

Тема 4

Радіоприймальні пристрої ЗРЛ.

Заняття №1 Загальні відомості про радіоприймальні пристрої.

Питання заняття

1. Призначення і класифікація радіоприймальних пристроїв.
2. Структурна схема супергетеродинного приймача.
3. Основні технічні характеристики приймальних пристроїв.

Призначення і класифікація радіоприймальних пристроїв

Радіоприймальний пристрій (РПРП) призначено для частотної вибірності, підсилення і перетворення сигналів відлуння у відеоімпульси такої форми і амплітуди, за якими нормально функціонують: пристрої відображення і знімання інформації РЛС, апаратура захисту від перешкод.

Вимоги до приймальних пристроїв РЛС:

- **висока чутливість (малий коефіцієнт шуму);**
- **широка смуга пропускання при великому коефіцієнті підсилення;**
- **великий динамічний діапазон та інші.**

Приймачі РЛС класифікують:

а) за діапазоном хвиль: м, дм, см.

б) за видом модуляції сигналів:

- імпульсно-модульовані;**
- частотно-імпульсно-модульовані;**
- фазоманіпульовані;**

в) за видом регулювань підсилення:

- з ручним регулюванням підсилення (РРП);**
- з часовим автоматичним регулюванням підсилення (ЧАРП);**
- з миттєвим автоматичним регулюванням підсилення (МАРП);**

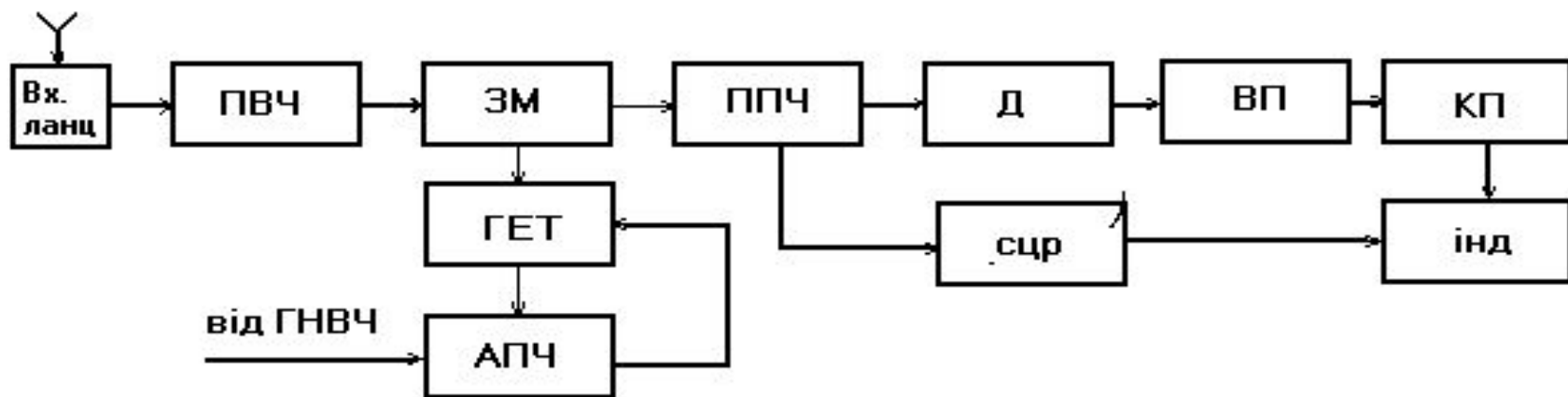
г) за кількістю перетворювань частоти:

- з одним перетворенням;**
- з подвійним перетворенням;**
- з багаторазовим перетворюванням.**

Структурна схема супергетеродинного приймача

В засобах радіолокації приймальні пристрої будуються за супергетеродинною схемою, яка складається з двох каналів:

- каналу сигналу;
- каналу автоматичного підстроювання частоти.



Канал сигналу

Вхідний ланцюг є перехідною ланкою між приймальною антеною і входом першого підсилювального каскаду приймача і призначений:

- здійснювати попередню частотну вибірність високочастотних коливань;
- забезпечувати передачу сигналу від антени до входу першого підсилювального каскаду приймача з мінімальними втратами, тобто виконувати роль узгоджувального пристрою

$$R_a = R_{вх} = \rho$$

Підсилювач високої частоти (ПВЧ) призначено для забезпечення максимальної чутливості приймача, попереднього підсилення корисного ВЧ сигналу і частотної вибірності на несучій частоті.

Перетворювач частоти здійснює перетворення сигналів ВЧ в сигнали проміжної частоти з метою отримання більшого коефіцієнта підсилення. Перетворювач складається зі *змішувача (ЗМ)* і *гетеродина (ГЕТ)*.

Гетеродин являє собою автогенератор неперервних високочастотних коливань малої потужності, частота яких відрізняється від несучої частоти прийнятих сигналів на величину проміжної частоти. Коливання гетеродина подаються на змішувач каналу сигналу і каналу автоматичного підстроювання частоти (АПЧ).

Змішувач – це нелінійний елемент, на який подаються коливання гетеродина і сигналу. Внаслідок змішування двох коливань різних частот утворюються биття частота яких дорівнює різниці частот сигналу і гетеродина та називається проміжною частотою. $|f_c - f_z| = f_{np}$

Навантаженням змішувача є контур, котрий настроєний на проміжну частоту f_{np} .

Підсилювач проміжної частоти (ППЧ) – це багатокаскадний резонансний підсилювач, котрий здійснює підсилення сигналів на проміжній частоті.

Він забезпечує:

- основне підсилення сигналу в приймачі;
- потрібні частотні характеристики приймача (АЧХ і ФЧХ);
- потрібну форму амплітудної характеристики (АХ) приймача і його динамічний діапазон.

Особливість ППЧ складається в тім, що він неперестроюваний вибірковий підсилювач.

Детектор (Д) – це пристрій, що здійснює детектування сигналів, тобто процес зворотний модуляції. У відповідності з видами модуляції розрізняють амплітудні, частотні і фазові детектори. Усі види детекторів мають одну загальну властивість – вони змінюють спектр сигналу, отже як і змішувачі являють собою нелінійні елементи.

Відеопідсилювач (ВП) призначено для підсилення відеосигналів до величини, потрібної для нормальної роботи кінцевого пристрою (індикатора).

Катодний повторювач (КП) призначено для узгодження великого вихідного опору приймача з хвильовим опором високочастотного кабелю (фідера) $R_{вих} = \rho_{\phi}$.

СРЦ – апаратура захисту від пасивних перешкод (селекція рухомих цілей). Когерентний канал.

Канал автоматичного підстроювання частоти.

Призначено для того, щоб в процесі роботи РЛС підтримувати проміжну частоту приймача рівною її номінальному значенню.

Основні технічні характеристики приймальних пристроїв

РПрП характеризуються наступними якісними показниками:

Чутливість ($P_{pr\ min}$) – характеризує здатність приймача приймати слабкі сигнали. Кількісно оцінюється мінімальною потужністю або напругою (P_{min}, U_{min}) сигналу в антені, за яким забезпечується потрібна якість радіоприйому. Чим менші P_{min} і U_{min} тим вища чутливість.

Розрізняють реальну, порогову і граничну (номінальну) чутливість.

Реальна чутливість – це потужність сигналу в антені, за якою забезпечується потрібна потужність сигналу на виході РПрП, а відношення $P_c / P_{ш}$ не менше заданої величини (використовується в радіозв'язку, радіотехнічній розвідці, радіомовленні, радіотелефонному зв'язку).

В радіолокації використовують поняття порогова чутливість.

Порогова чутливість – це потужність сигналу в антені, за якою відношення потужності сигналу до потужності шуму на виході лінійної частини $RPr\Pi$ (на вході детектора) – $(P_c/P_{ш})_{вих}$ дорівнює потрібному пороговому значенню – коефіцієнту розрізнюваності γ_p .

$$\gamma_p \geq 1,5 \div 9.$$

Гранична (номінальна) чутливість – це потужність сигналу в антені, за якою відношення потужності сигналу до потужності шуму на виході лінійної частини приймача $(P_c/P_{ш})_{вих}$ (на вході детектора) дорівнює одиниці.

$$P_{пр\ гр\ ан} = P_{ш\ а} + P_{ш\ пр} = K T_o \Pi_{ш} (t_a + t_{пр}) = K T_o \Pi_{ш} (K_{ш} - 1 + t_a / T_o),$$

$$t_{пр} = T_o (K_{ш} - 1)$$

де $K = 1,38 \times 10^{-23}$ (Дж/К) – стала Больцмана;

$T_o = 298^\circ\text{K}$ (25°C) – стандартна температура;

$\Pi_{ш}$ – шумова смуга приймача $\approx \Pi_{0,7пр}$;

$K_{ш}$ – коефіцієнт шуму;

$t_{пр}$, t_a – відносна шумова температура приймача і антени
ВІДПОВІДНО

В діапазоні метрових хвиль чутливість визначається в одиницях напруги $U_{c\ min}$, а в діапазоні сантиметрових хвиль в одиницях потужності $P_{np\ min}$.

Часто чутливість вимірюється в децибелах відносно умовного опорного рівня. Прилади, за допомогою яких вимірюють чутливість в децибелах мають опорний рівень потужності $P_{on} = 10^{-5} \text{Вт}$, 10^{-3}Вт або 1Вт .

$$P_{np\ min} = 10 \lg P_{np\ min} / P_{on}$$

В діапазоні НВЧ чутливість обмежується внутрішніми шумами приймача. На вході РПРП відношення потужності сигналу до потужності шуму ($P_c / P_{ш}$) – максимальне і по мірі проходження сигналу до виходу приймача це відношення зменшується через те, що до вхідних шумів додаються внутрішні шуми приймального тракту.

Тому чутливість часто оцінюють коефіцієнтом шуму $K_{ш}$, який показує у скільки разів відношення $(P_c/P_{ш})_{вх}$ на вході приймача більше, аніж на виході $(P_c/P_{ш})_{вих}$.

Коефіцієнт шуму багатокаскадного приймача визначається виразом

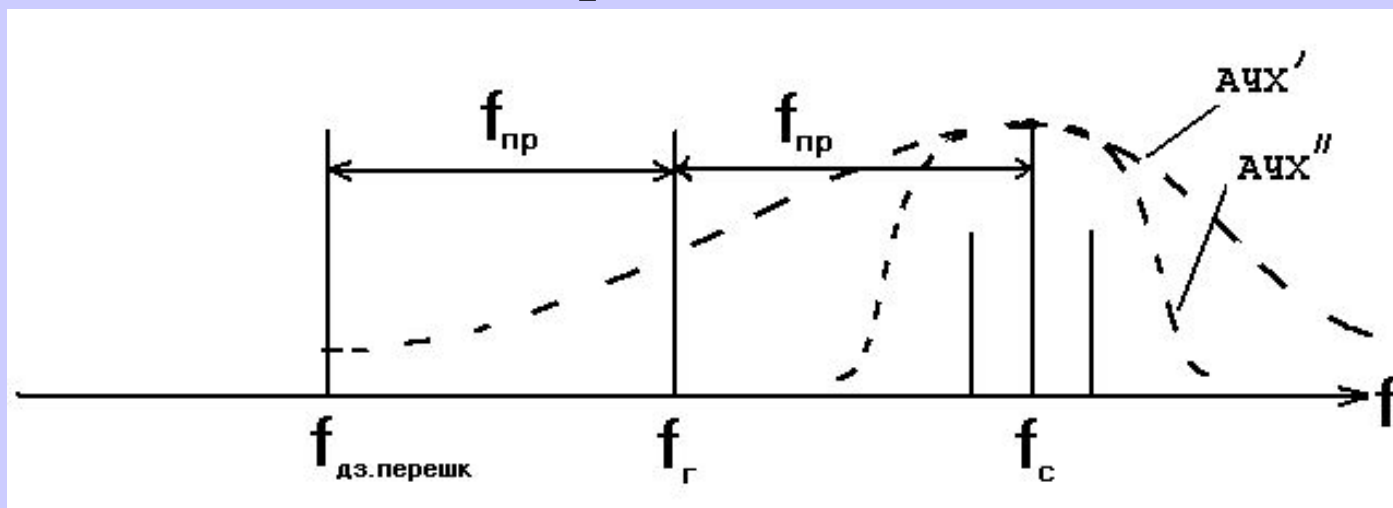
$$K_{ш\text{пр}} = K_{ш1} + (K_{ш2} - 1)/K_{p1} + (K_{ш3} - 1)/(K_{p1} \times K_{p2}) + \dots + (K_{шn} - 1)/(K_{p1} \times \dots \times K_{pn-1}),$$

де $K_p = P_{вих}/P_{вх}$ – коефіцієнт передачі потужності каскаду.

З формули видно, що коефіцієнт шуму багатокаскадного приймача визначається в основному коефіцієнтом шуму його перших каскадів.

Вибірність (σ) приймача характеризує його здатність виділяти корисний сигнал із множини заважаючих сигналів. На практиці найнебезпечнішими є перешкоди від сусідніх станцій і дзеркальні перешкоди.

Дзеркальною перешкодою називають такі високочастотні сигнали, котрі взаємодіючи у змішувачі з сигналом гетеродина, створюють коливання на проміжній частоті.



Для придушення дзеркального каналу прийому використовують преселектор, котрий настраюється на частоту сигналу. Ступінь ослаблення залежить від форми АЧХ преселектора і величини проміжної частоти.

Коефіцієнт частотної вибірності приймача дорівнює відносному зменшенню його чутливості при заданому розстроюванні. Це рівноцінно послабленню перешкоди в таке ж саме число разів

$$\sigma = K_0 / K,$$

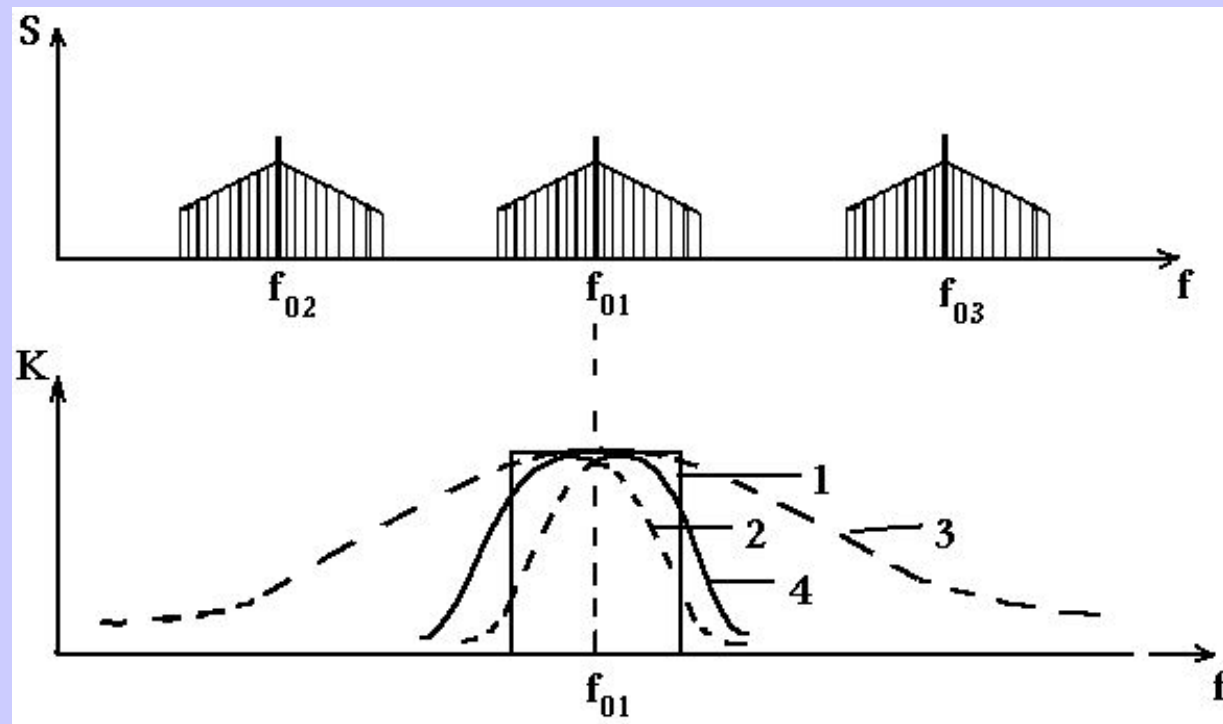
де K_0 – коефіцієнт підсилення напруги на резонансній частоті;

K – коефіцієнт підсилення напруги на заданій частоті.

$$\sigma = 20 \lg K_0 / K \text{ (дБ)}$$

Визначити вибірність приймача – це значить знайти у скільки разів (або на скільки дБ) послаблюється конкретна перешкода у порівнянні з корисним сигналом в процесі їх одночасного проходження через приймальний тракт.

Сму́га пропускання $2\Delta f$ – це сму́га частот, у межах якої коефіцієнт підсилення зменшується до рівня 0,707 від максимального. Чим ширша сму́га пропускання, тим менше викривлення корисного сигналу. Однак при широкій смузі пропускання будуть проходити на вихід РПрП і сигнали інших сусідніх станцій, які є перешкодами.



Для імпульсних радіолокаційних приймачів оптимальна сму́га пропускання визначається як:

$$2\Delta f_{opt} = 1,37/\tau_i$$

Вихідна напруга ($U_{вих}$) приймача визначається властивостями кінцевого пристрою. В РЛС (старого парку), як правило, в якості кінцевого пристрою використовують електроннопроменеві трубки (ЕПТ). Для їх нормального функціонування потрібні відеоімпульси з амплітудою декілька десятків вольт.

Коефіцієнт підсилення (K) приймача можна визначити як відношення напруги сигналу на виході к входу РПрП

$$K = U_{вих} / U_{вх}$$

На вхід приймача поступають сигнали, величина яких складає одиниці мікровольт, а на індикатор - десятки вольт. Отже, коефіцієнт підсилення приймача складає величину $K_{пр} = 10^6 \div 10^7$.

Діапазон частот, що приймаються ΔF – це сукупність частот, на які може настроюватись приймач, зберігаючи свої технічні характеристики.

Динамічний діапазон – це здатність **РПрП** сприймати сильні і слабкі сигнали з допустимими викривленнями їх тонкої структури. Оцінюється амплітудною характеристикою **РПрП**.

$$D_{pr} = U_{vx\ max} / U_{vx\ min}; \quad D_{pr} = 20 \lg U_{vx\ max} / U_{vx\ min} \text{ (дБ)};$$

$D_{pr} = 15 \div 20 \text{ дБ}$, а потрібно $D_{потріб} = 80 \div 120 \text{ дБ}$

Отже, висновок може бути один – треба приймати спеціальні міри для розширення динамічного діапазону (ДД) радіоприймального пристрою.

Динамічний діапазон приймача в значній мірі визначає перешкодозахищеність РЛС. Більшість існуючих способів захисту від перешкод стають неефективними, коли рівень перешкоди перевищує динамічний діапазон приймача.