

## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3**

**Тема:**

**Експлуатація приймального обладнання**

**Мета роботи**

Отримати практичні навички розрахунку енергетичних та шумових параметрів приймального обладнання супутникових телевізійних систем.

**Учбові задачі**

1. Розрахувати азимут встановлення антени;
2. Розрахувати кут місця встановлення антени;
3. Налаштувати приймальну установку;
4. Ознайомитися зі схемотехнікою приймального обладнання;
5. Налаштування цифрового ресивера DVB-S та забезпечення якісного прийому.

## Хід роботи

### Апаратура супутникового телебачення.

Структурна схема приймального комплексу супутникового TV.

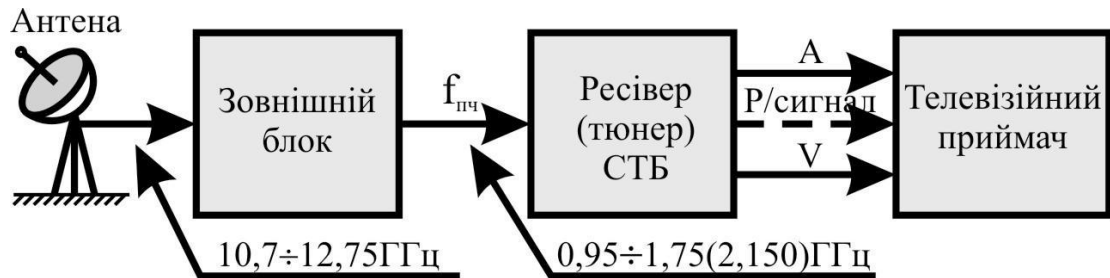


Рисунок 1

Антенa і зовнішній блок конструктивно об'єднані (зовнішній блок знаходиться у фокусі приймальної антени). В залежності від конкретних умов прийому можуть застосовуватись одно дзеркальні, двозеркальні, офсетні та інші типи антен.

Зовнішній блок представляє собою складну конструкцію механічних та електронних систем, конфігурація та наявність яких також залежить від конкретних умов прийому. В загальному випадку структура пристрою має вигляд:

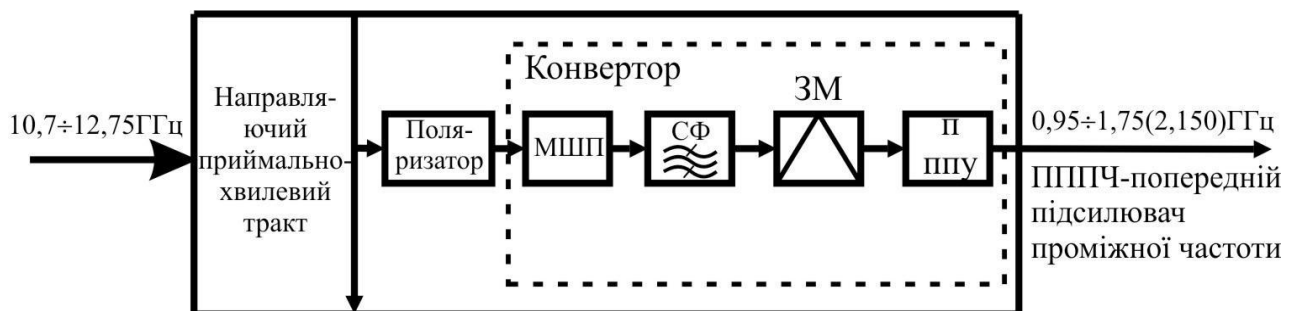


Рисунок 1-Конвертор НВЧ

## Структурна схема тюнерів аналогових сигналів.

Принцип побудови тюнерів відповідає схемі супергетеродинного приймача з однократним (двократним) перетворенням частоти з вихідним формувачем АМ – сигналу.

Розглянемо структурні схеми тюнерів, які реалізують принцип **низької** (рис.3а) і **високої** (рис.3б) другої проміжної частоти.

В першому випадку значення другої проміжної частоти вибирається в діапазоні частот 70.....130 МГц. Перевага даного методу в можливості використання для обробки сигналів другої ПЧ монолітних ІМС, спеціально розроблених для цього добре освоєного діапазону частот.

В другому випадку значення другої ПЧ вибирається так, щоб частота перешкоди другого дзеркального каналу не попадала в діапазон частот вхідного сигналу тюнера(0,95.....1,75ГГц). Найбільш широко використовується  $f_{пч2}=479,5$  МГц.

$$f_{пч1}=0,95.....1,75 \text{ [ГГц]}$$

Діапазон частот гетеродина:

$$f_r=(950+f_{пч2}).....(1750+f_{пч2})$$

$$f_{пч2}=479,5\text{МГц} \Rightarrow f_r=1430.....2230\text{[МГц]}$$

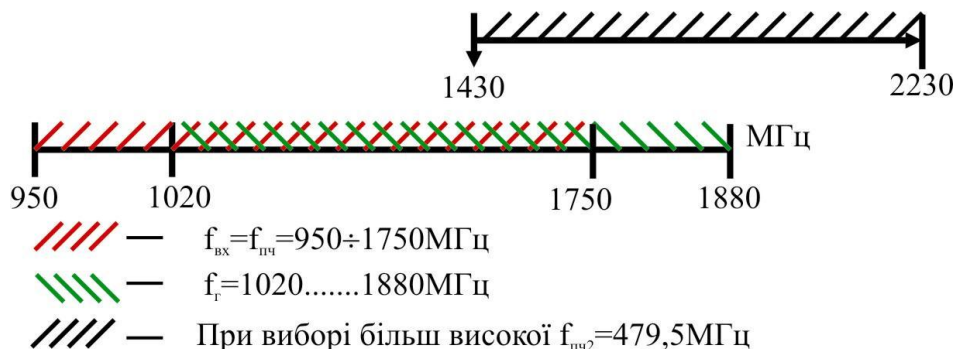
Порівняємо з діапазоном частот гетеродина у першому випадку:

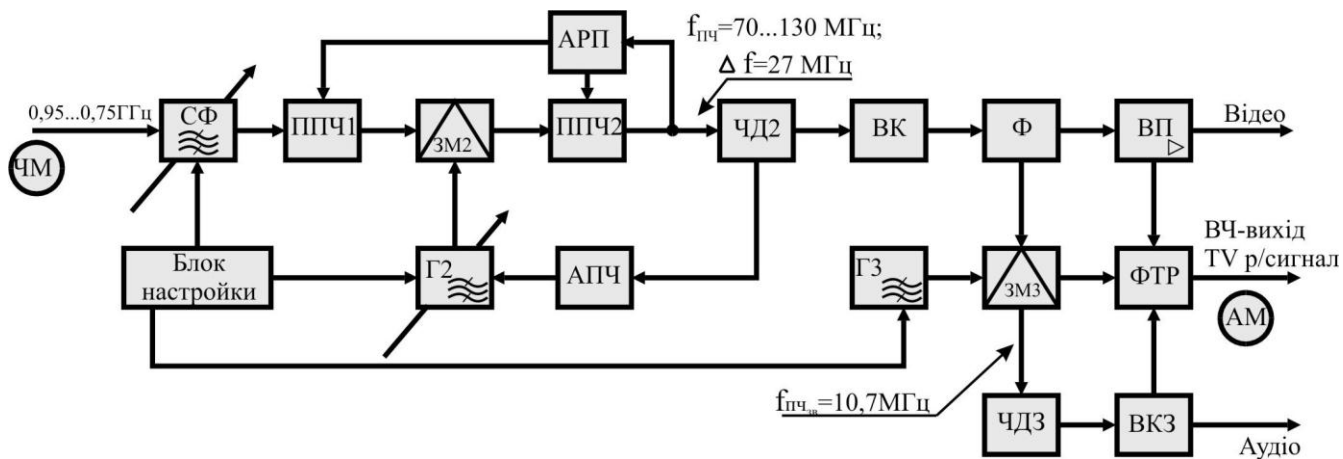
$$f_{пч2}=70.....130 \text{ МГц}$$

$$f_r=(950+(70...130)).....(1750+(70...130))$$

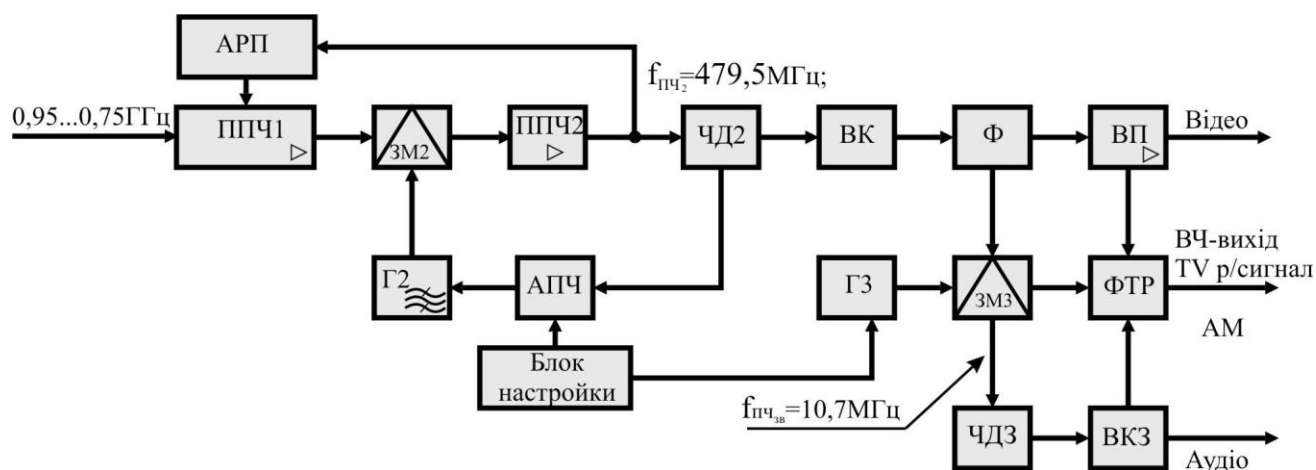
$$f_r=(1020.....1080).....(1820.....1880)$$

що частково перекривається із вхідним діапазоном:





а)



б)

Рисунок 3

АРП – автомат. рег. підсил.

ЧД2(3) – частотний детектор(демодулятор)

АПЧ – автом. підстроювання частоти

Г2(3) – гетеродин

ВК – відновлюючий контур(коректор перед спотворень)

ВКЗ – відновлюючий контур звукового супроводу

Ф – фільтр

ВП – відео підсилювач

ФТР – формувач TV радіосигналу

ППЧ1(2) – підсилювач проміжної частоти

Біль сучасні тюнери СТБ використовують розширену смугу вхідних частот:

$$f_{\text{вх}} = f_{\text{пч1}} = 0,95 \dots 2,150 \text{ ГГц.}$$

Структурна схема такого пристрою зображена на рис.4.

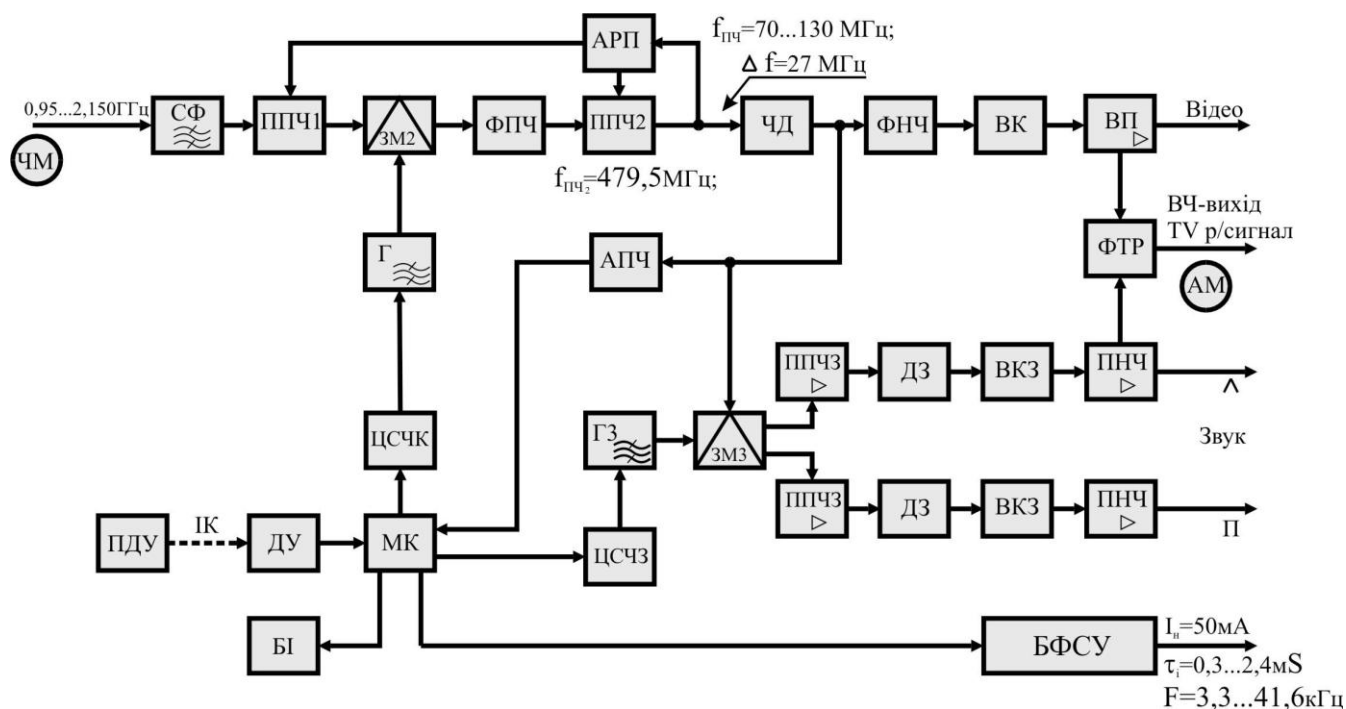


Рисунок 4

*ПНЧ – підсилювач НЧ (звуку);*

*ПДУ – пульт ДУ;*

*ДУ – дистанційне управління;*

*МК – спеціалізований мікроконтролер з пристроєм пам'яті;*

*БІ – блок індикації;*

*ЦСЧК – цифровий синтезатор частот каналу;*

*ЦСЧЗ - цифровий синтезатор частот звукового супроводу;*

*БФСУ – блок формування сигналів магнітним або електромеханічним поляризатором.*

## Структурні схеми тюнерів сигналів стандартів MAC

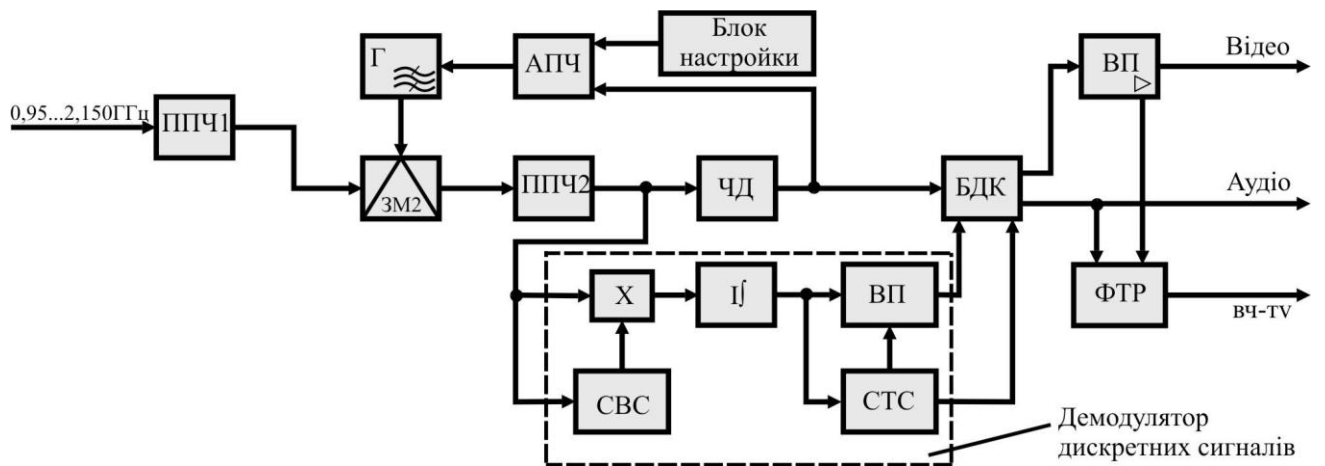


Рисунок 5

*Тюнер системи С – MAC.*

*SVC – схема ВЧ-синхронізації;*

*X – помножувач вхідного і опорного сигналів;*

*I – інтегратор;*

*VP – вирішуючий пристрій;*

*CTC – система тактової синхронізації;*

*БДК – блок декодування.*

В приймачі сигналів С-MAC тюнер наряду демодулятором аналогових ЧМ-сигналів (ЧД) повинен містити демодулятор дискретних сигналів (з однократною або двократною ФМн).

В даному випадку – демодулятор дискретних сигналів однократної ФМн, що містить:

- SVC, яка формує опорні сигнали;
- X вхідного та вихідного сигналу
- Інтегратор I
- CTC, визначає числові границі символів;
- VP (вирішуючий пристрій), приймає рішення про те, яке значення пристрою

передавалось.

Де модульовані аналогові і дискретні сигнали поступають в блок декодування(БДК). В БДК відбувається часове масштабування (відновлення) компресованих аналогових компонентів з коеф. 1,5 і 3 для сигналів яскравості і колірності відповідно, а також дескремблювання загального цифрового потоку і перетворення в аналогову форму сигналів звукового супроводу. На виході БДК формується:

- відеосигнал
- сигнал звукового супроводу

а також з допомогою ФТР (формувача TV радіосигналу) – ВЧ сигналу.

Дана структура має слідуєчі недоліки:

- наявність демодулятора дискретних сигналів;
- неможливість декодувати сигнали інших систем сімейства MAC.

► Тому більш широко використовується передача сигналів в стандартах В-, D-; D2-MAC, в яких об'єднання аналогових компонентів і цифрового потоку відбувається за відео частотою до входу частотного модулятора передавача. В цьому випадку тюнер може приймати сигнали супутникового мовлення в звичайній аналоговій формі, так і в стандарті MAC на загальний ЧД. Для цього в тюнерах передбачають спеціальний вихід повної смуги частот сигналу після ЧД для підключення зовнішнього блоку декодування(через роз'єм SCART"Decoder").

Структурна схема декодера сигналів стандартів С-, D- і D2-MAC приведена на рис.6. рядок вхідного сигналу MAC розділяється з допомогою електронного комутатора (ЕК1) на відеосигнал і послідовність символів цифрової передачі звуку та дискретної інформації (ДІ). Відновлення постійної складової і прив'язування рівнів здійснюється Керуючими Схемами Фіксації рівнів Відеосигналу (КСФВ) і даних (КСФД). Відеосигнал через відновлюючий контур (ВК) поступає на АЦП, який здійснює вибірку і перетворення в цифровий код відліків сигналів яскравості і колірності, що розділяються електронним комутатором (ЕК2). Ці відліки записуються в цифровому вигляді з частотою 20,25 МГц в буферні ОЗП (оперативно-запам'ятовуючі пристрої) блоків дескремблювання і відновлення (декомпресії) сигналів яскравості (БДВЯ) і колірності (БДВК).

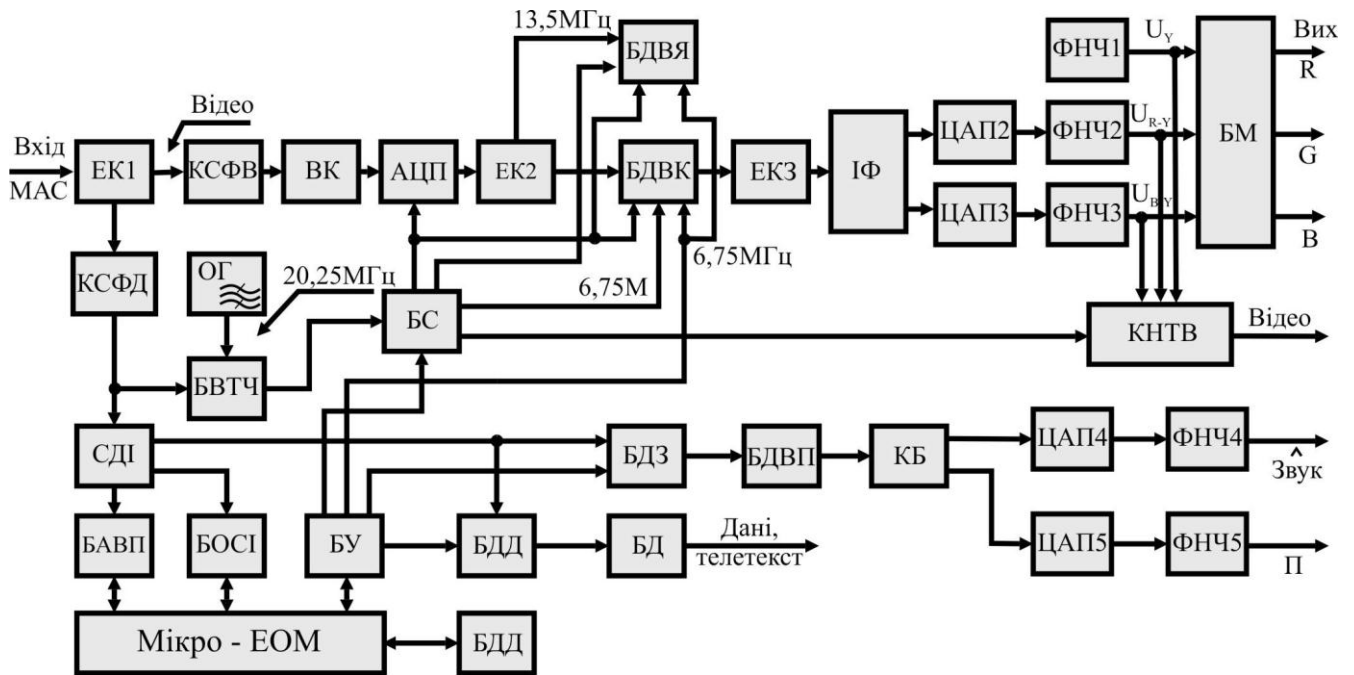


Рисунок 6

ЕК – електронний комутатор;

КСФВ – керуюча схема фіксації рівня сигналу;

КСФД – керуюча схема фіксації рівня даних;

ВК – відновлюючий контур (коректор передспотворення);

БДВЯ (БДВК) – блоки дескремблювання і відновлення (декомпресії) сигналу яскравості;

ІФ – інтерполяційний фільтр;

БМ – блок матрицювання;

ОГ – опорний генератор;

СДІ – селектор дискретної інформації;

БВТЧ – блок відновлення тактової частоти;

БС – блок синхронізації;

БАВП – блок адресації і взаємозв'язку пакетів;

БОСІ – блок обробки службової інформації;

БУ – блок управління;

БДД(З) – блок дескремблювання даних (звукового супроводу);

БД – буфер даних;

БУД – блок умовного доступу;



БДВП – блок декодування і виправлення помилок;

КБ – канальний буфер;

КНТВ – кодер наземного TV відеосигналу;

АЦП, ЦАП – аналогово-цифровий, цифро-аналоговий перетворювачі;

ФНЧ – фільтр низької частоти.

Відновлення кольорово-різницевих сигналів, які передаються у різних рядках здійснюється ЕКЗ та інтерполяційним фільтром (ІФ). В аналогову форму сигнали яскравості і колірності перетворюються ЦАП 1-3 і ФНЧ 1-3. формування певного відеосигналу в стандарті наземного телебачення здійснюється Одером (КНТВ), а сигналів основних кольорів R, G, B – блоком матрицювання (БМ).

Відновлення тактової частоти в демодуляторі здійснюється блоком БВТ, який разом з опорним генератором (ОГ) утворюють систему тактової синхронізації. Формування потрібних частот для декомпресії і відновлення сигналів яскравості та колірності здійснюється блоком синхронізації (БС).

Дискремблююча послідовність (ключове слово) відеосигналу звуку і даних визначається спеціальною Мікро-ЕОМ в результаті обробки адресної та службової інформації вхідного сигналу і блоку умовного доступу (БУД). Управління процесом відновлення відеосигналу і конфігурацією пакетної інформації звуку/даних здійснюється блоком управління (БУ).

Саме дескремблювання сигналу звуку/даних відбувається в блоках БДЗ і БДД, з виходів яких сигнали надходять відповідно в БДВП (блок декодування і виправлення помилок) та буферу даних (БД).

Декодовані сигнали звукового супроводу через канальний буфер (КБ) поступають на ЦАП і ФНЧ лівого (Л) і правого (П) каналів.

Декодер сигналів стандартів С-, D- і D2-МАС являється складним електронним пристроєм, в якому використовуються спеціалізовані ВІС розроблені рядом зарубіжних фірм: ІТТ, Philips, Nordic, Pleasey.

## Структурні схеми цифрових супутникових ресиверів.

Цифрові супутникові приймачі суттєво відрізняються від аналогових або цифро-аналогових моделей. Розглянемо базову структурну схему такого пристрою:

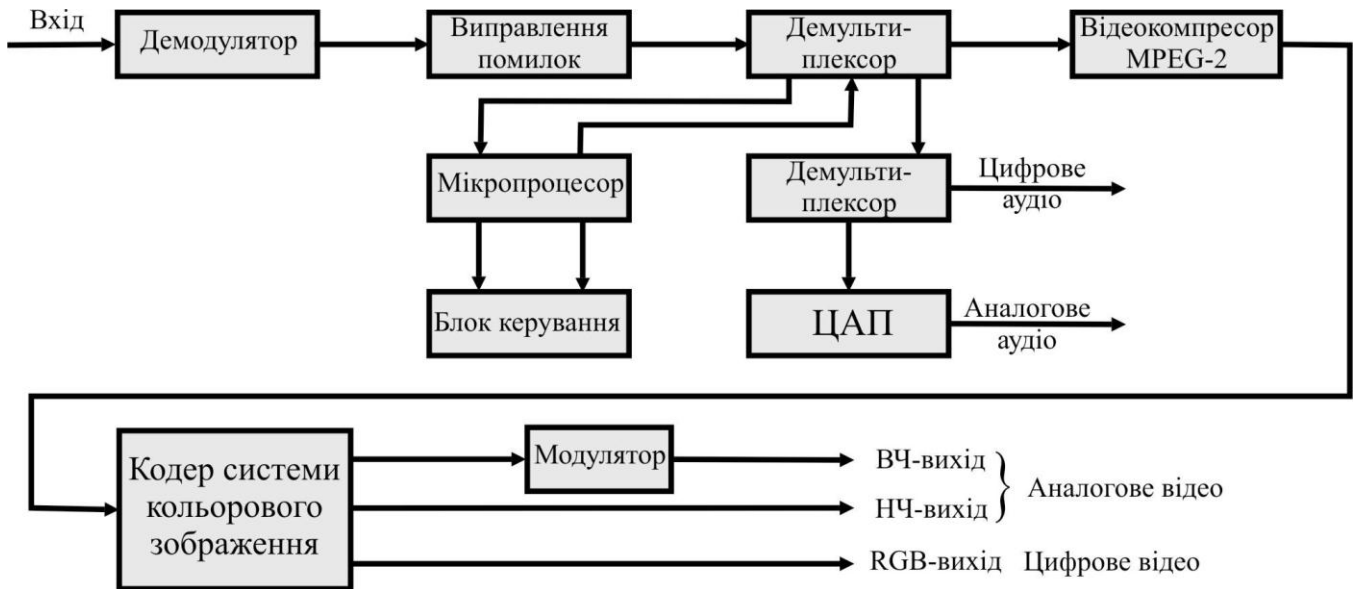


Рисунок 7-Узагальнена структурна схема цифрового ресивера.

Деко дер підтримує самі різні формати і має велику різноманітність вихідних сигналів: аналогове V/A, цифрове V/A, RGB – вихід та інше. Потрібно також замітити, що в цифровому приймачі ”поганої” якості зображення чи звукового супроводу не буває: сигнал або є з надзвичайно високою якістю, або його зовсім немає (на екрані TV при відсутності сигналу фонові заставка або останній кадр попереднього сюжету).

Цифрові тюнери по мірі розвитку (застосування елементної бази) поділяють на приймачі 1, 2 і 3 поколінь.

В приймачах 1 покоління (рис. 8) використовувалась велика кількість чіпів, кожен з яких відповідав за свою конкретну незалежну задачу: корекцію помилок, де модуляцію, демультіплексування цифрового потоку та інше.

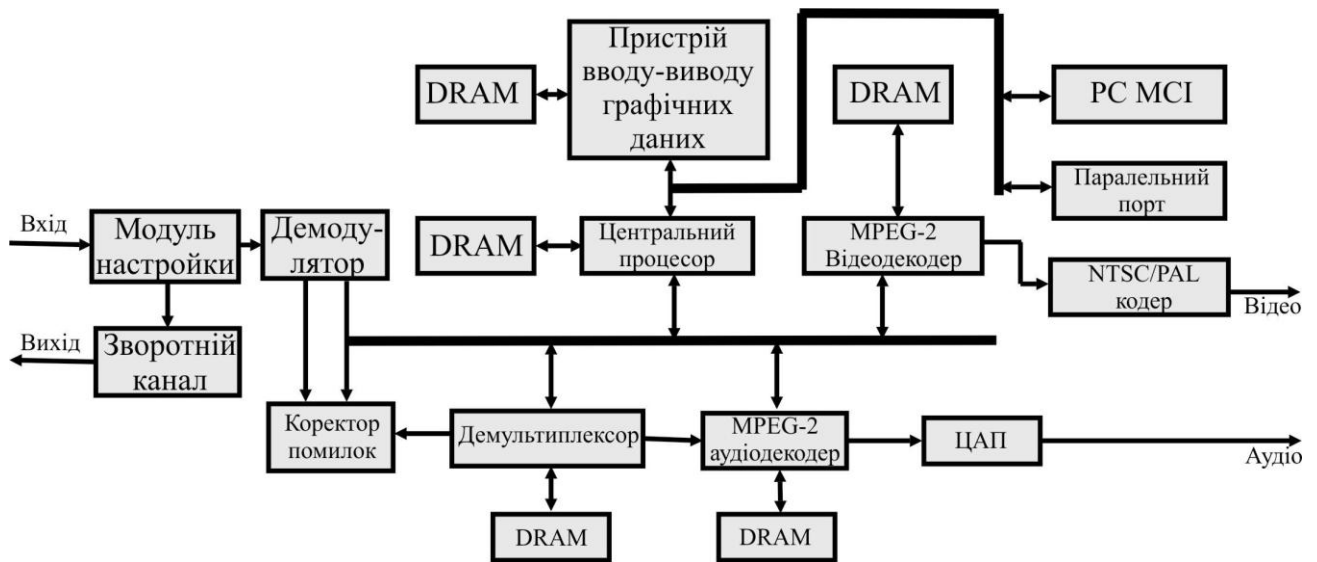


Рисунок 8-Структурна схема цифрового приймача 1 покоління

В цих моделях використовувались дорогі динамічні оперативні запам'ятовуючі пристрої (DRAM). Слабким місцем цих конструкцій був центральний процесор з 8 – або 16 розрядною шиною даних.

Приймачі 2 покоління (1996 рік) були розроблені з використанням всього трьох чіпів, які здійснювали всі функції обробки сигналу (рис. 9).

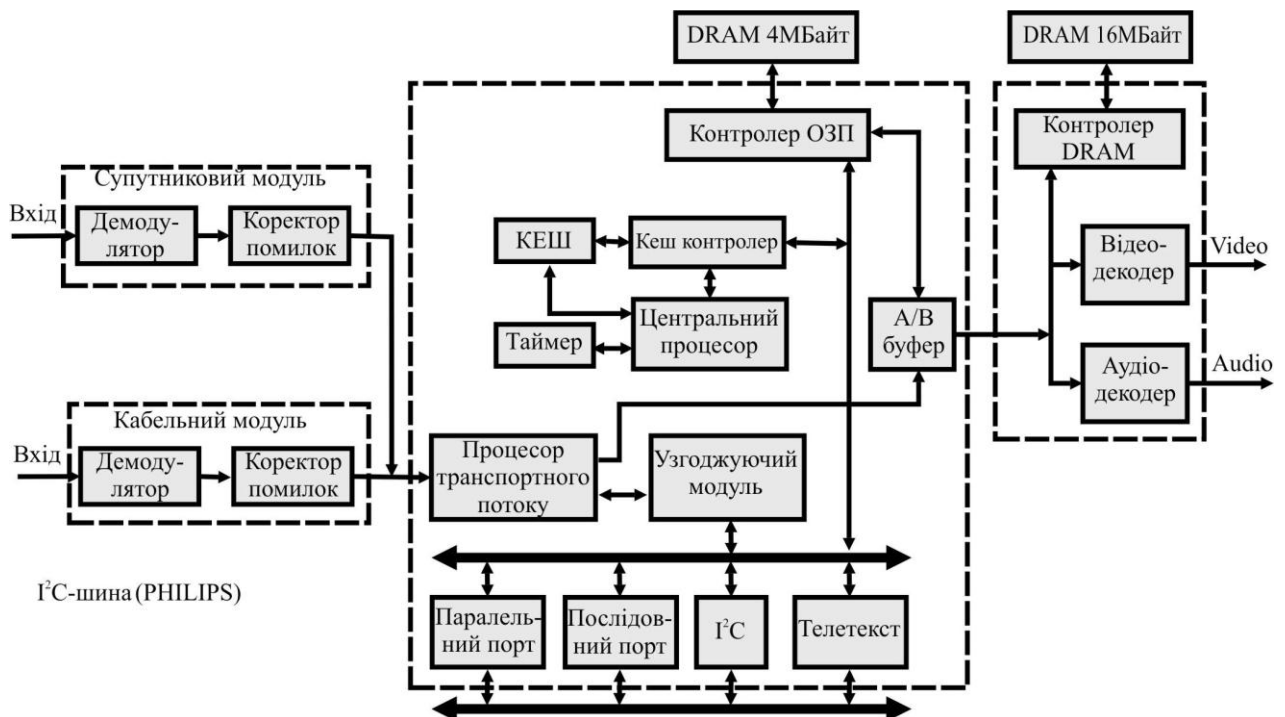


Рисунок 9-Структурна схема цифрового приймача 2 покоління

Додатковий четвертий чіп забезпечував прийом цифрових програм кабельного телебачення. Супутниковий (або кабельний) модуль здійснює демодуляцію сигналу і корекцію помилок. Центральний процесор вмонтований наступний чіп і забезпечує управління інформаційними потоками, дешифрування і контроль периферійних пристроїв та пам'яті. Останній чіп містить MPEG -2 відео - і аудіо деко дери. Особливістю конструкції є також зменшення числа DRAM, а 32- бітний центральний процесор має більш високу швидкодію.

Третє покоління цифрових приймачів (1997р) основана тільки на двох чіпах (рис. 10). Перший модуль виконує специфічні задачі аналогово-цифрового перетворення, демодуляції і корекції помилок. А об'єднання двох інших чіпів стало можливим за рахунок розвитку мікроелектроніки та застосуванню новітніх технологій. Цей чіп містить центральний процесор, контролер вводу-виводу, процесор інформаційних потоків, MPEG-2 відео і аудіо декодерів. Зменшено також число модулів оперативної пам'яті: один SDRAM 45 до 150 млн. операцій / сек.

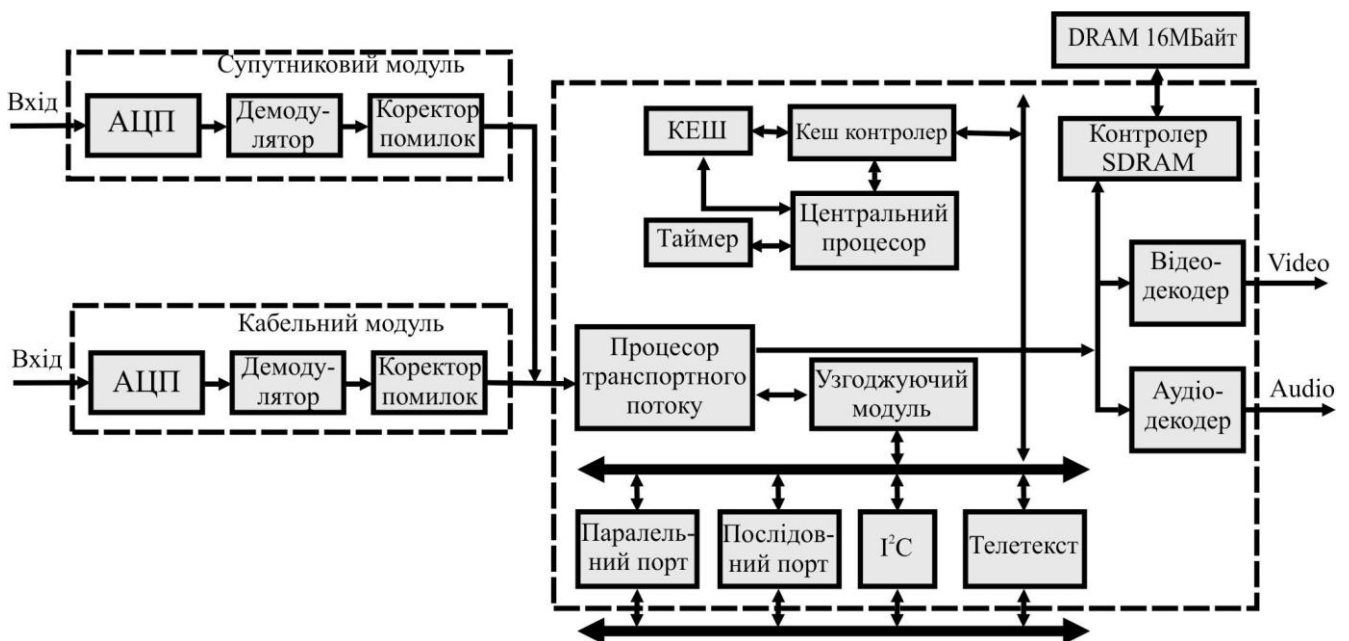


Рисунок 10-Структурна схема цифрового приймача III покоління.

Технічні характеристики цифрових супутникових приймачів.

Крім звичайних (традиційних) для супутникових систем характеристик (діапазон частот, якісні показники, стерео мовлення, телетекст та ін.) цифрові

тюнери мають ряд специфічних параметрів. В першу чергу можливість одно - або багатопрограмного прийому на одній частоті.

► **Single Channel Per Carrier (SCPC)** – спосіб передачі, при якому кожна програма модулює окрему носійну (звичайний, типовий випадок). Цей спосіб дуже енергомісткий і для цифрових систем недоцільний, але застосовується тоді, коли трансляційні точки різних програм не графічно рознесені. Частотне мультиплексування відбувається вже АФТ (ант. – фід. тракті) супутникового бортового ретранслятора.

► **Multi Channel Per Carrier (MCPC)** – передача декількох різних програм на одній підносійній. При цьому спочатку відбувається спочатку часове мультиплексування елементарних потоків різних передач в груповий транспортний потік, який модулює одну підносійну частоту. Пристрій, який це здійснює називають **транспондером**. Такий спосіб більш ефективний, ніж попередній.

► **Швидкість передачі даних (Symbol Rate - SR)** В більшості випадків швидкість передачі одиночних каналів (SCPC) лежить у межах 3÷9 Мбіт/с, а для пакетів (MCPC) – до 30 Мбіт/с. Деякі співери мають нижню межу швидкості 15÷18 Мбіт/с, що робить неможливим прийом одиночних каналів (SCPC). Отже сучасний цифровий тюнер повинен мати діапазон швидкості 3÷30 Мбіт/с.

► **Program Map Table** – таблиця, яка визначає місцезнаходження окремих потоків в структурі транспортного потоку. Вона містить необхідні аудіо -, відео - та інші параметри, для формування електронного гіда, встановлення годинника, тощо. Таблиця передається на початку транспортного потоку разом з іншою службовою інформацією. До її складу входять так звані **PID** – коди (Program Identification), які і визначають місцезнаходження елементарного потоку в загальному транспортному потоці.

### **Визначення кута місця і азимута прийомної антени земної станції.**

В процесі установки і настроювання приймального комплексу СТБ потрібно вирішити дві задачі: обчислити кут місця і азимут – параметри, які дозволяють направити антену в точку простору на геостационарній орбіті, де знаходиться

спутник-ретранслятор. Для цього використовується спеціальне кріплення у вигляді поворотного пристрою. Найбільш поширений тип підвісок для автоматичного налаштування на різні супутники-ретранслятори – полярна підвіска. Головною перевагою полярної підвіски є те, що поворотом в одній площині можна відслідкувати видиму частину геостаціонарної орбіти, яка з землі представляє собою дугу:

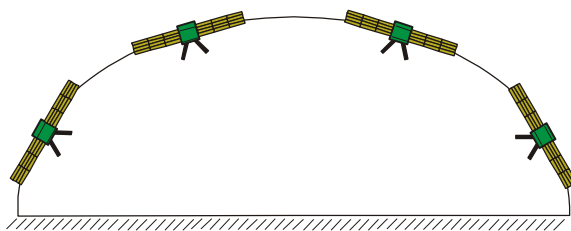


Рисунок 11-Видима частина ГО

Очевидно, що звичайним поворотом навколо вертикальної осі не можливо здійснити рух антени по дузі. Тому антена повинна обертатись навколо так званої „полярної” осі. Це вісь, яка співпадає з віссю Землі, що проходить через Південний і Північний полюси в напрямку на Полярну зірку. Звідси і походить назва даної підвіски. В цьому головна конструктивна відмінність від підвісок попередніх конструкцій.

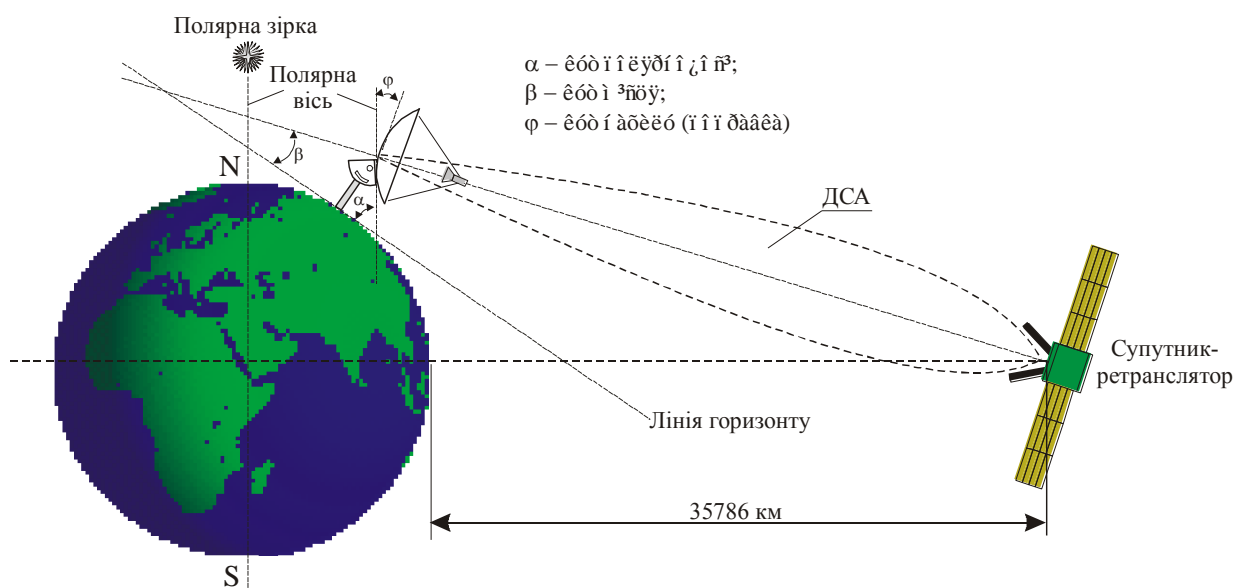


Рисунок 12-Геометрія полярної підвіски

Кут нахилу  $\varphi$  визначається географічною широтою місця  $Ш_M$ :

$$\varphi = \arctg \frac{R \sin Ш_M}{H + 2R \sin^2 \frac{Ш_M}{2}} = \arctg \frac{6371000 \sin 49,4}{35786000 + 2 \cdot 6371000 \sin^2 24,7} = 7,5^\circ,$$

де  $R$  – радіус Землі (екваторіальний радіус  $R_e=6378$  км, полярний  $R_p=6356$  км; для наближених розрахунків Земля вважається сферою радіусом  $R=6371$  км);

$H$  – висота геостационарної орбіти (35786 км);

$Ш_M$  – широта місця розташування приймальної установки СТБ.

Знаючи координати ШСЗ (в даному випадку візьмемо супутник Hot Bird 13° сх. д.), та географічні координати місця розташування приймальної установки СТБ, можна визначити кут місця,  $\beta$  і азимут,  $A$ .

**Кут місця:**

$$\beta = \arctg \frac{K - 0,1513}{\sqrt{1 - K^2}},$$

$$K = \cos \cdot (D_c - D_m) \cdot \cos Ш_M$$

де  $D_c$  – географічна довгота супутникового ретранслятора;

$D_m$  – географічна довгота місця прийому;

$Ш_M$  – географічна широта місця прийому.

Умовою радіо видимості є:

$$\cos \cdot (D_c - D_m) \cdot \cos Ш_M \geq 0,1513$$

**Азимут:**

$$A = 180 \pm \arctg \frac{\operatorname{tg} |D_m - D_c|}{\sin Ш_M}$$

де знак “+” використовується у випадку, коли супутник розміщений західніше місця прийому, тобто  $D_m > D_c$ , а знак “-”, навпаки, коли  $D_m < D_c$ .

## Контрольні запитання

1. Зобразити структурну схему приймального комплексу супутникового телебачення. Дати пояснення.
2. Зобразити структурну схему конвертора НВЧ. Пояснити призначення всіх структурних складових.
3. Вкажіть значення низької першої проміжної частоти в аналогових ресиверах.
4. Вкажіть значення високої першої проміжної частоти в аналогових ресиверах.
5. Зобразити структурну схему аналогового ресивера з низькою ПЧ. Пояснити призначення всіх структурних складових.
6. Зобразити структурну схему аналогового ресивера з високою ПЧ. Пояснити призначення всіх структурних складових.
7. Зобразити структурну схему цифро-аналогового ресивера МАС. Пояснити призначення всіх структурних складових.
8. Зобразити структурну схему узагальненого цифрового ресивера. Пояснити призначення всіх структурних складових.
9. 8. Зобразити структурну схему узагальненого цифрового ресивера 1 покоління. Пояснити призначення всіх структурних складових.
10. Зобразити структурну схему узагальненого цифрового ресивера 2 покоління. Пояснити призначення всіх структурних складових.
11. Зобразити структурну схему узагальненого цифрового ресивера 3 покоління. Пояснити призначення всіх структурних складових.
12. Дайте визначення геостаціонарної орбіти.
13. Що таке полярна вісь?
14. Опишіть і зобразіть геометрію полярної підвіски.
15. Як розраховується азимут точки встановлення приймального комплексу СТБ?
16. Як розраховується кут місця точки встановлення приймального комплексу СТБ?



17. Опишіть детально процедуру налаштування приймальної установки супутникового телебачення індивідуального або колективного прийому.

### **Задача 1**

Розрахувати азимут ( $A$ ) встановлення приймальної супутникової антени для геостаціонарних супутників Hot Bird ( $13^\circ$  с. д.) для м. Хмельницького з координатами:  $49,4^\circ$  пн. ш.,  $27^\circ$  сх. д.

### **Задача 2**

Розрахувати кут місця ( $\beta$ ) встановлення приймальної супутникової антени для геостаціонарних супутників Hot Bird ( $13^\circ$  с. д.) для м. Хмельницького з координатами:  $49,4^\circ$  пн. ш.,  $27^\circ$  сх. д.

### **Література.**

1. Левченко В.Н. Супутниковое телевидение.-СПб.: БХВ—Санкт-Петербург, 1999. – 288 с. ил.
2. Артющенко В.М., Бахарев В.А., Топеха Ю.Л., Шелухин О.И. Индивидуальный и коллективный приём спутникового телевидения.— М.: Легпромбытиздат, 1995.—344с.
3. Копылов П.М. Сети телевизионного вещания.—М.: "Радио исвязь", 1982.—144с.
4. Супутникове телебачення. Частина 1. Теоретичний курс./ В.І. Стецюк. – Хмельницький: ТУП, 2002. – 73 с.