

Приймання та оброблення сигналів

Функціональні вузли та структури приймачів

Функціональні вузли приймачів

Функціональними вузлами приймачів є:

- демодулятор (детектор);
- підсилювачі (до детектора та після нього);
- частотні фільтри.

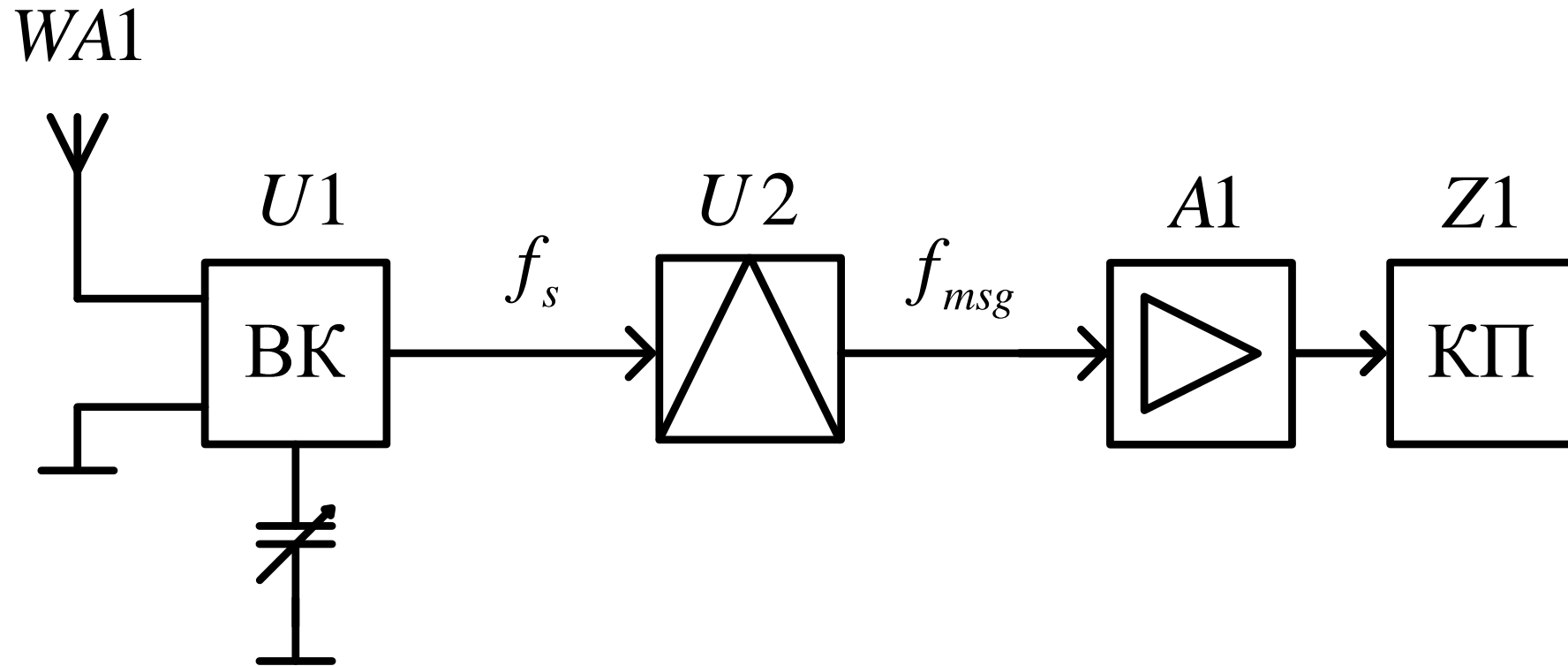
Типи приймачів

Детекторний приймач – найпростіший радіоприймач, у якого відсутні підсилювачі та джерело живлення (працює за рахунок енергії прийнятого радіосигналу).

Приймач прямого підсилення – радіоприймач, у якого відсутнє проміжне перетворення частоти (відфільтрований та підсилений сигнал подають безпосередньо на детектор).

Супергетеродинний приймач (супергетеродин) – радіоприймач, що використовує принцип перетворення прийнятого сигналу у сигнал фіксованої проміжної частоти (ПЧ, IF /Intermediate Frequency/), з його подальшим підсиленням.

Детекторний приймач

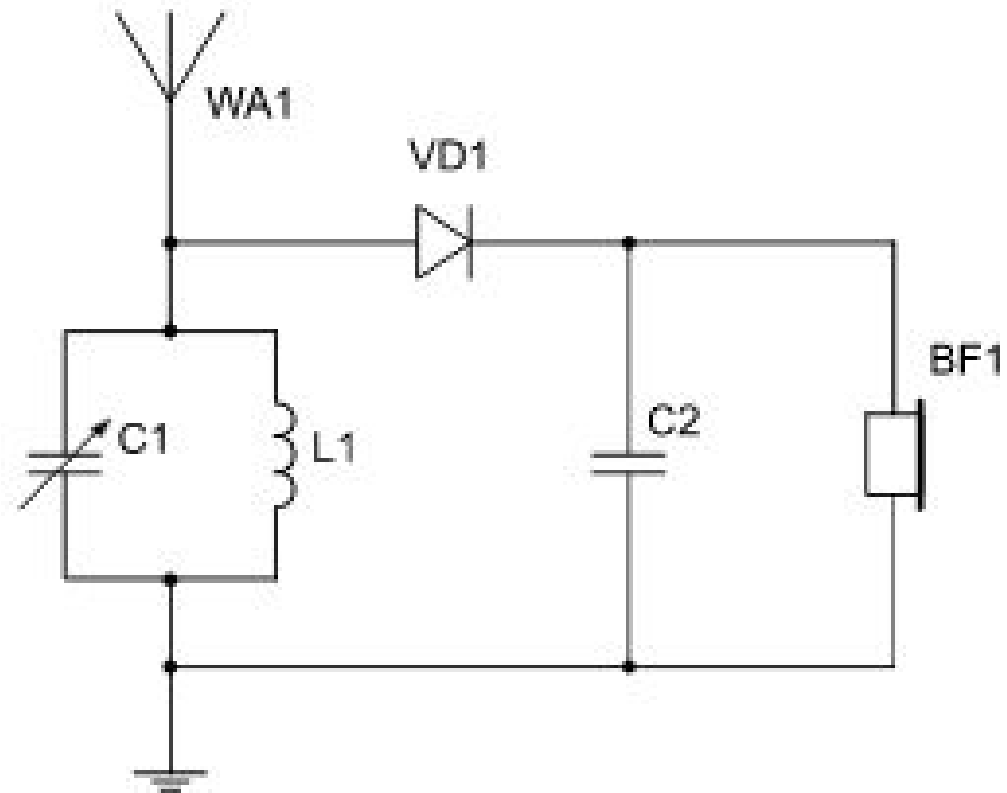


WA – антена; U1 – вхідне коло; U2 – детектор; A1 – підсилювач низької (сигнальної) частоти; Z1 – кінцевий пристрій;

f_s - частота сигналу;

f_{msg} - частота повідомлення.

Детекторный приемач



Приклад схеми детекторного приймача

Детекторний приймач

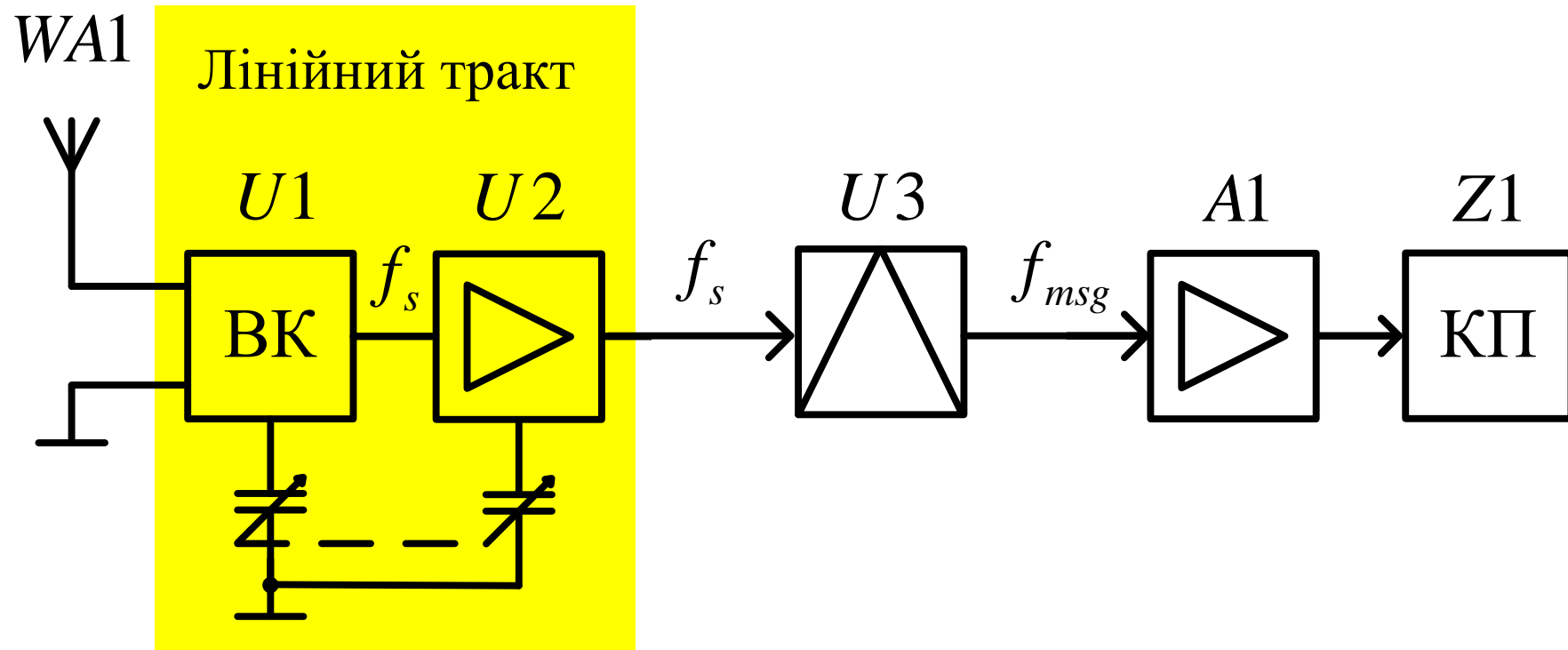
Змінюючи індуктивність контурної котушки чи ємність конденсатора (за його відсутності функцію конденсатора виконує ємність антени, тоді результат настроювання залежить від довжини та розташування антени), налаштовують приймач на потрібну частоту.

Переваги детекторного приймача: відсутність джерела живлення, дешевизна.

Недоліки детекторного приймача: відносно низька селективність (залежить від добротності коливального контура); робота в околі потужних радіостанцій.

За принципом детекторного приймача працюють деякі радіовимірювальні прилади – індикатори поля, резонансні хвилеміри.

Приймач прямого підсилення



WA – антена; U1 – вхідне коло; U2 – підсилювач високої (радіо) частоти;
U3 – детектор; A1 – підсилювач низької (сигнальної) частоти; Z1 –
кінцевий пристрій;

Приймач прямого підсилення

Приймач прямого підсилення складається з вхідного кола, кількох каскадів підсилення високої (радіо) частоти, детектора, а також кількох підсилювачів низької (сигнальної) частоти.

Переваги приймача прямого підсилення: простота конструкції, відсутність паразитних випромінювань в ефір (на відміну від супергетеродинних), відсутність “дзеркальних” та інших побічних каналів прийому.

Недоліки приймача прямого підсилення: низька селективність (не стосується регенеративних приймачів, як різновиду приймачів прямого підсилення), робота для прийому сигналів потужних радіостанцій.

Наприклад, трипрограмні приймачі дротового мовлення будувались за такою схемою, у яких мовлення другої та третьої програм йде на частотах у декілька десятків кілогерц з амплітудною модуляцією.

Супергетеродинний приймач

Ефективна частотна селекція сигналів можлива лише за великої кількості коливальних контурів. Здійснити одночасне перестроювання у ПВЧ трьох чи більше контурів, при збереженні високої селективності, складно.

Подолати цей недолік покликані супергетеродинні приймачі з перетворенням частоти сигналу f_s у проміжну частоту f_{IF}

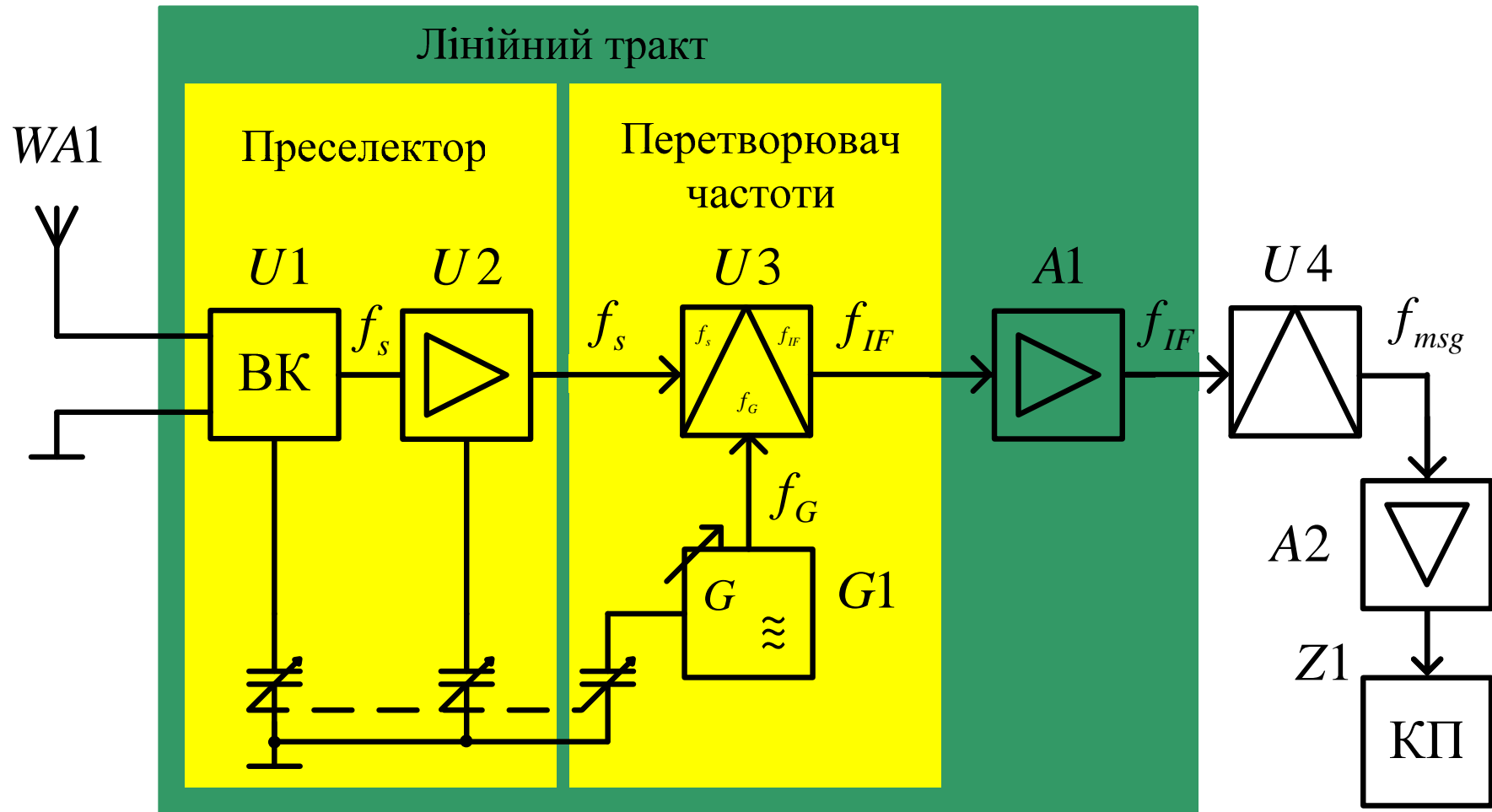
При цьому підсилювачі виконують на трьох чи більше частотах:

- на сигнальній (підсилювач ВЧ);
- на проміжній (селективний підсилювач проміжної частоти (ППЧ));
- на частотах повідомлення (підсилювач низької частоти).

Зсув середньої частоти сигналу основного каналу прийому з f_s до проміжної частоти f_{IF} у змішувачі визначає частота гетеродина f_G :

$$f_{IF} = |f_s \pm f_G|$$

Супергетеродинний приймач (з одноразовим перетворенням частоти)



WA – антена; U1 – вхідне коло; U2 – підсилювач високої частоти; U3 – змішувач; U4 – детектор; G1 – гетеродин; A1 – підсилювач проміжної частоти; A2 – підсилювач низької частоти; Z1 – кінцевий пристрій;
 f_s – частота гетеродину; f_{IF} – проміжна частота

Супергетеродинний приймач

Сигнал з антени подають на вхід ПВЧ (іноді може бути відсутній), а потім на вхід змішувача (змішувач має два входи та один вихід), який здійснює операцію перетворення сигналу за частотою. На другий вхід змішувача подають коливання з локального малопотужного генератора високої частоти – гетеродина. Частоту гетеродина перестроюють синхронно з резонансною частотою вхідного кола та контурами ПВЧ. У типових випадках – за допомогою конденсаторів змінної ємності. Таким чином на виході змішувача утворюються сигнали з частотами, які визначаються сумою та різницею частот прийнятого сигналу та гетеродина (комбінаційні частоти). Різницевий сигнал постійної проміжної частоти виділяють за допомогою смугового фільтра та підсилюють у підсилювачі ПЧ, а потім подають на детектор та ПНЧ.

Сукупність змішувача та гетеродина називають *перетворювачем частоти*, а сукупність вхідного кола та підсилювача високої частоти – *преселектором*.

Супергетеродинний приймач

У сучасних приймачах в якості гетеродина використовують цифровий синтезатор частот.

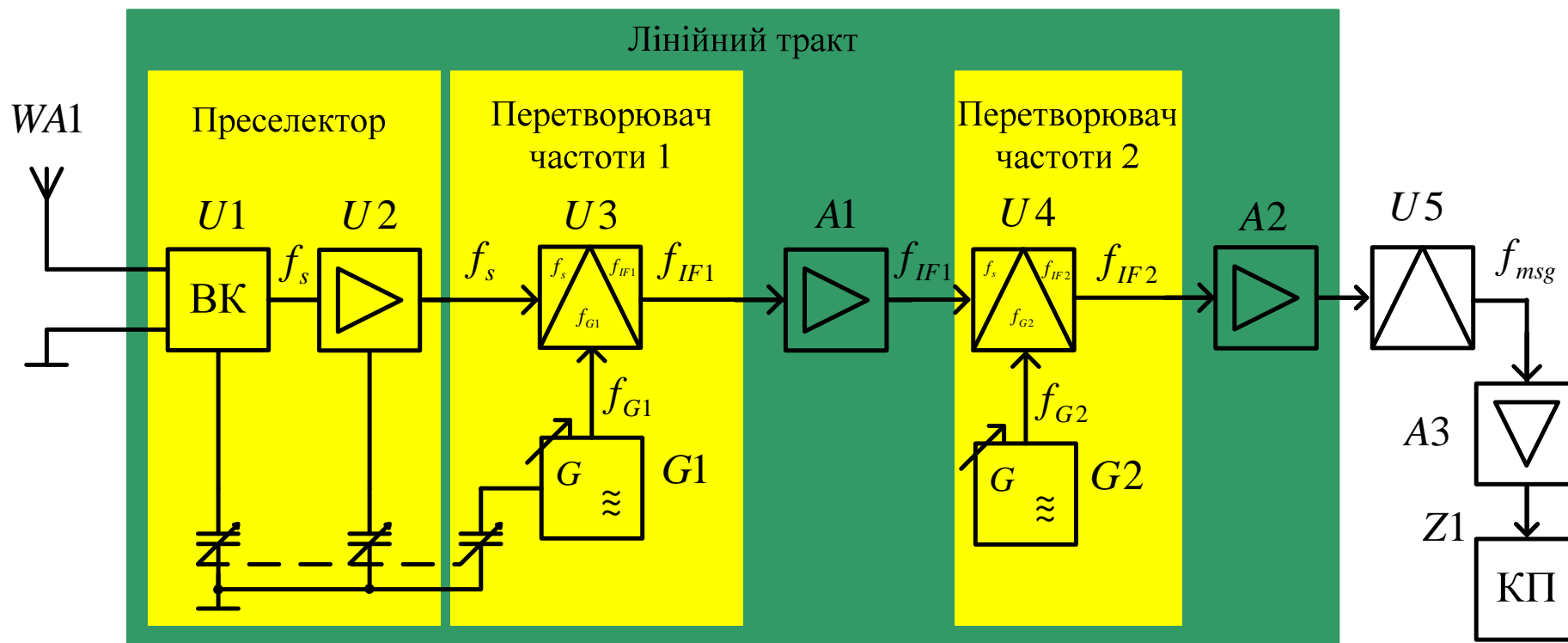
Типове значення ПЧ побутових приймачів довгих, середніх і коротких хвиль становить 465 або 455 кГц, побутових УКХ приймачів 6,5 або 10,7 МГц.

Переваги супергетеродинного приймача: висока чутливість (основне підсилення відбувається на ПЧ); висока селективність (обумовлена фільтрацією сигналу на ПЧ); можливість приймати сигнали з будь-якою модуляцією.

Недоліки супергетеродинного приймача: наявність дзеркального каналу прийому; можливість паразитного прийому сигналів з частотою ПЧ; наявність побічного каналу прийому; потреба у високостабільних гетеродинах; випромінювання енергії гетеродинів приймальною антеною (погіршення ЕМС).

У зв'язкових та високоякісних приймачах використовують подвійне (іноді потрійне) перетворення частоти – наст.слайд.

Супергетеродинний приймач (з дворазовим перетворенням частоти)



WA – антена; $U1$ – вхідне коло; $U2$ – підсилювач високої частоти; $U3$ – змішувач 1; $U4$ – змішувач 2; $U5$ – детектор; $G1$ – гетеродин 1; $G2$ – гетеродин 2; $A1$ – підсилювач проміжної частоти 1; $A2$ – підсилювач проміжної частоти 2; $A3$ – підсилювач низької частоти; $Z1$ – кінцевий пристрій

Супергетеродинний приймач

Тут проміжні частоти визначатимуться так:

$$f_{IF1} = |f_s \pm f_{G1}|, f_{IF2} = |f_{IF1} \pm f_{G2}|$$

Селективні підсилювачі з великою кількістю контурів суттєво простіші, причому вони мають кращі показники за незмінної частоти настроювання. Щоб ПЧ1 була фіксованою, різниця (сума) частоти сигналу, на який настроюють преселектор, і частоти першого гетеродину не мають змінюватись при настроюванні приймача на будь-яку станцію.

Зазвичай

$$f_{IF1} > f_{IF2} > f_{IF3} > \Delta f_{sp}$$

f_{sp} - ширина спектра сигналу, і селективність приймача по сусідньому каналу обумовлює ППЧ з найменшою проміжною частотою, оскільки за незмінної абсолютної розстройки відносна є більшою і, відповідно, простіше реалізувати потрібні низькодобротні коливальні контури, які забезпечують більше послаблення завад.

Супергетеродинний приймач

За фіксованої частоти можна використовувати фільтри зосередженої селекції, які реалізують засобами функціональної електроніки з великою кількістю еквівалентних високодобротних контурів – п'єзокерамічних, на поверхневих акустичних хвилях (ПАХ), що покращує якісні показники та зменшує габаритні розміри пристроїв, особливо при використанні інтегральних мікросхем.

Для чого ж використовують кількаретове перетворення частоти у супергетеродинних приймачах?

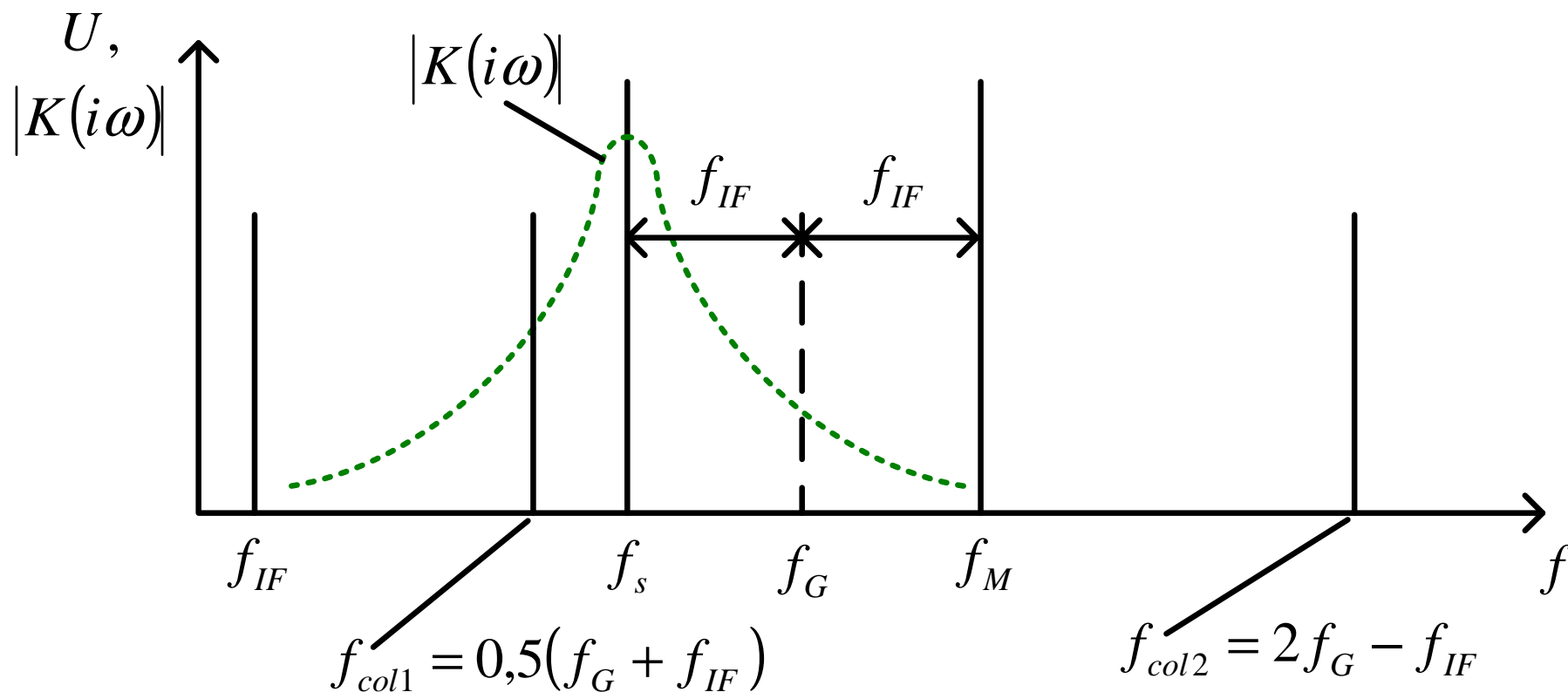
Супергетеродинний приймач

У супергетеродинних приймачах одночасно з прийомом по основному каналу $f_s = |f_G \pm f_{IF}|$, можливий прийом по **побічних частотних каналах** f_{col} , сигнали та завади (шум) яких перетворюються на проміжну частоту f_{IF} та підсилюються ППЧ однаково з перетвореними частотами та завадами основного каналу. Дзеркальний побічний канал прийому утворюється в результаті того, що напруга проміжної частоти створюється при перетворенні частоти сигналів, віддалених на інтервал f_{IF} від f_G , дзеркально щодо основного каналу прийому на частоті сигналу f_s - рисунок на наст. слайді.
Сигнал дзеркального каналу прийому проходить через фільтри ПВЧ разом з робочим сигналом!

Інші побічні канали виникають при нелінійності перетворювача частоти, що спричиняє появу вищих гармонік сигналу nf_s та гетеродина mf_G ; $n, m = 1; 2; 3$. При частоті гетеродина, яка відповідає основному каналу прийому на частоті f_s , можлива поява побічних каналів прийому на частотах f_{col} , за яких

$$|\pm nf_{col} \pm mf_G| = f_{IF}; f_{col} = (mf_G \pm f_{IF})/n$$

Супергетеродинний приймач



$f_s = |f_G \pm f_{IF}|$ - основний канал прийому; $|K(i\omega)|$ - АЧХ преселектора

$|f_s - f_M| = 2f_{IF}$ - інтервал між основним і дзеркальним каналами;

Тут f_{col1} відповідає $n=2$, $m=1$, а f_{col2} - $n=1$ та $m=2$.

Супергетеродинний приймач

Також можливий прийом сигналів і завад на частотах, які дорівнюють проміжним та їхнім субгармонікам. Це **побічні канали прямого проходження** – без перетворення частоти.

Побічні канали прийому на частотах субгармонік середньої частоти основного каналу f_s/n , де $n=2, 3, \dots$, виникають і внаслідок нелінійності ПВЧ. Такі побічні канали можуть виникати і в приймачах прямого підсилення.

Подавити прийом на побічних каналах у супергетеродинних приймачах потрібно преселектором до перетворення частоти, поки частоти сигналів і побічних каналів різні!

Преселектор покращує ЕМС, тому що зменшує енергію гетеродинів приймача, яка просочується у приймальну антену та випромінюється нею. Це зменшує завади в роботі інших приймачів. У приймачах без ПВЧ функції преселектора виконує лише вхідне коло.

Подавити прийом по дзеркальному каналу тим простіше, чим більшою є ПЧ. Але при цьому складніше отримати високу селективність по сусідньому каналу. Тому йдуть на певний компроміс.

Супергетеродинний приймач

Приклад 1. Нехай приймач з ПЧ 6,5 МГц налаштовано на радіостанцію, яка працює на частоті 101 МГц, частота гетеродину при цьому 107,5 МГц. На виході фільтра ПЧ буде виділятися сигнал з частотою 107,5 МГц – 101 МГц = 6,5 МГц. Частота дзеркального каналу при цьому 101 МГц + 2 · 6,5 МГц = 114 МГц. Якщо ж на цій частоті працюватиме інша потужна радіостанція, і її сигнал зможе просочитись на вхід змішувача, то різницевий сигнал 114 МГц – 107,5 МГц = 6,5 МГц не буде подавлено, він потрапить у ППЧ і створить заваду!

Приклад 2. Нехай приймач з ПЧ 6,5 МГц налаштовано на радіостанцію, яка працює на частоті 107 МГц, частота гетеродину при цьому 113,5 МГц. На виході фільтра ПЧ буде виділятися сигнал з частотою 113,5 МГц – 107 МГц = 6,5 МГц. Частота дзеркального каналу при цьому 107 МГц + 2 · 6,5 МГц = 120 МГц. Якщо ж на цій частоті працюватиме інша потужна радіостанція, і її сигнал зможе просочитись на вхід змішувача, то різницевий сигнал 120 МГц – 113,5 МГц = 6,5 МГц не буде подавлено, він також потрапить у ППЧ і теж створить заваду.

Супергетеродинний приймач

Ступінь подавлення такої завади (селективність по дзеркальному каналу) залежить від ефективності преселектора і є однією з основних характеристик супергетеродина.

Завади від дзеркального каналу зменшують такими способами:

- покращують селективність преселектора (див. слайд 18), використовуючи складніші та ефективніші смугові фільтри, які складаються з багатьох коливальних контурів. Це ускладнює та здорожчує конструкцію, оскільки вхідний фільтр потрібно ж ще перестроювати за частотою, причому синхронно з перестроюванням гетеродину;
- значення ПЧ вибирають досить високим порівняно з частотою прийому (див. слайд 18). У цьому випадку дзеркальний канал прийому опиниться відносно далеко за частотою від основного, і вхідний фільтр приймача зможе ефективно його подавити;
- значення ПЧ вибирають значно більшим за частоту прийому (“перетворення частоти вверх”) (якщо ПЧ більша за максимальну частоту прийому, то такий супергетеродин називають **інфрадином**), і при цьому заради спрощення приймача взагалі відмовляються від вхідного смугового фільтра, замінюючи його неперестроюваним фільтром нижніх частот (у телевізійних приймачах навпаки – фільтром верхніх частот);

Супергетеродинний приймач

- у високоякісних приймачах використовують багаторазове перетворення частоти з високої ПЧ1 (*для кращої селективності по дзеркальному каналу*) та низькою ПЧ2 (*для високої селективності по сусідньому каналу*). При цьому також потрібно подавити і побічні канали другого перетворювача частоти.

Паразитного прийому сигналів станцій, які працюють на ПЧ, уникають екрануванням окремих вузлів та приймача в цілому, а також використанням на вході режекторного фільтра, налаштованого на проміжну частоту.

Якщо ж у приймача більше ніж один гетеродин, існує небезпека того, що биття між якимись їхніми гармоніками опиниться у смузі звукових частот і створять заваду у формі свисту на виході приймача. Тут ретельно вибирають частоти гетеродинів та ретельно екранують вузли приймача один від одного.