



Занятие: ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ СЕЛЕКЦИИ ДВИЖУЩИХСЯ ЦЕЛЕЙ

Учебные вопросы

1. Когерентно-импульсный метод радиолокации
2. Метод череспериодной компенсации
3. Классификация систем СДЦ

Литература:

Перевезенцев Л.Т. Огарков В.Н. Радиолокационные системы аэропортов. М; Транспорт. 1981, с. 266-275.



Теоретические основы радиолокации

СИСТЕМЫ СЕЛЕКЦИИ ДВИЖУЩИХСЯ ЦЕЛЕЙ

Когерентность (от лат. *cohaerens* — «находящийся в связи»):

Когерентность нескольких колебательных или волновых процессов (в физике) — согласованность (скоррелированность) этих процессов во времени, проявляющаяся при их сложении.

Применительно к радиолокации под когерентностью понимают степень взаимосвязи параметров пространственно-временных сигналов.

В когерентных радиолокационных системах в отличие от некогерентных используется информация об изменении не только параметров амплитуды, но и фазы отраженного от цели сигнала.

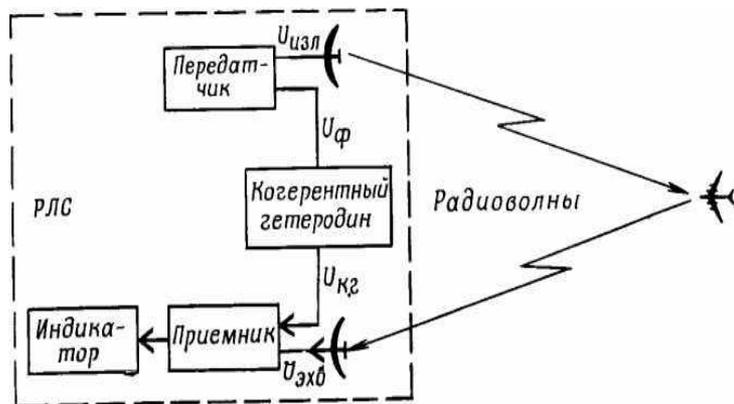
Фаза является наиболее чувствительным параметром сигнала. Так, например, изменение расстояния до цели всего на один сантиметр приводит к изменению фазы сигнала на 180° (в сантиметровом диапазоне волн), в то время как амплитуда сигнала и задержка огибающей сигнала остаются практически неизменными.

Радиоимпульсы называются некогерентными, если начальная фаза высокочастотных колебаний от импульса к импульсу является случайной величиной.

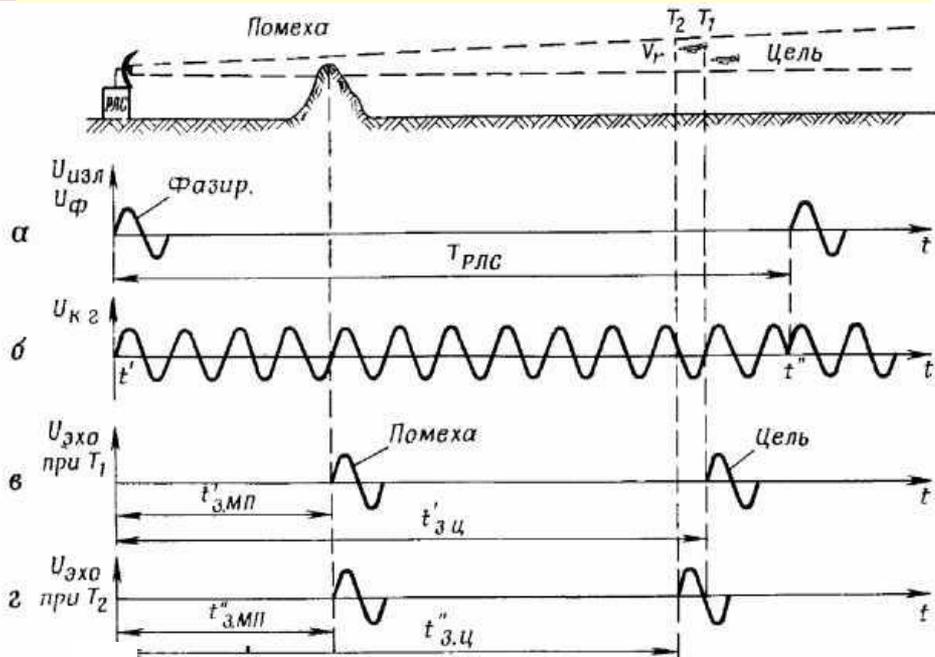
Радиоимпульсы называются когерентными, если начальная фаза колебаний каждого радиоимпульса одинаковая или изменяется от импульса к импульсу по определенному закону.

Когерентно-импульсный метод радиолокации

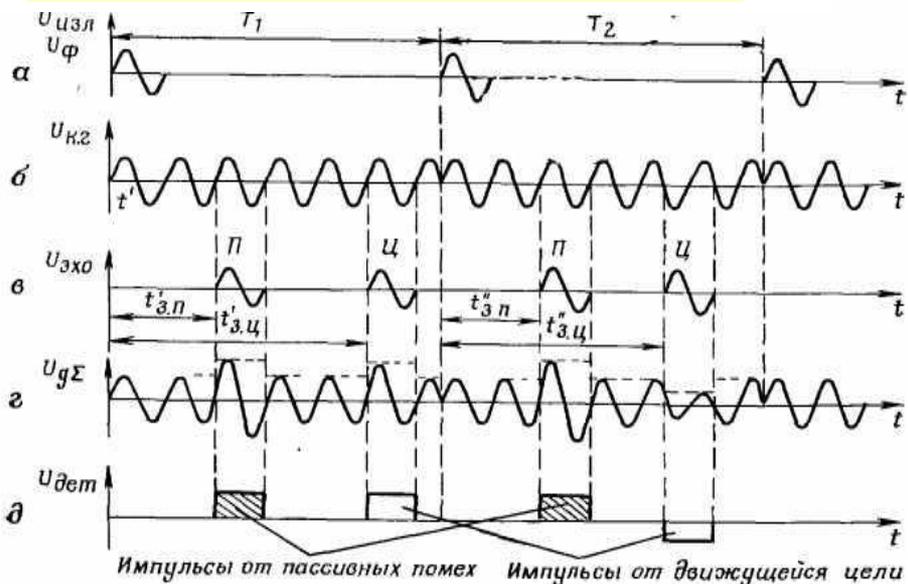
1. Схема РЛС, работающей когерентно-импульсным методом



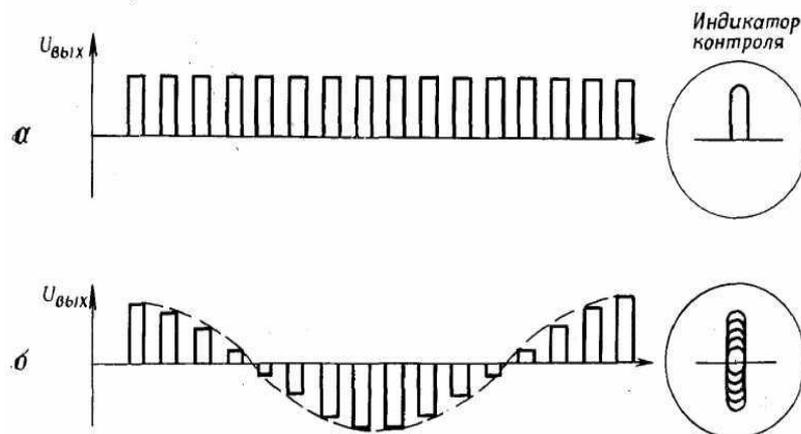
2. Фазовые соотношения между когерентным напряжением и эхо-импульсами



3. Эпюры сигналов при когерентно-импульсном методе радиолокации



4. Выходные сигналы фазового детектора





Теоретические основы радиолокации

СИСТЕМЫ СЕЛЕКЦИИ ДВИЖУЩИХСЯ ЦЕЛЕЙ

Когерентно-импульсный метод радиолокации заключается в следующем.

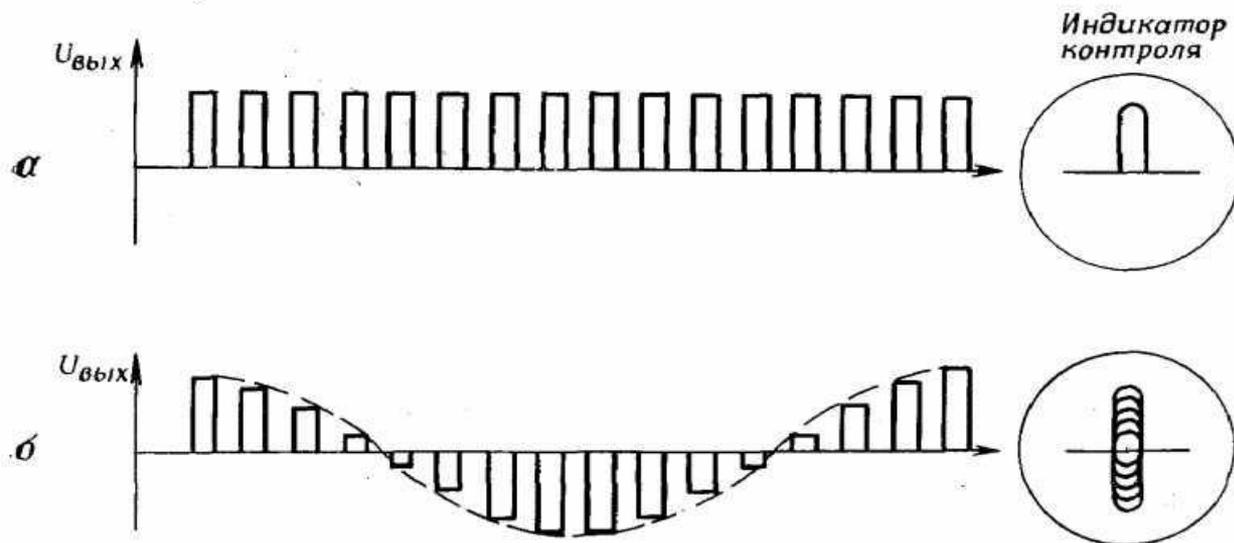
РЛС через определенные промежутки времени излучает зондирующие импульсы (**рис. 1; 2 а; 3 а**), а в паузах между ними ведет прием эхо-сигналов. Одновременно с зондирующими импульсами с передающего устройства радиоимпульсы малой мощности (фазирующие импульсы) поступают в когерентный гетеродин и навязывают 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 постоянной (**рис. 3д**).

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



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. 3г**), а следовательно, и протектированные 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.



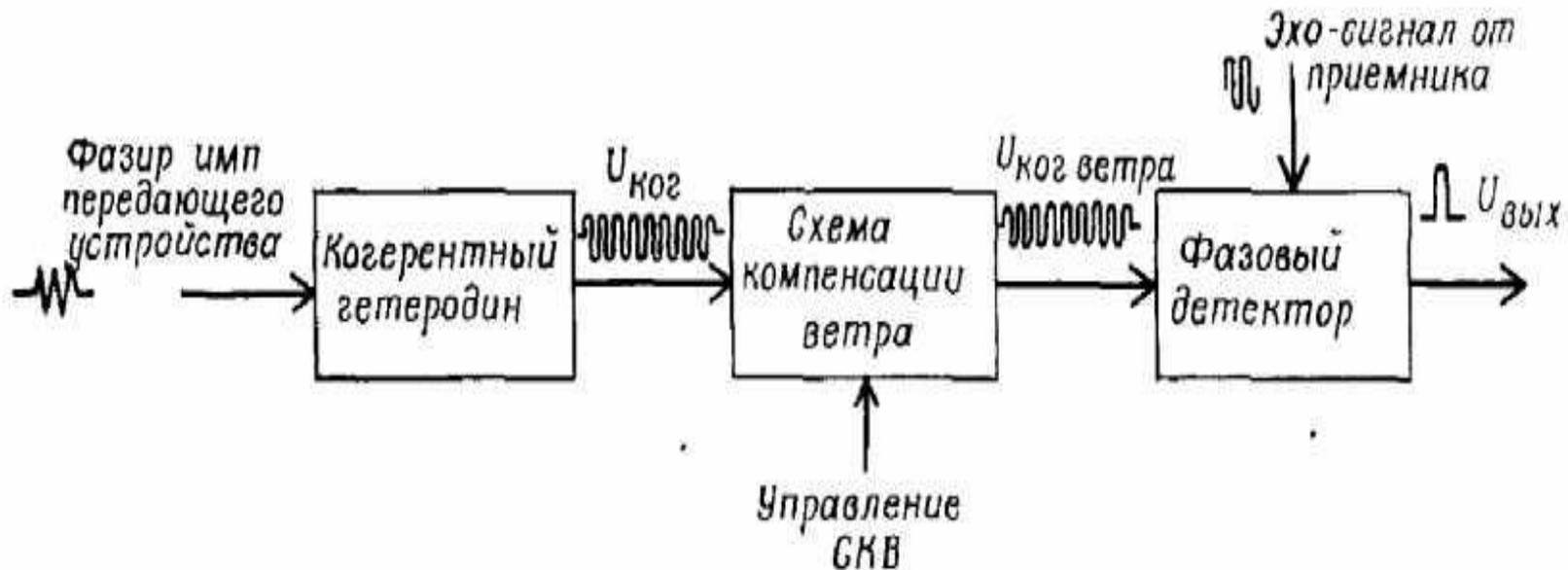
4. Выходные сигналы фазового детектора



Теоретические основы радиолокации

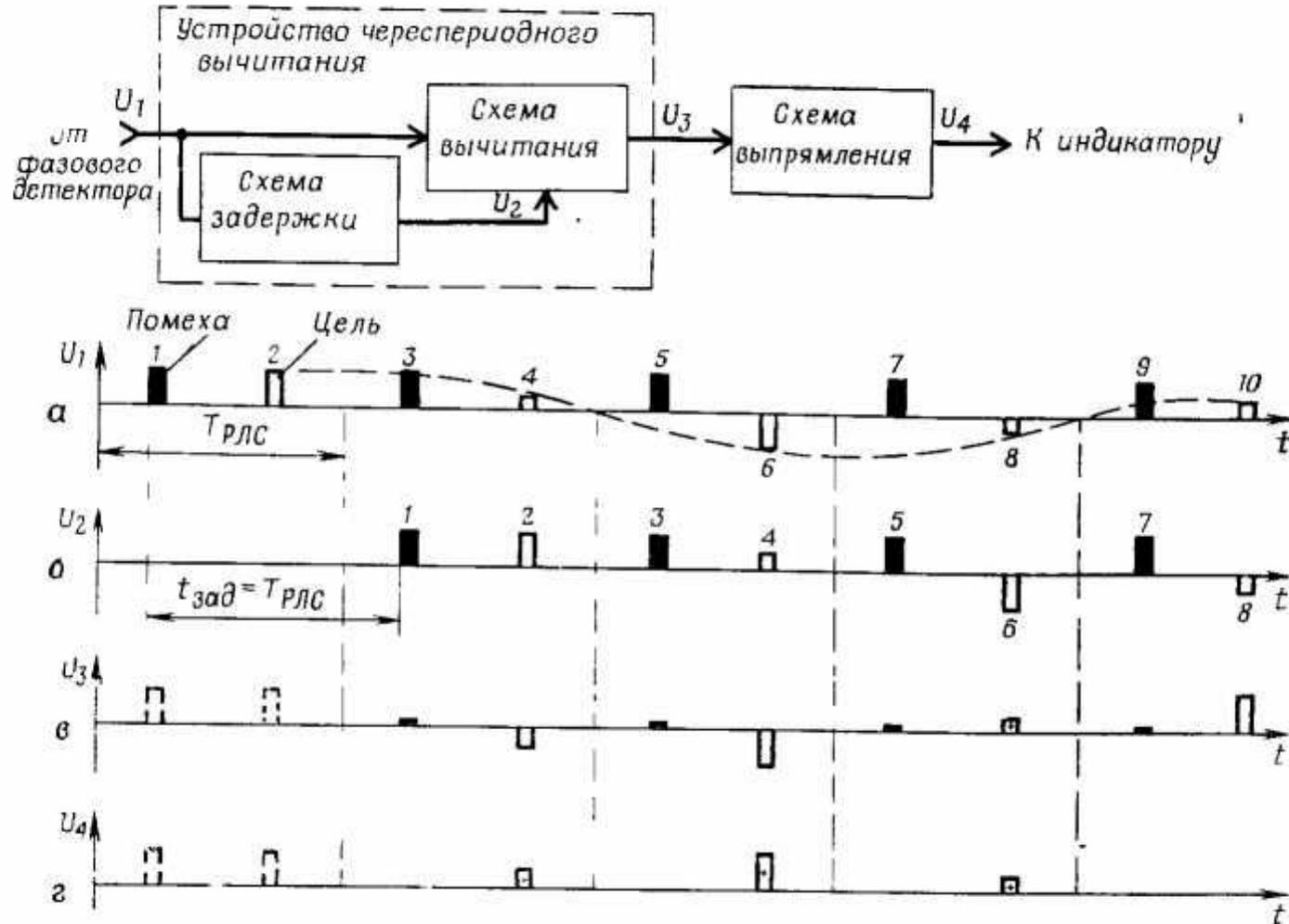
СИСТЕМЫ СЕЛЕКЦИИ ДВИЖУЩИХСЯ ЦЕЛЕЙ

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.

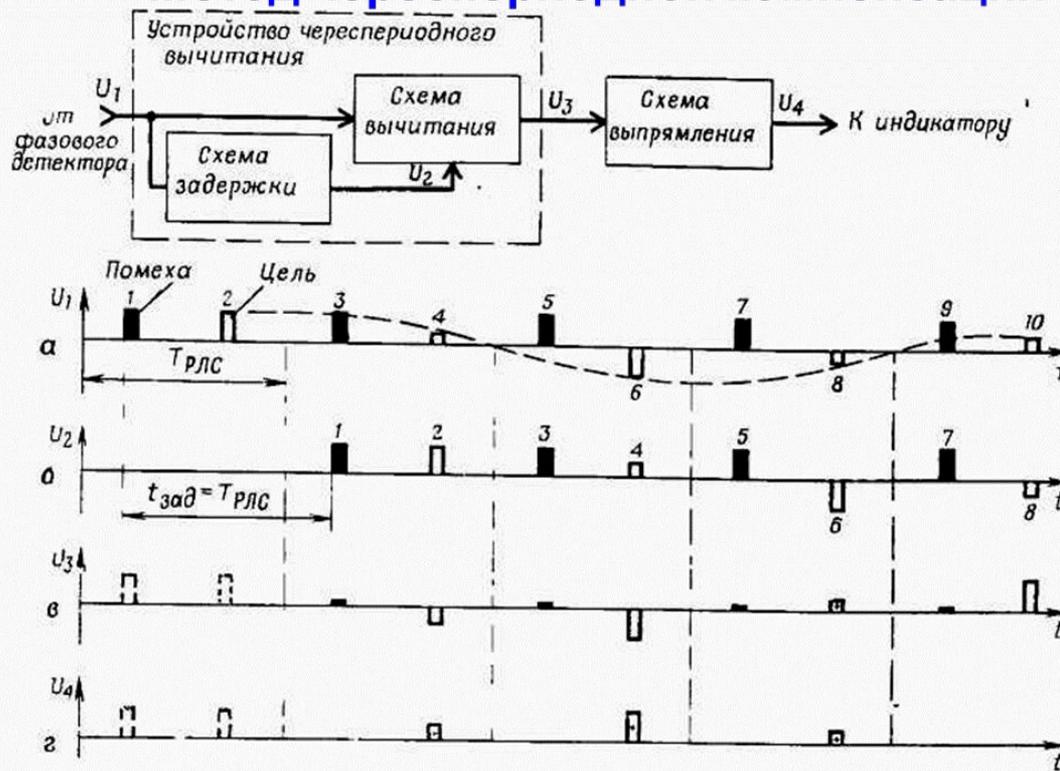


Метод череспериодной компенсации

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 череспериодной компенсации включается между когерентно-импульсным устройством и индикатором .



Метод череспериодной 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 череспериодного 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

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 череспериодного 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.

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 $n \times 360^\circ$, 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

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ СЕЛЕКЦИИ ДВИЖУЩИХСЯ ЦЕЛЕЙ

Аппаратура для борьбы с пассивными помехами основана на априорном знании отличий свойств помех от свойств полезных сигналов. Основным признаком, по которому отличаются движущиеся и неподвижные объекты, является различная **величина доплеровского сдвига частоты высокочастотного заполнения отраженного сигнала.**

Сигналы неподвижных целей, имея малую величину доплеровского сдвига частоты и достаточно узкий частотный спектр амплитудных и фазовых флуктуаций, относятся к сильно коррелированным от периода к периоду зондирования сигналам.

Сигналы, отраженные от движущихся целей, имеют большой доплеровский сдвиг частоты несущего колебания.

Эту разницу в частотах Доплера в импульсных РЛС используют для селекции движущихся целей путем сравнения изменений фазовых соотношений зондирующего и отраженного сигналов.

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.

В когерентно-импульсных РЛС различают несколько видов фазовой когерентности опорного и зондирующего сигналов.

Истинная внутренняя когерентность достигается тем, что опорное колебание на промежуточной частоте и колебание гетеродина на СВЧ создаются с помощью стабильных задающих генераторов, а зондирующий сигнал получается смешиванием этих сигналов, выделением сигнала на разностной (или суммарной) частоте с последующей импульсной модуляцией и усилением мощности с помощью СВЧ усилителя со стабильной фазовой характеристикой. Формирование всех указанных сигналов осуществляется в передающем устройстве РЛС.

Псевдокогерентность достигается тем, что генератор передатчика РЛС с самовозбуждением (например, магнетрон) вырабатывает некогерентную последовательность радиоимпульсов с постоянной несущей частотой и со случайными начальными фазами. В каждом периоде повторения начальная фаза высокочастотного заполнения зондирующего импульса запоминается на промежуточной частоте с помощью специального генератора, называемого когерентным гетеродином, на время приема отраженных сигналов до следующего зондирования. Когерентный гетеродин обычно составляет часть приемного устройства РЛС и фазировается каждым зондирующим импульсом, поступающим из УПЧ АПЧ.

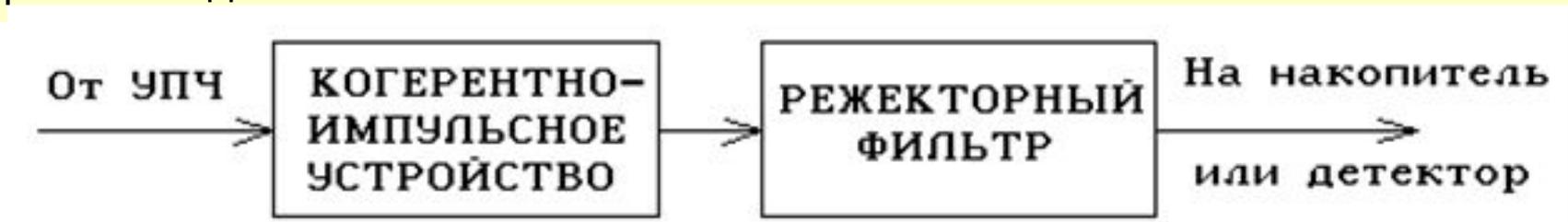
Внешняя когерентность достигается тем, что в качестве опорного колебания используется колебание когерентного гетеродина, фазированного принимаемым сигналом, отраженным неподвижными и малоподвижными объектами. Передатчик РЛС с внешней когерентностью может быть построен по любому из указанных способов.



Теоретические основы радиолокации

СИСТЕМЫ СЕЛЕКЦИИ ДВИЖУЩИХСЯ ЦЕЛЕЙ

При использовании в РЛС истинной внутренней когерентности, когда излучается когерентная пачка, необходимость в применении специальных устройств, обеспечивающих когерентность сигналов при приеме, отпадает. Система СДЦ в этом случае состоит из режекторного фильтра (РФ) и устройства переноса спектра сигнала в область его рабочих частот. При других способах обеспечения когерентности в состав системы СДЦ кроме режекторного фильтра должно входить и так называемое когерентно-импульсное устройство (КИУ), которое обеспечивает когерентность импульсов в пачке и перенос их спектра в область рабочих частот РФ. Поэтому в общем случае структурная схема системы СДЦ имеет вид:



Упрощенная структурная схема системы СДЦ

Истинно — когерентные РЛС обычно сложнее по построению, чем псевдокогерентные, в них обеспечивается более высокая стабильность частоты опорного колебания и зондирующего сигнала, что позволяет получить более высокую степень компенсации пассивных помех. Большинство из вновь разрабатываемых трассовых и аэроузловых РЛС является истинно-когерентными. Эксплуатируемые в настоящее время посадочные, аэродромные и частично трассовые РЛС являются псевдокогерентными с внутренней когерентностью.



Кафедра «Технической эксплуатации радиоэлектронного
оборудования»

Теоретические основы радиолокации

СИСТЕМЫ СЕЛЕКЦИИ ДВИЖУЩИХСЯ ЦЕЛЕЙ



Кафедра «Технической эксплуатации радиоэлектронного
оборудования»

Теоретические основы радиолокации

СИСТЕМЫ СЕЛЕКЦИИ ДВИЖУЩИХСЯ ЦЕЛЕЙ



Кафедра «Технической эксплуатации радиоэлектронного
оборудования»

Теоретические основы радиолокации

СИСТЕМЫ СЕЛЕКЦИИ ДВИЖУЩИХСЯ ЦЕЛЕЙ



Кафедра «Технической эксплуатации радиоэлектронного
оборудования»

Теоретические основы радиолокации

СИСТЕМЫ СЕЛЕКЦИИ ДВИЖУЩИХСЯ ЦЕЛЕЙ



Кафедра «Технической эксплуатации радиоэлектронного
оборудования»

Теоретические основы радиолокации

СИСТЕМЫ СЕЛЕКЦИИ ДВИЖУЩИХСЯ ЦЕЛЕЙ



Кафедра «Технической эксплуатации радиоэлектронного
оборудования»

Теоретические основы радиолокации

СИСТЕМЫ СЕЛЕКЦИИ ДВИЖУЩИХСЯ ЦЕЛЕЙ



Кафедра «Технической эксплуатации радиоэлектронного
оборудования»

Теоретические основы радиолокации

СИСТЕМЫ СЕЛЕКЦИИ ДВИЖУЩИХСЯ ЦЕЛЕЙ



Кафедра «Технической эксплуатации радиоэлектронного
оборудования»

Теоретические основы радиолокации

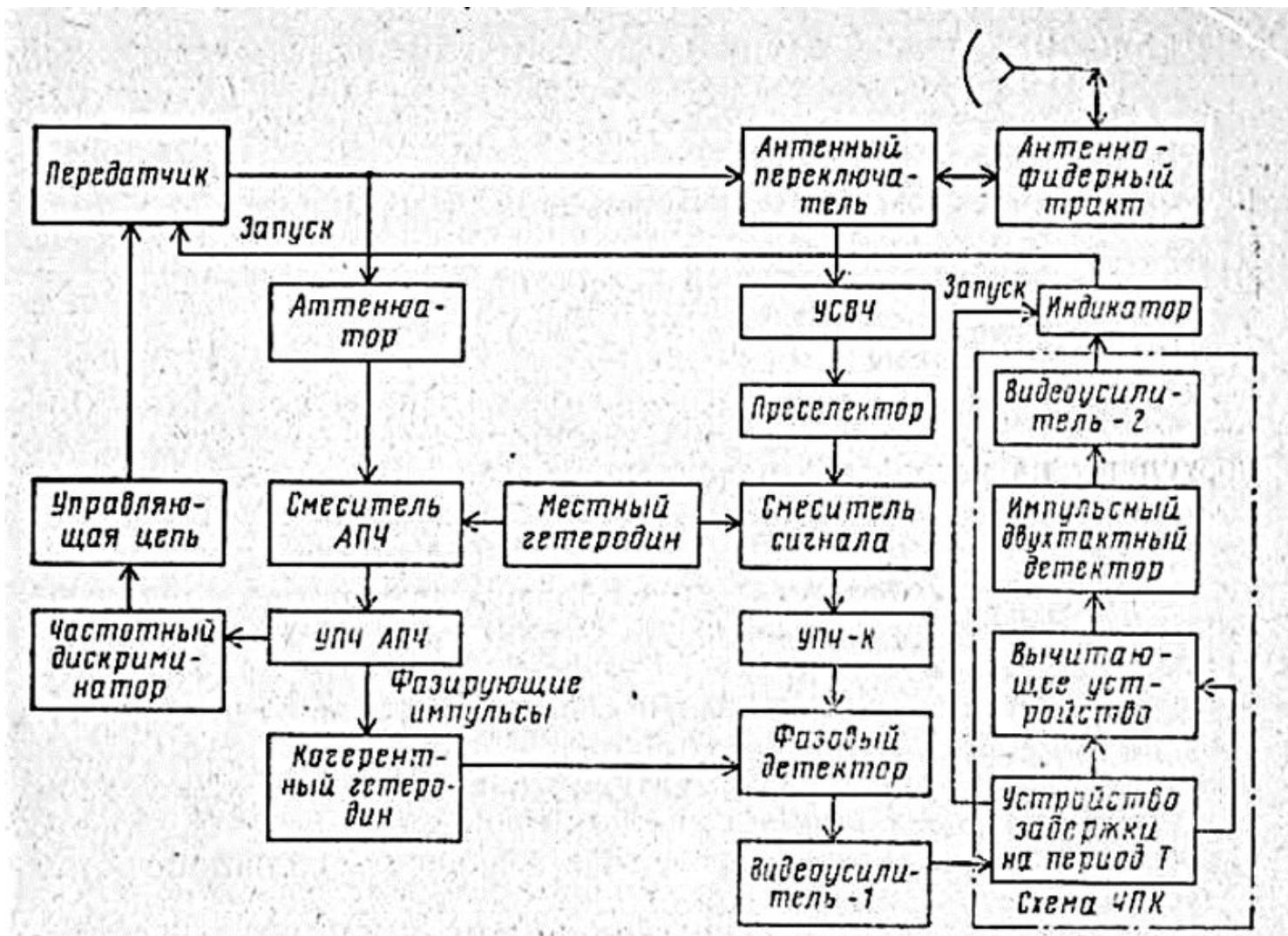
СИСТЕМЫ СЕЛЕКЦИИ ДВИЖУЩИХСЯ ЦЕЛЕЙ



Теоретические основы радиолокации

СИСТЕМЫ СЕЛЕКЦИИ ДВИЖУЩИХСЯ ЦЕЛЕЙ

Селекция движущихся целей в псевдокогерентных РЛС с внутренней когерентностью



Селекция движущихся целей в псевдокогерентных РЛС с внутренней когерентностью

Передатчик РЛС магнетронного типа излучает некогерентную последовательность коротких зондирующих радиоимпульсов со случайной начальной фазой. Для поддержания постоянства промежуточной частоты используется электромеханическая система АПЧ с подстройкой частоты передатчика и стабильным местным гетеродином.

Небольшая часть мощности при излучении отводится через аттенюатор на вход систем АПЧ. Импульсный СВЧ радиосигнал преобразуется в сигнал промежуточной частоты и после усиления в УПЧ АПЧ подается на когерентный гетеродин для фазирования его в начале каждого периода зондирования. Отраженные сигналы принимаются антенной, усиливаются в УПЧ когерентного канала и подаются на фазовый детектор. Видеоимпульсы с выхода фазового детектора через видеоусилитель поступают на устройство подавления пассивных помех, выполненное в данном случае в виде простейшей системы однократной черес-периодной компенсации (ЧПК). В системе ЧПК осуществляются задержка видеосигналов строго на период повторения зондирующих импульсов и сравнение их по амплитуде в двух соседних периодах с помощью вычитающего устройства. На выходе вычитающего устройства видеосигналы могут иметь различную полярность, а на индикаторное устройство требуется подавать импульсы одной полярности, поэтому после вычитания видеоимпульсы целей приводятся к одной полярности импульсным двухтактным детектором. С выхода видеоусилителя видеосигнал транслируется на индикатор для отображения.

