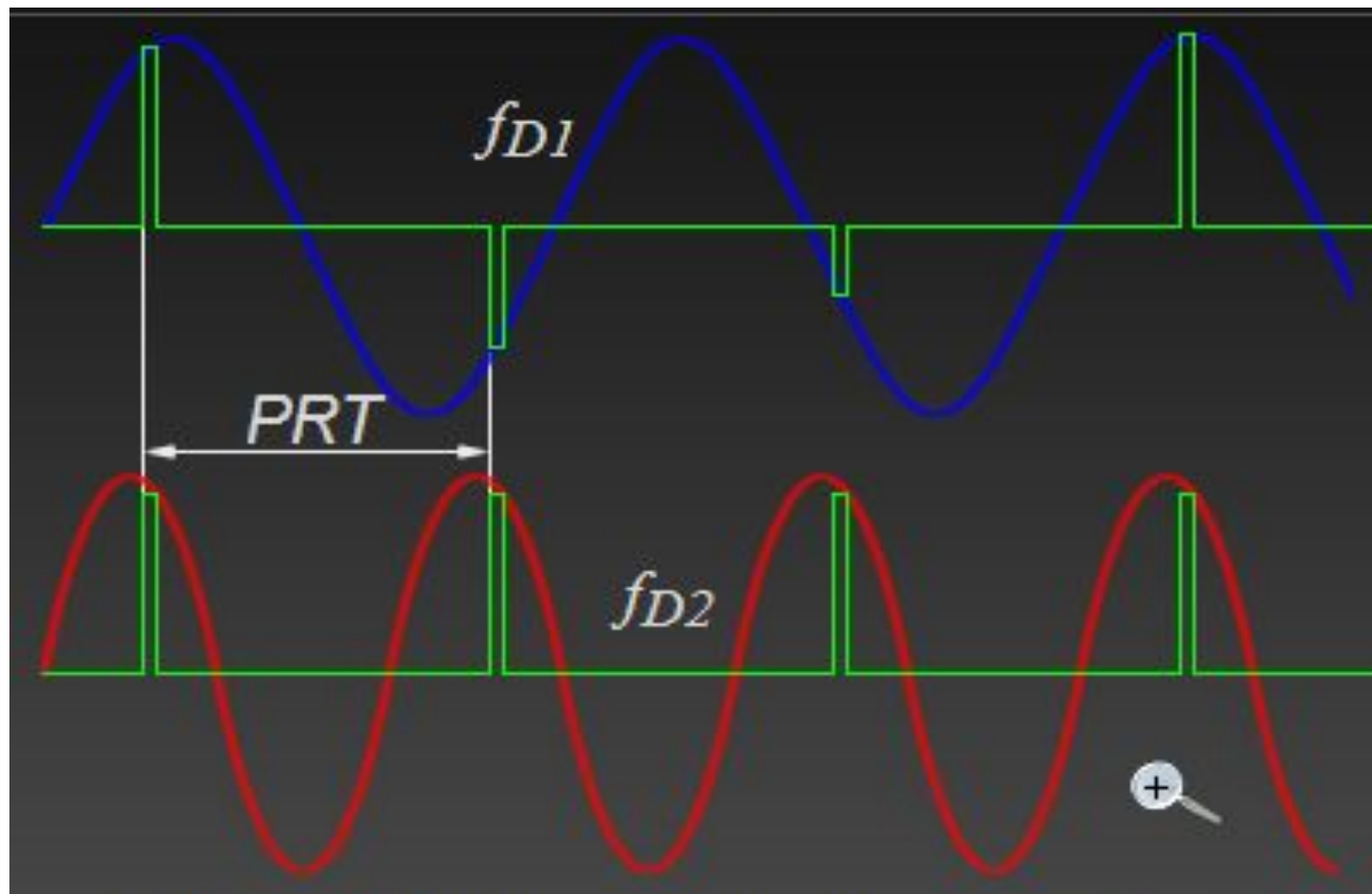


**Лекція 112.  
СЛІПІ ШВИДКОСТІ.  
ВОБУЛЯЦІЯ.**

# СЛЕПЫЕ СКОРОСТИ ЦЕЛИ

## Причина возникновения слепых скоростей

Эффект "слепых" радиальных скоростей цели характерен для когерентно-импульсных РЛС и отсутствует в случае непрерывных колебаний. На рисунке показаны **зондирующие** импульсы, образованные из напряжения когерентного гетеродина и соответствующие **отраженные** импульсы для случая, **когда расстояние за период повторения  $T_p$  от одного облучения цели до другого изменилось на  $\lambda/2$** . Так как колебания проходят двойной путь до цели и обратно, то **общий путь изменится на  $\lambda$ , а фаза на  $2\pi$** .



Связь слепой скорости  
и сдвига Доплера

**Фазовый сдвиг** между напряжением когерентного гетеродина и обоими импульсами **остается одинаковым**.

Поэтому на выходе фазового детектора оба импульса будут иметь **одинаковую амплитуду**, пульсация отсутствует и **наличие движения цели обнаружить невозможно**.

То же самое происходит при изменении расстояния за время  $T_p$  на  $n \lambda / 2$  ( $n = 1, 2, 3, \dots$ ).

Соответствующую радиальную скорость называют **«слепой»**:

$$V_{\text{сл}} = (n \lambda / 2) / T_{\text{п}} = c n F_{\text{п}} / 2f_0,$$

где  $n = 1$  соответствует первой слепой скорости,  $n = 2$  - второй и т. д.

**Слепым скоростям  
соответствуют доплеровски  
е**

**частоты  $F_{\text{дсл}} = nF_{\text{п}}$ .**

# БОРЬБА СО СЛЕПЫМИ СКОРОСТЯМИ

## Метод вобуляции частоты повторения зондирующих импуль сов

Слепые скорости  $V_{сл} = n \lambda / 2Tп$  , поэтому, чтобы изменить слепую скорость, **необходимо использовать различные периоды повторения зондирующих импульсов  $Tп$** . Это позволяет избежать пропадания сигналов движущихся целей.

Также можно непрерывно изменять  $Tп$  в процессе работы РЛС, т.е., осуществлять вобуляцию периода повторения зондирующих импульсов.

# Метод разноса частот

- основан на использовании **различных частот несущих колебаний зондирующих импульсов.**

Можно, например, излучать две последовательности импульсов, несущие частоты которых отличаются на несколько процентов.

Большой разнос связан с техническими трудностями (работа на одну антенну и т.д.).

Использование двух несущих частот приводит к возникновению двух последовательностей слепых скоростей  $V_{сл} = ncFп/2f_0$ , интервал между которыми растет с увеличением номера слепой скорости.

**Example given:**

A radar unit works with the tx-frequency of 2.8 GHz and a puls repetition time of 1.5 ms. Under these conditions the first blind speed has got the value:

$$v_{blind} = \frac{\lambda}{2 \cdot T_s} = \frac{c_0}{2 \cdot f \cdot T_s} = \frac{3 \cdot 10^8}{2 \cdot 2,8 \cdot 10^9 \cdot 1,5 \cdot 10^{-3}} = 35,72 \text{ m/s}$$

$c_0$  = speed of light (2)

This speed of converted about 130 km/h and all integral multiples of this also well cause that the target isn't visible in the range of the effectiveness of the MTI system.

Due to the periodicity of a measured Doppler frequency is only in the period from zero to the first maximum of the sine wave in Figure 1 (representing the Doppler frequency) unambiguously assigned to a velocity. The doppler frequency must be lower than the pulse repetition frequency. This ambiguity in measurements of velocity is called Doppler Dilemma.



# МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ РЛС ОТ ПОМЕХ

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДОВ ЗАЩИТЫ РЛС ОТ ПОМЕХ

Повышенные требования к уровню достоверности информации, поступающей на вычислительные комплексы АС УВД, вызывают необходимость использования специальных методов защиты РЛС от помех. Воздействие помех проявляется в уменьшении вероятности правильного обнаружения, в повышении уровня ложных тревог, в снижении точности определения координат РЛС обзора воздушного пространства.

Различают помехи двух видов: шумы приемного устройства РЛС и помехи, создаваемые внешними источниками.

Внешние помехи делятся на активные и пассивные. К активным можно отнести сигналы, излучаемые соседними радиотехническими средствами, атмосферные и индустриальные помехи, шумы космического пространства; к пассивным — сигналы, отраженные от подстилающей поверхности, местных предметов, метеообразований и спорадические помехи.

По характеру колебаний  
помехи делятся на  
непрерывные  
(флуктуационная помеха,  
непрерывное модулирование  
или немодулиро-ванные  
колебания) и импульсные  
(несинхронная и синхронная  
импульсные помехи).

Принципиально защита от помех базируется на отличии параметров полезных сигналов от мешающих. При этом для борьбы с внутренними шумами и близкими к ним по структуре шумо-выми радиопомехами разрабатывают оптимальные или квазиоптимальные схемы приемных устройств

Защита от естественных, взаимных и организационных помех, сходных по структуре с зондирующими сигналами, требует применения специальных устройств. Устройства защиты от помех—это технические средства, обеспечивающие за данный уровень помехозащищенности РЛС.

Их можно разделить на три обобщенные группы, обеспечивающие селекцию сигналов, компенсацию радиопомех и защиту приемников РЛС от перегрузок. 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.

Примером может служить система автоматической стабилизации уровня шума, поддерживающая неизменным уровень ложных тревог при действии широкополосных шумовых помех. Как правило, устройства с адаптацией управляют работой других систем защиты от помех.

# СЕЛЕКЦИЯ СИГНАЛОВ

Различают первичную, вторичную и функциональную селекции. **Первичную селекцию полезного сигнала из его смеси с помехой осуществляют устройства, входящие в состав основных узлов РЛС.**



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. Например, для борьбы с помехами от подстилающей поверхности используют антенны с острым срезом ДН на малых углах места. Высокая крутизна склона ДН в направлении земли (10 дБ/град для угла места  $2^\circ$ ) обеспечивает высокую степень контраста эхо-сигнала от цели.

Для борьбы с пассивными помехами от метеобразований используют **поляризационную селекцию**. В ее основе лежит различие эффективной площади отражения объектов и их матриц рассеяния. Для реализации метода подавления, основанного на поляризационной селекции отраженного сигнала, современные РЛС излучают колебание с круговой поляризацией. Капли дождя, имеющие почти правильную сферическую форму, практически сохраняют круговую поляризацию отраженной волны, изменяя лишь направление вращения вектора ее электрического поля на противоположное.

Такой сигнал является ортогональным по отношению к излученному и существенно подавляется в антенно-волноводном тракте РЛС. Волна, отраженная от самолета, вследствие несимметричности последнего, имеет эллиптическую поляризацию с постоянно меняющимися параметрами, вследствие чего на входе приемника формируется результирующий вектор, соответствующий полезному сигналу.

Применение круговой поляризации в РЛС увеличивает отношение сигнал-помеха для слабого дождя на 25—30 дБ. С возрастанием интенсивности осадков  $H$  эффективность поляризационной селекции снижается. Так, при  $H=2—10$  мм/ч коэффициент подавления помехи  $\gamma=20—15$  дБ, где  $\gamma=P_{\text{пр}}/P_{\text{пр max}}$ ,  $P_{\text{пр}}$ ,  $P_{\text{пр max}}$  — соответственно мощности на входе приемника реального сигнала и сигнала, согласованного с поляризацией приемной антенны.

**Первичная частотно-фазовая селекция** основывается на различии частотно-фазовых характеристик принимаемых сигналов и действующих 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. Наиболее эффективным является быстрое изменение несущей частоты РЛС от импульса к импульсу по случайному закону

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



**устройства с амплитудной**

**селекцией** предназначены для борьбы с флуктуирующими помехами типа белого шума и 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** опирается на особенности модуляции сигналов РЛС. Примером ее реализации служит используемый метод сжатия в приемном устройстве импульсных сигналов с внутрисигнальной частотной модуляцией. Амплитуда узкого импульса при этом существенно возрастает по сравнению с широким импульсом, повышая отношение сигнал-шум.

**Вторичная селекция** связана с контролем сопутствующих параметров сигнала.

Различают частотную, фазовую, временную, амплитудную, структурную вторичные селекции.

Они аналогичны одноименным видам первичной селекции, но основаны на обработке дополнительных поднесущих колебаний. В первичных РЛС вторичная селекция, как правило, не используется.

**Функциональная селекция** осуществляется на этапе третичной обработки информации в видеотракте РЛС и связана, как правило, со значительным усложнением вычислительной аппаратуры. Наибольшее распространение на практике получили комбинированные системы селекции сигналов РЛС, представляющие совокупность рассмотренных селекций. Примерами подобных устройств могут служить схема, осуществляющая амплитудно-частотную первичную селекцию, системы пространственно-временной селекции и т. д.

END