Теоретические основы радиолокации

ПОМЕХИ РАДИОЛОКАЦИОННОМУ НАБЛЮДЕНИЮИ БОРЬБА С НИМИ

Учебные вопросы

1. Основные виды помех средствам активной радиолокации
2. Влияние различных помех на работу РЛС
3. Общие методы защиты от помех

Вид занятия: Лекция

Литература:

Перевезенцев Л.Т. Огарков В.Н. Радиолокационные системы аэропортов.М; Транспорт.1991, с. 297-319.

Теоретические основы радиолокации

ПОМЕХИ РАДИОЛОКАЦИОННОМУ НАБЛЮДЕНИЮИ БОРЬБА С НИМИ

Основные виды помех средствам активной радиолокации

Радиопомехой называется любое внешнее радиоизлучение, препятствующее приему полезной информации, содержащейся в принятой реализации, или содержащее ложную информацию.

Принятая реализация при отсутствии внешних помех записывается в виде

y(t) = n(t) + x(t) , где **x(t)** - полезный сигнал; **n(t)** - внутренний шум.

В условиях воздействия внешних помех принятая реализация несколько видоизменяется

$$y(t) = n(t) + x(t) + \sum_{i=1}^{k} u_{n_i}(t),$$

где $u_{ni}(t)$ - колебания внешней помехи;
k - число источников помех.

Общая классификация помех производится по таким признакам, как источники происхождения помех, способы их создания, характер воздействия на РЛС.

По происхождению помехи делятся на:

естественные,
искусственные (преднамеренные)
взаимные.

Теоретические основы радиолокации

ПОМЕХИ РАДИОЛОКАЦИОННОМУ НАБЛЮДЕНИЮИ БОРЬБА С НИМИ

По способу создания помехи делятся на **активные** и **пассивные**.

Активные ***создаются специальными передатчиками,*** **сигналы которых воздействуют на РЛС и затрудняют радиолокационное наблюдение целей или создают ложную информацию.**

Пассивные ***- возникают за счет отражения энергии излучаемого РЛС сигнала от специальных или естественных отражателей и сред*** **(**такими объектами являются «местные предметы», гидрометеоры (облака, дождь, град, снег), другие объекты естественного происхождения, а также специально создаваемые помеховые сигналы **).**

Общие методы защиты от помех

Методы защиты от активных помех

С точки зрения воздействия активных помех на системы РЛС методы защиты станций можно разделить на две основные группы:

-методы припятствующие попаданию помехи в приемную систему и устройство отбработки сигнала.

К ним относятся следующие виды селекции сигналов: **пространственная, частотная, поляризационная**;

-методы борьбы с помехами, проникшими в приемную систему.

Их действие основано на различии параметров сигнала цели и помехи по спектральным характеристикам, по частоте повторения и длительности, по амплитуде и т.д.

Для борьбы с помехами такие отличительные признаки могут специально вводится в сигнал для повышения эффективности защиты (например, поляризация волн, временная расстановка импульсов, тип модуляции и т. д.).

Методы защиты от активных помех

Различия между сигналом и помехой которые могут быть использованы в целях защиты РЛС от активных помех:

1. Различия в спектральном составе сигнала и помехи, которые реализуются с помощью различных фильтрующих схем.

Методы защиты: **- перестройка по несущей частоте РЛС;**

- оптимальная фильтрация сигналов.

2. Различия во временной структуре сигналов и помех, которые сами по себе представляют частный случай различий в спектрах.

Методы защиты – селекция импульсных сигналов по:

- длительности;

- частоте следования;

- временному интервалу;

- временному коду.

3. Различия в амплитудах сигналов и помех.

Методы защиты с помощью схем селекции по амплитуде и при компенсационном методе.

4. Различия в пространственном положении цели и источника помех. Методом защиты является повышение разрешающей способности по направлению и уменьшения уровня побочного излучения и приема по боковым и задним лепесткам диаграммы направленности антенны РЛС.

5. Различия в поляризационной структуре сигнала и помех, учитывая, что помехи имеют круговую или элиптическую поляризацию, а волна, отраженная от цели, является плоскополяризованной.

Методы защиты от активных помех

Перестройка несущей частоты – при реализации этого метода защиты РЛС от активных помех используется различие несущих частот полезного сигнала и помех (частотная селекция сигналов).

Этот метод может осуществляться либо применением нескольких приемо-передающих каналов, разнесенных по частоте, либо использованием одного приемо-передающего канала, у которого предусмотрена перестройка рабочей частоты. Величина перестройки рабочей частоты РЛС должна быть не менее, чем сумма удвоенной промежуточной частоты и ширины полосы пропускания приемника (2fпо+fпр).

Методы перестройки несущей частоты РЛС:

-несущая частота изменяется в заданной полосе частот от группы к группе излучаемых импульсов, каждая из которых состоит из нескольких импульсов;

- несущая частота изменяется от импульса к импульсу;

- несущая частота меняется в пределах длительности каждого импульса;

-несущая частота меняется в пределах длительности каждого импульса относительно средней величины, которая в свою очередь изменяется в течении времени всей последовательности импульсов.

Основным недостатком этого метода защиты является возможность разведки новой несущей частоты или закона ее изменения и электронное подавление РЛС на новой частоте.

Оптимальная фильтрация – сводится к построению передаточной функции фильтра, при которой на выходе фильтра отношение мощности сигнала и помехи достигает максимальной величины. Реализация оптимальных фильтров в современных РЛС осуществляется с помощью схем на линиях задержки с отводами.

Автоматическая регулировка усиления – предназначена для выделения полезного сигнала, принимаемого на фоне мощной помехи большой напряженности, принцип работы состоит в том, чтобы за время действия импульса помехи не произошло перегрузки приемной системы.

Селекция по амплитуде – используется для подавления помех различных видов, амплитуда которых превышает пороговое значение.

Селекция по длительности сигнала – схема производит селекцию таких импульсов, длительность которых равна длительности сигнала, отраженных от цели, и обеспечивает защиту РЛС от синхронных импульсных помех, длительность которых не совпадает с длительность сигнала РЛС.

Селекция по частоте повторения сигнала – обеспечивает подавление несинхронной импульсных помех, имеющих период повторения, отличных от периода следования импульсов РЛС.

Вывод:

1. Методы защиты РЛС от активных помех подразделяются на методы препятствующие попаданию помехи в приемную систему и методы борьбы с помехами, проникшими в приемную систему.
2. Способы защиты основаны на различиях между сигналом и помехой в спектральном составе, во временной структуре, в амплитудах, в пространственном положении и в поляризационной структуре.

Методы защиты от пассивных маскирующих помех

Аппаратура для борьбы с пассивными помехами основана на априорном знании отличий свойств помех от свойств полезных сигналов.

Основные различия сигналов целей и пассивных маскирующих помех

1. Распределенный характер мешающих отражателей и близкий к сосредоточенному — блестящих элементов цели. Поэтому, повышая разрешающую способность по координатам и сокращая при этом размеры разрешаемого объема (во всяком случае, до размеров, превышающих размеры самолета), можно добиться улучшения наблюдаемости сигнала на фоне пассивных помех.

2. Отличия в поляризации отраженных сигналов наблюдаются, если пассивная помеха создается, например, гидрометеорами (дождь, тучи), состоящими из мелких капель, имеющих форму шара. Если гидрометеоры облучаются колебаниями с круговой поляризацией, то они отражают колебания также с круговой поляризацией, но с обратным (если смотреть в направлении распространения волны) вращением плоскости поляризации. Если приемная антенна не воспринимает колебания с такой поляризацией, она тем не менее может принимать колебания от целей, обладающих несимметрией структуры.

Основные различия сигналов целей и пассивных маскирующих помех

3. Различия в скорости перемещения мешающих отражателей и цели.

Скорость перемещения наземных мешающих отражателей относительно наземной радиолокационной станции равна нулю, в то время как представляющие практический интерес цели пере мещаются с достаточно большой скоростью.

Полезный сигнал (сигнал, отраженный от воздушного судна) и пассивная помеха являются результатом вторичного излучения электромагнитной энергии.

Основное различие сигналов заложено в частотах отраженных сигналов и обусловлено разными радиальными составляющими скоростей движения цели и источников пассивных помех. Различия в радиальных скоростях целей и отражателей имеются и могут быть использованы для селекции по скорости. **Селекцию по скорости (иначе по эффекту движения цели) называют *селекцией движущихся целей* (СДЦ).**

В принципе для выделения сигналов движущихся целей можно использовать **изменение несущей частоты, частоты повторения импульсов и длительности импульсов,** которые наблюдаются при отражении зондирующего сигнала от таких объектов. Однако последние два эффекта очень малы и обнаружить их трудно.

Методы защиты от пассивных маскирующих помех

Основным признаком, по которому отличаются движущиеся и неподвижные объекты, является различная **величина доплеровского сдвига частоты высокочастотного заполнения отраженного сигнала**.

Для того чтобы сравнить фазы отраженного и зондирующего сигналов, необходимо сформировать **опорное или когерентное колебание**, позволяющее запомнить фазу зондирующего сигнала по крайней мере на тот интервал дальности, где имеются пассивные помехи. Опорное колебание обычно формируют на промежуточной частоте, на которой происходит основное усиление сигналов.

Когерентный канал обработки предназначен для подавления сигналов, отраженных от протяженных пассивных помех («местных» предметов) и метеообразований.

В основу обработки положен эффект Доплера, заключающийся в изменении частоты отраженных синалов по отношению к частоте сигналов излученных. Такой эффект возникает в случае если воздушный объект движется и есть радиальная составляющая скорости, соответствующая изменению дальности от объекта до РЛС. Изменение дальности приводит, в свою очередь, к изменению фазовых соотношений сигналов излученных и отраженных.

Различают несколько видов обеспечения когерентности колебаний.

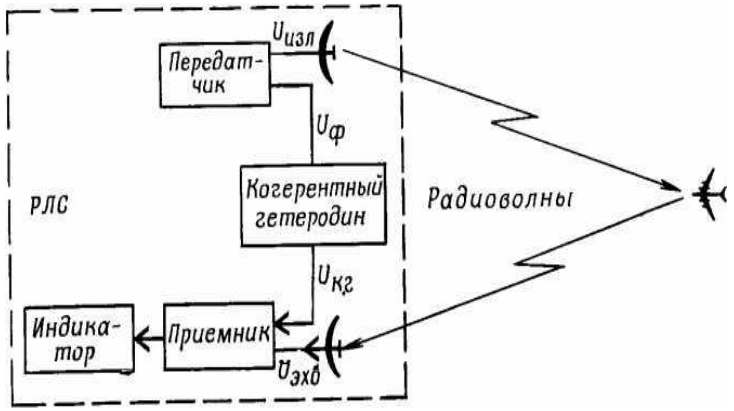
Истинная внутренняя когерентность **достигается тем, что колебания создаются стабильным задающим генератором, после которого стоит усилитель мощности с устойчивой фазовой характеристикой.**

Эквивалентная внутренняя когерентность **достигается тем, что генератор с самовозбуждением вырабатывает последовательность импульсов постоянной несущей частоты со случайными начальными фазами. Начальная фаза каждого зондирующего импульса запоминается на время приема отраженных сигналов до следующего зондирования. Путем соответствующей обработки принимаемого колебания эта фаза исключается и принимаемые колебания оказываются практически такими же, как и в случае истинной когерентности.**

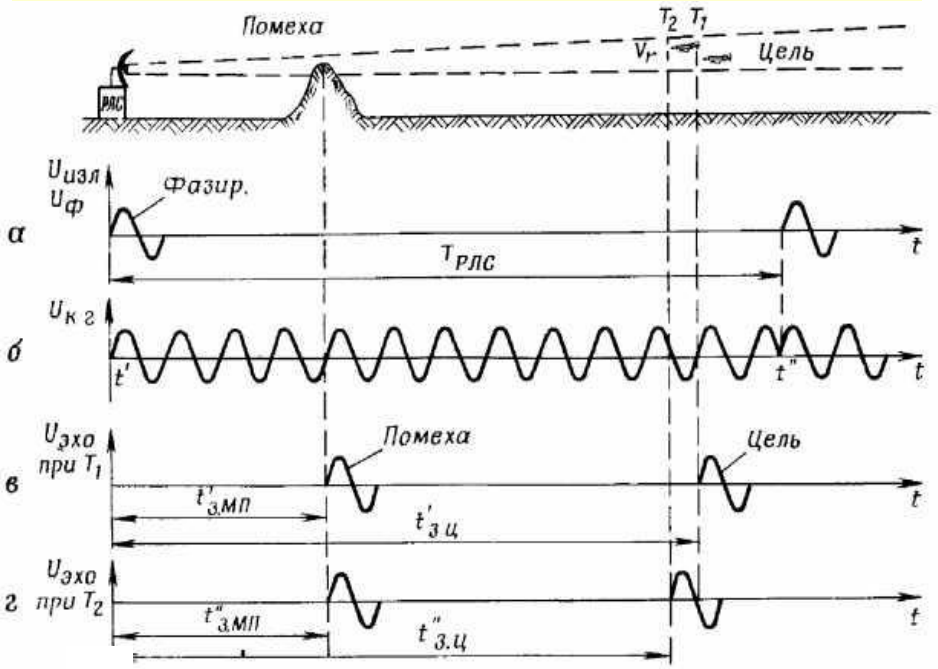
Внешняя когерентность **достигается тем, что информация о случайной начальной фазе зондирующего импульса извлекается из приходящих от пассивных отражателей колебаний.**

Когерентно-импульсный метод радиолокации

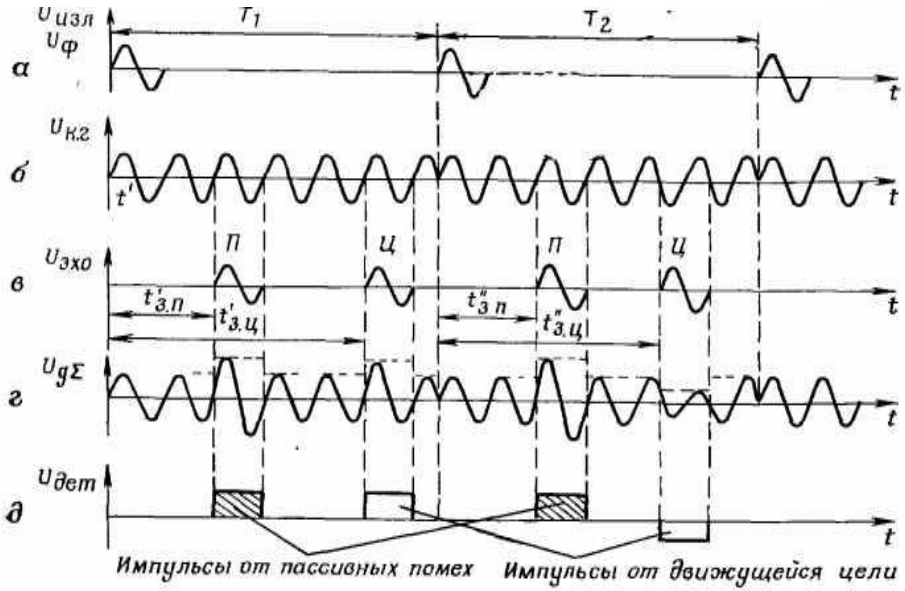
1. Схема РЛС, работающей когерентно-импульсным методом



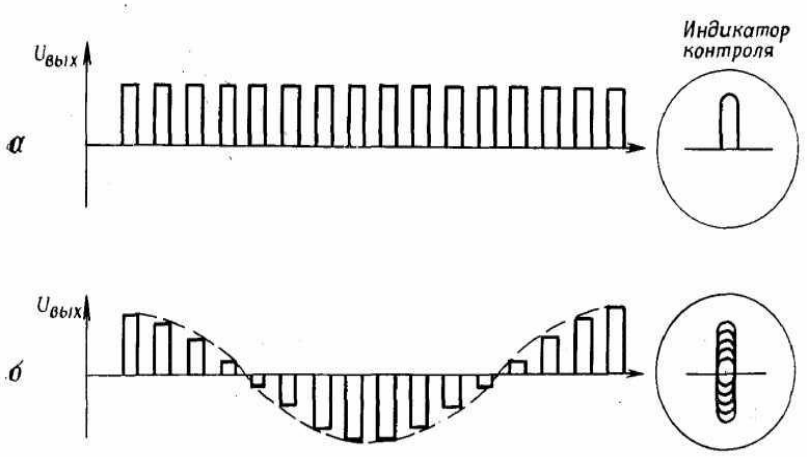
2. Фазовые соотношения между когерентным напряжением и эхо- импульсами



3. Эпюры сигналов при когерентно-импульсном методе радиолокации



4. Выходные сигналы фазового детектора



Когерентно-импульсный метод радиолокации заключается в следующем.

РЛС через определенные промежутки времени излучает зондирующие импульсы **(рис. 1; 2 а;3 а),** а в паузах между ними ведет прием эхо-сигналов. Одновременно с зондирующими импульсами с передающего устройства радиоимпульсы малой мощности (фазирующие импульсы) поступают в когерентный гетеродин и навязывают колебаниям гетеродина свою фазу колебаний **(рис. 2б и 3б в моменты времени t', t'', t''').** Когерентное напряжение поступает в приемник и суммируется эхо-сигналами, принятыми антенной **(рис. 3в).** Суммарное напряжение **(рис. 3г)** детектируется в фазовом детекторе, в результате чего радиоимпульсы преобразуются в видеоимпульсы **(рис. 3д).**

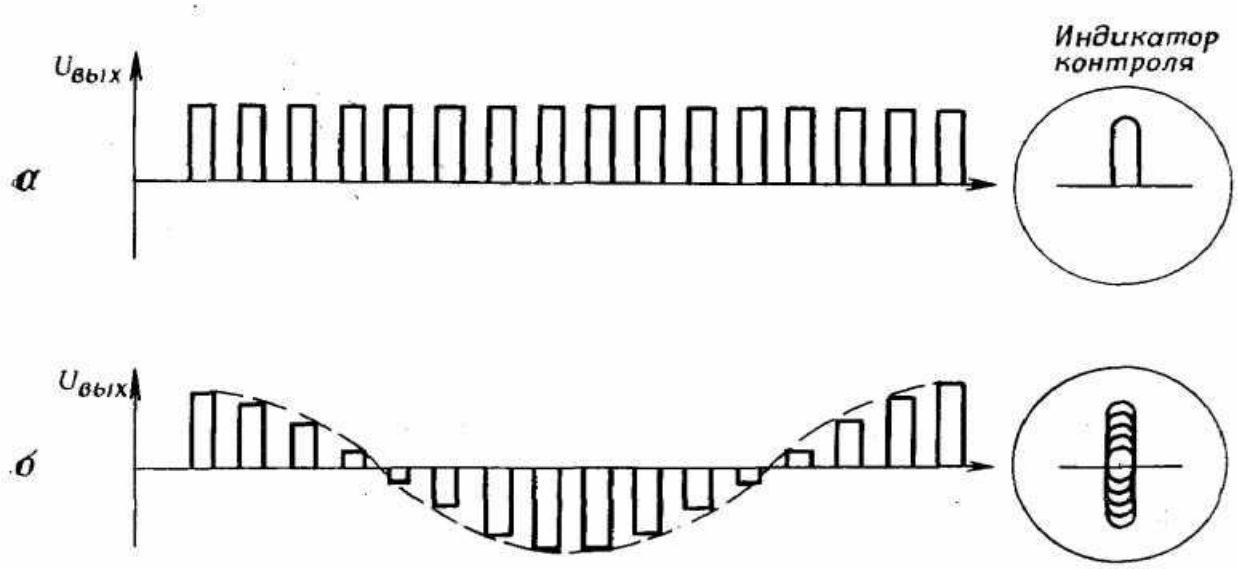
Если цель неподвижна (местные предметы, дипольные отражатели), то запаздывание эхо-сигналов **(рис. 2 и 3)** в каждом периоде работы РЛС будет неизменное. Поэтому при суммировании эхо-сигналов с когерентным напряжением фазовый сдвиг между ними будет постоянным и амплитуда видеоимпульсов также будет постоянная **(рис. 3*д*).**

На индикаторе с амплитудной индикацией отметка от цели в этом случае наблюдается в виде неподвижного импульса (рис. 4, а). Это является отличительным признаком того, что обнаруженная цель относительно РЛС неподвижна.

Теоретические основы радиолокации

Когерентно-импульсный метод радиолокации

При радиальном (относительно РЛС) перемещении цели непрерывно изменяется расстояние между целью и станцией. Поэтому время запаздывания эхо-сигналов при каждом очередном периоде работы РЛС будет изменяться. Это приводит к изменению фазового сдвига между эхо- сигналами и когерентным напряжением. В результате амплитуда суммарного колебания будет изменяться **(рис. 3*г*),** а следовательно, и продетектированные видеоимпульсы будут изменяться по амплитуде и знаку **(рис. 3д).** На индикаторах с амплитудной индикацией отметка от цели в этом случае наблюдается в виде «заштрихованного» импульса **(рис. 4б).** Это является признаком того, что обнаруженная цель является подвижной.

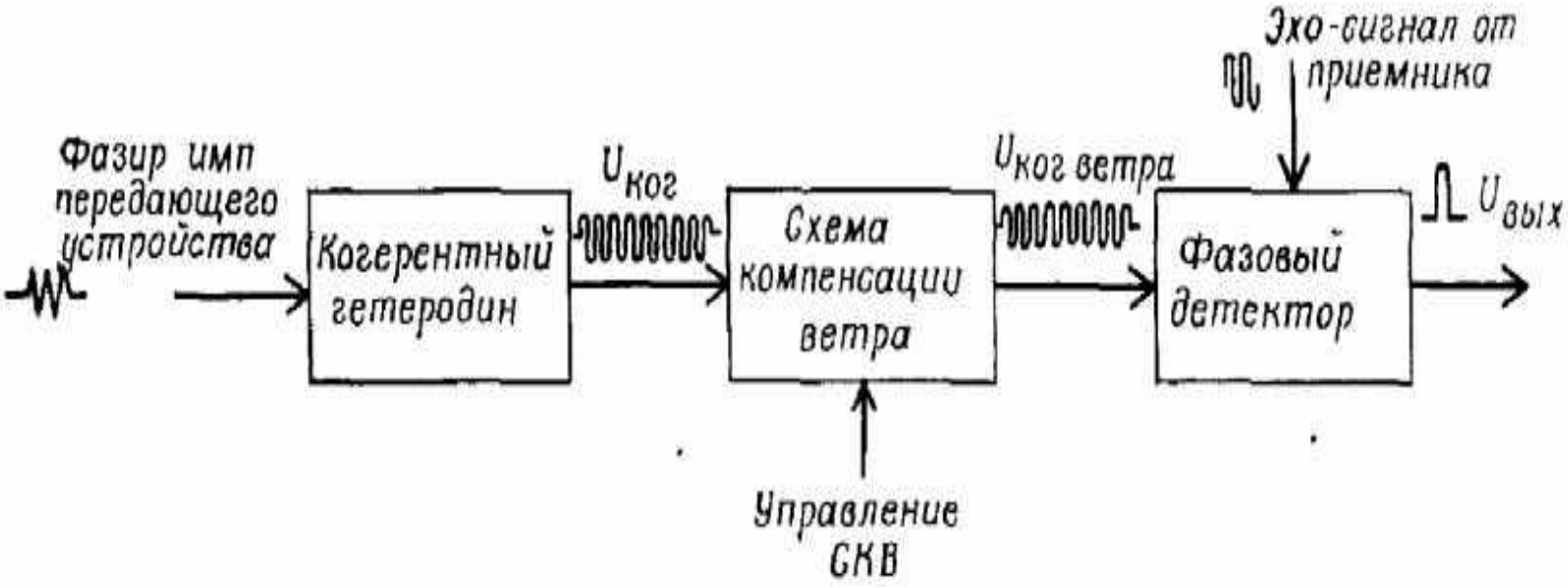


4. Выходные сигналы фазового детектора

Теоретические основы радиолокации

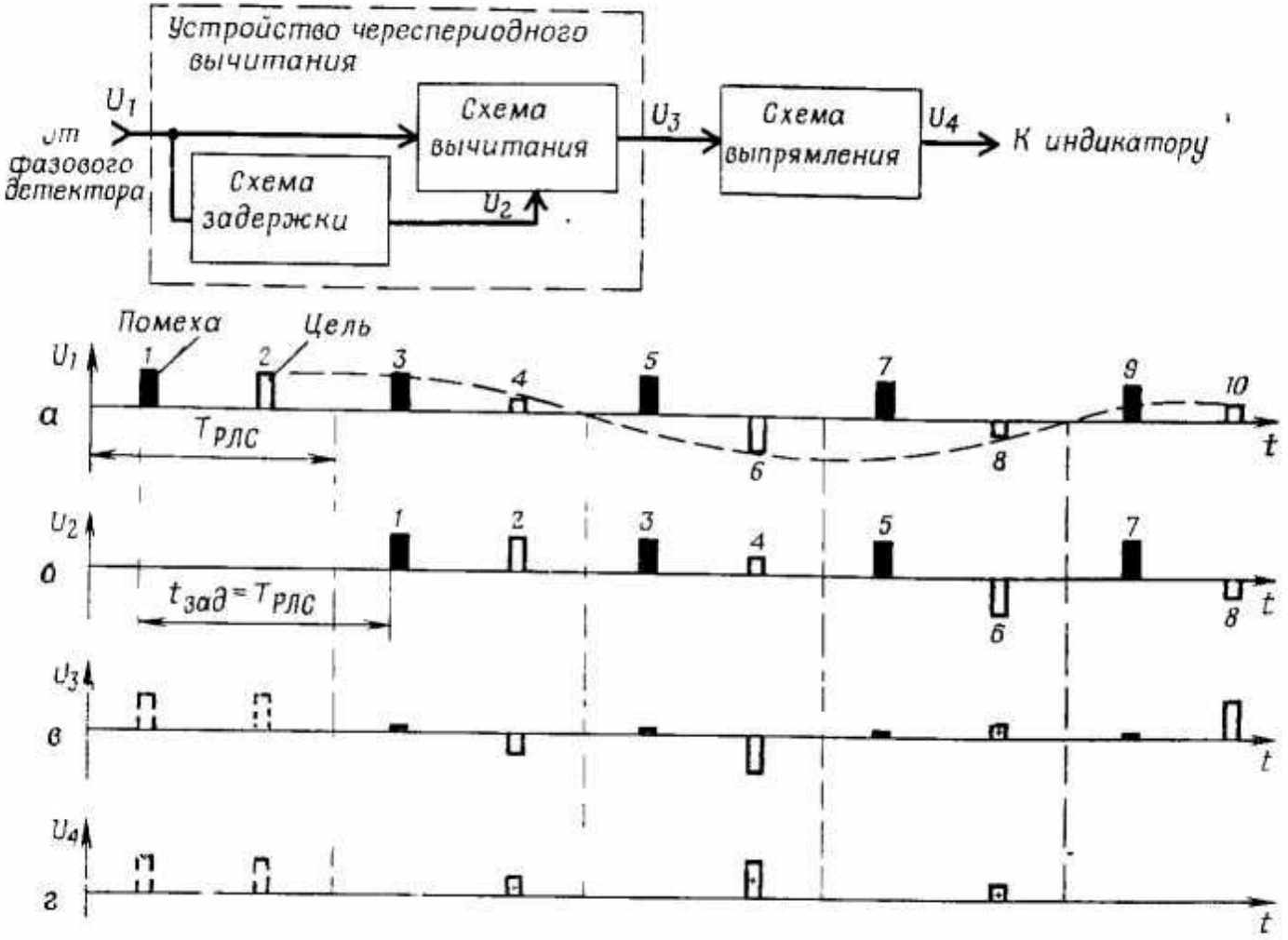
СИСТЕМЫ СЕЛЕКЦИИ ДВИЖУЩИХСЯ ЦЕЛЕЙ

Облака движущиеся под действием ветра, дают некоторое (небольшое) доплеровское смещение частоты эхо-сигналов. Это приводит к изменению амплитуды сигналов на выходе когерентно-импульсного устройства, т. е. пропадает качественное различие сигналов от подвижных целей и помех. Такое проявление действия ветра может быть скомпенсировано с помощью специальной **схемы компенсации ветра (СКВ),** которая включается между когерентным гетеродином и фазовым детектором и которая «корректирует» частоту когерентного гетеродина .

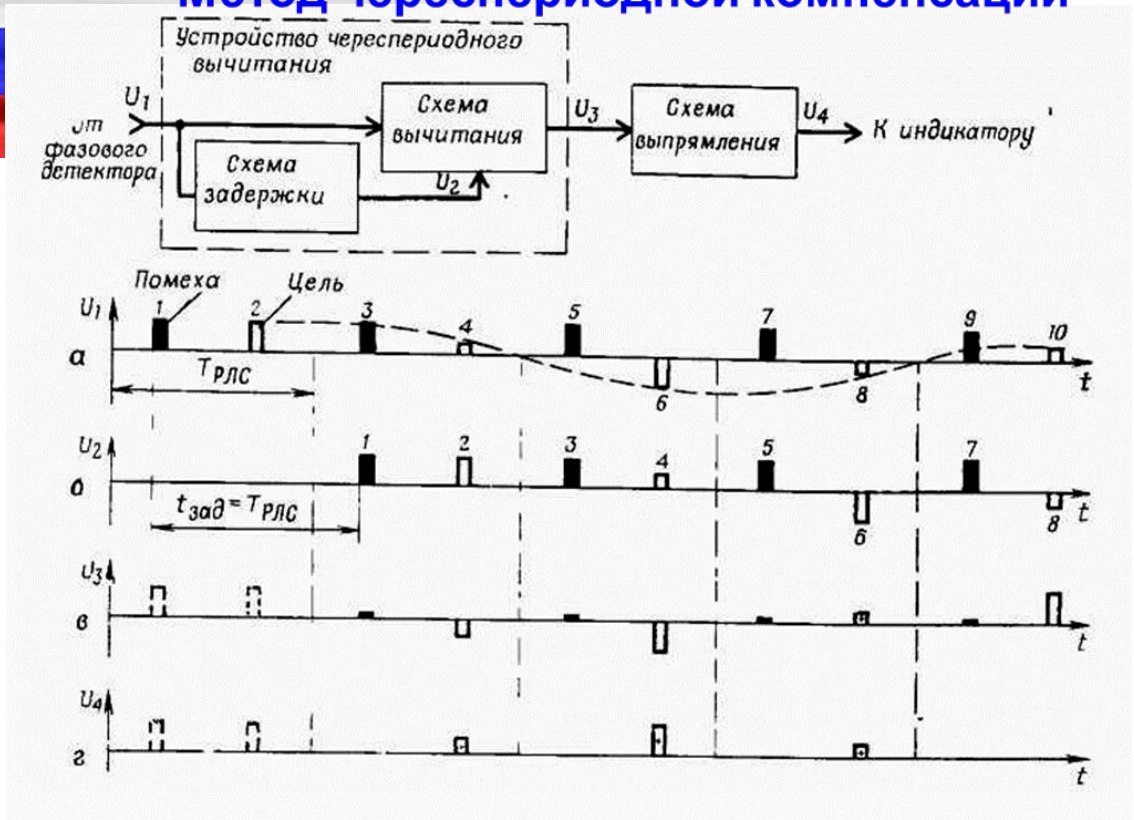


Метод чересперiодной компенсации

Тот факт, что на выходе когерентно-импульсного устройства амплитуда видеоимпульсов от движущихся целей непрерывно изменяется, а от неподвижных - остается неизменной, позволяет оставить в тракте эхо-сигналов первые и устранить вторые. Устройство чересперiодной компенсации включается между когерентно-импульсным устройством и индикатором .



Метод чересопериодной компенсации



Выходные импульсы фазового детектора поступают на схему вычитания и схему задержки. Каждый эхо-сигнал, задержанный на время, равное периоду работы РЛС, также поступает на схему вычитания. В схеме вычитания из импульса данного периода работы станции вычитается импульс предыдущего периода.

В результате такого чересопериодного вычитания импульсы от неподвижных целей, имеющие одинаковую амплитуду, компенсируют друг друга, а импульсы от движущихся целей, амплитуда которых непрерывно изменяется, остаются. Для использования оставшихся сигналов на индикаторах их преобразуют в однополярные .

Теоретические основы радиолокации

СИСТЕМЫ СЕЛЕКЦИИ ДВИЖУЩИХСЯ ЦЕЛЕЙ

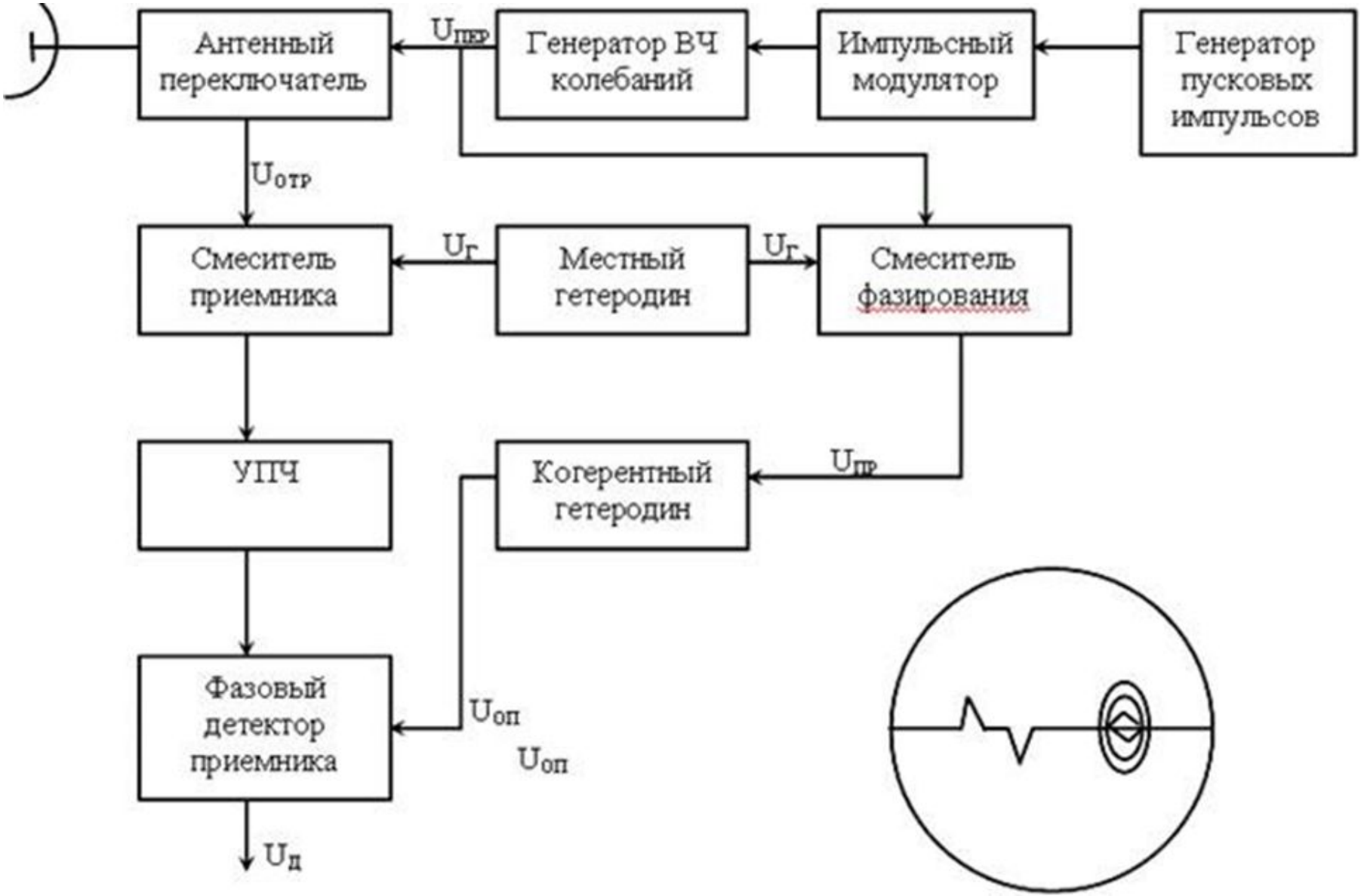
Одним из основных недостатков когерентно-импульсного метода являются так называемые «слепые» скорости цели, т. е. такие значения радиальной составляющей скорости цели, при которых запаздывание эхо-сигналов в каждом очередном периоде работы станции будет изменяться на целое число периодов излученных колебаний (фаза эхо-сигналов изменится на ***n* x 360°,** где ***n*** - целое число). В этом случае на выходе фазового детектора амплитуда видеоимпульсов также не будет изменяться, и эхо-сигналы через устройство ЧПК не пройдут.

Для борьбы со «слепыми» скоростями цели используется **несимметричный запуск** станции. При таком запуске в каждых двух соседних периодах повторения изменение расстояния до цели от РЛС будет различным, следовательно, будет различным и фазовый сдвиг, что обеспечит выделение сигналов движущихся целей.

Теоретические основы радиолокации

СИСТЕМЫ СЕЛЕКЦИИ ДВИЖУЩИХСЯ ЦЕЛЕЙ

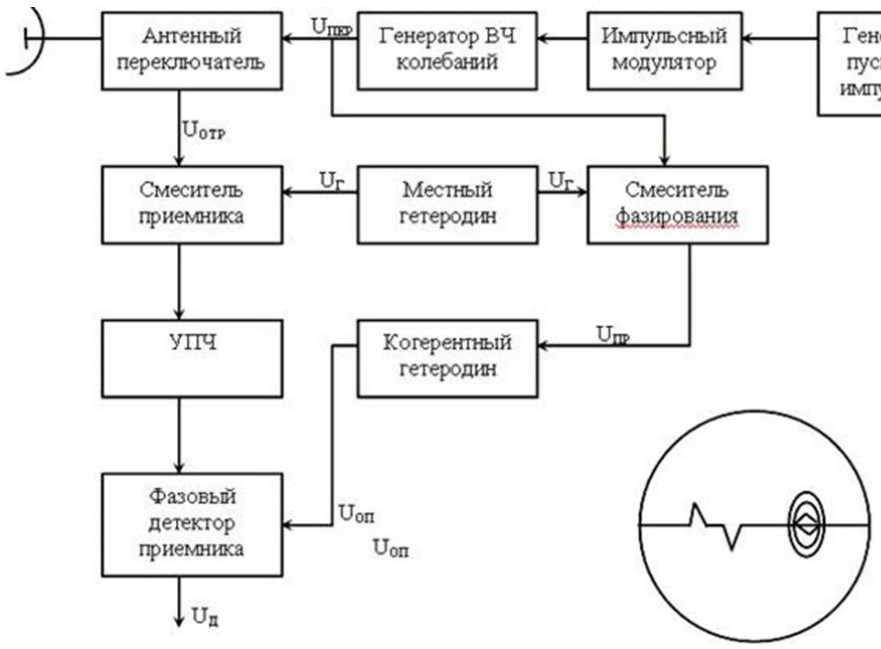
Система СДЦ с внутренней когерентностью



Теоретические основы радиолокации

СИСТЕМЫ СЕЛЕКЦИИ ДВИЖУЩИХСЯ ЦЕЛЕЙ

Система СДЦ с внутренней когерентностью



Система генерирует опорные импульсы внутри РЛС. Сигналы **передатчика** поступают в **антенну** и на вход **смесителя фазирования**, где они смешиваются с колебаниями **гетеродина** приемника.

На **ФД** поступает также принятый сигнал промеж. частоты $\mathbf{f_{пр}}$. Фазы опорного и принятого сигналов сравниваются при каждом излучении зондирующих импульсов.

В результате биений $U_{пр}$ и $U_{оп}$ на выходе ФД образуются видеоимпульсы, амплитуда и полярность которых зависят от разности фаз этих напряжений. Изменения амплитуды выходных сигналов ФД приводит к тому, что отметки движущихся целей пульсируют с частотой Доплера.

Амплитуды отметок, образуемых неподвижными целями, не изменяются, т.к. разность фаз напряжений $U_{оп}$ и $U_{пр}$ от периода к периоду следования импульсов остается неизменной. Это позволяет различать отметки движущихся и неподвижных объектов.