

Тема 6

Когерентно - імпульсна РЛС

Заняття №1 Когерентно - імпульсна РЛС

Питання заняття

1. Принцип дії когерентної РЛС.
2. Деякі питання селекції цілей, що рухаються.
3. Структурна схема когерентно–імпульсної РЛС з істинною внутрішньою когерентністю.

Принцип дії когерентної РЛС

Відмінною ознакою когерентно-імпульсних РЛС у порівнянні зі звичайними некогерентними є те, що в них здійснюється порівняння фаз прийнятих відбитих коливань із спеціальною опорною напругою, жорстко зв'язану по фазі з випроміненими коливаннями.

При імпульсному методі роботи випромінювання *припиняється* задовго до приходу відбитого сигналу, тому треба, щоб опорна напруга, з якою порівнюється прийняті сигнали, була жорстко зв'язана по фазі з випромінюваними коливаннями (тобто була б когерентна ним) і зберігала цей зв'язок до приходу відбитих сигналів. Такі умови здійснюються в *когерентно-імпульсних РЛС*. Основне застосування станцій такого типу складається у виділенні рухомих цілей на фоні відбиттів від нерухомих пасивних перешкод, що зветься селекцією рухомих цілей (СРЦ).

Рухома ціль дає відбитий сигнал, частота якого відрізняється на величину доплерівського зміщення від частоти сигналу нерухомої цілі. В РЛС з неперервним випромінюванням це зміщення може бути безпосередньо виміряно. РЛС імпульсного типу мають специфічні особливості прояву ефекту Доплера. Зондувальний сигнал в цих станціях має широкий спектр і при відбитті від рухомої цілі кожна гармонічна складова спектра зміщується за частотою.

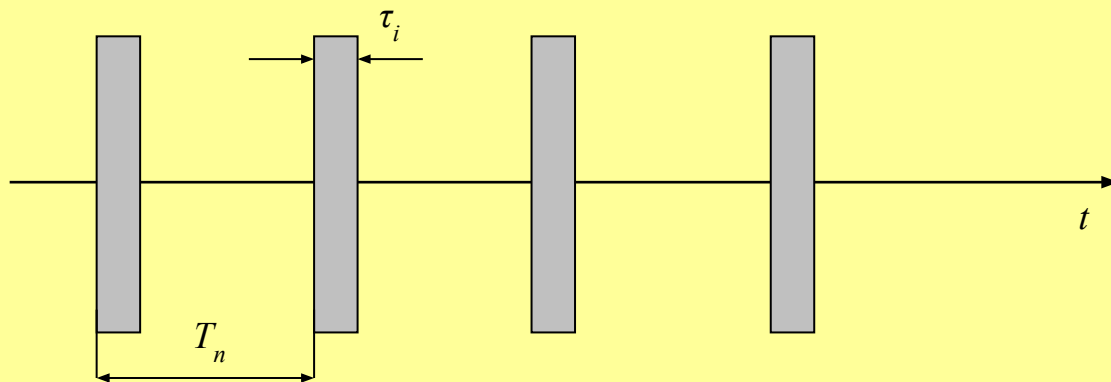


Рис. 1. Послідовність зондуючих радіоімпульсів

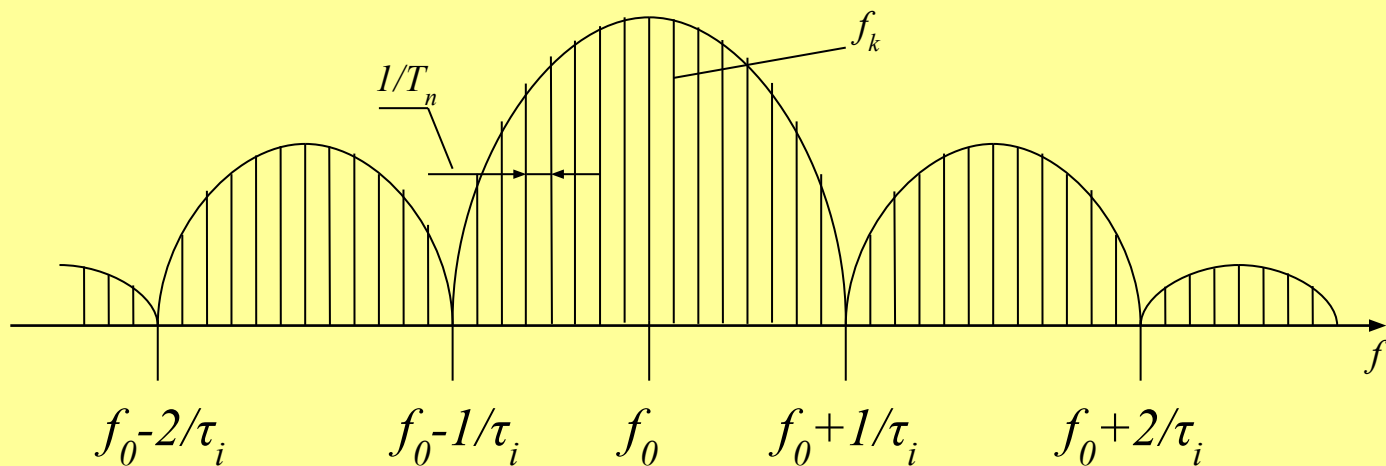


Рис. 2. Спектр зондуючого сигналу

Кожна складова спектру відбитого сигналу буде мати частоту $f_{kv} = f_k(1+2V_r/C)$

Частотний інтервал між сусідніми гармоніками буде:

$$F_{nv} = f_{kv} - f_{k-1,v} = f_k(1+2V_r/C) - (f_k - F_n)(1+2V_r/C) = F_n(1+2V_r/C)$$

Частотний інтервал між центральною частотою і першим нулем і далі між сусідніми нулями обвідної спектру дорівнює:

$$(f_k + k/\tau_i)(1+2V_r/C) - (f_k - (k-1)/\tau_i)(1+2V_r/C) = 1/\tau_i(1+2V_r/C)$$

Отже, спектр сигналу, відбитого від рухомої цілі, розширюється і зсувається в бік більших частот (рис. 3). Такому зміщеному спектру у часовій області відповідає інший сигнал.

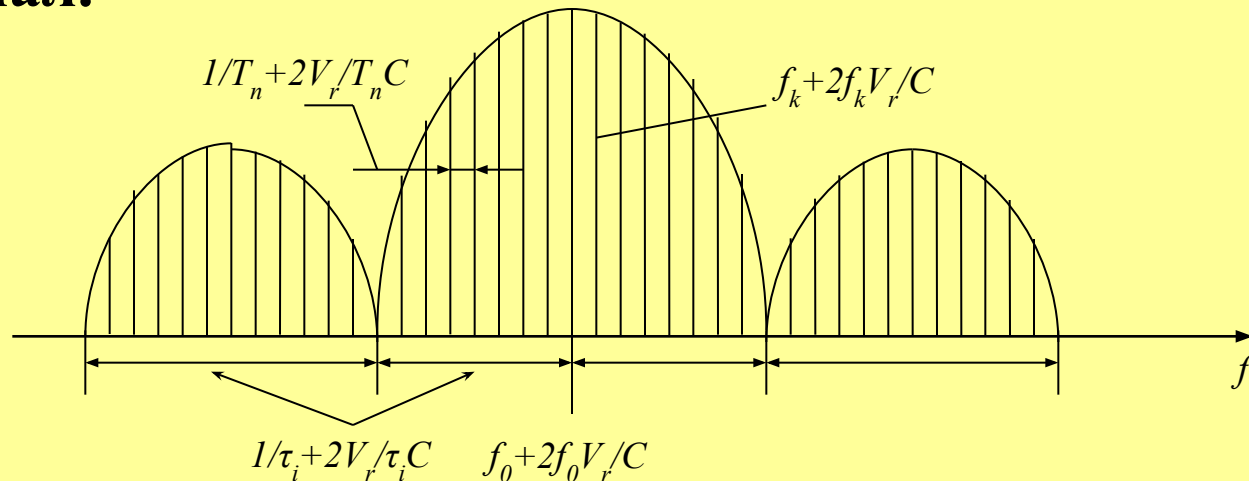


Рис. 3. Спектр сигналу відбитого від цілі, що наближується

Послідовність відбитих імпульсів має менший період повторення (рис. 4).

$$T_{nv} = 1/F_{nv} = 1/F_n (1 + 2V_r/C) = T_n / (1 + 2V_r/C)$$

Якщо помножити і поділити цей вираз на $(1 - 2V_r/C)$ і знехтувати членами $(2V_r/C)^2$ у порівнянні з 1, маємо:

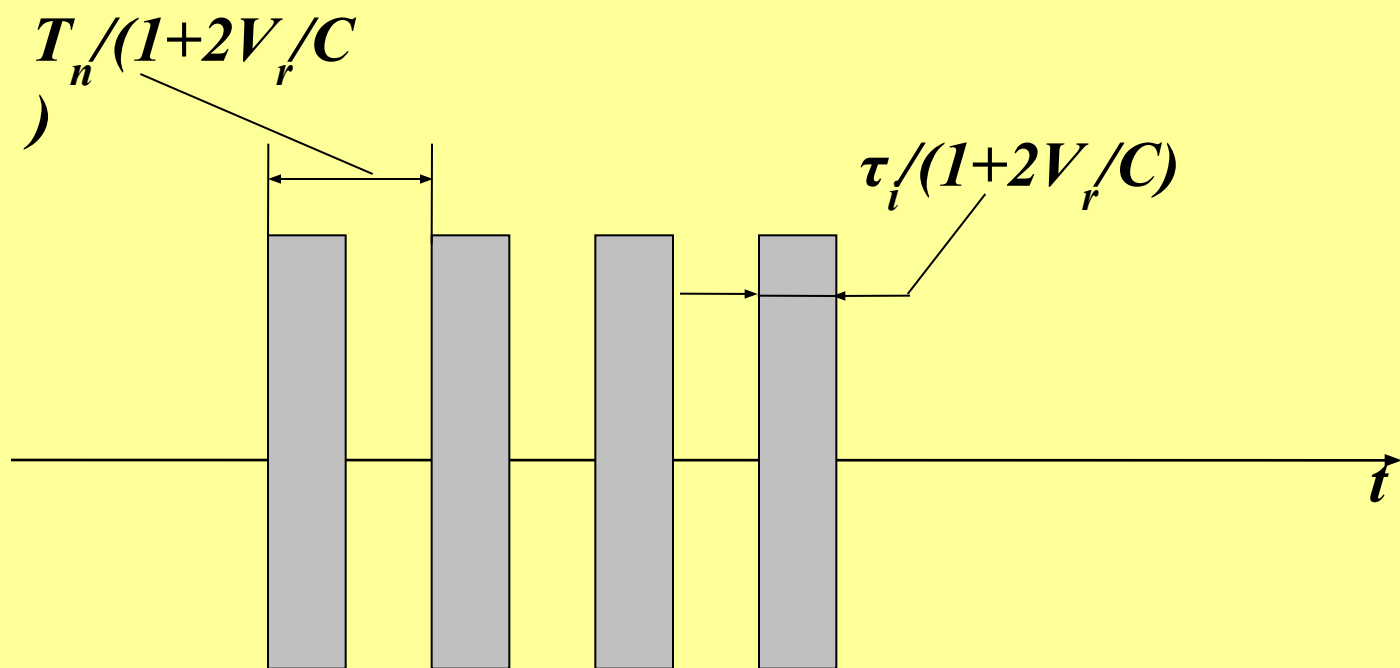
$$T_{nv} \approx T_n (1 - 2V_r/C) = T_n - \Delta T_n \quad \text{де: } \Delta T_n = T_n 2V_r/C$$

Зміну періоду повторення імпульсів можна пояснити безпосередньо рухом цілі, що наближається (або віддаляється) за період на відстань $\Delta D = V_r T_n$, котра відповідає зміщуванню часу запізнення $\Delta t_z = \Delta T_n = \Delta D/C = T_n 2V_r/C$

Відбиті імпульси мають меншу тривалість порівняно зі зондувальними (рис. 4)

$$\tau_{iv} = 1/((1/\tau_i)(1 + 2V_r/C)) \approx \tau_i (1 - 2V_r/C) = \tau_i - \Delta \tau_i \quad \text{де } \Delta \tau_i = \tau_i 2V_r/C$$

При віддалені цілі від РЛС усі зміни параметрів сигналу будуть мати зворотній знак.



**Рис.
4.**

Деякі питання селекції цілей, що рухаються

Якщо в кожному періоді фіксувати різницю фаз між випроміненим і прийнятим сигналом, відбитим від нерухої цілі, то ця різниця фаз від періоду к періоду буде незмінною. Для сигналів рухомих цілей ця різниця фаз від періоду к періоду буде змінюватись внаслідок змінювання часу запізнення на величину ΔT_n тобто пропорційно швидкості цілі. При використанні для визначення різниці фаз фазового детектора (ФД) різниця між рухомими і нерухомими цілями проявляється в тім, що амплітуда вихідної напруги для нерухомих цілей постійна, а для рухомих – змінюється від періоду до періоду. Ця відміна і дозволяє встановити характер цілі.

За способом створення опорної напруги когерентно-імпульсні РЛС поділяють на станції з *внутрішньою і зовнішньою когерентністю*.

В РЛС з *внутрішньою когерентністю* опорна напруга що когерентна випроміненим коливанням, виробляється внутрішнім стабільним генератором. За таким принципом будуються наземні РЛС з СРЦ. Здійснення цього методу в РЛС літальних апаратів значно ускладнюється через рух носія і необхідність керування частотою когерентного гетеродину у відповідності зі швидкістю носія відносно цілей, що спостерігаються. Тому в РЛС з СРЦ літальних апаратів в якості опорної напруги зручніше використовувати коливання відбиті від нерухомих цілей, відносно яких рухається спостережна ціль. РЛС з СРЦ, що побудовані за таким принципом, називають станціями зі *зовнішньою когерентністю*.

Системи СРЦ можна класифікувати за наступними ознаками:

За способом забезпечення когерентності імпульсів в пачці:

- з істинною внутрішньою когерентністю;
- з еквівалентною внутрішньою когерентністю;
- з зовнішньою когерентністю.

За частотою, на якій здійснюється режекція сигналів ПП:

- на відеочастоті;
- на радіочастоті.

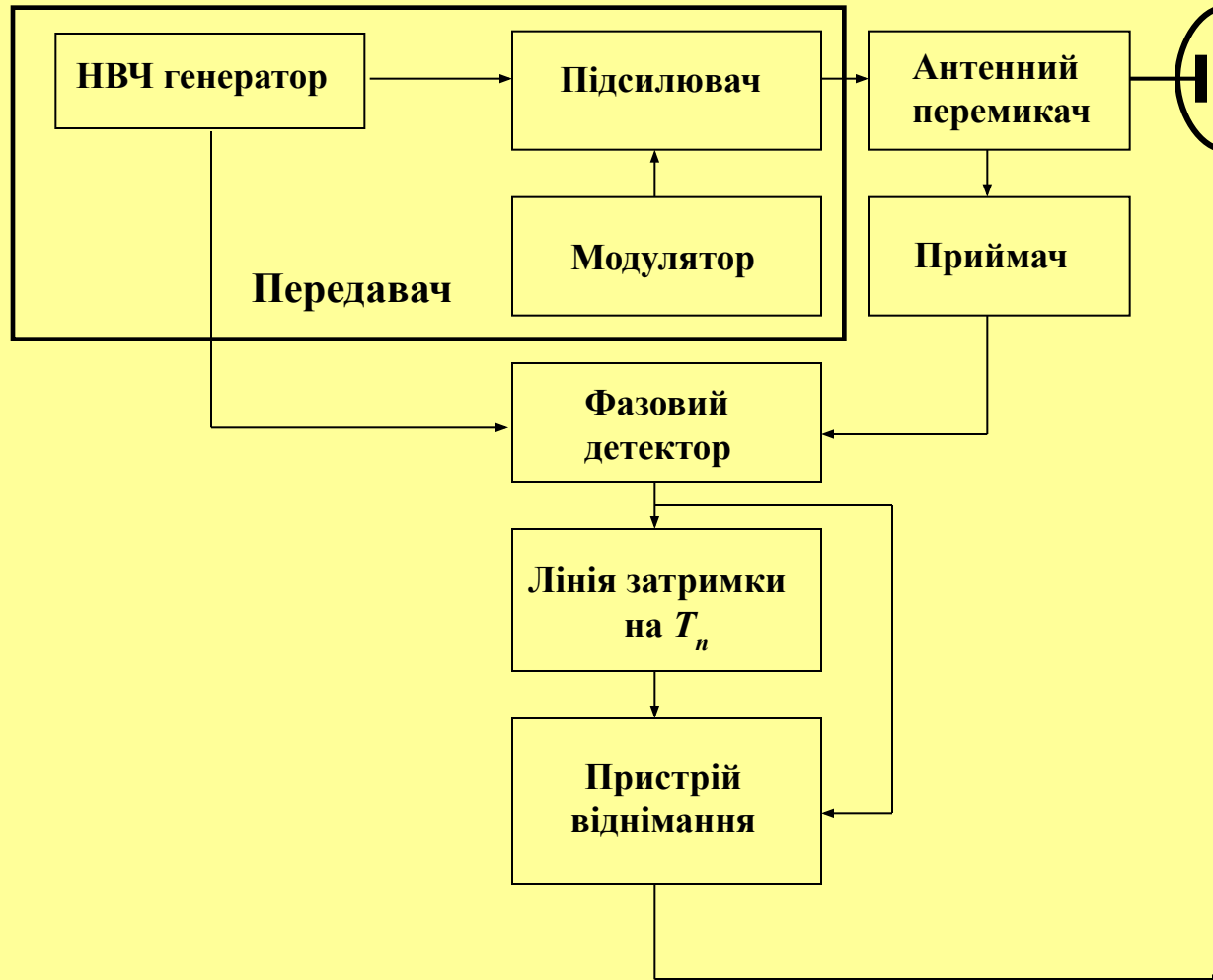
За типом режекторного фільтру:

- на базі пристроїв ЧПК (неадаптивний РФ);
- на базі автокомпенсаторів АКП (адаптивний РФ);
- фільтрові системи СРЦ.

За способом обробки сигналів:

- аналогові системи СРЦ;
- цифрові системи СРЦ;
- аналогово - цифрові системи СРЦ;
- оптичні системи СРЦ.

Структурна схема когерентно-імпульсної РЛС з істинною внутрішньою когерентністю

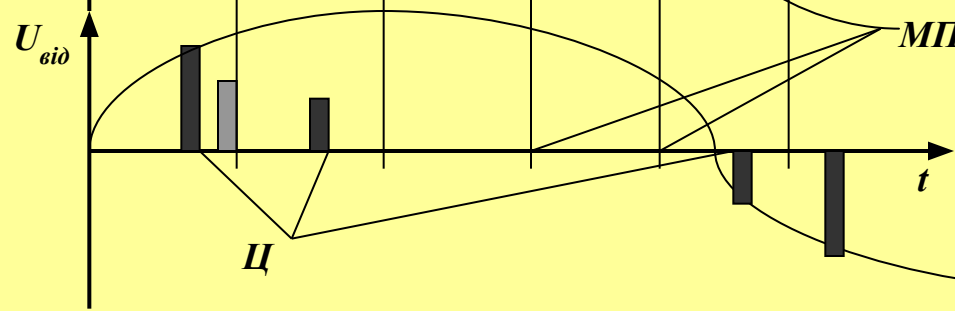
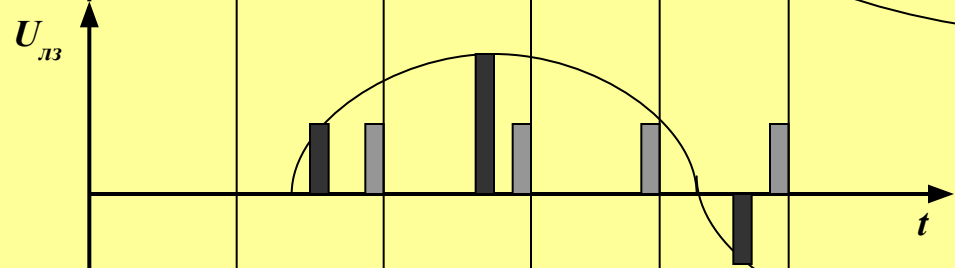
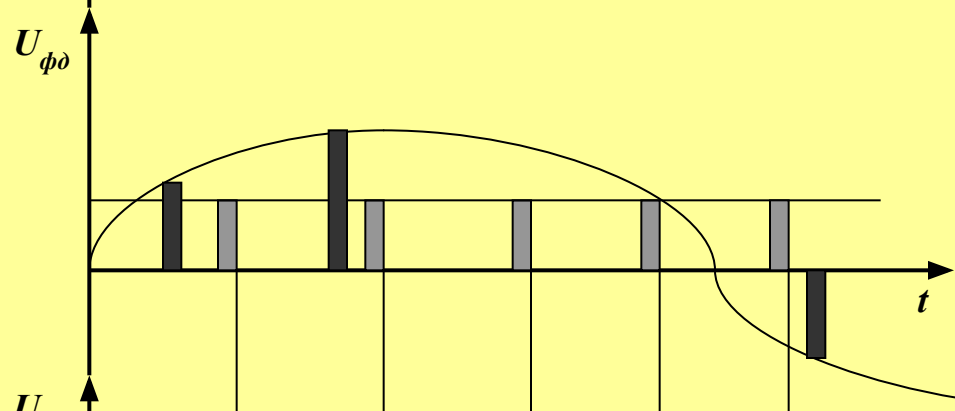
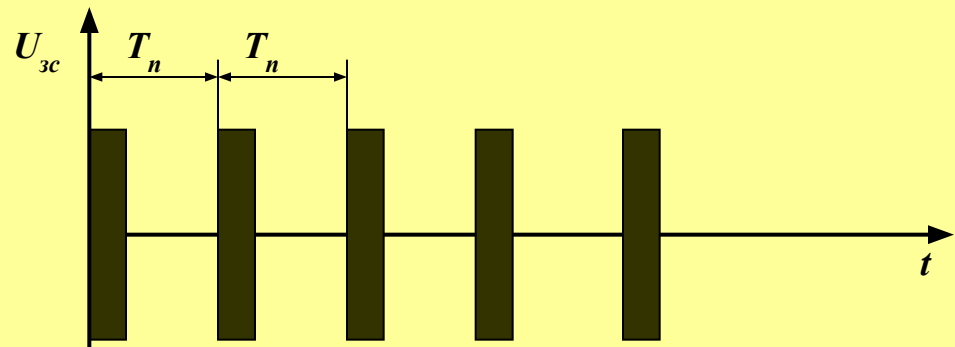


Сигнали, відбиті від нерухомих (місцевих) предметів мають ту ж саму частоту f , а частота сигналів від рухомих цілей внаслідок ефекту Доплера дорівнює $f \pm F_\delta$, де $F_\delta = 2V_r / \lambda$ - доплерівська частота; V_r - радіальна швидкість цілі; λ - довжина хвилі, що випромінюється РЛС. Так як $\lambda = C/f$, то $F_\delta = 2V_r f / C$.

При перетворенні частоти доплерівська складова зберігається. Відомо, що будь-яка зміна частоти призводить до зміни фазового зсуву $\Delta\phi = \Delta\omega t$ де $\Delta\omega = 2\pi\Delta f$ - зміна кутової частоти. Для нерухомого об'єкту $\Delta\phi = 0$ ($\Delta\omega = 0$), а для рухомої цілі фазовий зсув змінюється від періоду до періоду (внаслідок зміни відстані до цілі) на величину $\Delta\phi = 2\pi F_\delta T_n$ де T_n - період повторення РЛС.

Порівнюючи фазу відбитих сигналів з фазою сигналів, що випромінюються, можна було б відрізнити сигнал рухомої цілі від сигналу нерухомої. Але, як відомо, в імпульсних РЛС до моменту приходу відбитих сигналів передавач не працює, тому в якості опорної напруги використовується когерентна напруга, частота і фаза якої жорстко зв'язана з коливаннями передавача. Ці коливання створюються когерентним гетеродином, який фазується передавачем.

Порівняння фаз коливань проводиться у фазовому детекторі – пристрої, в якому фазова модуляція прийнятих сигналів перетворюється в амплітудну модуляцію відеосигналів. Таким чином на виході ФД утворюється відеоімпульси. Для рухомих цілей амплітуда цих імпульсів від періоду до періоду змінюється за синусоїдальним законом з доплерівською частотою.



Поняття “сліпа швидкість”.

Якщо ціль має таку радіальну швидкість, що за період повторення наближається (або віддаляється) від станції на віддаль, яка дорівнює цілому числу напівхвиль ($n\lambda/2$), то зсув фаз між відбитим сигналом і сигналом когерентного гетеродину змінюватися не буде $\Delta\phi=2\pi n$. На виході фазового детектора утворюються відеоімпульси з постійною амплітудою і після черезперіодного віднімання відбудеться їхня повна компенсація. При цьому цілі на екрані індикатора спостерігатися не будуть. Такі швидкості називаються “сліпими”.

$$V_{сл} = nF_n \lambda/2$$

З цього виразу видно, що “сліпа” швидкість з’являється тоді, коли $F_{\delta} = nF_n$ (кратне F_n).

Для усунення “сліпих швидкостей” в РЛС використовують зміну частоти повторення F_n .

За допомогою схеми селекції рухомих цілей можна подавати не тільки сигнали відбиті від місцевих предметів, але й сигнали, що відбиваються від гідрометеоутворень (наприклад, хмари), котрі пересуваються у просторі під дією вітру.

Для “зупинення” хмари в когерентну напругу за допомогою схеми компенсації дії вітру (СКДВ) вводять регулярне міжперіодне змінювання фази, котре дорівнює зміні фази сигналів відбитих від хмари, що пересувається під дією вітру. Тобто різниця фаз між сигналами, відбитими хмарою, і когерентною напругою при цьому від періоду к періоду слідування змінюватися не буде і на виході системи черезперіодної компенсації (на виході пристрою віднімання) відбувається їх повна компенсація.