

ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ ЗЕМНИХ СТАНЦІЙ ДЛЯ  
БЕЗПОСЕРЕДНЬОГО СУПУТНИКОВОГО ТЕЛЕВІЗІЙНОГО  
МОВЛЕННЯ

**Навчальний посібник**

2017 р.

## Зміст

	Стор.
Вступ.....	4
1.ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ ЗЕМНИХ СТАНЦІЙ.....	5
Зовнішній блок.....	6
Внутрішній блок.....	7
Поляризатор.....	9
Джерела шумів в конверторі	
2.ОСОБЛИВОСТІ ПОБУДОВИ КОНВЕРТОРІВ.....	12
3.ОСОБЛИВОСТІ ПОБУДОВИ ТЮНЕРІВ(ПРИЙМАЧІВ).	27
3.1 Аналоговий супутниковий приймач.....	27
Тракт першої проміжної частоти.....	31
Тракт другої проміжної частоти.....	32
Обмежувач амплітуди.....	33
Частотний демодулятор.....	34
Декодер D2-МАС.....	38
Низькочастотний канал зображення.....	41
Низькочастотний канал звукового супроводу.....	42
Пристрій формування телевізійного радіосигналу. Блок керування.....	43 44
3.2 Цифровий супутниковий приймач.....	44
Схемотехніка цифрових приймачів.....	45
Перелік посилок.....	48

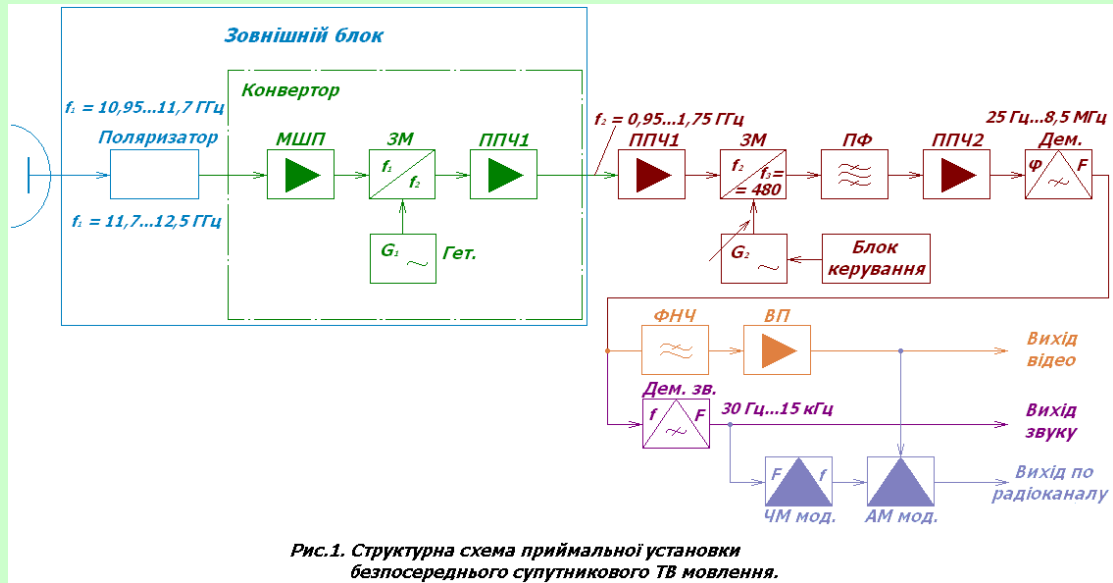
## **1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ ЗЕМНИХ СТАНЦІЙ**

Приймальні пристрої для прийому сигналів СБТМ можуть бути колективними та індивідуальними. В першому випадку вони проектуються з таким розрахунком, щоб забезпечити прийом сигналів від супутників для достатньо великої групи користувачів (багатоквартирний будинок, невелике селище і т.п.). Розподіл програми в межах будинку проводиться по кабелю, а в межах селища – за допомогою малопотужного ретранслятора метрового діапазону. Технічні вимоги до такої приймальної установки по чутливості приймача, коефіцієнту посилення антен та іншим параметрам більш високі, наприклад розміри параболічних антен можуть досягати 2,5 – 4 м. Окрім того, в колективних станціях за звичай передбачається одночасний прийом сигналів двох ортогональних поляризацій (дві програми). В цьому випадку між антеною і фідером ставиться поляризатор, який розподіляє сигнали по поляризації, та два конвертори на різні програми.

До складу обладнання для колективного прийому входять також широкополосні дільники потужності для підключення каналних блоків та пристрої розподільчої мережі.

При проектуванні індивідуальної установки можна обмежитись антенами з параболічним рефлектором діаметром 0,9 – 2,5 м. При цьому, очевидно, що чим більше діаметр віддзеркалювача антени, тим більш високоякісний сигнал можна отримати, і забезпечити прийом сигналів при максимальній похилій далині до 40 тис. км.

Структурна схема приймальної установки (рис.1) функціонально розділяється на два блоки: зовнішній, розташовується поблизу антени, і внутрішній, який розташовується в приміщенні.



## Зовнішній блок

До складу зовнішнього блоку входять наступні елементи: поляризатор та конвертор, який в свою чергу складається з: малошумового підсилювача МШП, перетворювача частоти вниз, попереднього підсилювача першої проміжної частоти ППЧ1 і гетеродина G1.

Поляризатор виконує функцію розподілу прийнятих сигналів по поляризації.

Конвертор забезпечує необхідне підсилення прийнятих сигналів при мінімально можливому рівні шумів, а також перетворює частоти сигналу до частоти, яка сприймається супутниковим приймачем: 950 – 1750 МГц або 900 – 2150 МГц (розширений).

Вибір значення ПЧ1 визначається певними умовами: наявністю комплектуючих елементів та вузлів для створення ППЧ1, використанням типом кабелю, яким сигнал ПЧ1 подається на внутрішній блок, необхідністю ефективного подавлення завади по дзеркальному каналу та деякими іншими факторами.

Для індивідуальних приймальних установок застосовують по крайній мірі три варіанти побудови структурних схем.

Перший варіант включає два перетворення частоти: в конверторі сигнал із полоси частот 10,95 – 12,5 ГГц перетворюється в полосу 0,90 – 2,15 ГГц, підсилюється в ППЧ1 і далі коаксіальним кабелем подається на внутрішній блок, де за допомогою другого перетворювача сигнал СТМ перетворюється в ПЧ2, яка вибирається в межах 480 – 612 МГц. Подальша обробка проходить на цій же частоті.

Другий варіант структурної схеми відрізняється вибором більш низьких значень ПЧ2 (в межах 70 – 230 МГц).

В третій різновидності схем сигнал ПЧ2 транспонується в ПЧ3, яка вибирається в межах 35 – 70 МГц.

Перша схема в теперішній час має широке розповсюдження в серійно випускаємих за кордоном приймальних установках, причому в більшості європейських країн значення ПЧ2 дорівнює 480 МГц, а в США – 612 МГц.

Загальним принципом для розглянутих трьох варіантів структурних схем є розділення схеми на два блоки (зовнішній та внутрішній), які з'єднуються між собою кабелем довжиною до 40 м.

### **Виберіть правильний варіант відповіді**

*На які основні структурні частини розкладається зовнішній блок?*

- 1) поляризатор, конвертор, перетворювач частоти вниз, гетеродин;*
- 2) малошумовий підсилювач, перетворювач частоти вниз, гетеродин, конвертор, поляризатор;*
- 3) поляризатор та конвертор.*

### **Внутрішній блок**

До складу внутрішнього блоку входять: попередній підсилювач першої проміжної частоти ППЧ1, перетворювач частоти вниз, полосовий фільтр ПФ, попередній підсилювач другої проміжної частоти ППЧ2, частотний демодулятор, фільтр нижніх частот ФНЧ, вихідний підсилювач ВП, демодулятор звуку, частотний модулятор, амплітудний модулятор, блок керування та змінний гетеродин G2.

У внутрішньому блоці сигнал додатково підсилюється на частоті ПЧ1 і перетворюється в ПЧ2, підсилюється на ній та демодулюється. На виході частотного демодулятора виділяються відеосигнал та ЧМ сигнал звукового супроводу. Останній подається на частотний демодулятор звуку.

Відео- та звукові сигнали з виходів демодуляторів можуть подаватися на відеомагнітофон або спеціальні входи телевізора (якщо вони є), а також на вхід модуляторів ЧМ та АМ сигналів для формування телевізійного сигналу стандарту наземного телебачення в одному з каналів дециметрового діапазону.

Для підвищення заводо захищеності та виконання вимог електромагнітної сумісності при передачі аналогових сигналів по

супутниковому каналу на вході частотного модулятора вводяться попередні спотворення та сигнали дисперсії.

В приймальній установці відновлення попередніх спотворень і подавлення сигналів дисперсії проходить після частотного демодулятора.

В широкополосних системах з частотною модуляцією потужність шуму на виході демодулятора підвищується із збільшенням частоти модуляції по закону, близькому до квадратичного. Це означає, що відношення сигнал/шум для верхніх частот радіосигналу та піднесучих звуку буде менше, ніж в низькочастотній частині спектру. Попередні спотворення вводяться на передавальній стороні перед модулятором для вирівнювання відношення сигнал/шум по спектру, а в приймальній частині на виході демодулятора відновлюють АЧХ модулюючого сигналу.

Введення сигналів дисперсії дозволяє розсіювати енергію зосереджених компонент енергетичного спектра в достатньо великій полосі частот. Вони призначені для зменшення завад радіорелейним та супутниковим системам радіозв'язку від супутників телевізійного мовлення. За звичай вони мають пилкоподібну форму та ідуть з частотою 1 – 50 Гц.

Канал звукового супроводу в залежності від ТВ стандарту формується на піднесучій частоті, яка може змінюватись в межах 5 – 9 МГц. В зв'язку з цим в тракці звукового супроводу передбачається можливість настройки на відповідну піднесучу звуку, а частотний демодулятор звука повинен забезпечувати неспотворене детектування ЧМ сигналів при зміні дев'яції частоти в межах 50 – 150 кГц.

Вибір необхідної програми здійснюється за допомогою блока керування, який перелаштовує другий гетеродин на частоту приймаемого сигналу.

### **Закінчіть правильно твердження**

***Введення сигналів дисперсії необхідно для...***

- 1) вирівнювання відношення сигнал/шум по спектру при передачі;***
- 2) зменшення завад радіорелейним та супутниковим системам зв'язку від супутників телевізійного мовлення;***
- 3) підвищення завадозахищеності та виконання вимог електромагнітної сумісності при передачі цифрових сигналів по супутниковому каналу.***

## Поляризатор

Приймальний комплекс повинен забезпечувати прийом електромагнітних хвиль різної поляризації. В зв'язку з цим в конструкції антенної системи передбачено пристрій вибору поляризації – поляризатор.

Поляризатор антени забезпечує можливість перетворення поляризованих певним чином електромагнітних хвиль в сигнал з потрібною для конвертора лінійною поляризацією. Широке розповсюдження отримала плавна підстройка поляризації. Потреба в плавній зміні поляризації виникає в системах, призначених для прийому з декількох супутників. Одна з причин заключається в тому, що сигнали з деяких супутників передаються не поляризованими в суворо вертикальній або горизонтальній площині, а нахиленими до них під деяким кутом. Окрім того, сигнал приймається в тій же площині, в якій був посланий, лише тоді, коли супутник та приймальна антена знаходяться на одній довготі. Якщо ж супутник розташований на одній довготі, то, в силу того, що Земля має форму кулі, площина поляризації прийнятого сигналу розташована під деяким кутом до вихідної поляризації. Причому цей кут тим більше, чим сильніше відрізняються довгота супутника та приймальної антени.

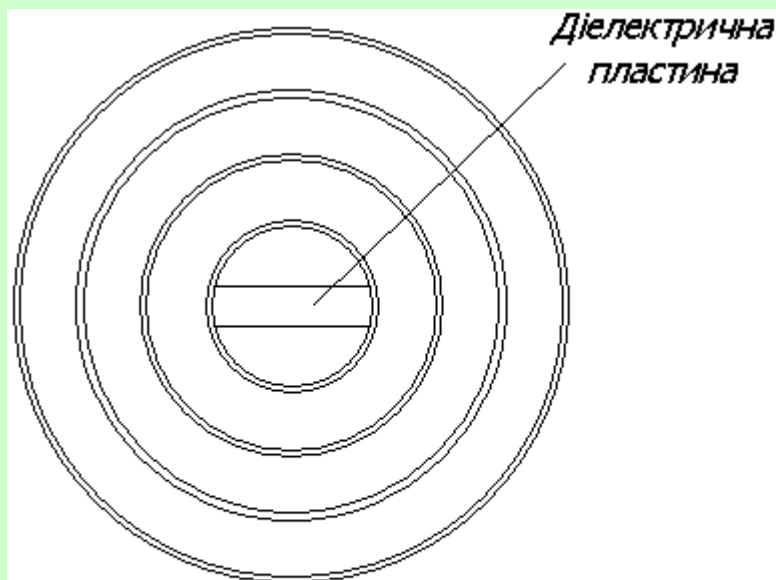
Поляризатори систем безпосереднього супутникового телевізійного мовлення можуть бути електромагнітними або механічними. Фізичний принцип дії електромагнітного поляризатора заснований на ефекті Фарадея. Електричний струм, який протікає по катушці, намотаній на феритовий стержень, створює повздовжнє магнітне поле. При розповсюдженні електромагнітної хвилі вздовж намагніченого фериту напрямок її поляризації відхиляється на деякий кут. Величина цього кута залежить від довжини феритового стержня та величини магнітного поля, тобто від величини струму в катушці. Практично це означає, що, змінюючи величину струму в катушці, можна домогтися збігу напрямку поляризації хвилі на виході поляризатора з напрямком, який необхідний на виході зовнішнього блоку.

Складність заключається в тому, що для сигналів різної частоти значення струму в катушці повинні бути різними, тобто поляризаційні характеристики електромагнітного поляризатора частотно залежні. Найбільш просто ця проблема вирішується в тому випадку, якщо внутрішній блок оснащений мікропроцесором. При виборі бажаної програми супутникового ТВ мікропроцесор забезпечує необхідне значення струму в катушці поляризатора.

На практиці кількість витків катушки індуктивності робиться достатньо великою, щоб струм споживання не перевищував 50 мА. Розміри феритового стержня вибирають таким чином, щоб напрямок поляризації змінювався максимум на  $45^\circ$ . При зміні полярності струму, що протікає через катушку, напрямок поляризації змінюється також на  $45^\circ$ , але в протилежному напрямку. В результаті спостерігається зміна поляризації.

Перевага поляризатора (фазообертача), заснованого на використанні ефекту Фарадея, полягає у відсутності рухомих елементів та в можливості здійснювати юстировку напрямку поляризації плавною зміною величини струму, що протікає через катушку. Втрати, які вносяться такими поляризаторами, складають близько 0,2 – 0,3 дБ. Недоліком поляризаторів є постійне споживання енергії.

В деяких мовних супутниках (наприклад, Astra) використовуються ліво- та правостороння кругові поляризації. Для прийому сигналів з таких супутників застосовуються хвилеводні пристрої, які перетворюють кругову поляризацію в лінійну один із варіантів такого перетворення може здійснюватись за допомогою фазуючих діелектричних вставок, розміщених під кутом  $45^\circ$  в круглому хвилеводі з хвилею  $H_{11}$  (рис. 2).



**Рис. 2. Опромінювач з діелектричною пластинною для перетворення кругової поляризації в лінійну.**



**Виберіть правильний варіант відповіді**

*Поляризатор це –*

- 1) пристрій вибору поляризації, який передбачено конструкцією антенної системи;*
- 2) пристрій, який входить до складу зовнішнього блоку, виконує функції вибору поляризації та підсилення сигналу;*
- 3) пристрій, який забезпечує можливість перетворення поляризованих певним чином електромагнітних хвиль в сигнал з потрібною для конвертора лінійною поляризацією.*

## 2 ОСОБЛИВОСТІ ПОБУДОВИ КОНВЕРТОРІВ

Типова питома потужність сигналу, попадаючого на вхід конвертора, при розмірах рефлектора антени 3 м в С-діапазоні складає  $10^{-14}$  Вт/м<sup>2</sup>. Отже, конвертор повинен мати дуже низький рівень власних шумів. Це стало можливим лише із створенням малошумових транзисторів НВЧ, без яких супутникове мовлення не досягло б такого прогресу.

### Загальні відомості

Технологія виробництва конверторів для СБТМ заснована на досвіді, який був накопичений при створенні малошумових підсилювачів (LNA – *Low Noise Amplifier*). Малошумовий підсилювач тільки підсилює сигнал, тоді як конвертор (LNB – *Low Noise Blockconverter*), окрім забезпечення необхідного підсилення при мінімально можливому рівні шумів, перетворює частоти сигналу до частоти, яка сприймається супутниковим приймачем: 950 – 1750 МГц або 900 – 2150 МГц (розширений).

Перші НВЧ-підсилювачі, які використовувалися в радіоастрономії, були створені на основі звичайних параметричних підсилювачів. В них застосовувались тунельні діоди, які охолоджувались рідким азотом або гелієм. Це дозволяло значно знизити рівень власних шумів пристрою за рахунок уповільнення руху молекул. Підсилювачі мали великі габарити, вагу, споживали багато енергії та працювали у вузькій полосі частот.

Використання арсеніду галію (GaAs) дозволило створити транзистор з дуже низьким рівнем шуму. Ці транзистори працюють майже так нібито вони охолоджені до температури абсолютного нуля, коли зупиняється будь-який молекулярний рух. Нині GaAs-транзистори є основними при виробництві НВЧ-апаратури СБТМ.

В ранніх супутникових системах С-діапазону прийнятий сигнал спочатку підсилювався в LNA, а потім його частота понижувалась в окремому блоці, який має назву LNC (*Low Noise Converter* – малошумовий перетворювач). Це потребувало застосування дорогого коаксіального кабелю та роз'ємів з малими втратами сигналу, максимально найближчого встановлення антени та супутникового приймача. В цілому система мала ряд серйозних обмежень, була важко встановлювана та дорога.

Істотним конструктивним покращенням системи було виділення пристрою пониження частоти в окремий блок та його встановлення поблизу малошумового перетворювача. Це дозволило

застосувати більш дешевий коаксіальний кабель та збільшити його довжину до 100 м без введення додаткових лінійних підсилювачів.

Наступним логічним кроком було об'єднання LNA та малошумового перетворювача в один пристрій – LNB. Саме LNB мається на увазі нині під словом конвертор.

Сьогодні існує два типи малошумових транзисторів НВЧ, які доступні проектувальникам та виробникам НВЧ-апаратури: НЕМТ – (*High Electron Mobility Transistor*), які володіють високою рухомістю електронів, та польові транзистори з бар'єром Шотки (ПТШ).

ПТШ почали використовуватись з початку 70-х років, в той час як НЕМТ стали комерційно доступними лише з 1987 р. Основна різниця між ними заключається в тому, що НЕМТ має менший коефіцієнт шуму на заданій частоті, ніж ПТШ, але останній має більш високий коефіцієнт підсилення.

Провідні науково-дослідницькі лабораторії різноманітних компаній працюють над створенням наступного покоління НЕМТ-транзисторів. Замість арсеніду галію планується використовувати фосфід індію (InP). Вже появились повідомлення про InP НЕМТ-транзистор з коефіцієнтом шуму 0,3 дБ та підсиленням 17дБ на частоті 12 ГГц. Планується використовувати два таких транзистори замість трьох GaAs.

### **Виберіть правильний варіант відповіді**

***Конвертор це –***

- 1) пристрій, який перетворює частоти сигналу до частоти, яка сприймається супутниковим приймачем: 950 – 1750 МГц;***
- 2) пристрій, який забезпечує необхідне підсилення при мінімально можливому рівні шумів та перетворює частоти сигналу до частоти, що сприймається супутниковим приймачем: 950 – 1750 МГц;***
- 3) пристрій, що входить до зовнішнього блоку приймальної установки СБТМ і забезпечує необхідне підсилення для нормальної роботи супутникового приймача.***

### **Джерела шумів в конверторі**

Поняття шуму є одним з основних при розгляданні супутникового радіозв'язку. Рівень шуму визначає мінімальну величину сигналу, яка може бути прийнята приймальним пристроєм, тобто таку найважливішу його характеристику, як чутливість.

Шуми, які діють в колах приймального пристрою, по своєму походженню можуть бути зовнішніми та внутрішніми. До перших

відносяться космічні шуми, шуми атмосфери, квантові шуми сигналу, до других – ЕРС (електрорушійна сила) та струми, що виникають в елементах приймального тракту за рахунок хаотичного руху носіїв електричних зарядів.

Джерелами внутрішніх шумів приймального пристрою є резистори, коливальні контури, активні елементи.

Умови експлуатації конверторів є доволі жорсткими: на них безпосередньо діють атмосферні опади та перепади температур, які залежать від клімату регіону. Конвертор є необслуговуваним пристроєм, тому повинна забезпечуватись їх повна взаємозамінність без яких-небудь додаткових регулювань. З'єднання та корпус повинні бути пило- та вологозахищеними.

#### Основні технічні характеристики конвертора:

- ▶ Діапазон приймаємих частот
- ▶ Коефіцієнт шуму
- ▶ Нестабільність частоти гетеродину
- ▶ Коефіцієнт підсилення
- ▶ Фазові шуми

Підсилення сучасного конвертора складає 50 – 70 дБ. Для забезпечення ефективної роботи приймального комплексу величина цього параметра дуже важлива.

Недостатнє підсилення рівносильне застосуванню антени меншого діаметра, надмірне підсилення приведе до перевантаження вхідних кіл приймального пристрою. В цілому ж підсилення конвертора повинно бути узгодженим з довжиною кабелю (затуханням в ньому сигналу) та чутливістю приймального пристрою. По оцінкам спеціалістів, рекомендоване підсилення повинно складати мінімум 50 дБ, а максимум 60 дБ. Необхідно відмітити, що це значення зменшується на 0,2 – 0,3 дБ при збільшенні температури на кожні 10° С.

### Технологія виготовлення

З точки зору конструктивно-технологічних методів виготовлення конвертори можна розділити на три групи:

- ▶ По технології поверхневого монтажу
- ▶ По гібридній технології
- ▶ По технології монолітних інтегральних схем НВЧ

Схеми окремих вузлів конверторів першої групи виконуються на підложках із органічних діелектриків з використанням технології поверхневого монтажу. Основна перевага конверторів даного типу – дешевизна виробництва. В зв'язку з тим, що недорогі органічні діелектрики наприклад, дюрюід, армінований фторопласт, арилокс з наповнювачем мають великі температурні коефіцієнти розширення, при великій кількості термоциклів інколи виникають мікротріщини і, як наслідок, відмови в роботі.

Друга група конверторів виготовляється по технології гібридних інтегральних мікросхем (ГІС) НВЧ. В якості підложок в них використовуються неорганічні діелектрики із окису алюмінію або глиноземної кераміки типу полікор. Ці підложки або безпосередньо, або через термокомпенсуючі прокладки припаюються до корпусу. Провідники, резистори, індуктивності та, частково, конденсатори виконуються в цьому випадку шляхом напилення методами тонко- або товстоплівкової технології. Активні елементи (діоди, транзистори) виготовляються у вигляді окремих кристалів арсеніду галію та приварюються до відповідних точок схеми за допомогою коротких виводів. Перевагами таких конверторів є малі габарити, висока надійність та можливість настройки.

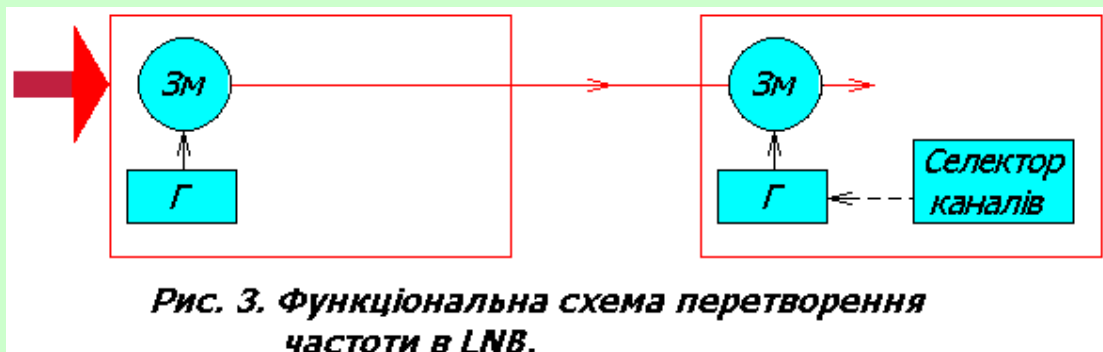
В основі конверторів третьої групи лежить технологія монолітних інтегральних схем НВЧ. Переважно використовуються арсенідгалійові та рідше кремнійові підложки. Переваги подібних схем: надто малі розміри, висока надійність, відтворення, мінімальні реактивні параметри. Однак існують технологічні труднощі, пов'язані з відтворенням багат шарових структур із арсеніду галію, реалізацією складних елементів НВЧ-схем (наскрізних контактів та повітряних перемичок), підвищенням добротності та розширенням діапазону номіналів конденсаторів, катушок індуктивності та відрізків ліній передачі. Остання проблема має особливе значення, так як для зменшення розмірів та вартості мікросхеми пасивні елементи приходиться робити зосередженими, а це призводить до зменшення їхньої добротності.

Технологічні складності при виробництві таких конверторів в основному і визначають їхню високу вартість. Розробка конверторів, не дивлячись на простоту виконуваних ними функцій, достатньо складна, так як повинна вирішуватись проблема масового виробництва недорогої техніки сантиметрових хвиль.

## LNB

Конструкція LNB заснована на використанні гетеродина, настроєного на фіксовану частоту та стабілізованого об'ємним діелектричним резонатором (рис. 3). Весь діапазон частот, який приймається конвертором, понижається в змішувачі і подається в супутниковий приймач, де проходить подальше перетворення та вибір каналу.

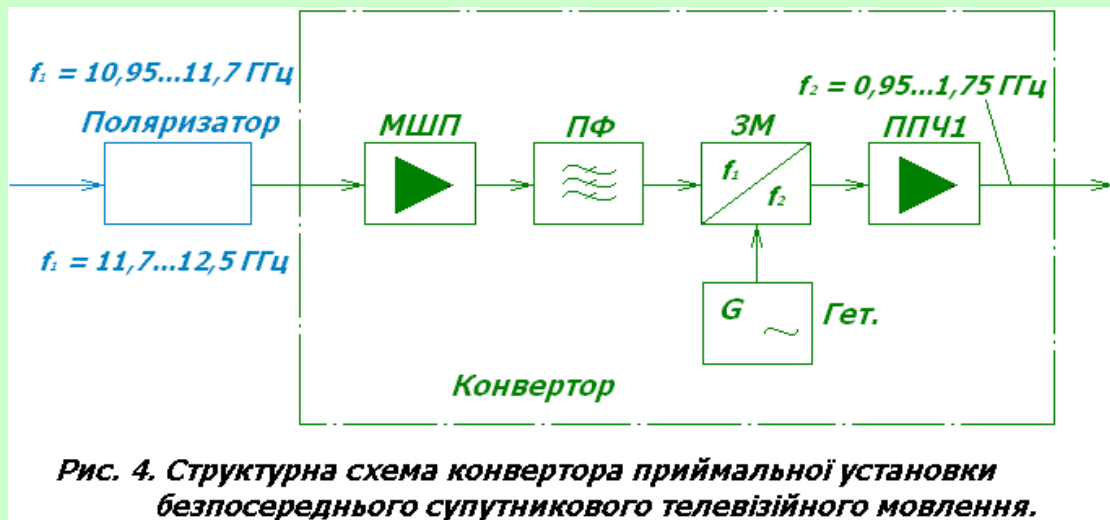
LNB має істотну перевагу: через нього проходять всі канали даного діапазону, що дозволяє використовувати один конвертор для прийому різних програм декількома супутниковими приймачами одночасно. Також необхідно відмітити більшу стійкість настройки, так як вибір каналу проводиться в закритому приміщенні, де електронні компоненти захищені від перепадів температури та вологості (стійкість системи в основному визначається характеристиками гетеродина конвертора).



**Рис. 3. Функціональна схема перетворення частоти в LNB.**

### Елементи конвертора

Нині існують різноманітні схемотехнічні рішення, що використовуються при побудові побутових конверторів. Структурна схема типового конвертора представлена на рис. 4.



Зібраний у фокусі антени сигнал, підводиться до поляризатора, який вибирає сигнал необхідної поляризації. Як відомо, для збільшення пропускну здібності каналів передача може здійснюватись сигналами з горизонтальною, вертикальною або круговою (правого або лівого обертання) поляризацією.

В діапазоні 10,95 – 12,5 ГГц застосовують, як правило, лінійну поляризацію (горизонтальну або вертикальну).

Поляризатор забезпечує розв'язку двох сигналів в межах 25 – 30 дБ.

### Малешумовий підсилювач

При проектуванні МШП необхідно враховувати два суперечливих фактори: для досягнення мінімального коефіцієнта шуму необхідно забезпечити найкраще узгодження транзистора по входу, а для отримання максимального коефіцієнта підсилення необхідно отримати оптимальне узгодження по виходу.

МШП повинен забезпечувати рівномірне підсилення в усьому діапазоні з нерівномірністю амплітудно-частотної характеристики (АЧХ)  $\pm 1$  дБ та мати лінійну фазочастотну характеристику (ФЧХ). Необхідно також задовольнити ряд суперечливих вимог: забезпечити мінімальний коефіцієнт шуму, узгодження підсилювача по входу, максимальний коефіцієнт підсилення.

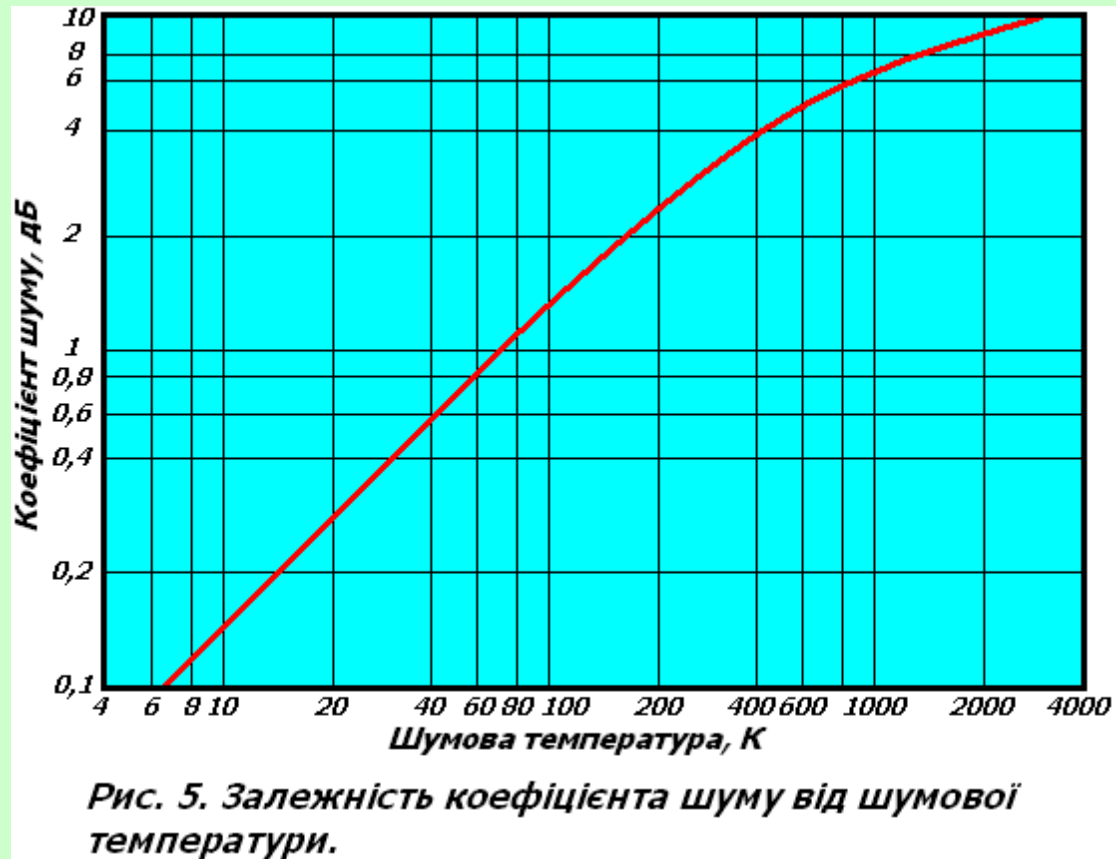
Як відомо, якість прийнятого сигналу значною мірою визначається сумарною шумовою температурою приймальної установки. При оцінці шумових характеристик конвертора використовується як шумова температура  $T_{ш}$ , так і коефіцієнт шуму  $k_{ш}$ , який пов'язаний з шумовою температурою співвідношенням

$$T_{ш} = (k_{ш} - 1) \cdot T_{0},$$

де  $T_n$  – нормальна температура навколишнього середовища ( $T_n = 290 \text{ K}$ ). Якщо коефіцієнт шуму виражений в децибелах, то:

$$T = 290 \left( 10^{k_m/10} - 1 \right).$$

Графічно дане співвідношення представлено на рис. 5.



На вході конвертора завжди є присутнім малощумовий підсилювач, який складається із декількох підсилюючих каскадів (звичайно 2 – 4), кожний з яких має власний коефіцієнт шуму та коефіцієнт передачі номінальної потужності ( $k_{p,ном}$ ).

Коефіцієнт шуму багатокаскадної схеми в основному визначається коефіцієнтом шуму перших каскадів. Справедливість цього твердження збільшується із збільшенням коефіцієнтів передачі та їх номінальної потужності. Тому для отримання малого коефіцієнта шуму всього приймального тракту необхідно, щоб його перші каскади мали мінімальний рівень власних шумів та забезпечували максимальне підсилення сигналу по потужності.

Практично вхідні та вихідні узгоджуючі кола першого транзистора розраховуються на мінімальний коефіцієнт шуму, другий каскад налаштовується виходячи із компромісних міркувань:



максимальне підсилення при мінімальному коефіцієнті шуму. Вплив коефіцієнту шуму третього каскаду практично невідчутний.

Отже, класичний МШП складається із трьох підсилюючих каскадів: перші два виконані на НЕМТ-транзисторах, третій – на транзисторі з бар'єром Шотки.

Всі каскади МШП будуються, як правило, на несиметричних полоскових лініях передачі, які виконуються методом напилення провідникових матеріалів на керамічну підложку. В НВЧ-діапазоні паразитні реактивні елементи корпуса транзистора здійснюють помітний вплив на характеристики МШП. Щоб виключити цей ефект, застосовують транзистори в безкорпусовому виконанні.

Кожний підсилюючий каскад (рис. 6) складається з чотирьох кіл: вхідного і вихідного, кіл зміщення та активного елемента.

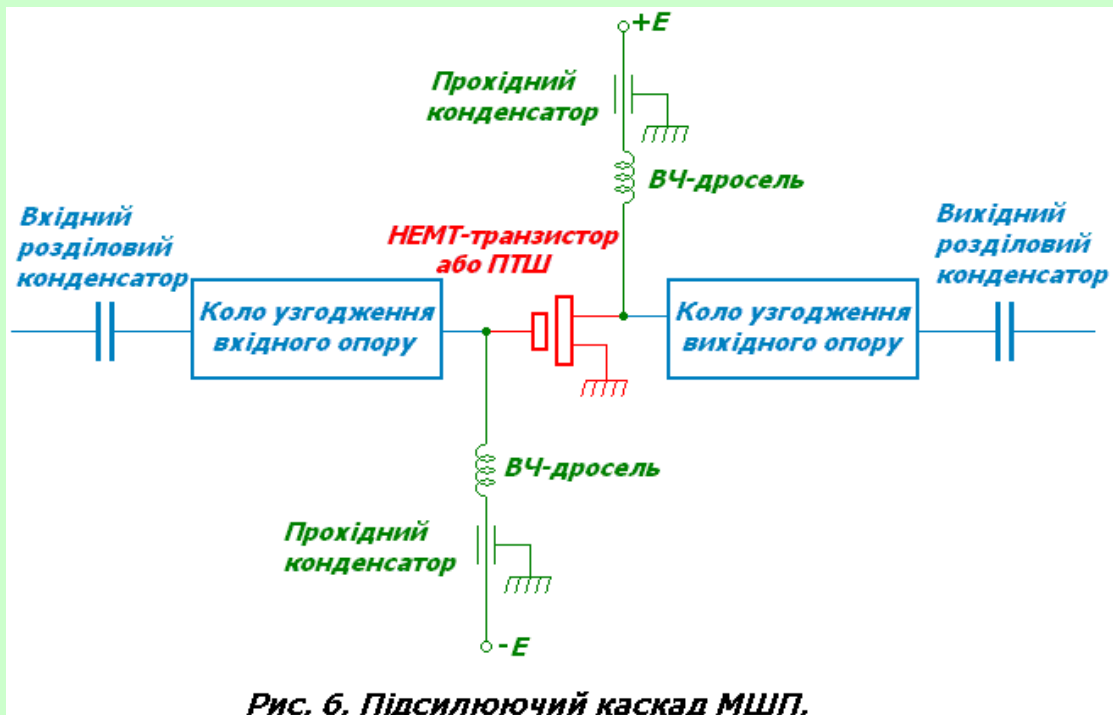


Рис. 6. Підсилюючий каскад МШП.

**Вхідне коло** призначене для узгодження вхідного опору активного елемента (транзистора) та забезпечення мінімуму коефіцієнту шуму.

**Вихідне коло** служить для узгодження вихідного опору з наступним каскадом.

**Коло зміщення** забезпечує режим роботи транзистора по постійному струмові.

Найбільше розповсюдження в МШП отримала схема з загальним витоком, так як вона володіє найбільшою стійкістю у порівнянні з іншими способами ввімкнення польових транзисторів.

*Активний елемент* являє собою НЕМТ-транзистор або ПТШ та забезпечує підсилення сигналу.

**Виберіть правильний варіант відповіді**

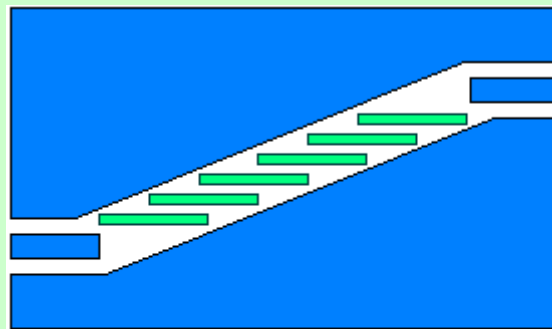
*Які суперечливі фактори необхідно враховувати при проектуванні МШП ?*

- 1) *необхідно забезпечити оптимальне узгодження транзистора по входу для досягнення мінімального коефіцієнта шуму;*
- 2) *необхідно забезпечити узгодження підсилювача по виходу та максимальний коефіцієнт підсилення;*
- 3) *необхідно забезпечити оптимальне узгодження транзистора по входу та виходу.*

### Смуговий фільтр

Смуговий фільтр забезпечує проходження лише певної смуги частот з втратами, які складають не більше 3 дБ, а також ослаблення дзеркального каналу та сигналу гетеродина на 30 – 40 дБ (рис. 7).

В сантиметровому діапазоні хвиль СФ виконують на полоскових та мікрополоскових лініях, так як спіральні індуктивності та зосереджені конденсатори не забезпечують необхідної добротності. Найбільш часто використовуються СФ на мікрополоскових паралельно пов'язаних резонаторах.

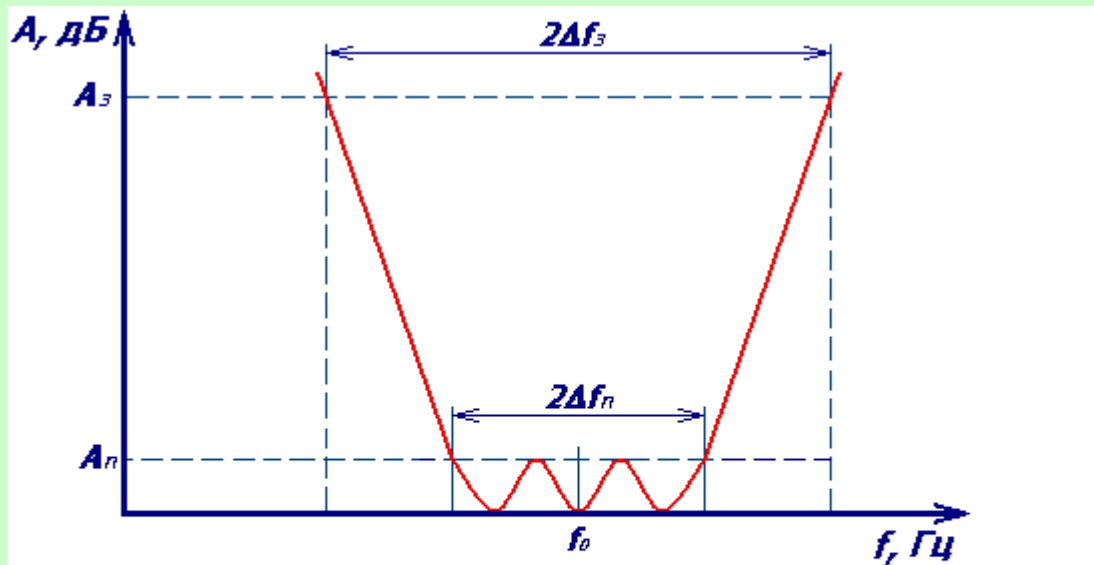


***Рис. 7. Полосовий фільтр НВЧ на мікрополоскових резонаторах.***

Фільтр являє собою коло із шести напівхвильових пов'язаних мікрополоскових резонаторів. Внесені втрати в полосі пропускання складають менше 3 дБ, затухання на частоті першого гетеродина (11,2 ГГц) більше 30 дБ, по дзеркальному каналу в діапазоні 9,2 – 10,2 ГГц більше 50 дБ.

Центральна частота фільтра залежить від довжини полоскових елементів, а ширина полоси пропускання – від ширини ліній та відстані між ними. Чим більша кількість ланок фільтра, тим стрімкіша його амплітудно-частотна характеристика, але також вище і внесене затування.

Амплітудно-частотна характеристика полосового фільтра, виконаного на пов'язаних напівхвильових резонаторах, представлена на рис. 8.



**Рис. 8. Частотна характеристика полосового фільтра:  $A_3$  – задана величина затухання, яка відповідає полосі  $2\Delta f_3$ ;  $A_n$  – величина затухання, яка відповідає полосі пропускання  $2\Delta f_n$ ;  $f_0$  – середня частота полоси пропускання.**

## Гетеродин

В більшості сучасних конструкцій гетеродин – це перенастроюваний (на відміну від гетеродинів, які використовуються в радіомовних приймачах) малопотужний високостабільний генератор електричних коливань.

Під нестабільністю частоти розуміються випадкові та систематичні зміни частоти в часі. Внаслідок дії дестабілізуючих факторів (температури, тиску, вібрацій, відхилення напруги живлення від номінального значення) частота гетеродина відхиляється від номінального значення. При цьому розрізняють *абсолютне* та *відносне відхилення частоти*. Під *абсолютним відхиленням* розуміють різницю між фактичною частотою

генератора та її номінальним значенням  $f_{ном}$ , під **відносним відхиленням** – відношення абсолютного відхилення до номінального значення частоти генератора  $f_{ном}$ .

Із безлічі дестабілізуючих факторів найбільший вплив на відхилення частоти гетеродину здійснює зміна температури навколишнього середовища. Для характеристики цього впливу використовується **температурний коефіцієнт частоти  $K_T$**  в заданому інтервалі температур ( $T_{max} - T_{min}$ ):

$$k_T = \frac{f_{max} - f_{min}}{f_{ном} (T_{max} - T_{min})},$$

де  $f_{max}$  – максимальне значення частоти в заданому інтервалі температур;  $f_{min}$  – мінімальне значення частоти в цьому інтервалі;  $f_{ном}$  – номінальне значення частоти.

### Конструкція гетеродину

Сьогодні найбільшу популярність отримали генератори, де в якості активного елемента використовується ПТШ. В теперішній час це практично єдиний вид автогенераторів, які використовуються в побутових конверторах. Вони мають цілий переваг: ККД 18 – 20 %, нестабільність частоти 500 – 700 кГц в інтервалі температур від – 30 до + 60 °С, невисока вартість, можливість регулювання потужності зміною напруги живлення.

Необхідне значення вихідної потужності визначається конструкцією вибраного змішувача і складає в сучасних конверторах 8 – 15 мВт.

Стабілізація частоти в більшості конверторів здійснюється за допомогою діелектричного резонатора із термостабільної кераміки. Він являє собою пасивний пристрій (діелектричний циліндр, квадрат і т. п.), який має властивість запасати енергію НВЧ електромагнітних хвиль. Висока добротність діелектричних резонаторів дозволяє успішно використовувати їх в якості високодобротних коливальних систем НВЧ. В результаті вдається досягти стабільності частоти до 700 кГц і обійтись без схеми автоматичної підстройки частоти.

Велике розповсюдження отримали в теперішній час тороїдальні діелектричні резонатори на основі титанату кальцію та

алюмінату лантану. Вони дозволяють отримати більш чистий спектр сигналу гетеродину, що необхідно для створення конверторів з низьким фазовим шумом та високою стабільністю частоти гетеродину – до 20 – 30 кГц. Необхідність в таких високих характеристиках виникає при прийомі цифрових телепрограм в стандарті MPEG-2.

### **Фазові шуми гетеродина**

Будь-яке електричне коливання, отримане за допомогою відомих сучасній науці методів, містить складові фазової (або частотної) модуляції випадкового характеру, а спектр шумів видозмінюється при проходженні коливання крізь електронні схеми.

Однією з основних характеристик, яка визначає придатність конвертора для прийому цифрових програм, є *фазові шуми*, величина яких в основному визначається величиною фазового шуму гетеродину.

Фазовий шум (флуктуація) – це випадкова зміна фази коливання на виході гетеродину, викликана частотною нестабільністю генератора, паразитною модуляцією в колі зворотнього зв'язку, зміною температури, напруги живлення та іншими дестабілізуючими факторами.

Величина фазового шуму показує, як швидко понижується потужність сигналу відносно центральної частоти. Наприклад, якщо потужність сигналу при відхиленні від центральної частоти на 1 кГц понизиться на 60 дБ, то величина фазового шуму складе - 60 дБ.

Підвищена величина фазового шуму конвертора сприяє появі міжсимвольної інтерференції сигналу, зміні чергування “0” та “1” при демодуляції та інших небажаних феноменів, що призводить до неможливості декодування прийнятої цифрової програми.

### **Виберіть правильний варіант відповіді**

*Найбільший вплив на відхилення частоти гетеродину здійснює...*

- 1) зміна температури;*
- 2) зміна геометричних розмірів компонентів його конструкції;*
- 3) зміна вологості;*
- 4) перепад тиску.*

### **Змішувач**

Змішувач в конверторах традиційно виконується на напівпровідникових діодах або арсенідгалієвих польових транзисторах та вирішує задачу перетворення частоти сигналу 10,95

– 12,5 ГГц в діапазон частот 0,90 – 2,15 ГГц. Найбільш важливим параметром змішувача є *втрати перетворення*. Величина цих втрат визначається схемною побудовою. Використання діодних перетворювачів призводить до втрат 5 – 10 дБ. У випадку, якщо нелінійним елементом перетворювача служить ПТШ, можна здійснити перетворення без втрат і навіть з деяким підсиленням (3 – 10 дБ). Прагнення спростити конструкцію та покращити технічні характеристики призвело до появи таких схемних рішень, які дозволяють використовувати транзистор, працюючий як змішувач і гетеродин одночасно.

*Діодний змішувач* звичайно будується по балансній схемі на двох парнопідібраних діодах з бар'єром Шотки (ДБШ), так як при цьому забезпечується менший коефіцієнт шуму в порівнянні з однократною (небалансною) схемою. Найбільш часто використовують балансні діодні змішувачі на трьохдецибельних НВЧ-мостах.

*Діодний змішувач* володіє багатьма перевагами (низький коефіцієнт шуму, висока лінійність, простота конструкції), однак має один істотний недолік – ослабляє перетворюваний сигнал. Цього недоліку позбавлені *транзисторні змішувачі*, виконані на ПТШ і які забезпечують при прийнятному значенні коефіцієнта шуму (4,5 – 6,0 дБ) підсилення сигналу на 5 – 10 дБ. Спочатку використовувались конструкції змішувачів з однозатворними ПТШ, сигнал гетеродину на які подавався одним із способів, показаних на рис. 9.

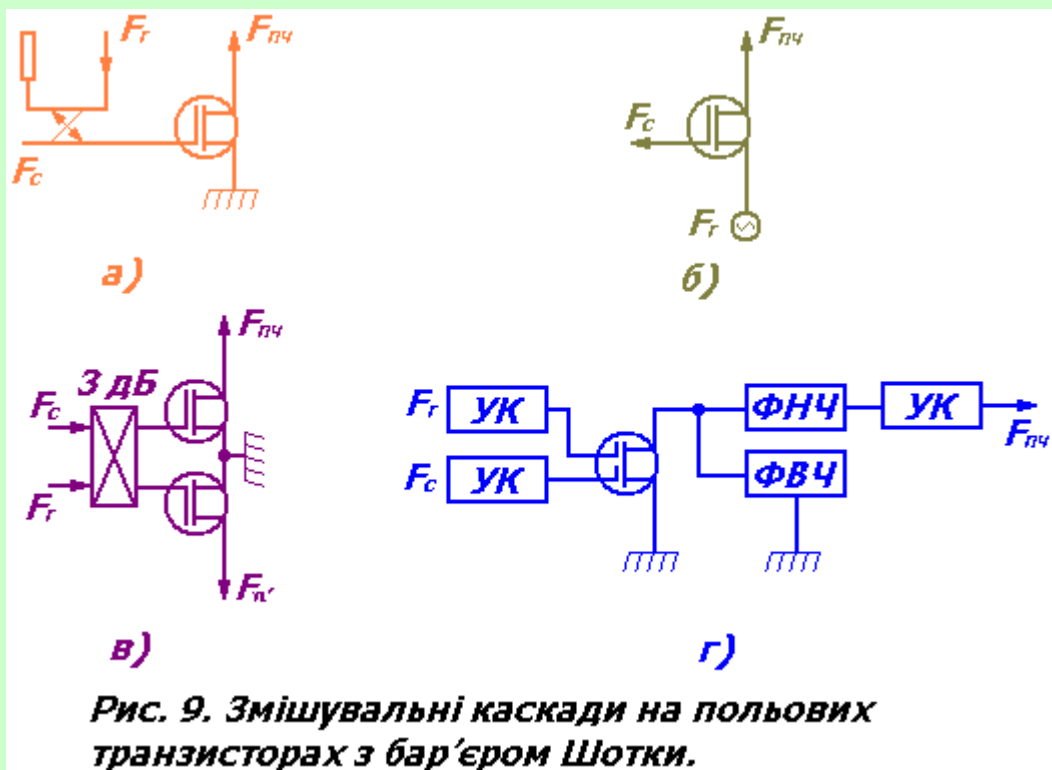


Схема на рис. 9, а потребує слабкого зв'язку направлено розгалуджувача і, відповідно, підвищеної потужності гетеродина. Недоліком схеми на рис. 9, б є наявність в колі зворотнього зв'язку опору, вносимого гетеродином, що призводить до зниження підсилення і збільшення коефіцієнта шуму. Схема на рис. 9, в найбільш зручна з точки зору подачі напруги сигналу і гетеродина, однак коливання напруги ПЧ на стоках виявляються протифазними і полоса обмежується полосою сумуючого кола. Окрім того, необхідне ретельне узгодження кола затворів на частотах сигналу і гетеродина. Найкращі результати отримуються при використанні змішувачів із двозатворними ПТШ. Напруги сигналу і гетеродину прикладаються до різних затворів, і їм необхідна лише одна фільтруюче-узгоджуюча схема в колі стоку (рис. 9, г, де УК – узгоджуюче коло, ФНЧ і ФВЧ – фільтри нижніх і верхніх частот). Головна перевага схеми з двозатворним ПТШ – її простота. Непотрібно відгалуджувачів, гібридних з'єднань, потрібні лише найпростіші узгоджуючі схеми, де узгоджуючі кола повинні бути компактними.

Необхідно відмітити одну особливість розглянутих конструкцій: майже в усіх змішувачах використовується принцип регенерації енергії дзеркальної частоти, який отримав назву “відновлення дзеркального каналу”. В цьому режимі повна провідність навантаження змішувача на дзеркальній частоті має чисто реактивний характер, і дзеркальна складова, повністю відбиваючись, перетворюється в складову, синфазну з основним компонентом, що дає зниження втрат перетворення та шумової температури змішувача.

#### Основні вимоги до змішувачів конверторів СБТМ:

- ▶ Мінімальний коефіцієнт шуму
- ▶ Мінімальні втрати перетворення
- ▶ Лінійність ФЧХ
- ▶ Рівномірність АЧХ

#### Закінчіть правильно твердження

*Змішувач в конверторах вирішує завдання перетворення частоти сигналу...*

- 1) 10,95 – 12,50 ГГц в діапазон частот 0,90 – 2,15 ГГц;
- 2) 11,70 – 12,50 ГГц в діапазон частот 0,95 – 1,75 ГГц;
- 3) 11 – 12 ГГц в діапазон частот 0,95 – 1,75 ГГц.

## Попередній підсилювач проміжної частоти

Підсилення конвертора забезпечується, головним чином, ПППЧ. Оскільки до нього не пред'являється жорстких вимог по коефіцієнтові шуму, він може бути виконаним на біполярних слабосигнальних транзисторах: МОН-транзисторах, ПТШ та гібридних модулях підсилення, а також їх комбінаціях. Так як підсилення із збільшенням частоти падає, ПППЧ повинен мати відповідні узгоджуючі кола для компенсації надлишкового підсилення на низьких частотах. Нерівномірність АХЧ повинна бути не більше  $\pm 2$  дБ.



## 3 ОСОБЛИВОСТІ ПОБУДОВИ ТЮНЕРІВ (ПРИЙМАЧІВ)

### 3.1 Аналоговий супутниковий приймач

Супутниковий приймач (*receiver* – ресивер), поряд з антеною і конвертором, є третьою складовою частиною приймальної установки СБТМ. Він призначений для подальшого перетворення сигналу першої ПЧ, який поступає з конвертора, у другу ПЧ, а також демодуляції з наступним формуванням із виділених сигналів зображення та звуку телевізійного НЧ-сигналу і радіосигналу з амплітудною модуляцією в стандарті наземного телебачення.

Тут необхідно відмітити принципову різницю між сигналами супутникового та наземного телебачення. В апаратурі СБТМ прийнята полоса першої проміжної частоти 0,95 – 1,75 ГГц, що відповідає довжинам хвиль 31 – 17 см, тобто дециметровому діапазону. Максимальна частота 60-го дециметрового каналу наземного телевізійного мовлення складає 790 МГц. На перший погляд здається, що, якщо перелаштувати стандартний селектор дециметрового каналу телевізора на більш високий діапазон, то вже можливо буде обробити першу проміжну частоту СБТМ. Проте це не так, оскільки сигнали аналогового супутникового телебачення мають частотну модуляцію і ширину полоси частот, яка займається каналом, 27 МГц, тоді як в наземному телебаченні сигнали амплітудно-модульовані, з половою каналу 8 МГц. Таким чином, завдання супутникового приймача – настройка на потрібний канал і перетворення прийнятого сигналу в стандартний телевізійний формат.

Загальноприйнятою для приймальних установок СБТМ в теперішній час є схема з подвійним перетворенням частоти: перша ПЧ вибрана рівною 0,95 – 1,75 ГГц, при цьому гетеродин конвертора має фіксовану настройку, а канал вибирають перенастройкою другого гетеродина, тобто в приймачі.

Це рішення оптимальне, так як перенастройка частоти проводиться простими і економічними технічними засобами, забезпечується необхідна селективність по сусідньому і дзеркальному каналам, та зворотньому випроміненню гетеродина. Вибір вказаного значення першої ПЧ зумовлений необхідністю компромісу між суперечливими вимогами до значення першої ПЧ, так як для прийому сигналів в полосі 800 МГц, подавлення дзеркального каналу, зворотнього випромінення гетеродина, частота якого повинна лежати поза половою частот приймаємих сигналів, ПЧ повинна бути вибрана як можливо вище, а для зменшення втрат у з'єднувальному кабелі між конвертором і приймачем, а також для зменшення вартості малошумового підсилювача ПЧ вона повинна

бути не дуже високою. Друга ПЧ визначається із умови захисту другого перетворювача від завад по дзеркальному каналу. При низьких значеннях другої ПЧ, рівних 70, 130 і 134 МГц, що мало місце в приймальних установках випуску початку 80-років, дзеркальний канал лежить в полосі першої ПЧ.

Сучасна технологія виробництва інтегральних схем основних функціональних вузлів, що працюють на частотах 700 МГц і більше, полосових фільтрів на структурах з поверхнево-акустичними хвилями допускає збільшення значення другої ПЧ. В теперішній час більшість супутникових приймачів має другу ПЧ, що дорівнює 479,5 МГц і, рідше, 612 МГц.

Діапазон вхідних частот сучасних супутникових приймачів СБТМ розширений до 0,70 – 2,15 ГГц; наявна також можливість плавної підстройки частоти гетеродина. Це дозволяє більш гнучко використовувати різноманітні типи конверторів, особливо повнодіапазонних.

**Основними технічними характеристиками супутникового приймача є:**

- ▶ Діапазон вхідних частот приймаємих сигналів
- ▶ Діапазон рівнів вхідних сигналів
- ▶ Селективність по сусіднім та побічним каналам прийому
- ▶ Ширина полоси ПЧ аудіоканалу
- ▶ Ширина полоси ПЧ відеоканалу
- ▶ Статичний поріг частотного детектора
- ▶ Діапазон звукової піднесучої
- ▶ Споживана потужність

Особливість супутникового приймача, в порівнянні з іншими типами радіоприймальних пристроїв, заключається в тому, що він є лише частиною приймальної установки. При цьому частина функцій приймача СБТМ виконується конвертором – конструктивно самостійним вузлом, тому такі важливі технічні характеристики приймальної установки, як чутливість і коефіцієнт шуму, визначаються також характеристиками конвертора.

**Супутниковий приймач повинен забезпечувати три види вихідного сигналу:**

- ▶ НЧ відеосигнал розмахом 1 В з можливістю переключення полярності і сигнал звуку для подачі на відповідні входи телевізора
- ▶ АМ-сигнал в стандарті наземного телебачення в одному з каналів дециметрового діапазону
- ▶ Повний демодульований сигнал основної полоси 10,5 МГц без фільтрації і відновлення попередніх спотворень та рівня постійної складової відеосигналу для підключення декодера сигналів, які

передаються в стандарті MAC

В сучасних приймачах на передній панелі залишені лише кнопки ввімкнення та зміни номерів каналів на  $\pm 1$ . Інші органи управління перенесені на пульт дистанційного керування, пов'язаний з приймачем оптичним каналом в інфрачервоному діапазоні. Випускаємі приймачі відрізняються великим різноманіттям способів настройки та регулювання: від ручного до повністю автоматичного.

На рис. 10 представлена типова схема аналогового супутникового приймача. Як видно з рисунка, в аналоговому супутниковому приймачі є тракти першої та другої проміжної частоти, низькочастотні канали зображення та звуку, пристрій формування ТВ-радіосигналу і блок керування.

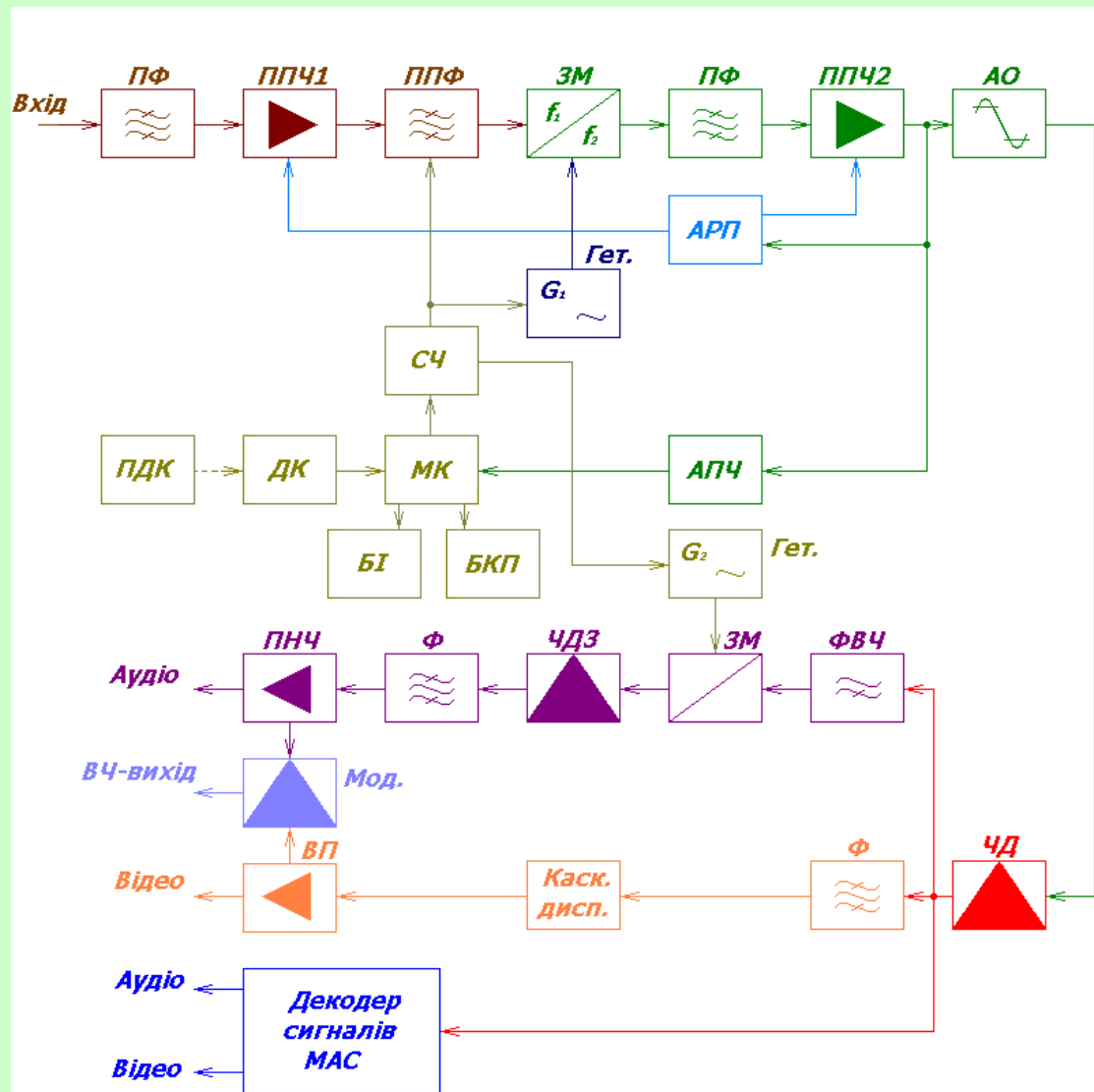


Рис. 10. Типова схема аналогового супутникового приймача:

ППФ – перенастроюваний полосовий фільтр

АО – амплітудний обмежувач

АРП – блок автоматичного регулювання підсилення

СЧ – синтезатор частоти

ПДК – пульт дистанційного керування

ДК – блок дистанційного керування

АПЧ – блок автоматичної підстройки частоти

БІ – блок індикації

БКП – блок керування поляризатором

ЧДЗ – частотний детектор звуку

ПНЧ – підсилювач нижніх частот

Каск. дисп. – каскад компенсації сигналу дисперсії

### Виберіть правильний варіант відповіді

*Сигнали аналогового супутникового телебачення мають...*

- 1) *амплітудну модуляцію і ширину полоси частот, яка займається каналом 8 МГц;*
- 2) *частотну модуляцію і ширину полоси частот, яка займається каналом 27 МГц;*
- 3) *частотну модуляцію і ширину полоси частот, яка займається каналом 8 МГц;*
- 4) *амплітудну модуляцію і ширину полоси частот, яка займається каналом 27 МГц.*

### Тракт першої проміжної частоти

Вхідний фільтр подавляє завади від інших систем, що працюють в цій полосі, а також завади по дзеркальному каналу. ППЧ1 компенсує втрати сигналу в з'єднувальному кабелі та фільтрі, виконує функції узгоджуючого пристрою між вхідним фільтром і перенастроюваним полосовим фільтром (ППФ), а також подавляє випромінювання гетеродина в усій полосі вхідних частот. Оскільки в полосу пропускання підсилювача попадає одразу декілька каналів, то повинна бути забезпечена його висока лінійність.

Перенастроюваний полосовий фільтр є преселектором і настраюється на центральну частоту приймаємої програми сумісно з гетеродином, подавляючи при цьому дзеркальну частоту. Фільтр пропускає потрібний канал з ослабленням 3 – 5 дБ і подавляє всі інші частоти до - 30 дБ. Сигнал з виходу фільтра підводиться до змішувача (ЗМ), на другий вхід якого поступає напруга перенастроюваного гетеродина (Гет). Змішувачі виконуються по балансній або подвійній балансній схемі на діодах, біполярних або польових двозатворних транзисторах. Схеми діодних змішувачів характеризуються високою надійністю, простотою технічної реалізації, стабільністю характеристик. Основний недолік, який обмежує їх застосування, – наявність втрат перетворення (5 – 7 дБ). Транзисторні перетворювачі частоти, не дивлячись на більш складну схему, забезпечують перетворення з підсиленням, що робить їх застосування більш кращим.

Вибір програми в приймачі здійснюється настройкою гетеродина на відповідну частоту  $f_r$ . Гетеродин повинен перенастроюватися в широкій полосі частот  $\Delta f = 800$  МГц і вище (в залежності від діапазону вхідних частот). Відносна частота перенастройки гетеродина  $f / f_r$  виходить дуже великою, що викликає значні труднощі в реалізації цієї перенастройки. Тому для зменшення її полоси вибирають верхню настройку. При діапазоні

вхідних частот **0,95 – 1,75 ГГц** діапазон частот гетеродина лежить в полосі частот  **$(950 + f_{ПЧ2}) - (1750 + f_{ПЧ2})$  МГц**, що для випадку  $f_{ПЧ2} = 479,5$  МГц складає **1430 – 2230 МГц**. Звичайно перенастроюваний гетеродин виконується по схемі транзисторного генератора, що управляється по частоті варикапом.

В більшості конструкцій для компенсації “виходів” гетеродинів вводиться система автоматичної підстройки частоти (АПЧ) другого гетеродина. В цьому випадку керуюча напруга підводиться в коло АПЧ.

В сучасних супутникових приймачах СБТМ для формування необхідних частот гетеродина широко використовуються синтезатори частоти (СЧ), які керуються спеціалізованим мікроконтролером. Застосування СЧ дозволяє значно підвищити точність настройки і стабільність частоти гетеродина, забезпечити легкість запам'ятовування частот каналів і поєднання з цифровими блоками управління.

### **Закінчіть правильно твердження**

*Для зменшення смуги перенастройки гетеродина, вибирають...*

- 1) верхню настройку частоти гетеродина;*
- 2) нижню настройку частоти гетеродина;*
- 3) середню настройку частоти гетеродина.*

### **Тракт другої проміжної частоти**

Після другого перетворення на виході змішувача утворюється сигнал другої ПЧ, який складає, як уже відзначалося, 479,5 МГц. Тракт другої проміжної частоти забезпечує формування полоси пропускання в полосовому фільтрі (ПФ), а також додаткове підсилення сигналу в підсилювачі ППЧ2. В тракт обов'язково входить пристрій автоматичного регулювання підсилення (АРП). Його робота повинна бути дуже ефективною, для того щоб приймальна установка могла добре працювати в різноманітних умовах прийому, які характеризуються діаметрами приймальних антен, довжиною кабелю, що з'єднує конвертор з приймачем, рівнями сигналів з різних супутників в даній місцевості, а також для підтримання сталого рівня сигналу на вході частотного демодулятора з метою отримання неспотвореного демодульованого відео- та звукового сигналів. Тому динамічний діапазон пристрою АРП складає 25 – 30 дБ.

Тракт ПЧ2 повинен мати полосу пропускання 27 (16 – 35) МГц і забезпечувати селективність не менше 40 дБ при розлагодженні  $\pm 38$  МГц, яка відповідає частоті сусіднього каналу, і не менше 15 – 20

дБ при розлагодженні  $\pm 19$  МГц, яка відповідає частоті сусіднього, розбіжного по поляризації каналу. Важливою вимогою, яка пред'являється до тракту ПЧ2, є забезпечення лінійності АЧХ і ФЧХ.

В сучасних приймачах, які відрізняються великою ступінню інтеграції, як правило, включений до складу вихідної частини схеми селектора каналів і вхідної частини ЧМ-демодулятора. На частотах до 500 МГц використовуються фільтри на поверхнево-акустичних хвилях, вище 500 МГц – на діелектричних резонаторах.

### Обмежувач амплітуди

Прийом сигналів з частотною модуляцією може супроводжуватись небажаними змінами амплітуди сигналів, викликаними або дією завад в радіоканалі, або специфікою формування, розповсюдження та прийому корисного сигналу. Усунення паразитної амплітудної модуляції здійснюється за допомогою обмежувачів амплітуди, включених до детектора.

**Обмежувачем амплітуди** називається пристрій, який забезпечує сталість амплітуди вихідного сигналу при змінах амплітуди вхідного сигналу. Обмежувач амплітуди являє собою нелінійний пристрій. Слід відмітити, що величина порогу обмеження визначає необхідну величину коефіцієнта підсилення попередніх каскадів. В загальному випадку виборчий обмежувач амплітуди складається з нелінійного елемента та полосового фільтра, причому полоса пропускання останнього повинна бути більша від ширини спектра сигналу, щоб обмежувач не спотворював закон кутової модуляції.

Часто на практиці середня величина амплітуди сигналу змінюється в порівняно широких межах, і бажано вслід за її змінами переміщувати поріг обмеження. В цьому випадку використовують діодний обмежувач амплітуди, який називається **динамічним подавлювачем амплітудної модуляції**. Тут послідовно з діодами ввімкнені RC-кола, що дозволяє формувати запираючі напруги за рахунок випрямлення корисного сигналу. Постійна часу RC-кола вибирається настільки великою, що напруга запирання залишається практично постійною при паразитній амплітудній модуляції вхідного сигналу і змінюється лише у відповідності із стійким збільшенням або зменшенням середньої амплітуди. Із-за сталості напруги запирання при зміні амплітуди вхідного сигналу змінюється кут відсічки струму діодів і, таким чином, вхідна провідність. Відповідно в такт зі зміною рівня сигналу змінюється ступінь шунтування контуру навантаження.

Основним недоліком діодних обмежувачів амплітуди є те, що, окрім виконання своїх основних функцій, обмежувач розширяє полосу пропускання і погіршує його селективність. Вказаного недоліку позбавлені обмежувачі на транзисторах, які в теперішній час знаходять все більше розповсюдження. Відмінність обмежувача на транзисторі від звичайного підсилювача заключається в тому, що в обмежувачі транзистор працює при пониженій напрузі живлення колектора. При збільшенні амплітуди сигналу на вході, обмеження амплітуди колекторного струму досягається за рахунок його відсічки, а також за рахунок переходу цього струму в область насичення. Чим більше амплітуда вхідної змінної напруги, тим ближче форма вихідного струму до меандру. Контур навантаження виділяє сигнал на основній частоті, причому амплітуда вихідної напруги тим стабільніше, чим стабільніше розмах і форма колекторного струму.

Широке застосування, особливо в інтегральному виконанні, знайшли транзисторні обмежувачі амплітуди, виконані по каскодній схемі ЗК – ЗБ (загальний колектор – загальна база).

### Закінчіть правильно твердження

*Смуга пропускання смугового фільтра обмежувача амплітуди повинна...*

- 1) *дорівнювати ширині спектра сигналу;*
- 2) *бути меншою від ширини спектра сигналу;*
- 3) *бути більшою від ширини спектра сигналу.*

### Частотний демодулятор

Частотний детектор (демодулятор) призначений для перетворення високочастотного сигналу, модульованого по частоті, в сигнал, напруга якого змінюється по закону модуляції.

Всі завадостійкі види модуляції (в тому числі і ФМ), які створюють виграш у відношенні сигнал/шум, є **пороговими**.

Частотно-модульований сигнал характеризується індексом модуляції

$$m = \Delta F / F,$$

де  $\Delta F$  – девіація несучої частоти;  $F$  – частота модулюючого сигналу.

Індекс частотної модуляції на відміну від індексу амплітудної модуляції може бути більше одиниці. Чим він більше, тим інтенсивніше модуляція і ширше полоса робочого сигналу. Ширина спектра ЧМ-сигналу визначається по співвідношенню

$$\Delta F = 2 F (1 + m + \sqrt{m}).$$



В СБТМ звичайно використовуються сигнали з індексом модуляції більше одиниці ( $m \approx 2,5$ ).

Відношення сигнал/шум на виході частотного демодулятора (ЧД) визначається наступним виразом:

$$(P_c/P_w)_{вих} = (P_c/P_w)_{вх} + D,$$

де  $D = 1,5\Delta F^2 B / F^3 = 1,5m^2 B / F$  – ЧМ-виграш ( $B$  – ширина полоси частот каналу).

В цілому, для мовних ШСЗ зв'язку  $\Delta F = 13,5 \text{ МГц}$ ;  $F = 5,5 \text{ МГц}$ ;  $B = 27 \text{ МГц}$ ;  $m = 2,5$ ,  $D = 16,5 \text{ дБ}$ .

Ясно, що чим більше полоса ЧМ-сигналу в СБТМ, тим більше ЧМ-виграш. Проте ЧМ-виграш має місце, якщо відношення сигнал/шум частотного демодулятора перевищує деяке значення. Це – **порогове значення демодулятора**. Якщо вхідні сигнали великі, тобто порогове значення демодулятора перевищується, то телевізійне зображення не має завад.

При приближенні до порогу проявляються **надпорогові** і **порогові** шуми. Якщо надпороговий шум проявляється на екрані телевізора у вигляді рівномірного муару, а в звуковому супроводі у вигляді рівномірного шипіння, то пороговий шум проявляється у вигляді яскравих білих або чорних імпульсів і різких клацань відповідно.

При подальшому зниженні рівня сигналу вихідне відношення сигнал/шум різко зменшується і лінійна залежність що була стає нелінійною. Та точка, де вона знизилась на 1 дБ, і називається **порогом**. Нижче порогу, зображення і звук різко погіршуються.

Сучасні супутникові приймачі характеризуються двома значеннями порогу: статичним і динамічним. **Статичний** поріг визначається при подачі на вхід приймача немодульованої несучої, **динамічний** поріг – при модулюванні несучої телевізійним сигналом.

Заважаюча дія порогового шуму на сприйняття прийнятої інформації сильніше, чим надпорогового шуму, тому такі шуми небажані навіть в ті короткі інтервали часу (скажімо, на протязі 0,1 % часу), коли стандарт допускає деяке зменшення відношення сигнал/шум.

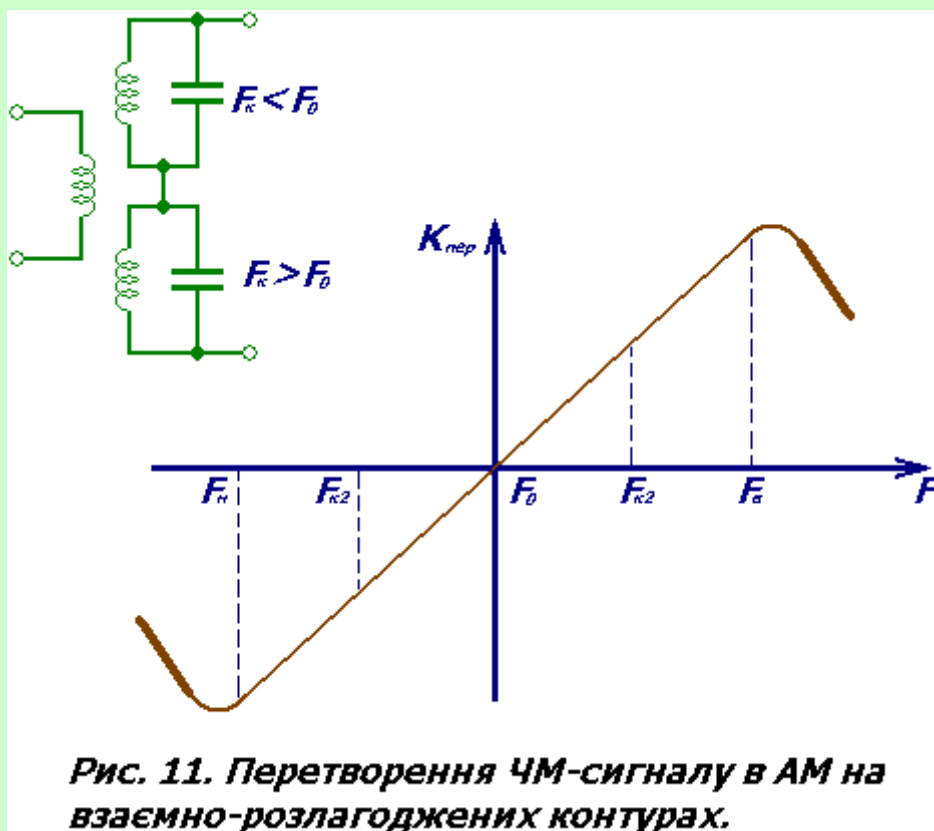
При детектуванні частотно-модульованого сигналу звичайно застосовують перетворення ЧМ-коливаних в амплітудно- або фазомодульовані сигнали, а потім використовують відповідний тип детектора.

Класичною схемою ЧД є варіант з амплітудним перетворювачем частоти. В ньому ЧМ-сигнал пропускається через

коло, яке перетворює частотну модуляцію в амплітудну, і подається на амплітудний детектор. Найбільш часто в якості перетворюючого лінійного кола використовують два паралельних коливальних контури, які відлагоджені від центральної частоти ЧМ-сигналу. Лінійні ділянки “скатів” АЧХ такого контуру перетворюють сигнал в амплітудно-модульований (рис. 11). Підбором добротностей і розлагоджень контурів можна домогтися високої лінійності перетворюючої характеристики в широкій полосі частот.

Природно, якщо девіація вхідного сигналу злегка перевищить частоти  $F_n$  і  $F_v$ , то порушиться лінійність перетворення, а при більш сильному перевищенні почнеться перетворення і на бокових скатах (показані жирними лініями).

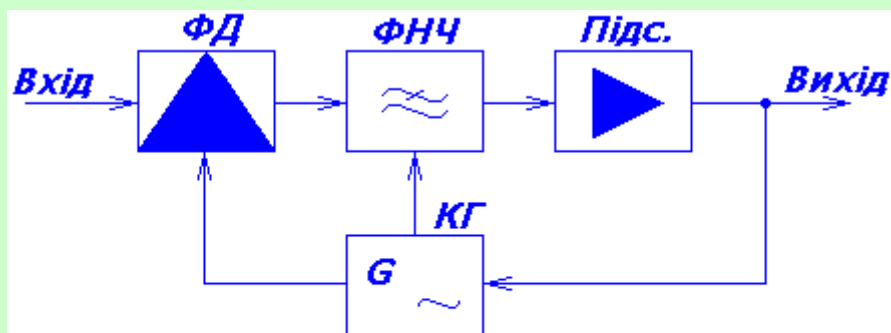
Частотно-модульований сигнал можна перетворити в фазомодульований, пропустивши його через лінію затримки, наприклад, через коаксіальний кабель або послідовний коливальний контур. Якщо ця затримка невелика, то зміна фази високочастотного сигналу на виході лінії затримки відносно фази на вході співпадає із законом зміни частоти. Використовуючи фазовий детектор, в якому сигнал на вході лінії затримки буде опорним, а затриманий сигнал – інформаційним, можна здійснити демодуляцію.



Найбільш часто використовують схему ЧД, яка називається *дробовим детектором*, або *детектором відношень*. В ній діоди ввімкнені назустріч, а опорний сигнал вводиться між середньою точкою індуктивності та загальною точкою резисторів за допомогою індуктивності. Таким чином, інформаційний сигнал діє на діоди в протифазі, а опорна напруга – в однаковій фазі. Стала часу кола вибирається менше 0,1 с. В цьому випадку сума протектованих сигналів завжди залишається сталою при зміні амплітуди вхідної напруги. Вихідна напруга ЧД визначається відношенням напруг  $U_1/U_2$ , тому він і називається детектором відношень. В ньому автоматично здійснюється подавлення паразитної амплітудної модуляції.

Найкращі характеристики по пороговому значенню відношення сигнал/шум мають ЧД, що працюють з колом фазової автопідстройки частоти, яке стоїть в колі керування (рис. 12). Такі ЧД отримали назву синхронно-фазових детекторів (СФД). Принцип роботи такого ЧД заснований на максимальному наближенні умов прийому до синхронного (когерентного) прийому. Дана схема по суті є слідкуючим фільтром на базі системи фазової автопідстройки частоти.

Частотно-модульований сигнал з виходу лінійного тракту приймача подається на фазовий детектор, до іншого входу якого підводиться напруга керованого гетеродина. Коло регулювання забезпечує слідкування частоти гетеродина за частотою корисного сигналу. При відповідному виборі структури і параметрів кола регулювання варіації частоти перетворюються в пропорційні зміни різниці фаз між напругами сигналу і гетеродина. Відповідно на виході фазового детектора з'являється протектований сигнал. Аналогічний результат може бути отриманий і після детектування гетеродинної напруги звичайним частотним детектором.



**Рис. 12. Структурна схема синхронно-фазового детектора.**

Коли на систему фазової автопідстройки частоти одночасно із сигналом діє завада, частота якої відрізняється від несучої частоти сигналу, на виході фазового детектора виникають коливання з різницевою частотою гетеродина і завади. Ці коливання подавляються у фільтрі нижніх частот і практично не впливають на настройку гетеродина.

### **Закінчіть правильно твердження**

*Зважаючи дія на сприйняття прийнятої інформації...*

- 1) порогового і надпорогового шумів є однаковою;*
- 2) порогового шуму сильніше, ніж надпорогового;*
- 3) надпорогового шуму сильніше, ніж порогового.*

### **Декодер D2-MAC**

Розвиток в усьому світі мереж супутникового ТВ призвело до широкого використання в діапазоні 12 ГГц телевізійного стандарту MAC. Серед багатьох варіантів цієї схеми найбільш широко використовується D2-MAC/Packet.

Декодер сигналів MAC може бути виконаний або сумісно з приймачем, або у вигляді окремого функціонального пристрою. В останньому випадку декодер підключається до приймача через спеціалізований вихід (роз'єм типу SCART), на який з частотного детектора подається повний демодульований сигнал основної полоси 10,5 МГц.

Завдання декодування сигналу D2-MAC більш серйозне, ніж декодування сигналів традиційних ТВ-систем з частотним ущільненням, яке вирішується шляхом використання цифрових методів обробки. При цьому необхідно виконання таких основних операцій:

- ▶ Відновлення тактових імпульсів даних
- ▶ Обробка відеосигналів
- ▶ Обробка звукових сигналів та сигналів даних

Іншими словами, як і в звичайній композитній ТВ-системі, необхідно в реальному масштабі часу виділяти із повного сигналу імпульси рядкової та кадрової синхронізації, гасящі синхроімпульси, сигнали зображення RGB, сигнали телетексту, а також сигнали звукового супроводу.

Ці сигнали за допомогою спеціального роз'єму (за звичай використовується SCART) можуть передаватися на відповідні входи телевізора, а при наявності вбудованого декодера D2-MAC – безпосередньо на внутрішні вузли схеми.

Окрім каналів обробки аудіо- та відеосигналів, декодер повинен мати процесор синхронізації, процесор телетексту, а також мікроконтролер. Він керує взаємодією окремих вузлів декодера та пов'язаний із внутрішньою шиною керування телевізором. Необхідно відмітити, що разом з апаратною частиною велику роль в процесі декодування відіграє програмне забезпечення мікроконтролера.

Структурна схема декодера сигналів стандарту D2-MAC наведена на рис. 13. Рядок вхідного сигналу MAC розподіляється за допомогою електронного комутатора (ЕК1) на відеосигнал та послідовність символів цифрової передачі звуку і дискретної інформації. Відновлення постійної складової та прив'язка рівнів здійснюються керованими схемами фіксації рівнів відеосигналу (ФРВ) та даних (ФРД). Відеосигнал через відновлюючий (попередні спотворення) контур (ВК) поступає на аналогово-цифровий перетворювач (АЦП), який здійснює вибірку та перетворення в цифровий код відліків сигналів яскравості та кольору, що розподіляються за допомогою електронного комутатора (ЕК2). Відліки сигналів яскравості та кольору записуються в цифровому вигляді з частотою 20,25 МГц в буферні оперативні запам'ятовуючі пристрої блоків дескремблювання та відновлення (декомпресування) сигналів яскравості (ДВСЯ) та кольору (ДВСК). Відновлення різнобарвних сигналів, які передаються в парних і непарних рядках, здійснюється електронним комутатором (ЕК3) та інтерполюючим фільтром (ІФ).

В аналогову форму сигнали яскравості та різнобарвні перетворюються за допомогою цифро-аналогових перетворювачів (ЦАП1 – ЦАП3) та фільтрів нижніх частот (ФНЧ1 – ФНЧ3). Формування повного відеосигналу в стандарті наземного телебачення здійснюється кодером, а сигналів основних кольорів – R, G, B – пристроєм матрицювання (ПМ).

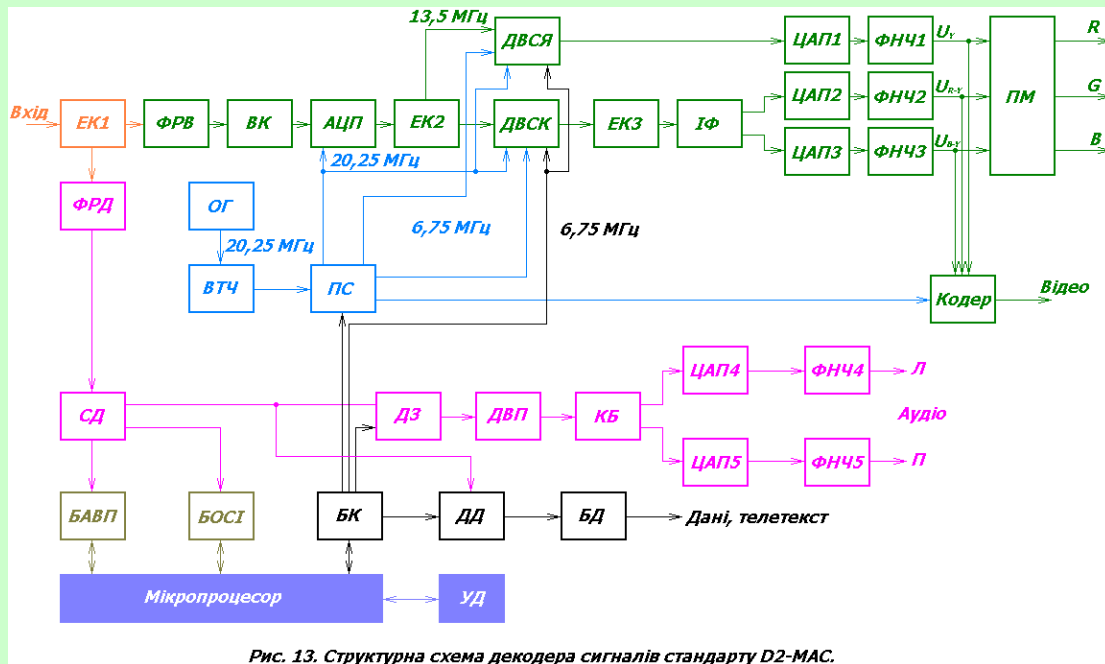


Рис. 13. Структурна схема декодера сигналів стандарту D2-MAC.

Відновлення тактової частоти в демодуляторі здійснюється відповідним блоком (блок ВТЧ), який виконує разом з опорним генератором (ОГ) функції системи тактової синхронізації. За звичай ВТЧ і ОГ охоплюються петлею фазової автопідстройки частоти (ФАПЧ). Формування необхідних частот для декомпресії відеосигналу, відновлення сигналів синхронізації та синхронізації роботи ДВСЯ та ДВСК здійснюється пристроєм синхронізації (ПС).

Із послідовності дискретної інформації за допомогою селектора даних (СД) виділяються адресна частина заголовку пакетів, яка обробляється блоком адрес та взаємозв'язку пакетів (БАВП), службова інформація 625-го рядка та пакету з нульовою адресою, яка обробляється блоком службової інформації (БОСІ).

Дескремблююча послідовність (ключове слово) відеосигналу, звуку та даних визначається спеціалізованим мікропроцесором в результаті обробки адресної та службової інформації вхідного сигналу та блока умовного доступу (УД). Керування процесом відновлення відеосигналу та конфігурацією пакетної інформації звукового супроводу і даних здійснюється за допомогою блока керування (БК).

Дескремблювання сигналів звукової інформації та даних здійснюється блоками ДЗ і ДД, з виходів яких сигнали поступають до блока завадостійкого декодування та виправлення помилок (ДВП) і буфер даних (БД). Декодовані сигнали звукового супроводу через каналний буфер (КБ) поступають на ЦАП та ФНЧ лівого (Л) та правого (П) каналів.

Необхідно відмітити можливість створення багатостандартного декодера на основі описаного комплекту, який забезпечує:

- ▶ Прийом сигналів стандартів С-МАС, D-МАС і D2-МАС
- ▶ Відстеження формату стандарту МАС, а також до 8 моно- або 4 стереоканалів
- ▶ Сумісність з архітектурою будь-якого телевізора
- ▶ Керування умовами доступу при скремблюванні
- ▶ Керування конфігурацією декодера
- ▶ Підтримку двох форматів екрану 16:9 і 4:3
- ▶ Обробку двох рівнів захисту від помилок в звуковому сигналі, включаючи маскування помилки

**Виберіть правильний варіант відповіді**

*Спектр якого сигналу для декодера D2-МАС є вхідним ?*

- 1) 8,5 МГц;
- 2) 10,5 МГц;
- 3) 27 МГц;
- 4) 6,5 МГц.

### **Низькочастотний канал зображення**

З виходу частотного демодулятора поступають відеосигнал і частотно-модульований звуковий сигнал. Фільтр (Ф) в колі відеосигналу відіграє двояку роль: не пропускає піднесучі частоти звуку і відновлює АЧХ відеосигналу, попередньо спотворену при передачі.

В широкополосних системах з частотною модуляцією потужність шуму на виході демодулятора підвищується зі збільшенням частоти модуляції по закону, близькому до квадратичного. Це означає, що відношення сигнал/шум для верхніх частот відеосигналу і піднесучих звуку буде менше, ніж у низькочастотній частині спектру. Для вирівнювання відношення сигнал/шум по спектру перед модулятором на передавальній стороні вводять попередні спотворення, а в приймальній частині на виході демодулятора відновлюють амплітудно-частотну характеристику модулюючого сигналу.

Далі відеосигнал підводиться до схеми компенсації сигналу дисперсії. Сигнали дисперсії призначені для зменшення завад радіорелейним та супутниковим системам радіозв'язку від супутників телевізійного мовлення. За звичай вони мають пилоподібну форму і слідуєть з частотою 1 – 50 Гц. В результаті на

осцилограмі сигнал кожного півкадру виявляється нахиленим по вертикалі.

Пристрій компенсації сигналу дисперсії (або прив'язки рівня) не пропускає низькочастотні складові і усуває нахил нижніх площадок синхронізуючих імпульсів. Повне подавлення сигналів дисперсії проходить за рахунок схеми АПЧ, стала часу якої вибирається рівною біля 0,01 с. Відеопідсилювач (ВП) забезпечує необхідний рівень вихідного відеосигналу (1 В) і розв'язку схеми від зовнішніх пристроїв.

### **Вставте пропущену фразу**

*Відношення сигнал/шум для верхніх частот відеосигналу і піднесучих звуку ... низькочастотній частині спектру.*

- 1) *буде менше, ніж у;*
- 2) *буде більше, ніж у;*
- 3) *буде дорівнювати відношенню у.*

### **Низькочастотний канал звукового супроводу**

В залежності від приймаемого каналу піднесуча звуку може знаходитись в діапазоні 5,5 – 8,5 МГц. Тракт обробки сигналів звукового супроводу повинен мати полосу пропускання близько 300 кГц. При цьому важко забезпечити в такій порівняно широкій полосі перенастройки вузькополосну фільтрацію звукових сигналів на фоні заважаючих сигналів зображення. По цій причині при демодуляції піднесучої звуку за звичай за допомогою додаткового перетворювача частоти проводиться перенесення сигналу піднесучої вверх, на частоту 10,7 МГц.

Сигнал в канал звуку подають через ФВЧ, щоб зменшити можливість спотворення звуку високочастотними складовими відеосигналу.

Перетворювач частоти (гетеродин і змішувач) переносить звукові сигнали різних піднесучих на частоту 10,7 МГц. В сучасних моделях приймачів СБТМ в якості перенастроюваного гетеродина застосовують синтезатори частоти, які забезпечують перенастройку в діапазоні 16,2 – 18,8 МГц з кроком 20 кГц. Керування та запам'ятовування необхідних частот настройки здійснюється за допомогою мікропроцесора.

Демодуляція сигналу проводиться в частотному детекторі звукового супроводу (ЧДЗ), який також може виконуватись у вигляді СФД.

Після демодуляції звуковий сигнал поступає на фільтр (Ф), який відновлює введені на передавальній стороні попередні



спотворення звуку. Характеристика попередніх спотворень, згідно з прийнятими міжнародними стандартами, за звичай відповідає 50 або 75 мкс.

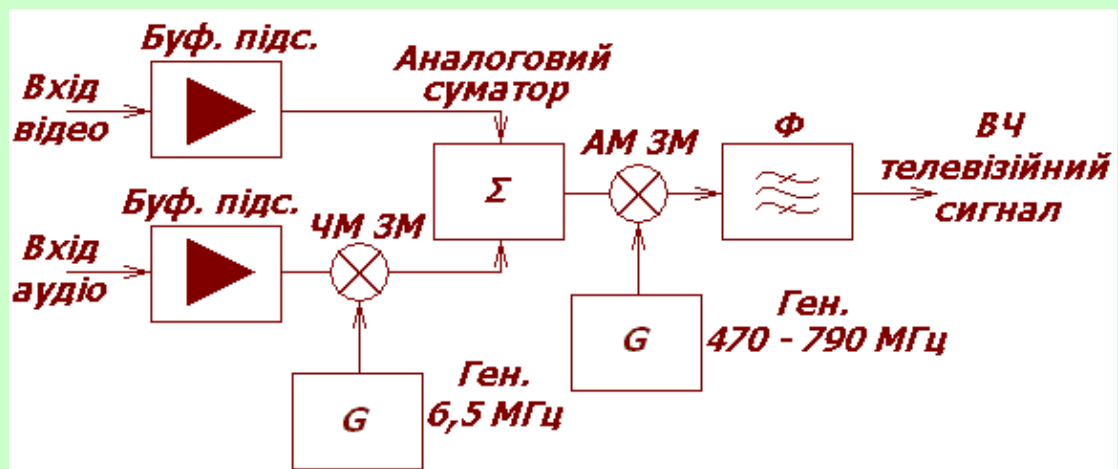
Далі сигнал звукової частоти подається на підсилювач низької частоти (ПНЧ), де його рівень доводиться до стандартного вихідного рівня 500 мВ.

Для прийому стереофонічного звукового супроводу та радіомовлення після перетворювача необхідні два ідентичних канали обробки.

### Пристрій формування телевізійного радіосигналу

Сигнал звукового супроводу та відеосигнал поступають до модулятора, який дає на виході телевізійний відеосигнал стандарту наземного телебачення в одному з каналів дециметрового діапазону.

Наявність такого сигналу в приймачі достатньо зручно, особливо у випадку необхідності передачі супутникової програми по кабельній мережі. Структурна схема класичного варіанту модулятора приведена на рис. 14.



**Рис. 14. Структурна схема модулятора.**

Схема містить амплітудний модулятор сигналу зображення, перенастроюваний генератор дециметрового діапазону та частотний модулятор несучої звукового супроводу. Буферні підсилювачі забезпечують необхідні рівні вхідних сигналів та їх узгодження. В частотному модуляторі проводиться модуляція піднесучої звуку сигналом звукового супроводу, після чого в аналоговому суматорі проходить змішування з відеосигналом. Далі отриманим сигналом здійснюють амплітудну модуляцію радіочастоти, яка відповідає одному з каналів ДМВ. Вихідний телевізійний радіосигнал поступає

на антенний ДМВ-вхід телевізора при індивідуальному прийомі або в розподільчу мережу в системах колективного користування.

Необхідно відмітити, що в приймальних пристроях часто намагаються робити вихідну радіочастоту перенастроюваною, щоб її можна було налаштувати на один із невикористовуваних каналів. Інколи модулятори доповнюють генератором тест-сигналу, який використовується при первинній настройці телевізора.

### **Блок керування**

Керування центральною частотою ППФ та гетеродина проводиться з пульта дистанційного керування (ПДК), пов'язаного інфрачервоним оптичним каналом з системою дистанційного керування (ДК). Інформація про параметри приймаємих програм запам'ятовується спеціалізованим мікроконтролером (МК) та відображається блоком індикації (БІ). Під час виклику номера програми МК автоматично формує за допомогою цифрового синтезатора частоти (СЧ) сигнали керування частотною настройкою, а за допомогою блока керування поляризатором (БКП) – сигнали керування магнітним або електромеханічним поляризатором.

### **3.2 Цифровий супутниковий приймач**

Початок активного цифрового супутникового телевізійного мовлення (*Digital Broadcast Satellite – DBS*) відноситься до середини 1996 р. До цього часу був сформований ряд цифрових пакетів і розпочалося виробництво цифрових приймачів.

Одними із ключових запитань розвитку DBS є конструкція, режими роботи і, особливо, вартість цифрового приймального обладнання. В теперішній час саме ціна і виконувані функції цифрового супутникового приймача стали визначальними для власників цифрових пакетів та фірм – виробників обладнання. Вартість всіх інших компонентів приймального комплексу – рефлектора, опромінювача, конвертора та ін. – значно нижче і практично не впливає на вартість всього цифрового обладнання.

**Основними факторами, які впливають на вартість цифрових супутникових приймачів, є:**

- ▶ Наявність відкритих стандартів
- ▶ Універсальність конструкції
- ▶ Об'єм виробництва
- ▶ Конкуренція виробників

Створення та впровадження відкритих стандартів, які визначають конструкцію та виробництво цифрових приймачів –

лише перший крок для зниження витрат. Без MPEG-2, який став синонімом всього “цифрового телевізійного”, цифрове супутникове телебачення не досягло б справжнього успіху. Однак це лише початок, так як в усьому світі існують несумісні цифрові відеостандарти. Потенціальний успіх MPEG-2, DVB та інших перспективних стандартів може бути досягнутий лише за умови їх взаємної сумісності.

При створенні відкритого стандарту стає вирішуваною проблема виробництва універсального цифрового приймача, що зробить цифрове мовлення більш доступним. Істотним недоліком перших версій цифрових приймачів є те, що вони розроблялись під певні платні пакети телепрограм і не приймали некодовані канали – так називаємі Free to Air.

Першою проблемою прийому цих каналів вирішила невелика німецька фірма Mascom, яка на базі супутникового приймача Media Master фірми Nokia розробила програмне забезпечення і випустила модель Mascom 9500 S. Та обставина, що конструкція нового приймача була точною копією Media Master, дозволило встановити модуль умовного доступу IRDETO та переконатися в тому, що він, за наявності відповідної картки, дозволяє приймати пакети DF1 та Multichoice країн Бенилюксу, а також італійський пакет DSTV. Тому Mascom 9500 S може по праву вважатися першим приймачем, не прив’язаним до конкретного пакету і претендуючий на певну універсальність. Одразу після нього з’явилися приймачі Media Master 9200 та 9500 Free to Air, розроблені фірмою Nokia. Ці моделі дозволяють приймати будь-які вільні канали і мають широкі можливості для використання в майбутньому.

### **Схемотехніка цифрових супутникових приймачів**

Цифрові супутникові приймачі істотно відрізняються від аналогових моделей. Розглянемо базову структурну схему, представлену на рис. 15.



Після того, як виділений сигнал проходить кола демодуляції, він перетворюється в інформаційний потік у вигляді цифрових пакетів і поступає на пристрій виправлення помилок. В демультіплексорі проводиться розподіл інформаційного потоку на два канали: аудіо та відео. Декодер підтримує найрізноманітніші формати і має велику кількість виходів: цифрове відео, аналогове відео, цифрове аудіо, аналогове аудіо, RGB-вихід та ін.

Керування роботою демультіплексору здійснює мікропроцесор, обробляючи команди користувача, передані через блок керування (пульт дистанційного керування або модуль приймача).

В цифровому приймачі немає поняття “погана якість зображення” – якість картинки на екрані телевізора при використанні професійної та побутової апаратури однаково високе. В тому випадку, якщо рівень помилок перевищує максимально можливий, зображення на екрані телевізора просто не буде, так як не зможуть працювати алгоритми відновлення.

Розвиток цифрових приймачів проходить з достатньо великою інтенсивністю, хоча з часу прийняття стандарту MPEG-2 пройшло кілька років. Розробники та виготовлювачі приймального супутникового обладнання координують свої зусилля для спрощення конструкції та зниження собівартості. Наслідком цього був випуск у 1997 р. цифрових приймачів уже третього покоління.

Кінцевою метою спільних зусиль є створення модульної архітектури приймача, яка складалася б з універсальних чіпів, застосовуваних не лише в супутниковому телебаченні, але й в системах MMDS-мовлення, цифрових кабельних мережах та інших

видах телекомунікацій. Ключ до успіху модульного підходу лежить в оптимальному розділенні субблоків та організації зв'язку між ними за допомогою універсального гнучкого інтерфейсу та програмного забезпечення.

Третє покоління цифрових приймачів (1997 р.) засновано лише на двох чіпах (рис.16). Перший модуль виконує специфічні завдання аналогового перетворення, демодуляції та корекції помилок. Об'єднання наступних двох чіпів в один стало відмітною ознакою приймача третього покоління. Він містить центральний процесор, контролер вводу – виводу, процесор інформаційних потоків, MPEG-2 відео- та аудіодекодер. Зменшена також кількість модулів оперативної пам'яті: один SDRAM об'ємом 16 Мбайт впевнено обслуговує модифікований чіп. Необхідно додати, що швидкість роботи центрального процесора збільшено з 45 до 150 млн. операцій в секунду.

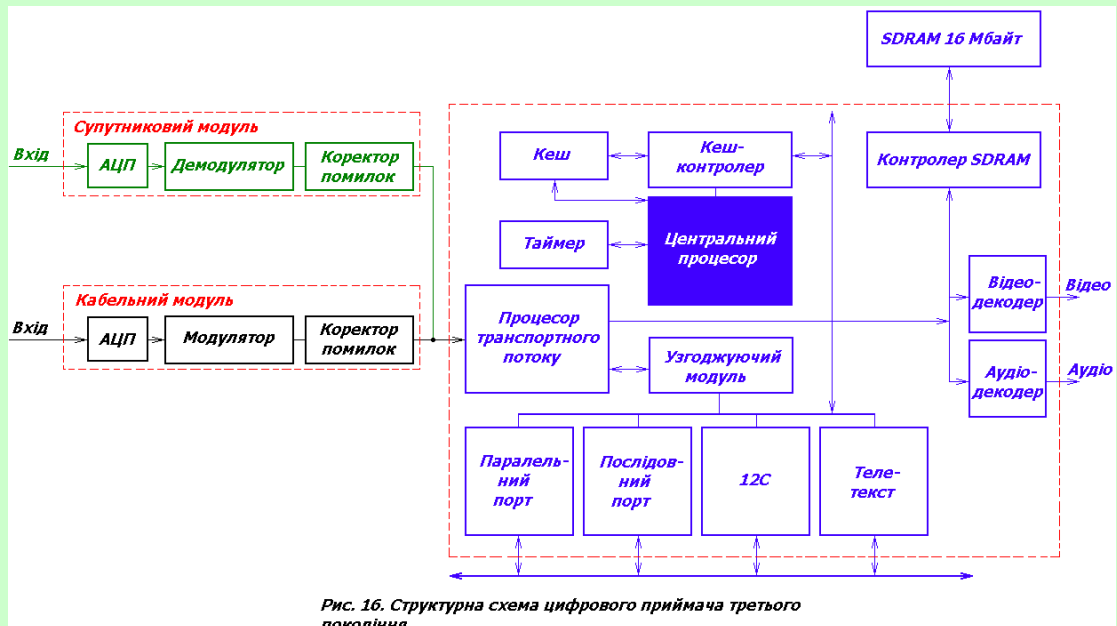


Рис. 16. Структурна схема цифрового приймача третього покоління.

Таким чином, в теперішній час типовий цифровий супутниковий приймач виконує демодуляцію прийнятого сигналу і декодування зжатого по технології MPEG-2 сигналу. Є також можливість організації за допомогою модему зворотнього каналу через послідовний порт RS-32, а мінімальний об'єм оперативної пам'яті складає 1 Мбайт. Через цей же роз'єм можна підключитись до персонального комп'ютера і змінити версію програмного забезпечення.

## Перелік посилань

1. Телевидение Под редакцией профессора В.Е.Джаконии.М."Радио и связь" 2000 .-640 с: ил.
2. Спутниковое телевидение. В.Н.Левченко ВНУ-Санкт- Петербург,1998 -288 с, ил
3. Н.С.Мамаев Спутниковое телевизионное вещание. М."Радио и связь" 1995 .-108 с: ил.
3. Ю.А. Корчагин. Индивидуальный прием программ спутникового ТВ. Воронеж.Изд.ВГУ 1990 .-112 с: ил.