоростной характеристике и устранить неоднозначность отсчета. У ПРДЗ частота повторения зондирующих сигналов 1000 Гц, а у первых двух 330 Гц. Увеличенная частота следования повышает эффективность СДЦ за счет уменьшения влияния флюктуации местных предметов и вращения антенны.

Принцип работы аппаратуры ПРК заключается в следующем.

Высокочастотные сигналы передающих устройств подаются через антенные переключатели на устройства сложения мощностей и далее через вращающиеся сочленения и устройство управления поляризацией к облучателю нижнего луча. Причем на участках 1 и 2 зоны обнаружения используются сигналы первого приемопередатчика, поступающие по верхнему лучу и прошедшие обработку в СДЦ. На 3 - композиционные сигналы, поступающие по обоим лучам и обработанные в амплитудном канале первого и второго приемопередатчиков, а на 4 - сигналы первого и второго приемопередатчиков, поступающие по нижнему лучу и обработанные в амплитудном канале. При отказе любого из комплектов его место автоматически занимает третий приемопередатчик.

Устройства сложения мощностей производят фильтрацию принятых нижним лучом эхо-сигналов и в зависимости от несущей частоты передают их через АП на соответствующие приемо-анализирующие устройства. Последние имеют отдельные каналы обработки сигналов основного луча и

луча канала индикации высоколетящих целей (ИВЦ). Канал ИВЦ работает только на прием. Его сигналы проходят поляризационное устройство и после блока разделения сигналов поступают на три приемника. Приемники выполнены по супергетеродинной схеме. Усиление и обработка сигналов промежуточной частоты выполняются в двухканальном УПЧ. В одном канале усиливаются и обрабатываются сигналы верхнего луча, в другом - нижнего.

Каждый из аналогичных каналов имеет два выхода: после амплитудной обработки сигналов и по промежуточной частоте для фазовых детекторов системы СДЦ. На фазовых детекторах выделяются синфазная и квадратурная составляющие.

После СДЦ сигналы поступают в АПОИ, объединяются с сигналами ВРК и далее подаются на аппаратуру отображения и обработки радиолокационной информации. В АС УВД в качестве АПОИ может использоваться экстрактор СХ-1000. а в качестве устройств трансляции-модемы СН-2054.

Вторичный радиолокационный канал обеспечивает получение координатной и дополнительной информации от ВС, оборудованных ответчиками в режимах «УВД» или «RBS». Форма сигналов в режиме запроса определяется нормами ИКАО, а при приеме - нормами ИКАО или отечественного канала в зависимости от режима работы ответчиков. Структурная схема и параметры аппаратуры вторичного канала аналогичны автономному ВРЛ типа «Корень-АС».

1.3. Особенности функциональных узлов РЛС «Скала - М»

Антенно-фидерное устройство ПРК состоит из антенны, формирующей ДНА, и фидерного тракта, содержащего коммутирующие устройства.

Конструктивно антенна первичного канала выполнена в виде параболического отражателя размером 15x10,5 м и двух рупорных облучателей. Нижний луч формируется однорупорным облучателем основного канала и отражателем, а верхний – отражателем и однорупорным облучателем, расположенным ниже основного. Форма ДН в вертикальной плоскости $\cos^2\theta$, где θ – угол места. Ее вид приведен на рис. 4.

Для уменьшения отражений от метеообразований предусмотрены поляризатор основного канала, обеспечивающий плавное изменение поляризации излучаемых сигналов от линейной до круговой, и поляризатор канала ИВЦ, постоянно построенный на круговую поляризацию.

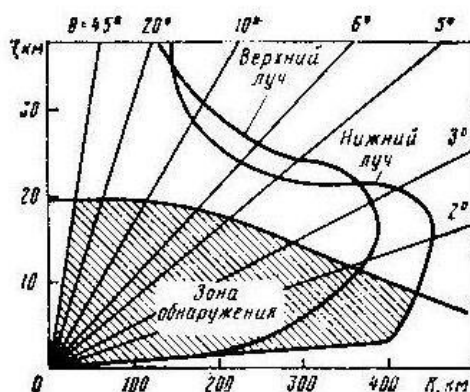


Рис.1.4. Диаграмма направленности антенной системы РЛС «Скала-М» в вертикальной плоскости

Развязка между устройствами сложения мощностей не менее 20 дБ, а развязка между отдельными каналами не менее 15 дБ. В волноводном тракте предусмотрена возможность регистрации коэффициента стоячих волн не менее 3, при абсолютной погрешности измерения 20 %.

Формирование ДНА вторичного канала производится отдельной антенной, аналогичной антенне ВРЛ типа «Корень - АС», расположенной на отражателе основной антенны. На дальностях, превышающих 5 км, обеспечивается сектор подавления сигналов по боковым лепесткам в пределах 0..360°. Обе антенны помещены над радиопрозрачным куполом, что

позволяет существенно снизить ветровую нагрузку и повысить защиту от атмосферных воздействий.

Передающая аппаратура первичного канала предназначена для генерирования импульсов СВЧ длительностью 3.3 мкс со средней мощностью в импульсе 3.6 кВт, а также для формирования опорных сигналов промежуточной частоты для фазовых детекторов и сигналов гетеродинных частот для смесителей приемоанализирующих трактов. Передатчики выполнены по типовому для истинно когерентных РЛС принципу, что позволяет получить достаточную фазовую стабильность. Сигналы несущей частоты получаются путем преобразования частоты задающего генератора промежуточной частоты, имеющего кварцевую стабилизацию.

Оконечным каскадом передатчика является усилитель мощности, выполненный на пролетном клистроне. Модулятор выполнен в виде накопителя с полным разрядом из пяти параллельно включенных модулей. Несущие частоты и частоты гетеродина имеют следующие значения: $f_1=1243$ МГц; $f_{Г1}=1208$ МГц; $f_2=1299$ МГц; $f_{Г2}=1264$ МГц; $f_3=1269$ МГц; $f_{Г3}=1234$ МГц.

Приемный тракт ПРК предназначен для усиления, селективного преобразования, детектирования эхо-сигналов, а также для ослабления сигналов, отраженных от метеообразований.

Каждый из трех приемоанализирующих трактов имеет два канала – основной и индикации высотных целей и выполнен по супергетеродинной схеме с однократным преобразованием частоты. Выходные сигналы с приемников подаются на СДЦ (по промежуточной частоте) и на формирователь зоны обнаружения – видеосигналы.

В приемниках осуществляется обработка сигналов в линейном и логарифмическом амплитудных подканалах, а также в когерентном подканале, чем достигается стабилизация уровня ложных тревог до уровня собственных шумов в логарифмическом видеоусилителе.

Частичное восстановление динамического диапазона осуществляется с помощью видеоусилителей с антилогарифмической амплитудной

характеристикой. Для сжатия динамического диапазона эхо-сигналов на малых дальностях, а также ослабления ложного приема по боковым лепесткам ДНА применена ВАРУ. Имеется возможность временного бланкирования одной или двух областей при интенсивном воздействии помех.

В каждом приемном канале обеспечивается поддержание заданных уровней шумов (схема ШАРУ) на выходах каналов с точностью не менее 15 %.

Цифровое устройство СДЦ имеет два идентичных канала, в которых обрабатываются синфазная и квадратурная составляющая. Выходные сигналы с фазовых детекторов после обработки во входных устройствах аппроксимируются ступенчатой функцией с шагом дискретизации 27 мкс. Затем они поступают на АЦП, где преобразуются в 8-миразрядный код и вводятся в запоминающее и вычислительное устройства. Запоминающее устройство рассчитано на запоминание 8-миразрядного кода в 960 квантах дальности.

В СДЦ предусмотрена возможность двойного и тройного череспериодного вычитания сигналов. Квадратичное сложение осуществляется в экстракторе модуля, а устройство ЛОГ-МПВ-АНТИЛОГ производит селекцию видеоимпульсов по длительности и восстанавливает динамический диапазон выходных видеоимпульсов. Предусмотренный в схеме ридиркуляционный накопитель позволяет повысить сигнал-шум и является средством защиты от несинхронных импульсных помех. С него сигналы поступают на ЦАП, усиливаются и подаются на АПОИ и КУ. Дальность действия СДЦ при частоте повторения $f_{п}=330$ Гц – 130 км, $f_{п}=1000$ Гц – 390 км, а коэффициент подавления сигналов от неподвижных объектов 40 дБ.

1.4. Обзорная РЛС с вращающейся антенной.

Обзорная РЛС содержит вращающуюся антенну для получения информации о дальности и азимуте обнаруженного объекта и электрооптический датчик, вращающийся вокруг оси вращения антенны, для получения дополнительной информации о параметрах обнаруженного объекта. Антенна и датчик вращаются несинхронно. С антенной электрически соединено устройство, которое при каждом обороте антенны определяет азимут, дальность и доплеровскую скорость обнаруженных объектов. С электрооптическим датчиком соединено устройство, которое при каждом обороте датчика определяет азимут и угол места объекта. К устройствам, определяющим координаты объекта, избирательно подключается общий блок сопровождения, объединяющий полученную информацию и выдающий данные для сопровождения обнаруженного объекта.

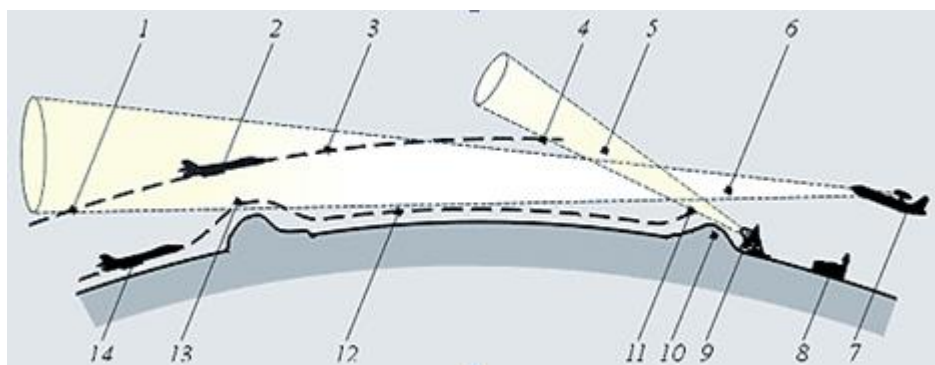
Предметом радиолокации как науки является разработка радиолокационных методов обнаружения целей, методов определения их координат, методов конструирования и эксплуатации радиолокационных устройств с учетом их тактического назначения и технических данных, а также изучение физических процессов, происходящих в этих устройствах.

РЛС дальнего обнаружения предназначена для обнаружения целей на возможно большем удалении. От этих РЛС не требуется высокой точности определения координат, но они должны обладать возможно большей дальностью обнаружения.

С появлением радиолокационных станций (РЛС) сначала в наземных системах ПВО, а впоследствии и на самолётах (бортовых РЛС-БРЛС) встала задача уменьшить возможность обнаружения самолета с помощью РЛС.

Самолет 2, летящий на большой высоте по траектории 3 к цели 8, будет обнаружен в точке 4 лучом 5 антенны РЛС 9 системы ПВО на достаточно

большом удалении от объекта 8. Более раннему обнаружению самолета препятствуют неровности рельефа местности (возвышенности, горы) 10, которые луч РЛС не может обогнуть. Мощность (дальность) РЛС самолета 2 не позволяет ему в точке 4 обнаружить цель 8, однако бортовые системы самолета, зафиксировав его облучение РЛС системы ПВО, могут расчетными методами обнаружить положение РЛС системы ПВО.



Для нападения на объекты с сильной ПВО начали применять тактику уничтожения РЛС системы ПВО специальными ракетами, запуск которых с борта самолета 2 возможен в точке траектории 4, если достаточна дальность действия ракеты. Начали применять тактику полета самолета 14 к цели на малой высоте по траектории 12 по огибающей рельефа местности. В этом случае самолет 14 будет обнаружен в точке 11 траектории, т.е. на значительно меньшем удалении от цели, что резко повышает вероятность ее поражения.

Стремление обнаружить самолет противника на большом удалении от цели привело к созданию специальных самолетов дальнего радиолокационного обнаружения (ДРЛО).

Самолет дальнего радиолокационного обнаружения 7, патрулирующий на большой высоте в зоне охраняемого объекта, лучом 6 мощной бортовой РЛС может обнаружить самолет противника 2 в точке 1, а низколетящий самолет 14 – в точке 13, что резко повышает вероятность поражения самолета.

В задачах ПВО после обнаружения и опознавания цели стоит задача об определении параметров цели. Существуют несколько принятых в радиолокации систем координат. В зависимости от выбора системы координат, будут ставиться задачи об определении тех или иных параметров цели. Например, в земной сферической системе координат параметрами движения являются азимут, угол места, и дальность цели. Здесь дальность цели – это расстояние от РЛС до самой цели.

Основными характеристиками РЛС являются:

- точность измерений,
- разрешающая способность,
- предельные значения ряда параметров (максимальная и минимальная дальность действия, сектор и время обзора и др.),
- помехоустойчивость.

К основным характеристикам относят также мобильность РЛС, её массу, габариты, мощность электропитания, срок службы, количество обслуживающего персонала и многие др. эксплуатационные параметры.

Задача выбора конкретных средств радиоэлектронного подавления (РЭП) может быть решена на основе имеющейся информации о тактико-технических характеристиках РЛС противоположной стороны. С другой стороны, при выборе характеристик систем помехозащиты необходимы некоторые априорные сведения о типах помех, которые вероятно будут применяться, и их энергетических параметрах. Таким образом, для проектирования систем, участвующих в радиоэлектронном конфликте, важно наличие достоверной информации о технических средствах противника.

По ТЗ определяем:

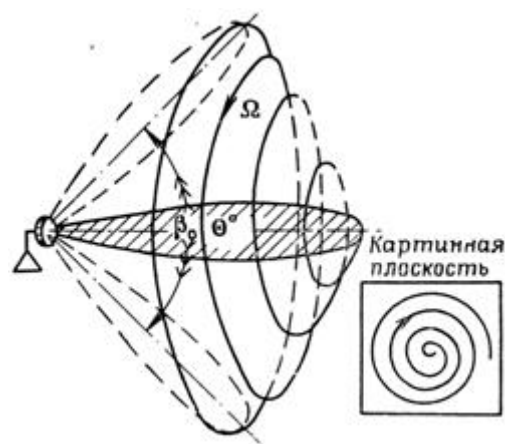
- Дальность обнаружения цели $R=260$ км;
- Максимальную скорость цели $V=940$ м/с;
- ЭПР цели $E=6$ м²;

Расчёт параметров РЛС будем производить, используя программу «Стрела 2.0».

Для чего в диалоговых окнах зададим необходимые для расчета параметры. Так как РЛС дальнего обнаружения работает в метровом диапазоне волн, то задаем длину волны равной 1,8м. Однозначно измеряемая дальность – это наибольшее расстояние, при котором радиосигнал, излученный станцией, еще доходит до цели и после отражения от нее регистрируется приемником РЛС. Однозначно измеряемая дальность зависит от характера распространения радиоволн используемого диапазона, условий распространения, технических параметров станции и отражающих свойств цели. Однозначно измеряемая дальность зададим равной 260км.

Разрешение по дальности – это то минимальное расстояние между двумя соседними объектами в пространстве, когда РЛС может различить эти два объекта отдельно. Зададим разрешение по дальности равным 160м.

Пусть РЛС работает в режиме спирального обзора пространства (рис.ниже). Такой обзор получается путем вращения антенны с частотой Ω вокруг горизонтальной оси и одновременно качанием по углу места в пределах сектора β_0



Спиральный обзор применяется для поиска и наблюдения целей в пределах некоторого телесного угла, ограниченного как по азимуту от 0^0 до 24^0 , так и по углу места от 0^0 до 20^0 .

Результаты вычислений показывают, что при выбранных значениях цель обнаруживается с запасом в 1,299дБ.

Зависимости характеристик обнаружения от параметров РЛС приведены на рис. 1.7.

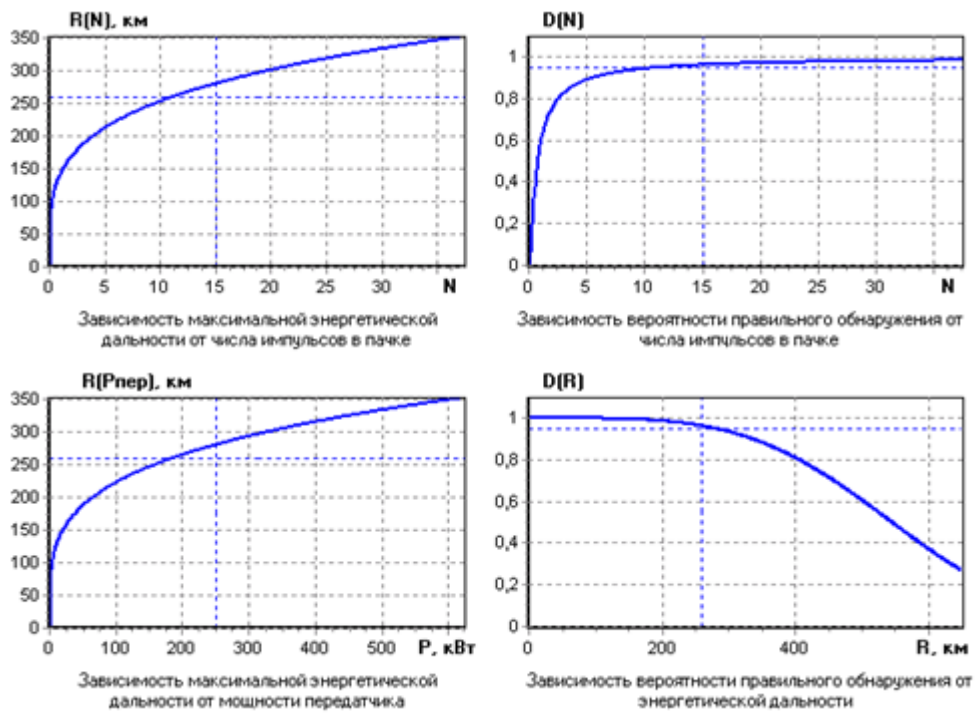


Рис.1.7.Зависимости характеристик обнаружения от параметров РЛС

Глава 2. Методы защиты приемного тракта РЛС от помех

2.1. Селекция сигналов

Все многообразие характеристик РЛС можно разделить на три группы: тактические, технические и эксплуатационные. В качестве исходных данных при расчете РЛ берутся их тактические показатели. К тактическим характеристикам, определяющим возможности использования РЛС как источника информации, относятся: назначение, зона обнаружения, время обзора зоны; число измеряемых координат и точность их определения; разрешающая способность; помехоустойчивость; объем и количество получаемой дополнительной информации; способ отображения информации.

Помехоустойчивость – это свойство РЛС сохранять тактические показатели при воздействии помех.

Достоверность информации о ВС, получаемой в РЛС, можно повысить путем применения методов помехозащиты и обработки результатов измерений.

Методы защиты от помех зависят от вида этих помех. Различают помехи двух видов: шумы приемного устройства РЛС и помехи, создаваемые внешними источниками.

Внешние помехи делятся на активные и пассивные. К активным относятся сигналы, излучаемые соседними радиотехническими средствами, атмосферные и промышленные помехи, шумы космического пространства. Пассивные помехи – это сигналы, отраженные от подстилающей поверхности, местных предметов, метеорообразований и спорадические помехи.

Защита от активных помех может быть организована с помощью следующих устройств: селекции сигналов, защиты приемников РЛС от перегрузок и компенсации радиопомех. Широкое распространение в современных РЛС получают устройства с адаптацией, которые изменяют параметры сигнала или характеристики РЛС таким образом, чтобы в

условиях помех данного типа в максимальной степени снижался уровень ложных тревог РЛС.

Различают первичную, вторичную и функциональную селекцию. Существуют следующие виды первичной селекции: пространственная, поляризационная, частотно-фазовая, временная, амплитудная, структурная.

Пространственная селекция осуществляется антенной системой РЛС. Чем уже ДНА и меньше уровень боковых лепестков, тем сильнее подавление мешающих сигналов, выше уровень пространственной селекции.

Для борьбы с пассивными помехами от метеообразований используют поляризационную селекцию. Для реализации метода подавления, основанного на поляризационной селекции, современные РЛС излучают колебания с круговой поляризацией. Капли дождя сохраняют круговую поляризацию, изменяя лишь направление вращения вектора её электрического поля на противоположное. Такой сигнал является ортогональным по отношению к излученному и существенно подавляется в антенно-волноводном тракте. Применение круговой поляризации в РЛС увеличивает отношение сигнал/помеха для слабого дождя на 25...30дБ.

Первичная частотно-фазовая селекция основывается на различии частотно-фазовых характеристик принимаемых сигналов и помех. При этом используются системы частотной и фазовой автоподстройки, позволяющие сузить полосу пропускания приемника, методы оптимальной фильтрации, осуществляющие селекцию на основе различия спектров сигнала и помехи.

К частотной селекции относятся методы, основанные на изменении несущей частоты и частоты следования зондирующих импульсов. Использование зондирования на двух частотах улучшает характеристики обнаружения и уменьшает ошибки измерения угловых координат благодаря усреднению значений ЭПР цели на разных несущих частотах. Изменение периода следования зондирующих импульсов служит в основном для борьбы со «слепыми» скоростями в когерентно-импульсных РЛС.

Устройства временной селекции, осуществляющие сравнение импульсов по длительности, по частоте повторения и по времени их появления позволяют выделить сигналы на фоне импульсных помех.

Устройства с амплитудной селекцией предназначены для борьбы с хаотическими импульсными помехами. Амплитудную селекцию осуществляют методом накопления с помощью некогерентного (последетекторного) накопителя или с помощью систем ограничителей, селектирующих сигнал по его интенсивности на входе приемника.

Структурная селекция основывается на особенностях модуляции сигналов РЛС. Примером её реализации может служить метод сжатия в приемном устройстве импульсных сигналов с частотной модуляцией.

Вторичная селекция связана с контролем сопутствующих сигналов РЛС. Различают частотную, фазовую, временную, амплитудную и структурную вторичные селекции.

Функциональная селекция осуществляется на этапе третичной обработки информации в видеотракте РЛС.

2.2. Защита приемников от перегрузок

На входе приемника РЛС присутствуют сигналы и помехи с широким динамическим диапазоном (ШДД) изменения амплитуд порядка 100дБ. В то же время для нормальной работы линейной части приемника динамический диапазон не должен превышать 40дБ. Для согласования ШДД амплитуд входных колебаний с рабочим динамическим диапазоном реальных устройств производят сжатие динамического диапазона обрабатываемых колебаний.

Для защиты от перегрузок приемно-усилительных трактов и индикаторов РЛС используют три метода: регулировку усиления, формирование нелинейной амплитудной характеристикой (АХ) усилительного тракта, применение антенн с ДНА близкой к $\cos^2\varphi$.

Для борьбы с перегрузкой применяются следующие разновидности систем АРУ: временная (ВАРУ), быстродействующая автоматическая (БАРУ), мгновенная (МАРУ).

Система ВАРУ служит для защиты приемника от перегрузки отражениями от местных предметов и выравнивания яркости отметок от целей, находящихся на различном удалении от РЛС. Кроме того, ВАРУ является одним из основных средств борьбы с помехами типа «ангел», представляющих собой эхо – сигналы от птиц, перемещающихся со скоростью ветра, а также сигналы, обусловленные появлением зон аномального распространения электромагнитных колебаний.

Для стабилизации вероятности ложных тревог осуществляют регулировку усиления в зависимости от уровня шума (ШАРУ).

В РЛС третьего и четвертого поколения применяют устройства сжатия амплитуд входных сигналов, в основе которых лежит обработка отдельных амплитудно-дальностных ячеек, на которые разделена рабочая зона РЛС. Ячейки дальности и азимута, в которых присутствует помеховый сигнал, отраженный от местных предметов или метеообразований, исключается при

дальнейшей обработке радиолокационной информации. Так, ослабляя сигнал, поступающий по основному лучу в комбинации с сигналом дополнительного приподнятого луча в РЛС с двухлучевой ДНА, можно менять угол приема отраженного сигнала, исключая отражения от местных предметов. Такой способ адаптивного подавления помех позволяет уменьшить уровень мешающих сигналов на 25...30дБ.

В импульсных РЛС применяются два основных метода компенсации помех: с помощью вспомогательных приемников и череспериодная компенсация в системе селекции движущихся целей.

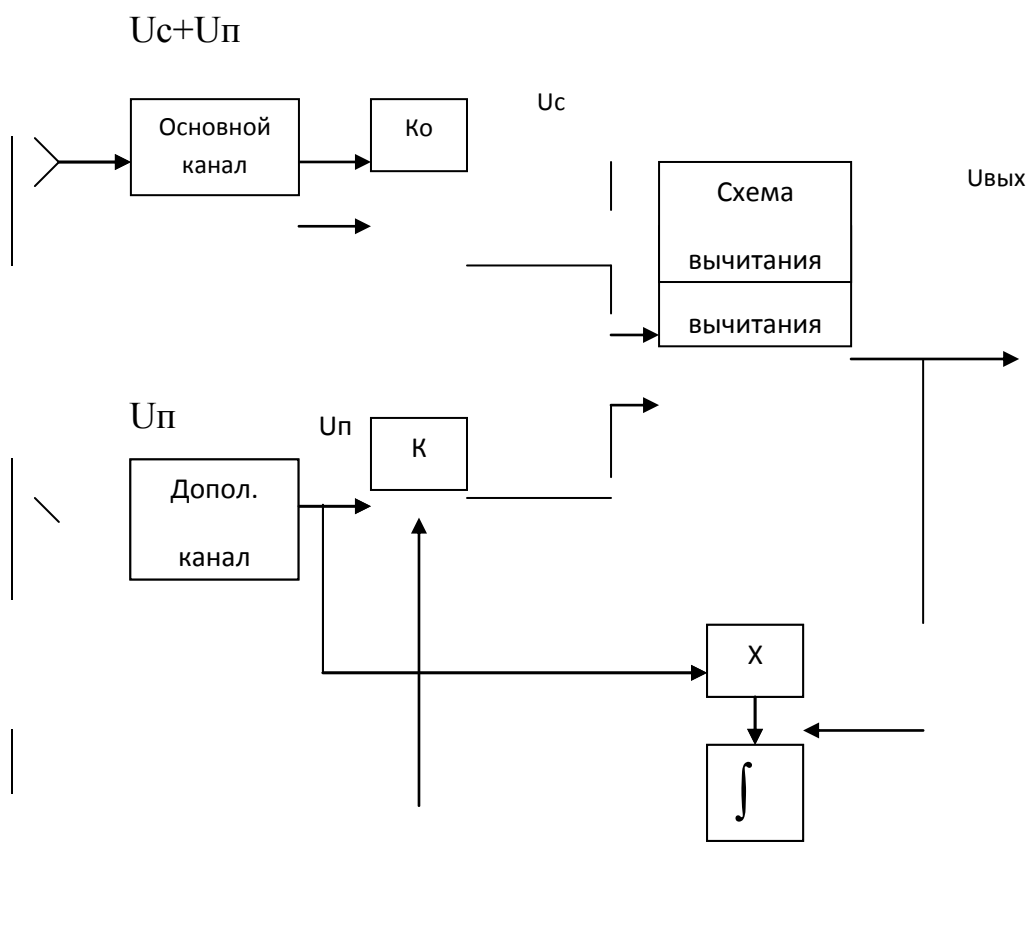


Рис.2.1. Структурная схема корреляционного автокомпенсатора

Первый метод используется для компенсации помех, действующих по боковым лепесткам ДНА. По основному каналу (рис. 2.1) поступает смесь

полезного сигнала с помехой. Вспомогательный канал служит для приема помехи. В результате последующей операции вычитания помехи из выходных колебаний основного канала на выход компенсатора проходят сигналы, отраженные от цели.

Основным средством борьбы с помехами от подстилающей поверхности и местных предметов является система селекции движущихся целей. В основе работы устройств СДЦ лежит эффект смещения несущей частоты сигнала, отраженного от движущегося объекта (эффект Доплера). При этом на практике используется метод фиксации изменения череспериодного вычитания импульсов с неизменной фазой. Сравнение фазовых соотношений зондирующего и отраженного сигналов осуществляется, как правило, на промежуточной частоте. При этом структурная схема системы СДЦ включает фазовый детектор и устройство череспериодной компенсации (ЧПК).

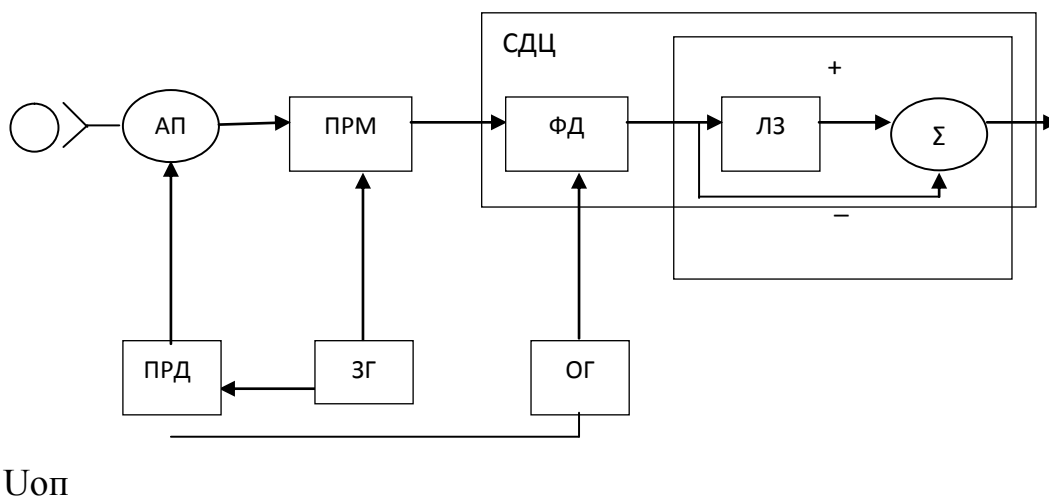


Рис.2.2. Упрощенная схема СДЦ в структуре РЛС

В радиолокаторах, используемых в АС УВД, опорное колебание фазового детектора ($U_{оп}$) и зондирующий высокочастотный сигнал обладают

истинной внутренней когерентностью, которая позволяет получить высокую степень компенсации пассивных помех.

Работа передающего (ПРД) и приемного (ПРМ) трактов в истинно когерентных радиолокаторах (рис. 2.2) обеспечивается едиными высокостабильными генераторами - задающим (ЗГ) и опорным (ОГ).

Радиолокаторы, в которых фаза опорного колебания синхронизируется принимаемым сигналом, относятся к РЛС с внешней когерентностью. РЛС, в которой фаза опорного колебания синхронизируется начальной фазой высокочастотного заполнения зондирующего импульса, в каждом периоде повторения относятся к классу псевдокогерентных РЛС. Как правило, качественные показатели систем СДЦ в подобных РЛС ниже, чем у истиннокогерентных РЛС.

Наиболее совершенными являются подавители на дискретных цифровых фильтрах. Если последовательность видеоимпульсов пропустить через устройство череспериодного вычитания, т.е. произвести вычитание каждого последующего импульса из предыдущего, то сигналы, отраженные от неподвижных целей, идентичные по структуре, взаимно скомпенсируются и не поступят на дальнейшую обработку. Система СДЦ (схема ЧПК) представляет собой режекторный- гребенчатый фильтр, частотная характеристика которого (рис. 2.3) имеет провалы в окрестностях частот, кратных частоте повторения импульсов.

Спектральные линии радиоимпульсов, отраженных от неподвижных предметов, совпадают с положением нулей АЧХ фильтра, и такой сигнал подавляется. Так как частотные интервалы между спектральными составляющими радиоимпульсов, отражаемых от движущихся объектов, имеют доплеровское смещение частоты $2V_p/\lambda$, где V_p – радиальная скорость движения цели, то такой сигнал ЧПК не подавляется.

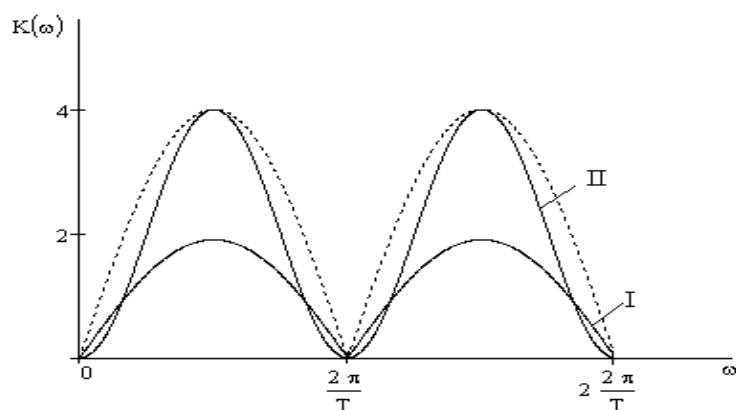


Рис.2.3. Амплитудно-частотная характеристика системы ЧПК

При определенной радиальной скорости цели $V_p = V_{сл}$ фаза высокочастотного отраженного сигнала за время T может измениться на 360° .

В этом случае сигнал будет подавлен аналогично сигналу от неподвижного объекта. Скорости $V_{сл}$ носят название «слепых» скоростей и определяются как

$$V_{сл} = n\lambda / Tп,$$

где n – целое число.

Среди известных методов уменьшения числа «слепых» скоростей в пределах рабочего диапазона радиальных скоростей цели наибольшее распространение получил способ вобуляции частоты, то есть изменения периода повторения зондирующих импульсов. Далее рассмотрим принцип построения радиолокационных станций УВД, находящихся в настоящее время на эксплуатации.

Преимуществами двухчастотной схемы построения РЛС перед одночастотной РЛС являются: увеличение суммарной мощности излучения РЛС при наличии ограничений мощности отдельного передатчика; увеличении дальности обнаружения и точности измерения координат; увеличения надежности работы РЛС и её помехозащищенности по отношению к помехам искусственного и естественного происхождения.

Увеличение дальности обнаружения и точности измерения координат объясняется тем, что диаграмма переотражений сложных целей на разных

частотах имеет провалы на различных углах визирования. Поэтому сумма выходных напряжений в двухканальной РЛС имеет значительно меньше флуктуаций амплитуды, чем в случае приема сигналов от целей на одной частоте. В некоторых типах РЛС зона обнаружения в вертикальной плоскости (рис. 2.2) формируется с учетом применения локальной обработки принимаемых сигналов

В других современных РЛС применяется более гибкий подход к формированию зоны обнаружения, реализующий идею динамической адаптации РЛС к помеховой обстановке. При этом вся зона обнаружения по дальности разбивается на два равных участка. Участок I, для которого характерно наибольшее влияние помех от местных предметов, разбивается на элементарные зоны по азимуту $5,6^\circ$ (64 сектора), а по дальности - на 16 участков. В результате вся зона обзора в горизонтальной плоскости в пределах первой половины максимальной дальности действия РЛС получается разбитой на $16 \cdot 64 = 1024$ ячейки. В течение рабочего цикла, равного трем периодам обзора, осуществляется анализ помеховой обстановки и в специальном запоминающем устройстве РЛС формируется текущая карта помех, содержащая информацию об уровне помех в каждой из 1024 ячеек. На основе этой информации производится выбор весовых коэффициентов для формирования взвешенной суммы сигналов, принятых по основному и дополнительному лучам ДНА, для каждой из этих ячеек в отдельности.

В приемном устройстве ВРЛ может возникать целый ряд помех. Наиболее существенные из них следующие:

Внутрисистемные помехи в том числе:

а) синхронные помехи, образующиеся при запросе данным запросчиком нескольких ответчиков одновременно и при одновременном приеме ответов нескольких ответчиков на запрос данного запросчика как по основному, так и по боковым лепесткам ДНА;

б) несинхронные помехи, влияние которых проявляется при наличии нескольких запросчиков в одной зоне. Если ВС находится в области,

перекрываемой несколькими наземными запросчиками, то ответы любому из них, попадая по боковым лепесткам на вход других ВРЛ, могут привести к возникновению ошибок определения азимута.

Уровень внутрисистемных помех растет с ростом интенсивности воздушного движения.

Многолучевое распространение сигнала ВРЛ по каналу “Земля-борт-земля”, связанное с переотражением от земли или от различных отражающих объектов.

В современных ответчиках, работающих по стандарту России для борьбы с внутрисистемными помехами, применяются схемы разрядки потока ответных сигналов, фильтры-аттенюаторы, уменьшающие чувствительность приемника, схемы блокирования приемника после приема запросного сигнала. В наземной аппаратуре ВРЛ используют двухканальные устройства декодирования ответных сигналов, устройства защиты от несинхронных помех, обеспечивают разнос частот повторения запросных сигналов близко расположенных запросчиков. Существенным источником внутрисистемных помех являются боковые лепестки ДНА запросчика.

Современные ВРЛ системы обеспечивают подавление сигнала боковых лепестков как по каналу запроса “земля-борт”, так и по каналу ответа “борт-земля”. В первом случае предотвращаются запуски ответчика боковыми лепестками ДНА, во втором – предохраняется тракт обработки ответных сигналов наземной аппаратуры от несинхронных помех.

Принцип подавления ответных сигналов, принятых боковыми лепестками ДНА ВРЛ, основан на сравнении амплитуд сигналов, поступающих по двум независимым, идентичным каналам приемника от основной антенны и антенны подавления. В случае, если $U_{осн} < U_{под}$, что соответствует приходу ответной посылки по боковому лепестку основной антенны, ключевая схема запрета запирает выход приемника, реализуя режим подавления. Если $U_{осн} > U_{под}$, ответная посылка, принятая главным лепестком, после усиления проходит в аппаратуру обработки. Для

улучшения условий прохождения сигналов в обоих трактах приемника в современных ВРЛ амплитудные соотношения на входе преобразуются в фазовые (рис. 3.5). На выходе приемника соотношения фаз сигналов $U_{осн}$ и $U_{под}$ с помощью фазового детектора вновь преобразуются в амплитудное.

Сигналы, принятые основной антенной и антенной подавления, одновременно складываются и вычитаются. Образующиеся при этом суммарный U_c и разностный U_p сигналы получают друг относительно друга определенную фазовую окраску, которая в зависимости от направления приема будет иметь одно из двух возможных значений:

- при приеме сигналов в направлении главного лепестка основной антенны угол между векторами суммарного и разностного сигналов будет острым;
- при приеме сигналов в направлении боковых лепестков угол между векторами суммарного и разностного сигналов будет тупым.

Суммарные и разностные сигналы, получившие фазовую окраску в зависимости от направления приема, усиливаются в независимых каналах УПЧ до необходимой величины.

Далее суммарные сигналы промежуточной частоты используются в качестве опорных и подаются в альтернативный канал как опорные.

Для частичной борьбы с синхронными помехами, поступающими на ВРЛ по основному лепестку ДНА, дешифраторы информационных кодов, как правило, выполняются в двухканальном варианте и обеспечивают обработку информации от двух ответчиков одновременно.

Несинхронная помеха подавляется в наземной аппаратуре ВРЛ фильтром несинхронных помех. Работа фильтра основана на случайном характере повторения импульсов помехи. Все сигналы, частота которых отличается от частоты повторения запросных импульсов ВРЛ, отфильтровываются.

Кроме того, в ВРЛ применяется метод адаптивной импульсной ВАРУ, заключающейся в том, что управляющее напряжение ВАРУ запирает тракт

лишь в моменты, соответствующие дальностям на которых расположены самолеты, подверженные воздействию переизлученных сигналов.

Значительный эффект в борьбе с факторами, ухудшающими показатели работы существующих ВРЛ, дает введение моноимпульсного метода определения направления, а так же использование индивидуально-адресной системы запроса.

2.3. Помеха в полосе основной частотной селекции

Учтем существенное отличие характера воздействия помех в тракте основной селекции вне полосы основной селекции.

Учитывая, что прохождение помехи в тракт основной селекции сопровождается ее усилением, наибольшую интенсивность она имеет в конечных каскадах радиоприемного устройства (РПУ).

Искажения формы выходного импульса принято рассматривать отдельно для областей низких частот (так называемых больших времен) и высоких частот (малых времен), т.к. в импульсных каскадах, эти области достаточно удалены друг от друга. В каждом отдельном случае к форме импульса предъявляются различные требования. Нас интересуют искажения в области больших времен с целью выбора оптимальных условий обеспечивающих минимальную длительность переходного процесса по окончании импульсной помехи. Поскольку определение искажений импульсов в общем виде является одной из сложнейших задач теории радиотехнических цепей, то для качественного их рассмотрения необходимо ввести условные понятия напряжения, функции и времени последствия помехи. Под напряжением последствия помехи будем понимать напряжение на выходе каскада по окончании действия помехи (окончании заднего фронта импульса), а функция последствия - это аналитическое выражение, описывающее временную зависимость этого

напряжения $U_n(t), t > \tau_n$. Время последствия - это время, в течение которого напряжение последствия остается заметным по сравнению с сигналом. Время последствия отсчитывается от момента заднего фронта помехи и продолжается до того момента, когда напряжение последствия становится

меньше некоторого значения $U_c \text{ min}$, т.е. когда выполняется условие

$|U_n(t)| \leq |U_c \text{ min}|$. Величина $U_c \text{ min}$ зависит от конкретных требований к

отношению U_c/U_n .

Например, для надежного выделения сигнала на фоне помехи часто принимают это отношение равным 2. В общем случае аналитически процесс восстановления описывается, исходя из равенства характерного уровня полезного сигнала $U_{с\ min}$ и напряжения последствия $U_n(t_n)$, где время t_n отсчитывается от момента прихода заднего фронта.

Уравнение $|U_{с\ min}| \gg n |U_n(t_n)|$, (где коэффициент пропорциональности n выбирается на основе принятых критериев обнаружения сигнала), позволяет определить время t_n , в течение которого приемник нечувствителен к сигналам с амплитудой $U_{с\ min}$, как функцию $U_{с\ min}$ и параметров элементов приемника.

Как известно, спад плоской вершины прямоугольного видеоимпульса и последующий выброс противоположной полярности связаны с переходными процессами в базовой и эмиттерной цепях ВУ. Эти искажения обусловлены свойствами частотной характеристики каскада в области низких частот. В упрощенном виде эти свойства можно отразить с помощью следующей математической модели

$$\tau_{ВУ} \cdot \dot{U}_{ВУ}(t) + U_{ВУ}(t) = K_{ВУ} \cdot U_n(t). \quad (1)$$

(1.1)

Здесь $t_{ВУ} = R_{ВУ} \times C_{ВУ}$ - постоянная времени видеоусилителя в области низких частот, $K_{ВУ}$ - максимальный коэффициент усиления видеоусилителя, $U_n(t)$ - огибающая импульса помехи на входе ВУ, $U_{ВУ}(t)$ - огибающая импульса помехи на выходе ВУ. Напряжение на выходе ВУ при действии на входе прямоугольного импульса запишется следующим образом:

$$U_{BY}(t) = U_{BYm} \cdot \begin{cases} \exp(-t/\tau_{BY}) & \text{при } 0 \leq t \leq \tau_n \\ \left[e^{-t/\tau_{BY}} - e^{-\frac{t+\tau_n}{\tau_{BY}}} \right] & \text{при } t \geq \tau_n \end{cases} \quad (1)$$

$$e^{-\frac{t}{\tau_{BY}}} = h(t)$$

где нормированная переходная характеристика в области больших времен;

U_{BYm} – амплитуда выходного импульса, $U_{BYm} = K_{BY} \times U_n$.

Импульс сигнала с достаточной точностью можно охарактеризовать его амплитудой, не интересуясь небольшими изменениями его формы, обусловленными действиями усилителя, т.е. полагать $U_c = U_{cm}$.

Из условия - $U_{cm}(t_n) = nU_n$ имеем

$$-nU_{nm} \left(e^{-\frac{\tau_n + t_n}{\tau_{BY}}} - e^{-t_n/\tau_{BY}} \right) = U_{cm}$$

Из этого уравнения имеем для времени последействия:

$$t_n = \tau_{BY} \ln \left[\frac{nU_{nm}}{U_{cm}} \left(1 - e^{-\tau_n/\tau_{BY}} \right)^{-1} \right].$$

Здесь и в дальнейшем будем рассматривать два предельных случая: длительной импульсной помехи $t_n \gg \tau_{BY}$ и кратковременной помехи $t_n \ll \tau_{BY}$. Уточним понятие "кратковременная" и "длительная" помехи. Такая идеализация необходима для упрощения расчетов и получения легко анализируемых выражений. Математически такая идеализация позволяет обратить экспоненциальную функцию $\exp(-x)$ в нуль (если $x \gg 5$) или представить ее линейной зависимостью вида $(1-x)$ (если $x \leq 0,5$). При таком

подходиможно считать помеху длительностью $tn \gg t_{BY}$ – длительной, а помеху $tn \ll t_{BY}$ – кратковременной (здесь t_{BY} – постоянная времени анализируемого каскада). Физическая идеализация позволяет рассмотреть два наиболее интересных случая:

установившийся режим и режим линейного изменения исследуемого напряжения.

1. Длительная помеха $tn \gg t_{BY}$. Из выражения (1.3) имеем

$$t_n = \tau_{BY} \ln \frac{n U_{nm}}{U_{cm}} \quad (1.4)$$

Таким образом, в случае воздействия на видеоусилитель длительной помехи, для уменьшения времени ее последствия надо уменьшать постоянную времени усилителя только до определенного предела, который зависит от допустимых искажений полезного сигнала.

2. Кратковременная мощная помеха $tn \ll t_{BY}$. В этом случае уравнение (1.3) примет вид

$$t_n = \tau_{BY} \ln \left(n \frac{U_{nm}}{U_{cm}} \cdot \frac{\tau_n}{\tau_{BY}} \right) \quad (1.5)$$

Проанализируем это выражение при некоторых значениях аргумента, стоящего под знаком логарифмической функции (при $n=2$).

При этом время последствия помехи равно нулю или отрицательно $tn \leq 0$. Отрицательные значения tn означают, что всегда уровень сигнала выше максимального уровня напряжения последствия помехи, т.е. измерение всегда возможно. Иначе говоря, в данном случае схема слишком инерционна и не успевает среагировать на короткую помеху. Из этого условия оптимальная постоянная времени усилителя определяется как

$$\tau_{BY} \geq \tau_0 = 2 \frac{U_{nm} \tau_n}{U_{cm}} \quad (1.6)$$

Отсюда ясно, что чем сильнее кратковременная помеха (чем больше $t_n \times U_{nm}$ – "площадь" помехи), тем больше должна быть постоянная времени усилителя, чтобы был возможен прием сигнала.

Наиболее перспективным методом уменьшения времени последействия ВУ, по-видимому, является управление величинами его реактивных элементов в зависимости от потока измеряемых сигналов и помех. Так, целесообразно после окончания действия импульса помехи на входе ВУ быстро уменьшать низкочастотную постоянную времени ВУ. Это приводит к очень быстрому разряду накопительных элементов (емкости, индуктивности), и, как следствие этого к уменьшению времени последействия.

В ВУ последействие которого определяется эмиттерной цепью, поставленная цель достигается тем, что разряд конденсатора, стоящего в цепи эмиттера, обуславливающий возникновение импульса противоположной полярности, осуществляется через транзистор, работающий в ключевом режиме и управляемый триггером Шмитта (рис. 2.4).

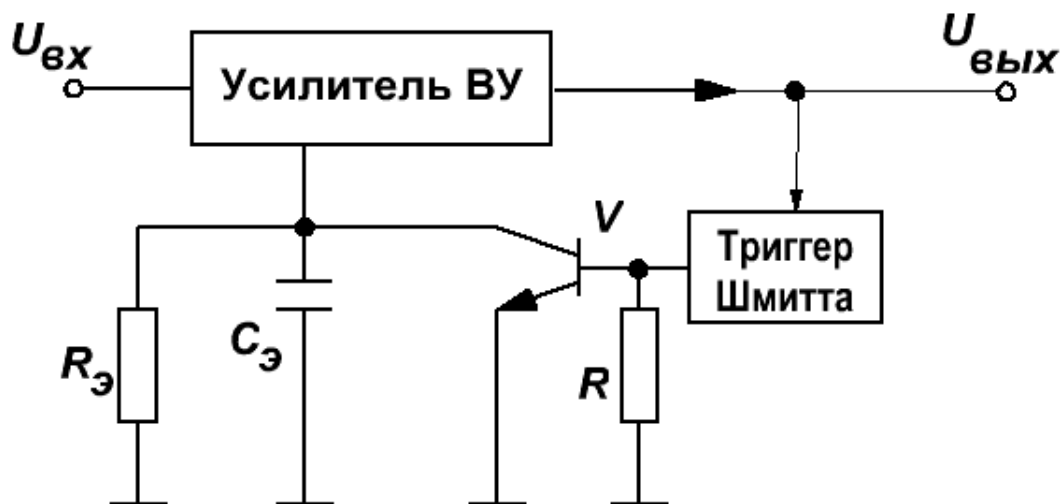


Рис.2.4. Структурная схема, управляемая триггером Шмитта

Триггер Шмитта, соединенный с выходом ВУ, подключает к конденсатору $CЭ$ транзистор V на время действия обратного выброса. Транзистор V , работающий в ключевом режиме, практически мгновенно, разряжает конденсатор $CЭ$ после окончания действия импульса, тем самым,

уменьшая время его разряда и длительность выброса противоположной полярности.

На осциллограммах, изображенных на рис. 2.5, показаны импульс помехи и сигнала на входе ВУ (рис. 2.5 а), на выходе ВУ без устройства защиты (рис. 2.5 б) и на выходе ВУ с устройством защиты (рис. 2.5 в). По полученным результатам можно судить о целесообразности применения такого устройства в ВУ.

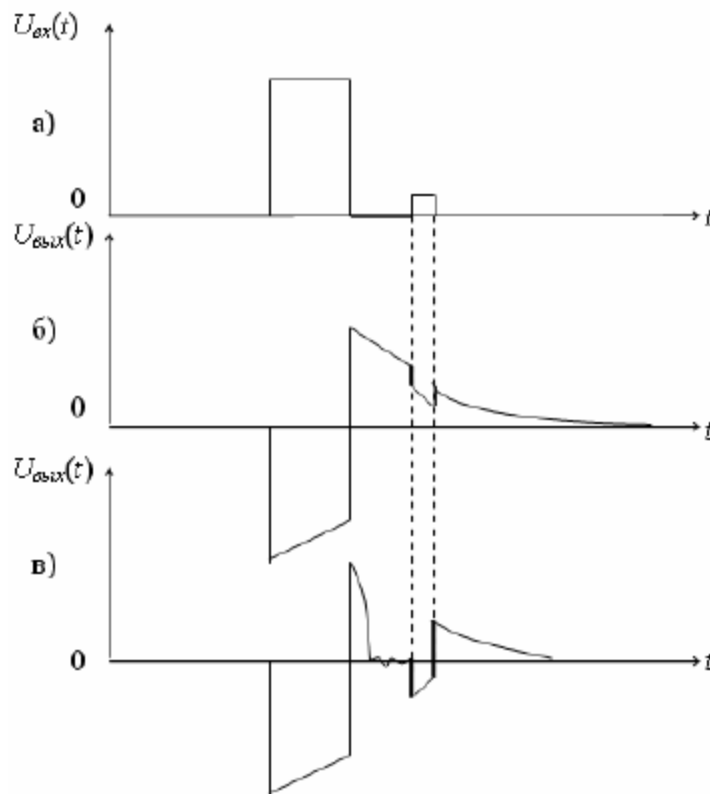


Рис.2.4.Осциллограмма импульсов

Подавление модуляции сигнала синусоидальной помехой

Рассмотрим случай одновременного воздействия на безинерционный линейный детектор сигнала и помехи при любом соотношении их амплитуд.

Пусть на входе детектора имеется напряжение сигнала

$$u_c = U_{mc} \cos \omega_c t, \tag{1.7}$$

и напряжение помехи

$$u_{\Pi} = U_{m\Pi 0} \cos(\omega_{\Pi} t + \varphi_{\Pi}). \quad (1.8)$$

Тогда напряжение на выходе линейного безинерционного детектора будет пропорционально амплитуде результирующего напряжения

$$u_{\text{вых дет}} = U_m = \sqrt{U_{mc}^2 + U_{m\Pi}^2 + 2U_{mc}U_{m\Pi} \cos \varphi} = \sqrt{U_{mc}^2 + U_{m\Pi}^2} \sqrt{1 + \frac{2U_{mc}U_{m\Pi} \cos \varphi}{U_{mc}^2 + U_{m\Pi}^2}}, \quad (1.9)$$

Разлагая выражение (1.9) в биномиальный ряд и суммируя члены, получим выражение для амплитуды напряжения частоты модуляции Ω на выходе детектора для случая модуляции сигнала синусоидальным напряжением

$$U_{m\Omega} = mU_{mc0} \frac{h}{\sqrt{1+h^2}} \left[1 - \frac{1}{2} \frac{1}{1+h^2} + \frac{3}{4} \frac{h^2}{(1+h^2)^2} \right] \quad (1.10)$$

где

$h = U_{m\Pi} / U_{mc}$ – отношение сигнал/помеха.

Если пользоваться формулой (1.10), то при любом h погрешность не превышает двух процентов. Выражение (1.10) можно записать и в другом виде

$$U_{m\Omega} = mU_{mc0} k_{\Pi}, \quad (1.11)$$

где k_{Π} – коэффициент помехоустойчивости модуляции сигнала. Выражения (1.10) и (1.11) справедливы при любом отношении сигнала к помехе h , которое может быть больше, меньше или равно единице. Они показывают, что имеет место подавление не только слабого сигнала сильным, но и сильного слабым.

На рис. 2.5 дан график зависимости коэффициента помехоустойчивости модуляции сигнала, равного согласно (1.10).

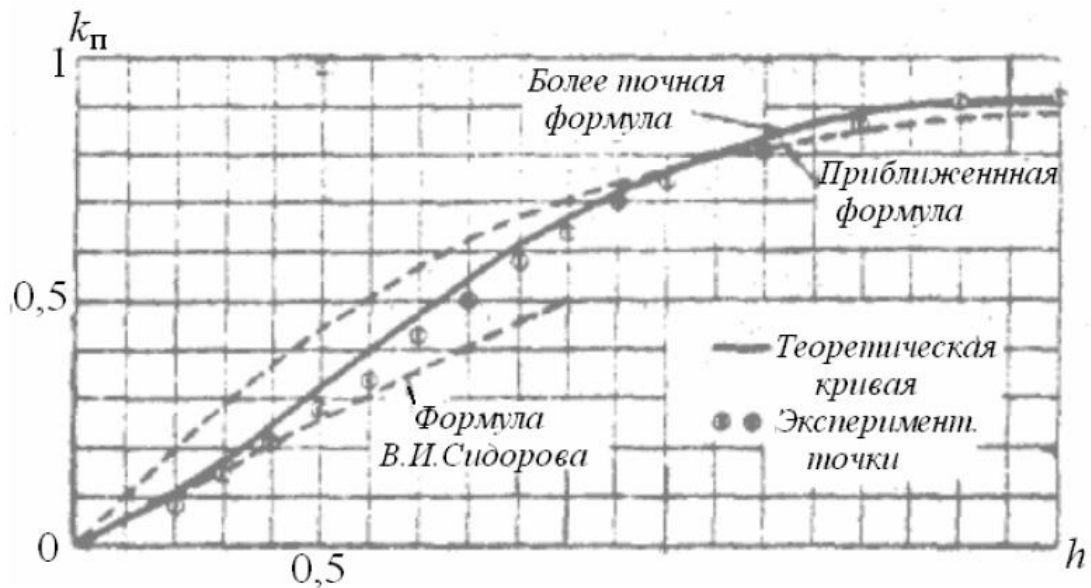


Рис. 2.5. График зависимости коэффициента помехоустойчивости

$$k_{\Pi} = \frac{h}{\sqrt{1+h^2}} \left[1 - \frac{1}{2} \frac{1}{1+h^2} + \frac{3}{4} \frac{h^2}{(1+h^2)^2} \right], \quad (1.12)$$

На том же рисунке приведены кривые, вычисленные по формуле В.И. Сидорова $k_{\Pi} = 0,5 h$, (1.13) справедливой при $h < 0,5$ и по приближённой формуле

$$k_{\Pi} = \frac{h}{\sqrt{1+h^2}}, \quad (1.14)$$

справедливой для синусоидальной помехи лишь при $h > 0,6, 0,7$, а для флюктуационной помехи при любом h .

На рис. 2.6 приведены также экспериментальные точки, показывающие хорошее совпадение с результатами расчёта по формуле (1.12).

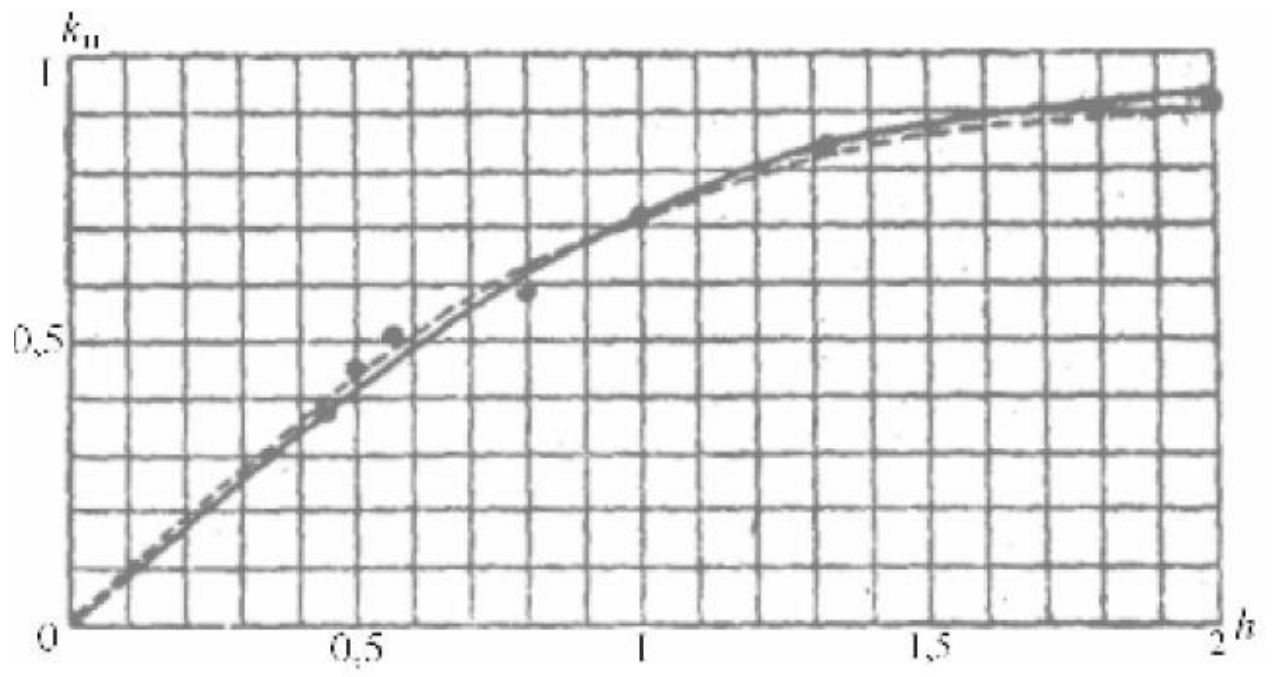


Рис. 2.6. График экспериментальных точек

Глава 3. Расчет параметров помехоустойчивости

3.1 Расчет активной помехи.

Активные помехи работе РЛС создаются путем излучения электромагнитной энергии. Основным средством создания организованных активных помех являются специальные передатчики помех. Ввиду того, что одним передатчиком помех невозможно перекрыть весь диапазон частот, применяемый в радиолокации, в состав станций помех обычно входит несколько передатчиков, каждый из которых перекрывает часть общего диапазона. Чтобы число передатчиков было наименьшим, каждый из них должен создавать помехи в возможно более широком диапазоне частот. Вследствие этого и антенны передатчиков помех должны быть широкополосными.

Поскольку подавляемые РЛС принимают прямые сигналы передатчика помех, средняя мощность последнего может быть сравнительно небольшой, порядка десятков — сотен ватт. При этом достигается достаточное превышение помехи над отраженным сигналом на входе приемника РЛС, необходимое для нарушения нормальной работы или полного ее подавления. Применение направленной антенны в передатчике помех позволяет увеличить эффективность активной помехи без увеличения мощности передатчика. Однако в этом случае эффективность помех зависит еще и от точности ориентирования направленной антенны, что вызывает необходимость определения направления на РЛС и ориентации антенны передатчика помех. При ненаправленной антенне эта необходимость отпадает, но возникает опасность создания помех своим станциям. Поэтому антенна выбирается из условий тактического использования передатчика помех и места его установки.

Передатчики помех могут устанавливаться на самолетах, воздушных шарах, ракетах, кораблях, на земле, а также могут выбрасываться на поплавках в море или на парашютах на территорию противника с густой

сетью радиолокационных средств. Способ использования передатчиков помех выбирается исходя из конкретной обстановки, но в качестве постоянно действующего считается способ установки и использования передатчиков помех на самолетах, а также в районе защищаемых объектов. Самолеты, оборудованные передатчиками помех и разведывательной аппаратурой, могут включаться в состав боевых порядков для прикрытия их помехами от наблюдения РЛС противника. Наилучшие результаты дает применение комбинированных помех, т. е. одновременная постановка пассивных и активных помех. В зависимости от частоты настройки передатчика помех различают прицельные и заградительные активные помехи. Прицельная помеха может быть узкополосной, так как она создается путем настройки передатчика помех на рабочую частоту подавляемой РЛС с ошибкой, не превышающей половины полосы пропускания приемника РЛС. Заградительная помеха создается либо путем одновременного излучения передатчиком помех электромагнитных колебаний в широкой полосе частот, либо путем автоматической и периодической перестройки узкополосного передатчика помех в широком диапазоне частот.

Все активные помехи характеризуются плотностью мощности или числом ватт мощности, приходящимся на мегагерц полосы частот помехи. Плотность помехи определяет ее уровень на входе приемника РЛС. Узкополосная прицельная помеха имеет большую плотность при малой мощности передатчика и поэтому экономична. Однако создание прицельной помехи требует применения сложной аппаратуры управления для быстрой и точной настройки передатчика помех. Трудности создания прицельных помех возрастают с увеличением числа объектов подавления и применением быстрой перестройки в самих РЛС. Заградительная помеха, наоборот, не требует точной настройки передатчика помех на частоту подавляемой РЛС, так как она создается в широкой полосе частот и обеспечивает одновременное подавление всех РЛС (или каналов одной РЛС), работающих в этом диапазоне частот. При организации заградительных помех требуется

знание меньшего количества разведанных о системе радиолокационного обеспечения противника. Однако для создания такой же плотности мощности, как у прицельной помехи, передатчик заградительной помехи должен иметь, значительно, большую полную мощность, габариты и вес.

Таким образом, важнейшими показателями активных помех являются полоса частот и плотность мощности. Чем больше спектр частот и плотность мощности помехи, тем труднее от нее отстроиться и тем эффективнее она поражает приемные каналы РЛС.

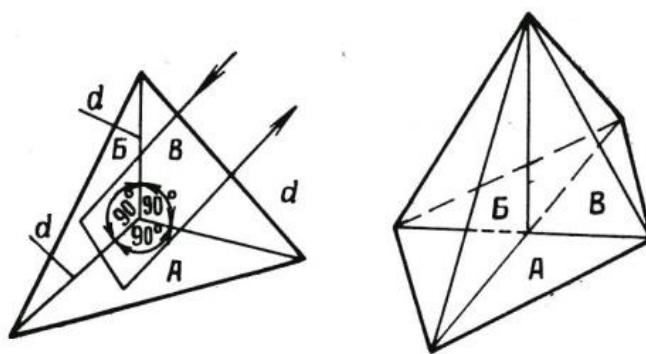
По ТЗ заданно рассмотреть активную шумовую помеху. Шумовая помеха представляет собой непрерывные колебания несущей частоты, модулированные по амплитуде напряжением шумов. Напряжение шумов для модуляции передатчика помех получают от специального источника шумов, которым может быть шумовой диод, фотоэлектронный умножитель, тиратрон, помещенный в магнитное поле и др. С анодной нагрузки тиратрона, например, можно получить напряжение шумов до 0,5 в/МГц (другие источники шумов имеют в тысячи раз меньший выходной эффект). Такое напряжение достаточно усилить широкополосным видеоусилителем в сотни раз, чтобы затем использовать его в качестве модулирующего. Амплитуда, частота и фаза шумовых флюктуаций изменяются хаотически во времени, ввиду чего шумовая помеха обладает очень широким спектром частот и поэтому является наиболее опасной. Для защиты РЛС от шумовой помехи трудно найти эффективные средства защиты. Изображение шумовой помехи на экране индикатора с амплитудной отметкой имеет вид сплошной шумовой дорожки, на фоне которой затрудняется или совсем исключается наблюдение отметок целей.

В вариант структурной схемы передатчика активных помех в качестве передающей/приемной антенн используем ФАР, которая позволяет сконцентрировать энергию в узком луче и направит ее на подавляемые радиосредства и за счет фазирования можно довести $D_{\text{эф}} \cong 2 * G * P$, где P – мощность подведенная к передающей антенне. Для рассчитываемой системы

помехопостановки будем использовать передатчик АШП с мощностью излучения 10 кВт.

Организация и создание пассивных помех в работе РЛС противника имеют своим назначением обеспечить радиолокационную маскировку объектов в воздухе и на земле. Методы пассивного радиопротиводействия основаны на использовании или на подавлении отражения радиоволн — явления, которое лежит в основе работы большинства самих РЛС. В связи с этим радиолокационная маскировка объектов осуществляется либо путем применения различного рода искусственных пассивных отражателей, интенсивно отражающих радиосигналы РЛС, либо путем нанесения на объект противорадиолокационных покрытий, эффективно ослабляющих отражение. В первом случае наблюдение отметки цели на экране индикатора РЛС затруднено на фоне интенсивных отметок пассивных отражателей, а во втором случае обнаружение цели затрудняется из-за весьма слабого отражения, ею радиоволн.

По ТЗ заданна помеха от земной поверхности. Рассмотрим создание ложных целей и ложного радиолокационного рельефа местности. В интересах маскировки важных наземных и надводных объектов и дезориентации противника при наблюдении им подобных объектов с воздуха при помощи панорамных РЛС прибегают к созданию ложных целей или ложного радиолокационного рельефа местности. В таких случаях применяют как дипольные отражатели, так и пассивные отражатели специальной формы: уголковые, конические, вибраторные решетки, линзы Люнеберга, диэлектрические отражатели с полным внутренним отражением и др. Наиболее широкое применение получили уголковые отражатели, которые выполняются в виде жесткой конструкции из взаимно перпендикулярных проводящих поверхностей. Размеры, которых превышают длину отражаемой радиоволны (рис. 10).



Важнейшей особенностью уголкового отражателя является то, что он интенсивно отражает обратно к источнику излучения (после двух-трехкратного внутреннего отражения) энергию радиоволн, падающих на грани А,Б и В с любого направления в пределах телесного угла. Соединение четырех трехгранных уголков вместе позволяет получить интенсивное отражение обратно к РЛС энергии радиоволны, падающей на уголок с любого направления в пределах полусферы. Используются и более сложные конструкции уголковых отражателей. Устанавливать их можно как на земле, так и на воде (на поплавках), имитируя интенсивно отражающие цели и маскируя боевую технику и другие объекты от воздушного радиолокационного наблюдения. При массовом применении уголковых и дипольных отражателей на поверхности земли и воды можно существенно изменить радиолокационный рельеф местности. Таким способом можно создавать ложные площадные цели, дублирующие изображение маскируемых объектов: аэродромов и стоянок самолетов, портов и стоянок кораблей или их боевого порядка в море, мостов, заводов и даже городов. Аналогичным образом можно изменить береговую черту, изображение одного озера можно разбить на части, на реках «поставить» дополнительные мосты и т. п. Создание ложного радиолокационного рельефа местности может сильно затруднить ориентировку противника по экрану самолетной панорамной РЛС и прицельное бомбометание, а также заставить противника наводить ракеты на ложные цели. В мирное время уголковые и другие отражатели используются для создания точечных целей, которые служат

указателями при радиолокационном ориентировании кораблей, входящих в гавань, самолетов, приближающихся к аэродрому, или расчетов РЛС при их тренировке и проверке работы радиолокационной аппаратуры. Ложные цели создаются и в воздухе, например путем буксирования отражающих конусов. В последнее время для нарушения работы станций управления ракетами, зенитной артиллерией и истребителями-перехватчиками разрабатываются управляемые отвлекающие ракеты-ловушки и ракеты радиопротиводействия с аппаратурой помех, запускаемые с тяжелых бомбардировщиков в полете. После выполнения задачи по созданию помех и отвлечению на себя средств противника такие ракеты уничтожаются по радиокоманде с бомбардировщика.

3.2. Расчет зон прикрытия помехами

По ТЗ необходимо рассчитать параметры постановщика активной шумовой помехи. Как говорилось ранее, для создания активной шумовой помехи необходимо воздействие мощного источника помехи, тогда на дальность действия РЛС действуют как внутренние шумы приемника, так и мощность помехи.

Максимальная дальность действия РЛС в условиях радиопротиводействия может быть записана в виде:

$$R_{\max} = \sqrt[4]{\frac{P_{\text{РЛС}} * T * \sigma * R_{\text{П}}^2 * \Delta f_{\text{П}}}{\beta * \Omega * \frac{E}{N_0} * P_{\text{П}} * G_{\text{П}}}} .$$

$P_{\text{РЛС}}$ – мощность передатчика РЛС,

T – время обзора сектора сканирования,

σ – ЭПР цели,

$R_{\text{П}}^2$ – дальность до источника помехи,

$\Delta f_{\text{П}}$ – ширина спектра помехи,

β – уровень боковых лепестков, отнесенный к уровню главного лепестка антенны,

Ω - угловой объем,

E/N_0 – отношение энергии сигнала к мощности шума на единицу полосы, необходимое для надежного обнаружения,

$P_{\text{П}}$ – мощность помехи,

$G_{\text{П}}$ – коэффициент усиления антенны по помехе.

Проведем расчет коэффициента усиления антенны РЛС по помехе. Коэффициент усиления антенны РЛС при приеме полезного сигнала равен 600; помеха принимается в основном боковыми лепестками, примем уровень первого бокового лепестка антенны РЛС= -25дБ по мощности, тогда коэффициент усиления антенны РЛС по помехе будет равен:

$$G = G_{\text{ррл}} \cdot 10^{-25/10} = 1,897.$$

Рассмотрим следующие зависимости:

а) дальность действия РЛС от мощности передатчика (рис. 11).

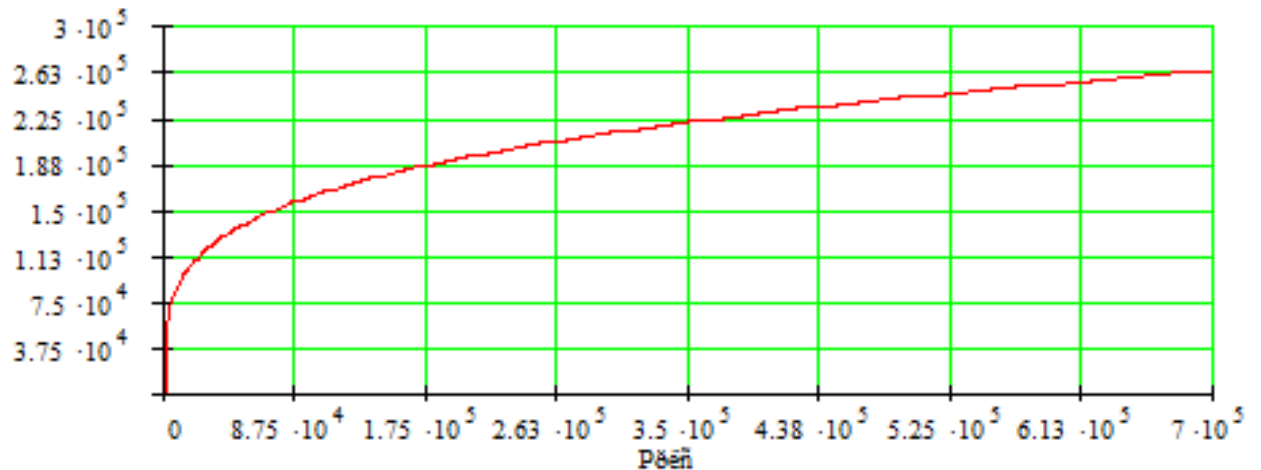


Рисунок 3.1. График зависимости дальности действия РЛС от мощности передатчика.

Мощность передатчика РЛС, необходимая для обнаружения $P_{\text{рлс}}=200\text{кВт}$, из графика видно, что при такой мощности обеспечивается дальность действия РЛС – 200км. По ТЗ необходимо обеспечить 260км, для этого нужно увеличить $P_{\text{рлс}}$ в 2,5 раза.

б) зоны прикрытия АП от мощности РЛС в условиях АП, при мощности АП равной 10кВт и расстоянием между РЛС – ПАП равным 260км (рис. 3.2.).

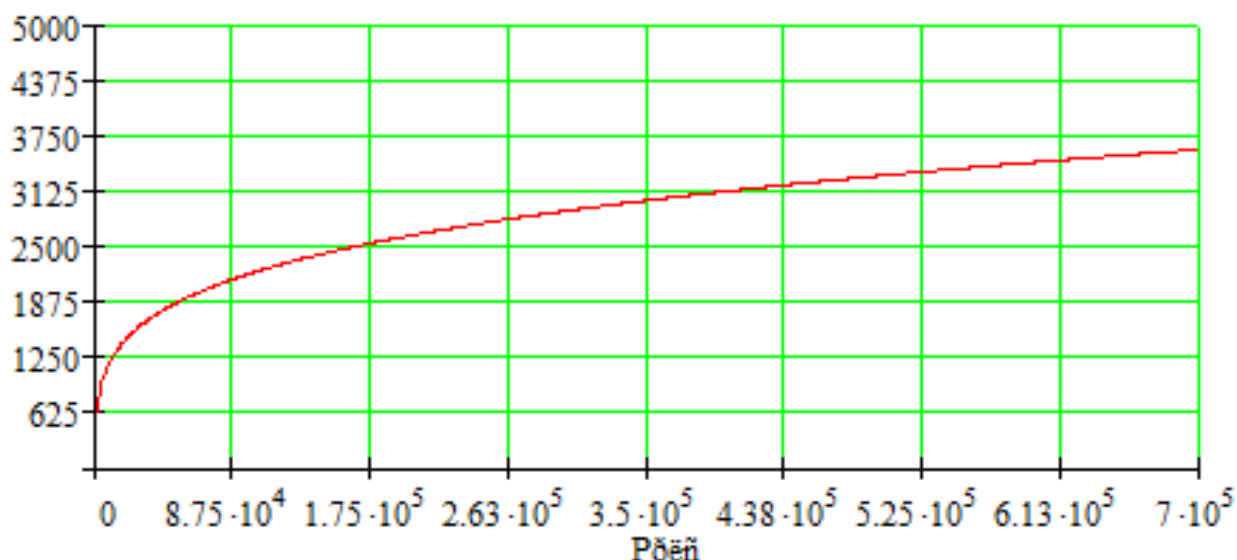


Рисунок 3.2. График зависимости зоны покрытия АП от мощности РЛС в условиях АП.

Из графиков видно, что применение АПП значительно снижает дальность действия РЛС. При мощности передатчика РЛС 200кВт, дальность действия РЛС равна 2,7км.

Отношение мощности АП к мощности сигнала, отраженного от цели, на входе РЛС можно записать в виде:

$$\frac{P_{АП}}{P_c} = \frac{P_{перАП}}{P_{перРЛС}} \cdot \frac{G_{АП} \cdot G}{G_{РЛС}^2} \cdot \frac{4\pi \cdot R_{РЛС-Ц}^4}{\sigma \cdot R_{РЛС-ПАП}^2} \rightarrow$$

$$\rightarrow P_{перАП} = \frac{P_{АП}}{P_c} \cdot \frac{P_{перРЛС}}{1} \cdot \frac{G_{РЛС}^2}{G_{АП} \cdot G} \cdot \frac{\sigma \cdot R_{РЛС-ПАП}^2}{4\pi \cdot R_{РЛС-Ц}^4}$$

При дальности от РЛС до Ц 200 км, при расстоянии от РЛС до ПАП 260 км, $G_{АП}=100$, $G_{РЛС}=600$, $G=1.897$, $P_{перРЛС}=200$ кВт для формирования на входе РЛС отношения $P_{АП}/P_c=3$, получаем:

в) зависимость дальности действия РЛС, от отношения мощностей $P=P_{РЛС}/P_{ПАП}$ (рис. 2.3).

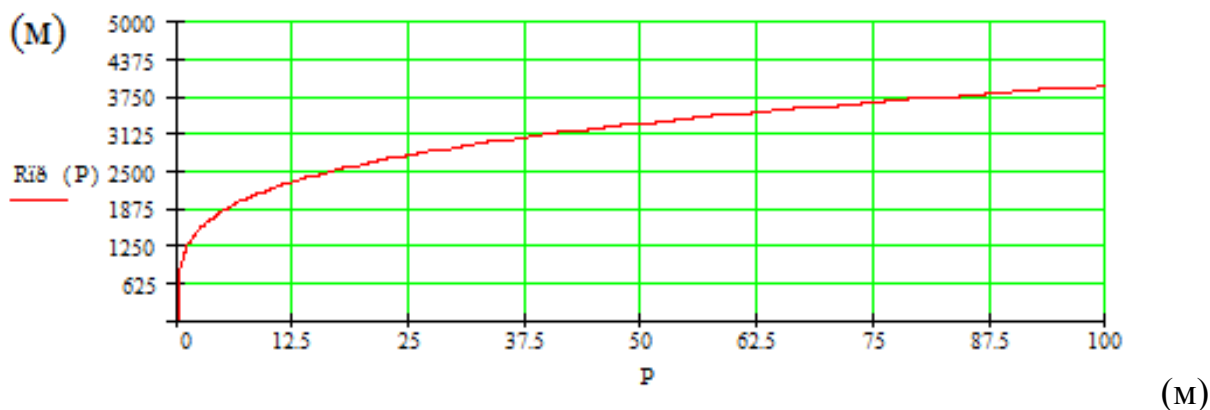


Рисунок 3.3. График зависимости дальность действия РЛС от отношения мощностей $P=P_{\text{РЛС}}/P_{\text{ПАП}}$.

Из графика следует, что даже при небольшом изменении $P_{\text{ПАП}}$, дальность действия РЛС значительно снижается. При $P=20$, дальность действия РЛС равна 2,7км.

г) дальности действия РЛС от расстояния РЛС-ПАП.

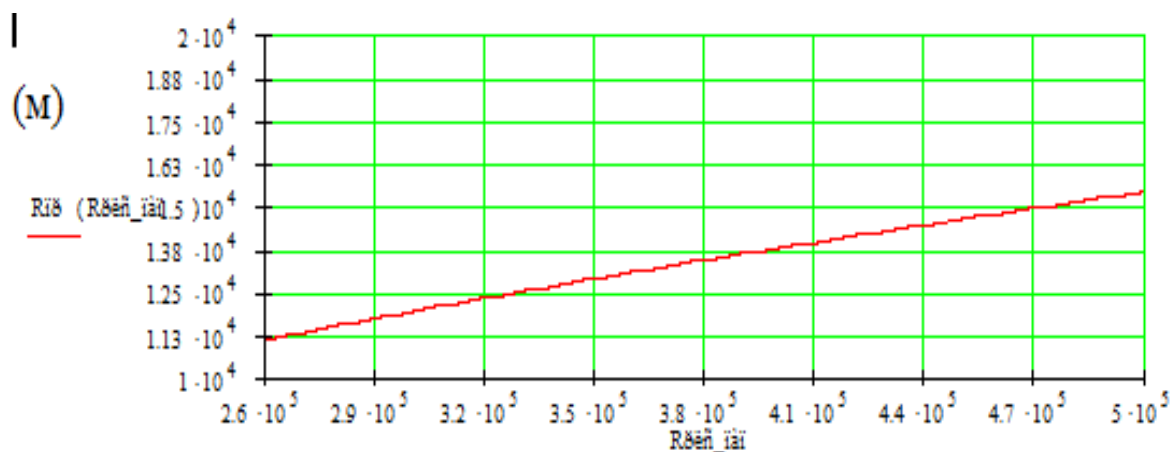


Рисунок 3.4. График зависимости дальность действия РЛС от расстояния РЛС-ПАП.

Пусть ПАП находится на удалении 260-500км, тогда, как видно из графика, дальность действия РЛС изменяется незначительно: в пределах 5км.

д) дальности действия РЛС от $K_{\text{пер}} = \Delta f_c / \Delta f_{\text{iai}}$.

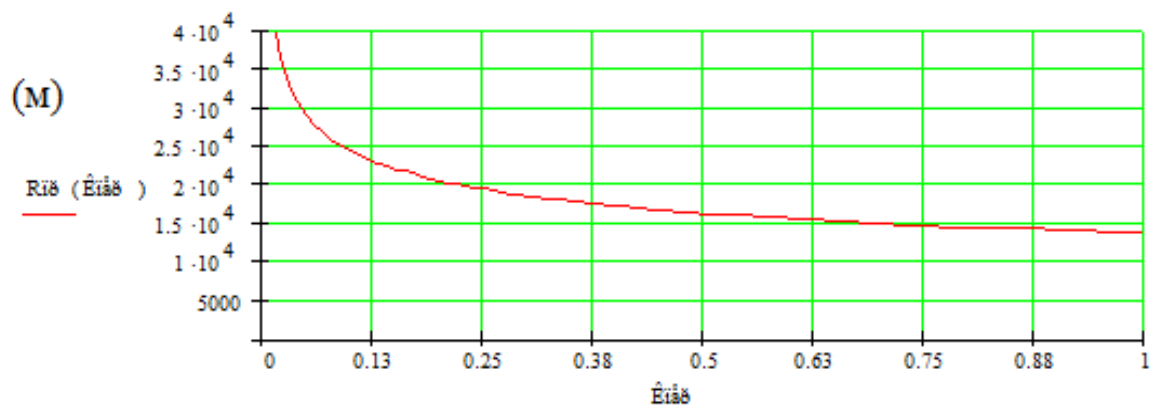


Рисунок 3.5. График зависимости дальность действия РЛС от $K_{\text{пер}}$.

Из графика следует вывод, что с увеличением $K_{\text{пер}}$ дальность действия РЛС уменьшается. Коэффициент перекрытия по частоте показывает, насколько спектр сигнала согласован со спектром помехи. Когда $K_{\text{пер}}=1$, то дальность действия РЛС всего 15 км.

3.3. Расчет параметров средств помехозащиты

1. Средства защиты от пассивных помех.

В основу борьбы с пассивными помехами положено использование операции режектирования (операция обеления).

Отношение ш/п на входе РЛС составляет -39,33дБ.

Подавление в режекторном фильтре должно осуществляться до уровня шумов, → коэффициент подавления должен составлять около 39дБ.

Отношение с/(ш+п) на входе РЛС составляет -22,22дБ.

Для расчёта коэффициентов режекторного фильтра воспользуемся программой «Стрела 2.0» (рис. 16 – 18.):

Выбираем оптимальный СС-фильтр, т.к. получим уточненные коэффициенты фильтра. Порядок фильтра выбираем так, чтобы необходимое число импульсов в пачке было на единицу больше порядка фильтра. Посредством остальных $15-7=8$ отсчетов можно произвести когерентное накопление. Эти накопленные импульсы могут пойти на улучшение отношения с/ш. Можно добиться увеличения отношения с/ш в N раз, где $N=8$.

Относительная фаза сигнала рассчитывается исходя из доплеровской частоты сигнала.

$$F_D = \frac{2}{\lambda} * v = \frac{2}{1.8} * 940 = 1045 \text{ Гц.}$$

$$\phi_c = \frac{1045}{5769} = 1,811.$$

Относительная фаза помехи равна нулю, так как помеха создается отражением от земной поверхности.

Коэффициент подавления помехи получается равным 39дБ, что вполне удовлетворяет для дальнейшего накопления.

Коэффициенты цифрового режекторного фильтра:

	0	1	2	3	4	5	6
W_i	1	- 5,085387	11,51271	-14,85135	11,51361	- 5,086176	1,000232

Так как коэффициенты цифрового режекторного фильтра симметричные, то структурную схему цифрового РжФ можно свернуть. Структурная схема примет следующий вид (рис. 3.6):

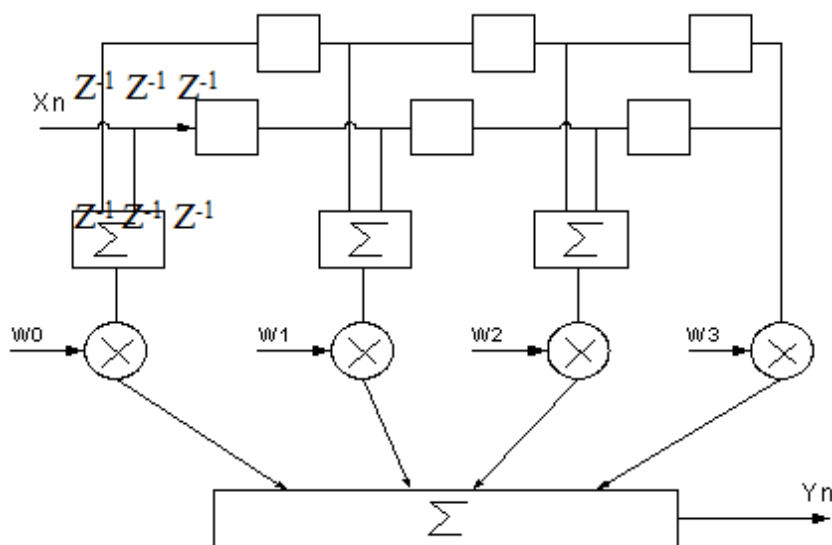


Рисунок 3.6.. Структурную схему цифрового РжФ.

2. Средства защиты от активных помех.

Методы защиты РЛС от активных помех основываются на использовании различий в структуре полезных сигналов и помех: различия по несущей частоте, спектру, фазе, амплитуде, длительности, частоте повторения или комбинации импульсных посылок и др.

По ТЗ необходимо обеспечить защиту от активной шумовой помехи. Несмотря на общую высокую эффективность применения активной шумовой помехи, существует недостаток при их использовании. Недостаток заключается в том, что такие помехи легко обнаружить. А это ставит в

уязвимое положение ПАП, а также позволяет применять различные меры борьбы с помехами. Например:

- Работа РЛС в короткие промежутки времени;
- Смена несущих частот, применение многочастотных РЛС;
- Использование сложных сигналов. При их использовании значительно снижается импульсная мощность передатчика РЛС, т.е. $P_c/P_{ш}$ снижается.
- Использование длительного когерентного накопления сигнала.

Перестройка РЛС по диапазону является одним из самых радикальных методов защиты от активных помех любого вида и повышения помехоустойчивости РЛС. После изменения рабочей волны РЛС противник должен заново обнаружить ее работу, определить ее новую волну и перестроить передатчик помех. На это уходит определенное время, в течение которого РЛС может нормально работать. Однако перестройка РЛС может быть эффективным способом защиты от помех лишь тогда, когда время перехода с одной волны на другую мало, а диапазон перестройки широк. Медленная перестройка и в узком диапазоне не обеспечивает надежной защиты, особенно когда противник располагает широкодиапазонными и быстро перестраиваемыми передатчиками помех. Следует заметить, что перестройка РЛС является одним из основных средств защиты от наиболее эффективной шумовой помехи; и то лишь в том случае, если диапазон перестройки РЛС намного превосходит ширину спектра шумовой помехи.

В современных РЛС обеспечивается быстрая автоматическая перестройка в достаточно широком диапазоне частот. Особенно хорошие результаты при защите от прицельных и шумовых помех дает непрерывное изменение несущей частоты РЛС от импульса к импульсу. В перестраиваемых РЛС применяются широкополосные антенно-фидерные тракты и антенные переключатели, а передатчик и приемник содержат автоматику механической или электрической перестройки в широком диапазоне и систему точной автоматической подстройки частоты (АПЧ).

Для борьбы с АП можно использовать компенсационный метод (применяют специальную компенсационную антенну и компенсационный канал, направленный на АП). (рис. 3.7.)

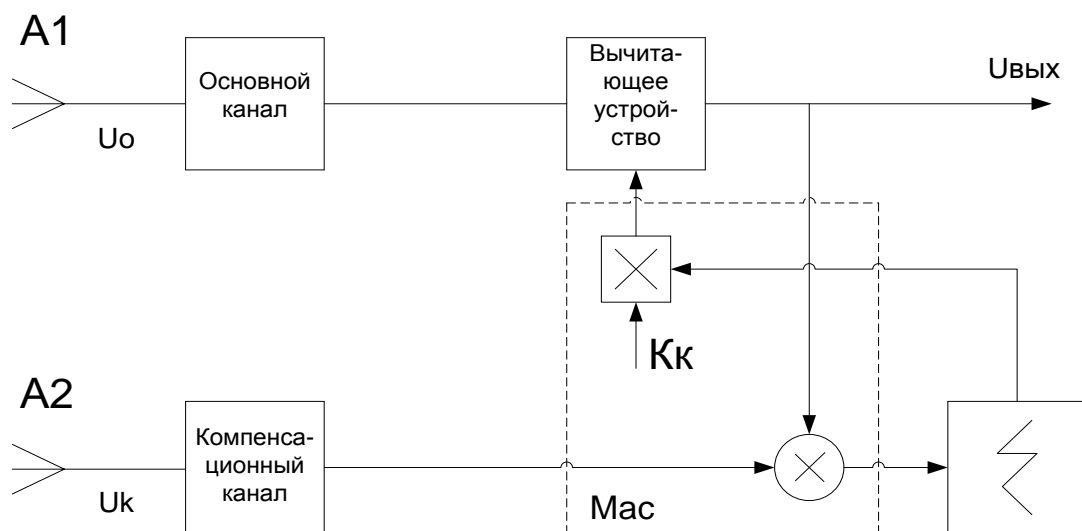


Рис. 3.7. Компенсационный метод борьбы помехами

Суть метода заключается в следующем: когда ПАП действует по боковым лепесткам ДН антенны РЛС, то тогда направления на источники сигнала и активной помехи не совпадают. Для того чтобы скомпенсировать помеху, применяют устройство с основной и дополнительной антеннами. Пусть А1 является основной антенной, принимающей сигнал и помеху $U_0 = U_t + U_{АП}$, а дополнительная компенсационная антенна А2 – только помеху $U_{АП} = U_k$ с некоторым сдвигом по фазе от U_0 . K_k – коэффициент комбинированного канала (для выравнивания мощности). Если разложить на ортогональные составляющие U_k и подобрать для них оптимальные весовые коэффициенты W и W_1 , то можно скомпенсировать помеху, принимаемую антенной А1.

Этот метод основан на корреляционно обратной связи. Корреляция осуществляется между компенсационным каналом и сигналом на выходе. Такая связь осуществляется с помощью блока Mac (операция суммирования с

накоплением). Корреляция будет возможной только при работе обоих каналов. Структурная схема алгоритма, реализующего такой квадратурный компенсатор с корреляционными обратными связями, приведена на рис. 3.8

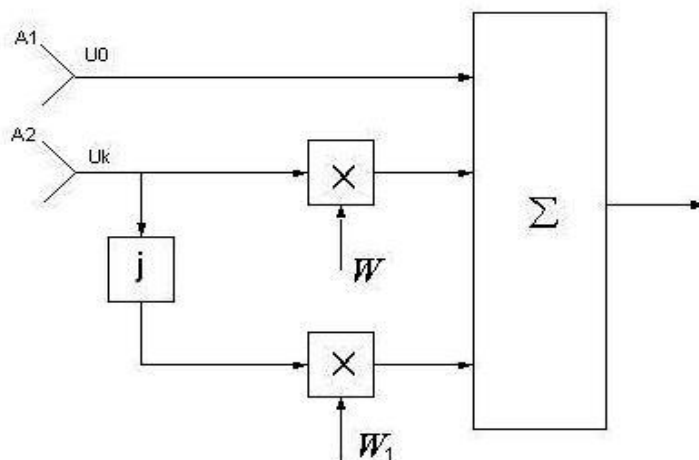


Рис. 3.8. Структурная схема квадратурного компенсатора

Минимум среднего квадрата напряжения (мощности) помехи на выходе будет при $K_k > 1$:

$$W = -\rho \cdot \sigma_0 / \sigma_1, \quad W_1 = -\rho^0 \cdot \sigma_0 / \sigma_1^0,$$

где σ_0 и σ_1 – СКО помех, принимаемых антеннами A1 и A2, ρ – коэффициент корреляции помехи в первом квадратурном канале, ρ^0 – коэффициент корреляции помехи во втором квадратурном канале. Тогда коэффициент подавления активной шумовой помехи:

$$K_{\Pi} = (1 - |\rho'|^2)^{-1}.$$

При некоррелированной помехе $|\rho'|^2 = \rho^2 + (\rho^0)^2 \rightarrow 0$, $K_{\Pi} \rightarrow 1$, и подавление помехи нет. При сильно коррелированной помехе $|\rho'|^2 \rightarrow 1$, $K_{\Pi} \rightarrow \infty$, подавление помехи максимально.

Следует, заметить, что никакое устройство для подавления помех не является универсальным. Каждое устройство защиты позволяет эффективно бороться только с каким-то одним видом помех и является менее эффективным или вовсе непригодным для борьбы с другими видами помех.

Поэтому оператор РЛС должен уметь определять вид помехи по ее изображению на экране индикатора, а также четко знать и уметь использовать имеющиеся в станции средства подавления помех. В данном курсовом проекте для подавления пассивной помех использовался режекторный фильтр, а активной шумовой – гребенчатый фильтр или компенсационное устройство.

Необходимо помнить, что включение той или иной схемы защиты, как правило, вызывает ослабление полезного сигнала и уменьшение дальности обнаружения, а потому является вредным в отсутствие помех или при воздействии помехи, на подавление которой схема не рассчитана.

Однако для создания эффективных помех, как правило, необходимо разведать основные технические параметры подавляемой РЛС. Такая разведка может быть осуществлена обычными общевойсковыми методами или при помощи радиотехнических средств. Техническая радиолокационная разведка связана с меньшими потерями и вполне осуществима, благодаря тому, что любая активная РЛС, излучая электромагнитную энергию, демаскирует себя. В настоящее время успешная борьба с радиолокацией противника немислима без хорошо организованной радиолокационной разведки. Вместе с тем, организация радиолокационной разведки и создание эффективных помех в работе РЛС представляют нелегкую задачу, которая постоянно усложняется вследствие непрерывного совершенствования РЛС. В данном курсовом проекте для создания пассивной помехи использовались угольные отражатели, а для активной шумовой – схема генератора прицельных помех.

Уже после первых опытов применения помех стало ясно, что РЛС, не имеющие средств защиты от помех, не могут быть надежным видом вооружения. Поэтому развитие радиолокации постоянно сопровождается развитием средств радиопротиводействия, а это в свою очередь вынуждает непрерывно совершенствовать радиолокационную технику, усложнять

аппаратуру РЛС средствами защиты от помех, а иногда даже переходить к новым принципам работы и построения РЛС.

Из сказанного ясно, что проблему радиопротиводействия логически составляют следующие основные вопросы:

- принципы радиолокационной разведки и построения разведаппаратуры;
- способы и средства создания организованных помех;
- способы и средства защиты РЛС от помех.

Произведенный расчет параметров, выбор структурных схем и алгоритмов работы постановщиков помех показывает, что необходимо задействовать мощные передающие устройства. Аппаратура ПАП должна обладать высокой надежностью работы элементов схемы. Так как средства постановки активных помех является достаточно мощным устройством. Но в тоже время, аппаратура ПАП должна иметь минимальное энергопотребление, хорошую электромагнитную совместимость, небольшие габариты и массу, и сохранять работоспособность при различных климатических условиях.

Аналогичные требования можно предъявить и к средствам защиты от помех.

В процессе разработки данной РЛС было установлено, что с использованием РжФ можно добиться коэффициента подавления помехи на выходе равным 39дБ, т.е. сигнал помехи от земной поверхности фильтр подавляет до уровня шумов, а коэффициент улучшения $c/(п+ш)$ составляет порядка 20дБ. А это говорит об эффективности работы фильтра.

Основными требованиями к программным ресурсам конфликтующих сторон можно считать высокую производительность, быстрдействие и надежность.

Расчет экономической эффективности

Обработка сигнала в современных РЛС осуществляется в цифровой форме, поэтому важным является выбор технологической базы для цифровой обработки сигналов. В настоящее время широко используются методы обработки радиотехнических сигналов с помощью ПЛИС (программируемых логических интегральных схем). Например, семейство FLEX10K фирмы Altera.

Применение ПЛИС в радиотехнических системах существенно улучшает их массогабаритные, технические и экономические показатели, открывает широкие возможности реализации сложных алгоритмов цифровой обработки сигналов. Цифровые фильтры имеют ряд преимуществ. Основные из них : надежность в работе и стабильность характеристик. Они обладают высоким быстродействием, малым энергопотреблением, массой и габаритами, возможностью перепрограммирования. Защита ПЛИС от источников электромагнитного излучения может быть решена путем экранирования. Но данные ПЛИС имеют относительно высокую стоимость по сравнению с другими цифровыми сигнальными процессорами, однако это не является преградой, т.к. в радиолокации важным являются такие показатели как быстродействие, надежность и достоверность принятой информации.

Статья затраты на покупные изделия и полуфабрикаты статья включает в себя затраты на приобретенные готовые изделия и полуфабрикаты. Список изделий и полуфабрикатов составляется в соответствии со схемой электрической принципиальной и сборочным чертежом блока. Составим таблицу для расчета стоимости покупных комплектующих изделий.

Статья «основная заработная плата производственных рабочих» включает в себя основную заработную плату производственных рабочих и других категорий работников за работу, непосредственно связанную с изготовлением продукции. Основная зарплата рабочих включает тарифную

зарплату, доплаты и надбавки. Тарифную заработную плату определяют по каждой операции (виду работ) как произведение норм времени и часовых тарифных ставок рабочих.

Найдём тарифную заработную плату по формуле:

$$Z_T = T_0 \cdot S_{cp}, \quad (5.1)$$

где T_0 -общая трудоёмкость изготовления блока волоконно-оптического передающего устройства;

S_{cp} - средняя ставка рабочих. Общую трудоёмкость изготовления устройства, можно рассчитать по формуле:

$$T_0 = T_p / \alpha, \quad (5.2)$$

где T_p -трудоёмкость монтажно - сборочных работ;

α -удельный вес данного вида работ в общей трудоёмкости, для изделий типа оптический передатчик полагаем. Трудоёмкость монтажно сборочных работ определяем по типовым нормам времени на монтажно-сборочные работы.

Подставляя численные значения в (5.1) получаем:

Основная заработная плата с учетом 60 % надбавки будет составлять:

Нижняя граница цены изделия ($C_{нг}$) защищает интересы производителя продукции и предвидит, что цена должна покрыть затраты производителя, связанные с производством и реализацией продукции, и обеспечит уровень рентабельности не ниже за тот, который имеет предприятие при производстве своей основной продукции.

$$C_{нг} = C_{опт} \cdot \left[1 + \frac{\alpha_{ндс}}{100} \right]$$

$$C_{опт} = C_{п} \cdot \left[1 + \frac{P_H}{100} \right],$$

где $C_{опт}$ - оптовая цена изделия, в сумах;

C_{II} – полная себестоимость изделия, 1 754 237,96 в сумах;

P_H – нормативный уровень рентабельности, %, на опытном заводе, где будет выпускаться проектируемое изделие $P_H = 17\%$;

$\alpha_{\text{ндс}}$ – налог на дополнительную стоимость, %, по состоянию на 1.12.2009 г. –20%.

Необходимость включения налога на дополнительную стоимость возникает в связи с тем, что когда будет определяться верхняя граница цены, а потом договорная цена, то цена базового изделия уже составляет этот налог.

Верхняя граница цены изделия (C_{BG}) защищает интересы потребителя и определяется той ценой, которую потребитель готовый заплатить за продукцию с лучшим потребительским качеством.

$$C_{BG} = C_B \cdot \beta,$$

где C_B – цена базового изделия и она составляет 2052458,3 в сумах;

β – коэффициент качества изделия относительно базового;

Договорная цена может быть установлена за договорённостью между производителем и потребителем в интервале между нижней и верхней граничными ценами.

$$C_{HG} < C_{\text{ДОГ}} < C_{BG}$$

Для продукции приборостроительных предприятиях можно принять, что в составе себестоимости продукции условно-переменные расходы составляют 65-75%, а условно-постоянные – 25-35%. Тогда при годовой мощности производства X штук себестоимость годового выпуска продукции C_p составляет

$$C_p = a \cdot C_{\text{ПОЛ}} \cdot Q + b \cdot C_{\text{ПОЛ}} \cdot X,$$

где $C_{\text{ПОЛ}}$ – полная себестоимость единицы продукции, в сумах;

a, b – соответственно условно-переменные и условно-постоянные расходы в составе себестоимости продукции ($a = 0.65; b = 0.25$)

X – годовая мощность производства продукции шт/год
 $X = 500 \text{шт/год}$

Q – годовой объём выпуска продукции, шт/год;

$$C_p = 0,65 \cdot 1754\,237,96 \cdot Q + 0,25 \cdot 1754\,237,96 \cdot 500 = 115000Q + 2200000$$

Стоимость годового выпуска продукции:

$$Q_{\Gamma} = C_{\text{ДОГ}} \cdot Q$$

$C_{\text{ДОГ}}$ – принимаем среднее значение:

$$(2\,105\,085,55 + 3\,181\,310,54) / 2 = 2\,643\,198,05 \text{ [в сумах]}$$

Аналитически Q_1 и Q_2 могут быть рассчитаны по формулам:

$$Q_1 = \frac{b \cdot C_{\text{ПОЛ}} \cdot X}{C_{\text{ДОГ}} - a \cdot C_{\text{ПОЛ}}} = \frac{0,25 \cdot 1754\,237,96 \cdot 500}{2\,643\,198,05 - 0,65 \cdot 1754\,237,96} = 145$$

$$Q_2 = \frac{b \cdot C_{\text{ПОЛ}} \cdot X \cdot (1 + P_H / 100)}{C_{\text{ДОГ}} - a \cdot C_{\text{ПОЛ}} \cdot (1 + P_H / 100)} = \frac{0,25 \cdot 1754\,237,96 \cdot 500 \cdot (1 + 25 / 100)}{2\,643\,198,05 - 0,65 \cdot 358 \cdot (1 + 25 / 100)} = 225$$

Годовая прибыль при запланированном уровне рентабельности составит:

$$\begin{aligned} \Pi &= (C_{\text{ДОГ}} - C_{\text{ПОЛ}}) \cdot Q_2 = \\ &= (2\,643\,198,05 - 1754\,237,96) \cdot 225 = 200\,016\,01,40 \end{aligned}$$

Таким образом, годовая прибыль составляет 200 016 01,40 сум.

Охрана труда

Меры и средства подавления статической электризации.

Меры защиты от статического электричества направлены на предупреждение возникновения и накопления зарядов статического электричества, создание условий рассеивания зарядов и устранение опасности их вредного воздействия.

Устранение образования значительных статического электричества достигается при помощи следующих мер:

- Заземление металлических частей производственного оборудования;
- Увеличение поверхностной и объемной проводимости диэлектриков;
- Предотвращение накопления значительных статических зарядов путем установки в зоне электрозащиты специальных нейтрализаторов.

Обеспечение электромагнитной безопасности

Большинство ученых считают, что как кратковременное, так и длительное воздействие всех видов излучения от экрана монитора не опасно для здоровья персонала, обслуживающего компьютеры. Однако исчерпывающих данных относительно опасности воздействия излучения от мониторов на работающих с компьютерами не существует и исследования в этом направлении продолжаются .

Допустимые значения параметров неионизирующих электромагнитных излучений от монитора компьютера представлены в табл. 1.

Максимальный уровень рентгеновского излучения на рабочем месте оператора компьютера обычно не превышает 10 мкбэр/ч, а интенсивность ультрафиолетового и инфракрасного излучений от экрана монитора лежит в пределах 10...100 мВт/м².

Допустимые значения параметров электромагнитных излучений (в соответствии с СанПиН 2.2.2.542-96)

Наименование параметра	Допустимые
Напряженность электрической составляющей электромагнитного поля на расстоянии 50 см от поверхности видеомонитора	10 В/м
Напряженность магнитной составляющей электромагнитного	0,3 А/м
Напряженность электростатического поля не должна превышать: для взрослых пользователей для детей дошкольных учреждений и учащихся средних специальных и высших учебных заведений	20 кВ/м 15 кВ/м

При неверной общей планировке помещения, неоптимальной разводке питающей сети и неоптимальном устройстве контура заземления (хотя и удовлетворяющем всем регламентируемым требованиям электробезопасности) собственный электромагнитный фон помещения может оказаться настолько сильным, что обеспечить на рабочих местах пользователей ПЭВМ требования СанПиН по уровням ЭМП не представляется возможным ни при каких ухищрениях в организации самого рабочего места и ни при каких (даже суперсовременных) компьютерах. Более того, сами компьютеры, будучи помещёнными в сильные электромагнитные поля, становятся неустойчивыми в работе, появляется эффект дрожания изображения на экранах мониторов, существенно ухудшающий их эргономические характеристики.

Можно сформулировать следующие требования, которыми необходимо руководствоваться при выборе помещений для обеспечения в них нормальной электромагнитной обстановки, а также для обеспечения условия устойчивой работы ПЭВМ в условиях электромагнитного фона:

1. Помещение должно быть удалено от посторонних источников ЭМП, создаваемых мощными электроустройствами, электрическими распределенными щитами, кабелями электропитания с мощными энергопотребителями, радиопередающими устройствами и пр. Если данная возможность в выборе

помещения отсутствует, рекомендуется предварительно (до установки компьютерной техники) провести обследование помещения по уровню низкочастотных ЭМП. Затраты на последующее обеспечение устойчивой работы ПЭВМ в неоптимально выбранном по данному критерию помещении несравнимо выше, чем стоимость обследования.

2. Если на окнах помещения имеются металлические решетки, то они должны быть заземлены. Как показывает опыт, несоблюдение данного правила может привести к резкому локальному повышению уровня полей в какой-либо точке (точках) помещения и к сбоям в работе компьютера, случайно установленного в данной точке.

3. Групповые рабочие места (характеризующиеся значительной скученностью компьютерной и другой оргтехники) желательно размещать на нижних этажах здания. При подобном размещении рабочих мест минимально их влияние на общую электромагнитную обстановку в здании (энергонагруженные кабели питания не идут по всему зданию), а также существенно снижается общий электромагнитный фон на рабочих местах с компьютерной техникой (вследствие минимального значения сопротивления заземления именно на нижних этажах зданий).

Вместе с тем можно сформулировать ряд конкретных практических рекомендаций, по организации рабочего места и размещению компьютерной техники в самих помещениях, выполнение которых заведомо улучшит электромагнитную обстановку и с намного большей вероятностью обеспечит аттестацию рабочего места без принятия для этого каких-либо дополнительных специальных мер:

✓ Основные источники импульсных электромагнитных и электростатических полей – монитор и системный блок ПЭВМ должны быть в пределах рабочего места максимально удалены от пользователя.

✓ Должно быть обеспечение надежное заземление, подводимое непосредственно к каждому рабочему месту (использование удлинителей с евророзетками, снабженными заземляющими контактами).

✓ Крайне нежелательным является вариант одной линии питания, обходящей по всему периметру рабочего помещения.

✓ Провода питания желательно проводить в экранирующих металлических оболочках или трубах.

✓ Должно быть обеспечено наибольшее удаление пользователя от сетевых розеток и проводов электропитания.

Выполнение перечисленных выше требований может обеспечить снижение в десятки и сотни раз общего электромагнитного фона в помещении и на рабочих местах.

Заключение

В области радиолокационных систем (РЛС), как и в любой другой области техники, происходит непрерывный процесс обновления, замены устаревших средств новыми модификациями. Расширяются и усложняются решаемые ими задачи, растут их показатели эффективности и качества, совершенствуются прежние и создаются новые конструкции, расширяются связи РЭС с другими системами.

В развитии радиоэлектронных систем можно указать определенные этапы или поколения. Например, в истории развития радиоэлектронных систем значительный период занимал этап конструирования РЭС с использованием электронных ламп. Он сменился этапом развития радиоэлектронных систем с применением полупроводниковых элементов, за которым последовал новый этап построения РЭС на основе интегральной схемотехники (интегральных микросхем и микропроцессоров).

Развитие микроэлектроники и вычислительной техники дало широкие возможности для применения в радиоэлектронике цифровых методов обработки и преобразования информации. Применение идей и методов цифровой обработки сигналов открывает принципиально новые возможности в различных областях радиоэлектроники и прежде всего в таких, как радиосвязь, радиолокация, радиоуправление.

Особенно широко используются в радиоэлектронике достижения таких разделов физики, как физика твердого тела, оптика. Успехи в области когерентной оптики, голографии и в других областях физики способствовали созданию и развитию оптических методов обработки и преобразования информации. Они нашли свое применение, например, в радиолокации (РЛА), в микроволновой технике и других областях.

В данной работе был выполнен расчет основных параметров РЛС, необходимых для обнаружения цели с заданными характеристиками. Был рассмотрен вопрос о двух конфликтующих сторонах, их средствах постановки помех и помехозащиты. Проведенные расчеты показывают, что

при наличии достаточно полной информации о средствах противоположной стороны возможно как эффективное применение помех, так и их эффективное подавление.

В настоящее время радиолокационные станции нашли широчайшее применение во многих сферах деятельности человека. Современная техника позволяет с большой точностью измерять координаты положения целей, следить за их движением, определять не только формы объектов, но и структуру их поверхности. Хотя радиолокационная техника разрабатывалась и развивалась в первую очередь для военных целей, ее преимущества позволили найти многочисленные важные применения радиолокации и в гражданских областях науки и техники; наиболее важным примером может служить управление воздушным движением.

С помощью РЛС в процессе УВД решаются задачи:

Обнаружения и определения координат воздушных судов

Контроля выдерживания экипажами воздушных судов линий заданного пути, заданных коридоров и времени прохождения контрольных точек, а также предупреждение опасных сближений воздушных судов

Оценки метеообстановки по маршруту полета

Коррекции местоположения воздушных судов, передачи на борт информации и указаний для вывода в заданную точку пространства.

В современных РЛС УВД используются самые последние достижения науки и техники. Элементной базой РЛС являются интегральные микросхемы. В них широко используются элементы вычислительной техники и, в частности, микропроцессоры, которые служат основой технической реализации адаптивных систем обработки радиолокационных сигналов.

Кроме того, к другим особенностям данных РЛС можно отнести:

Применение цифровой системы СДЦ с двумя квадратурными каналами и двойным или тройным вычитанием, обеспечивающей коэффициент

подавления помех от местных предметов до 40..45 дБ и коэффициент подпомеховой видимости до 28..32 дБ;

Применение переменного периода повторения зондирующего сигнала для борьбы с помехами от целей, удаленных от РЛС на расстоянии превышающее максимальную дальность действия радиолокатора, и для борьбы со “слепыми” скоростями;

Обеспечение линейной амплитудной характеристики приемного тракта до входа системы СДЦ с динамическим диапазоном по входному сигналу до 90..110 дБ и динамическим диапазоном системы СДЦ, равным 40 дБ;

Повышение фазовой стабильности генераторных приборов приемника и передатчика РЛС и применение истинно когерентного принципа построения РЛС;

Применение автоматического управления положением нижней кромки зоны обзора РЛС в вертикальной плоскости благодаря использованию двулучевой диаграммы направленности антенны и формированию взвешенной суммы сигналов верхнего и нижнего лучей.

Развитие РЛС УВД характеризуется прежде всего тенденцией непрерывного повышения помехозащищенности РЛС с учетом возможных изменений помеховой обстановки. Повышение точности РЛС обеспечивается в основном благодаря применению более совершенных алгоритмов обработки информации. Повышение надежности РЛС достигается благодаря широкому использованию интегральных микросхем и значительному повышению надежности механических узлов (антенны, опорно-поворотного устройства и вращающегося перехода), а также за счет применения аппаратуры встроенного автоматического контроля параметров РЛС.

Список использованной литературы

1. Бакулев П.А. Радиолокационные системы. - М.,: Радиотехника, 2004 г.
2. Радзиевский В.Г., Сирота А.А. Теоретические основы радиоэлектронной разведки. - М.,: Радиотехника, 2004 г.
3. Перунов Ю.М., Фомичев К.И., Юдин Л.М. Радиоэлектронное подавление информационных каналов систем управления оружием. – М.: Радиотехника, 2003 г.
4. Кошелев В.И. Теоретические основы радиоэлектронной борьбы. – Конспект лекций.
5. Основы системного проектирования радиолокационных систем и устройств: Методические указания по курсовому проектированию по дисциплине «Основы теории радиотехнических систем» / Рязан. гос. радиотехн. акад.; Сост.: В.И. Кошелев, В.А. Федоров, Н.Д. Шестаков. Рязань, 1995. 60 с.
6. Цыбин В.В., Закиров Р.Г., Эшмурадов Д.Э. Вопросы помехоустойчивости способов модуляции в современных системах вторичной радиолокации //Узбекский журнал проблемы информатики и энергетики. – Ташкент, 2007. - №4. – С.93-101.
7. Абдукаюмов А., Эшмурадов Д.Э. Сравнительный анализ способов улучшения помехоустойчивости устройств вычислительной техники и систем управления //Передовые технологии и методы создания и эксплуатации авиакосмической техники: Сб. тез.докл.. респ.науч.-техн. конф. 27-30 апреля 1998.- Ташкент, 1998. – С.62-63.
8. Эшмурадов Д.Э. О помехоустойчивости авиационных радиооборудований //Фан ва таълимда ахборот-коммуникация технологиялари: Республика илмий-амалий конференция материаллари. 6-7 апрель 2006 йил. – Ташкент, 2006. – С.143-144.

Интернет источники

1. <http://dasbook.ru> (книги по электронике и программированию)
2. <http://el-book.narod.ru> (интернет-библиотека)
3. <http://osp.aanet.ru> (GPS, ГЛОНАСС, КОСПАС/SARSAT)
4. <http://www.interavionics.com> (самолетная авионика)
5. <http://www.pcports.ru> (сопряжение РС с внешними устройствами)
6. <http://www.spbstu.ru> (помехоустойчивость передачи дискретных сообщений)
7. <http://www.uzairways.com>