

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ТАРАСА  
ШЕВЧЕНКА**

**ФАКУЛЬТЕТ  
ВІЙСЬКОВОЇ ПІДГОТОВКИ**

**КАФЕДРА  
ВІЙСЬКОВО-ТЕХНІЧНОЇ  
ПІДГОТОВКИ**

**ПРЕДМЕТ**  
**“ОСНОВИ ПОБУДОВИ ВІЙСЬКОВИХ**  
**ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАНЬ”**

**ТЕМА № 7**

**ЗАСОБИ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ**  
**ДЛЯ СПОСТЕРЕЖЕННЯ І АНАЛІЗУ**  
**ФОРМИ СИГНАЛІВ**

**ЗАНЯТТЯ № 2**

**СПЕЦІАЛЬНІ ОСЦИЛОГРАФИ**

# **НАВЧАЛЬНА МЕТА:**

- 1. Розглянути призначення і принцип роботи швидкісних і стробоскопічних осцилографів.**
- 2. Розглянути призначення і принцип роботи запам'ятовуючих осцилографів.**
- 3. Розглянути призначення і принцип роботи електронних осцилографів з цифровою обробкою і матричним індикатором.**

# **ВИХОВНА МЕТА:**

- 1. ВИХОВУВАТИ У СТУДЕНТІВ ДИСЦИПЛІНОВАНІСТЬ І КУЛЬТУРУ ПОВЕДІНКИ.**
- 2. ВИХОВУВАТИ ВПЕВНЕНІСТЬ І ВИНАХІДЛИВІСТЬ ПРИ ВИВЧЕННІ МАТЕРІАЛУ.**
- 3. ВИХОВУВАТИ І РОЗВИВАТИ ТВОРЧИЙ ПІДХІД ПРИ ВИВЧЕННІ МАТЕРІАЛУ НА ЗАНЯТТІ І САМОСТІЙНІЙ ПІДГОТОВЦІ.**

# НАВЧАЛЬНІ ПИТАННЯ

- 1. Швидкісні і стробоскопічні осцилографи.**
- 2. Запам'ятовуючі осцилографи.**
- 3. Електронні осцилографи з цифровою обробкою сигналів і матричним індикатором.**

# ПИТАННЯ 1

## ШВИДКІСНІ І СТРОБОСКОПІЧНІ ОСЦИЛОГРАФИ

# **Осцилографування коротких імпульсів і НВЧ коливань**

**Особливість осцилографування одиночних і періодично повторюваних імпульсів наносекундної та меншої тривалості, а також коливань НВЧ, полягає в появі спотворень внаслідок наступних причин:**

- 1. При осцилографуванні НВЧ-коливань внаслідок кінцевого часу прольоту електроном простору між пластинами чутливість ЕПТ буде змінюватися.**

**Наприклад, коли час прольоту рівний періоду коливань, чутливість виявиться рівною нулю.**

**Максимальне відхилення променя відбудеться тоді, коли час прольоту електронів буде дорівнювати непарному числу напівперіодів коливань.**

**При осцилографуванні НВЧ-коливань на горизонтальні відхиляючі пластини повинна бути подана напруга розгортки з частотою, що відповідає НВЧ-діапазону. При послідовному розташуванні пластин X і Y в ЕПТ виникає спотворення, обумовлене кінцевим часом прольоту електроном відстані між відхиляючими пластинами.**



**Розрахунки показують, що границею застосування ЕПТ з електростатичним керуванням без радикальної зміни конструкції варто вважати частоти близько 1 ГГц.**

**2. Ємність відхиляючих пластин і індуктивність провідників створюють коливальні контури в яких виникають паразитні резонанси. Це приводить до різкої зміни чутливості осцилографа в області високих частот.**

**Намагаються, щоб резонансна частота була вище частоти найвищої гармоніки досліджуваного сигналу.**

**3. Канал вертикального відхилення має недостатньо широку смугу пропускання. Відомо, що смуга пропускання підсилювача, яка необхідна, щоб без спотворень підсилити імпульс тривалістю  $\tau_i$ , повинна бути**

$$\Delta f \approx 2/\tau_i \quad (1)$$

**При  $\tau_i = 0,1$  нс  $\Delta f \approx 20$  ГГц.**

**4. Ємність відхиляючих пластин становить одиниці пікофарад.**

**Така ємність спотворює (збільшує) фронт досліджуваного наносекундного імпульсу.**

**5. Внаслідок дуже великої швидкості, з якою електронний промінь створює осцилограму, енергія, яка надається люмінофору, виявляється малою і зображення на екрані буде дуже блідим.**

**Розглянуті чинники поставили вимоги для створення нових технічних рішень при осцилографуванні дуже коротких імпульсів і коливань НВЧ.**

## Швидкісні осцилографи

У швидкісних осцилографах, які дозволяють спостерігати і реєструвати періодичні і однократні імпульсні сигнали і НВЧ коливання в реальному масштабі часу, застосовуються ЕПТ спеціального типу — ЕПТ з біжучою хвилею.

Лінія з біжучою хвилею виконується часто у вигляді плоскої спіралі, розташованої над площиною заземлення. Спіральна лінія має стандартний хвильовий опір і узгоджена на кінці. Електронний промінь проходить у просторі між провідниками лінії. Мала відстань між електродами обмежує розмір зображення по вертикалі.

**Підсилювач вертикального відхилення у швидкісних осцилографах не застосовують. Тому амплітуди досліджуваних сигналів повинні бути не менш ніж 0,1 В.**

**Для підвищення чутливості ЕПТ по вертикалі встановлюються електростатичні і магнітні лінзи.**

**Відхилення по горизонталі здійснюється за допомогою звичайних відхиляючих пластин. Генератори розгортки у швидкісних осцилографах забезпечують високу швидкість при прямому ході променя.**

**Серійний швидкісний осцилограф С7-15 має смугу пропускання 0...5 ГГц, час наростання перехідної характеристики 70 пс, коефіцієнт відхилення складає 1 В/мм. Застосовується для дослідження однократних і таких, що рідко повторюються, а також періодичних імпульсів нано- і пікосекундного діапазону шляхом візуального спостереження і фотореєстрації.**

**В осцилографі застосована ЕПТ з біжучою хвилею і екраном зі скловолокна.**

## **Стробоскопічні осцилографи**

**призначені для аналізу дуже коротких періодичних імпульсів нано - і пікосекундної тривалості. Це широкосмугові осцилографи, що мають смугу в сотні і тисячі мегагерц. Однак аналіз здійснюється не в реальному масштабі часу. Для здійснення вимірювального перетворення необхідно мати проміжок часу, який відповідає багатьом періодам досліджуваного сигналу.**

**Принцип дії стробоскопічного осцилографа заснований на стробоскопічному методі перетворення сигналу. Він складається з наступних операцій:**

- 1) представлення сигналу рядом його дискретних значень, за допомогою яких може бути відновлений неперервний сигнал;**
- 2) дискретизація досліджуваного сигналу з перетворенням часу між дискретними значеннями;**
- 3) відновлення неперервного сигналу.**

**На рис.1,а показана періодична послідовність коротких імпульсів, що підлягають аналізу.**



**Відповідно до теореми Котельникова імпульс може бути представлений рядом дискретних значень, які розташовані один від одного не більше ніж на крок дискретизації**  
**(3)**

**де  $f_B$ - верхня частота, що обмежує спектр імпульсу.**

**Якщо умови дискретизації виконані, то імпульс може бути відновлений по таким дискретним значенням теоретично без спотворень.**

**Мінімальне число дискретних значень**

$$**N = (\tau_i / \Delta t) + 1 \quad (4)**$$

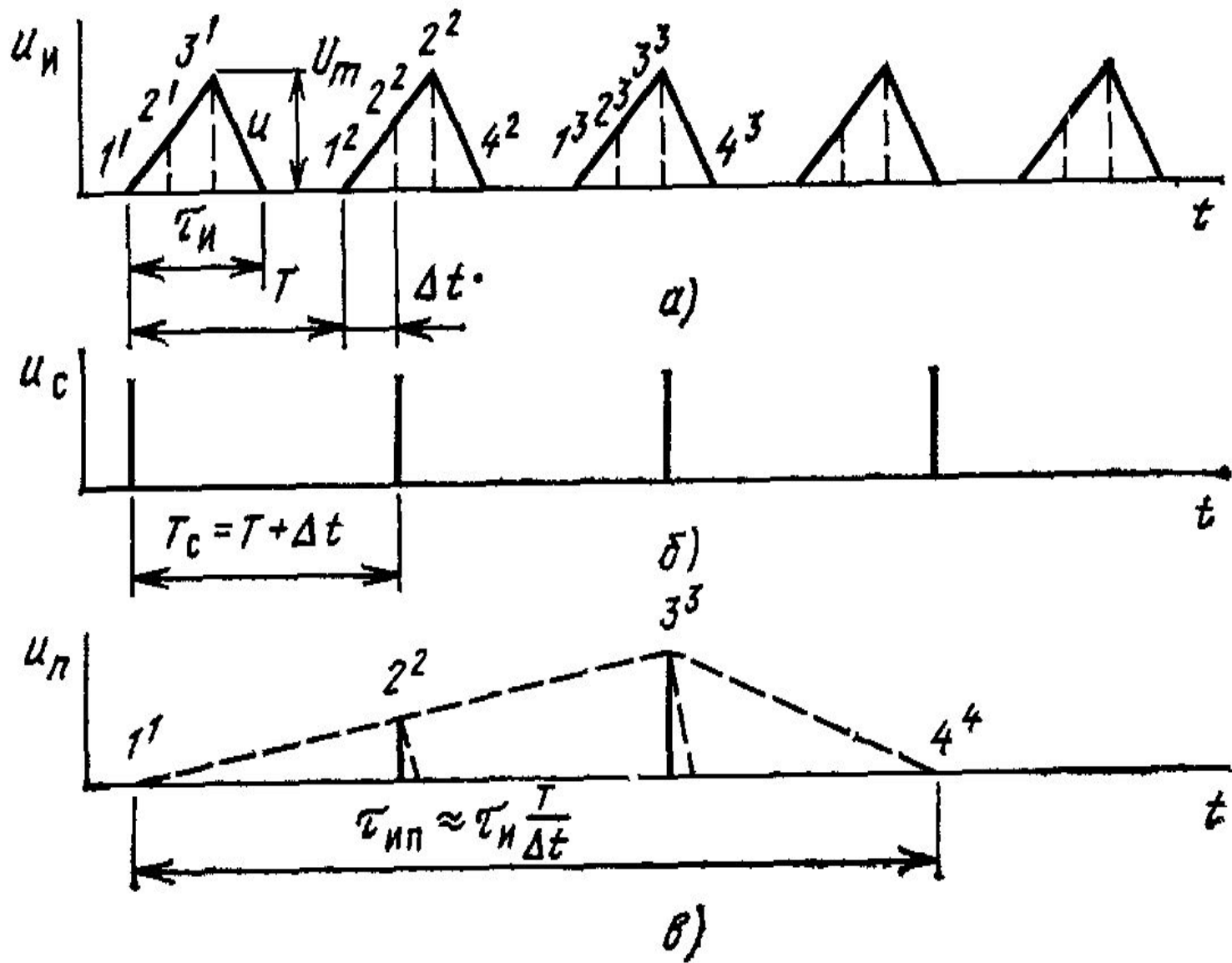


Рис. 1.

З кожного імпульсу для його відтворення необхідно одержати  $N$  дискретних значень (див. рис. 1,а). Однак якщо припустити, що періодична послідовність імпульсів стабільна і незмінна за амплітудою, періодом і формою, то можна використовувати не один, а послідовність імпульсів, і з кожного виділити лише по одному дискретному значенню. Наприклад, з першого — 11, із другого — 22 і т. д. (рис. 1,б). Для цього в момент часу  $T_c = T + \Delta t$  необхідно визначати відповідне значення напруги імпульсів. Тоді одержимо ряд дискретних значень (рис. 1, в), що характеризують форму імпульсів, але проміжок часу між ними буде збільшений до  $T_c = T + \Delta t$ , а тривалість всього імпульсу буде  $\tau_i = (N - 1)T_c$ .

## Коефіцієнт перетворення (трансформації) часу

$$K_{TP} = \frac{T}{\Delta t} + 1 \quad (5)$$

У сучасних стробоскопічних осцилографів  $K_{TP}$  досягає десятків тисяч.

Осцилографування відновленого імпульсу великої тривалості знімає проблеми широкої смуги (спектр імпульсу звужується), швидкої розгортки, малого коефіцієнта відхилення і т.д.

Структурна схема стробоскопічного осцилографа зображена на рис. 2.

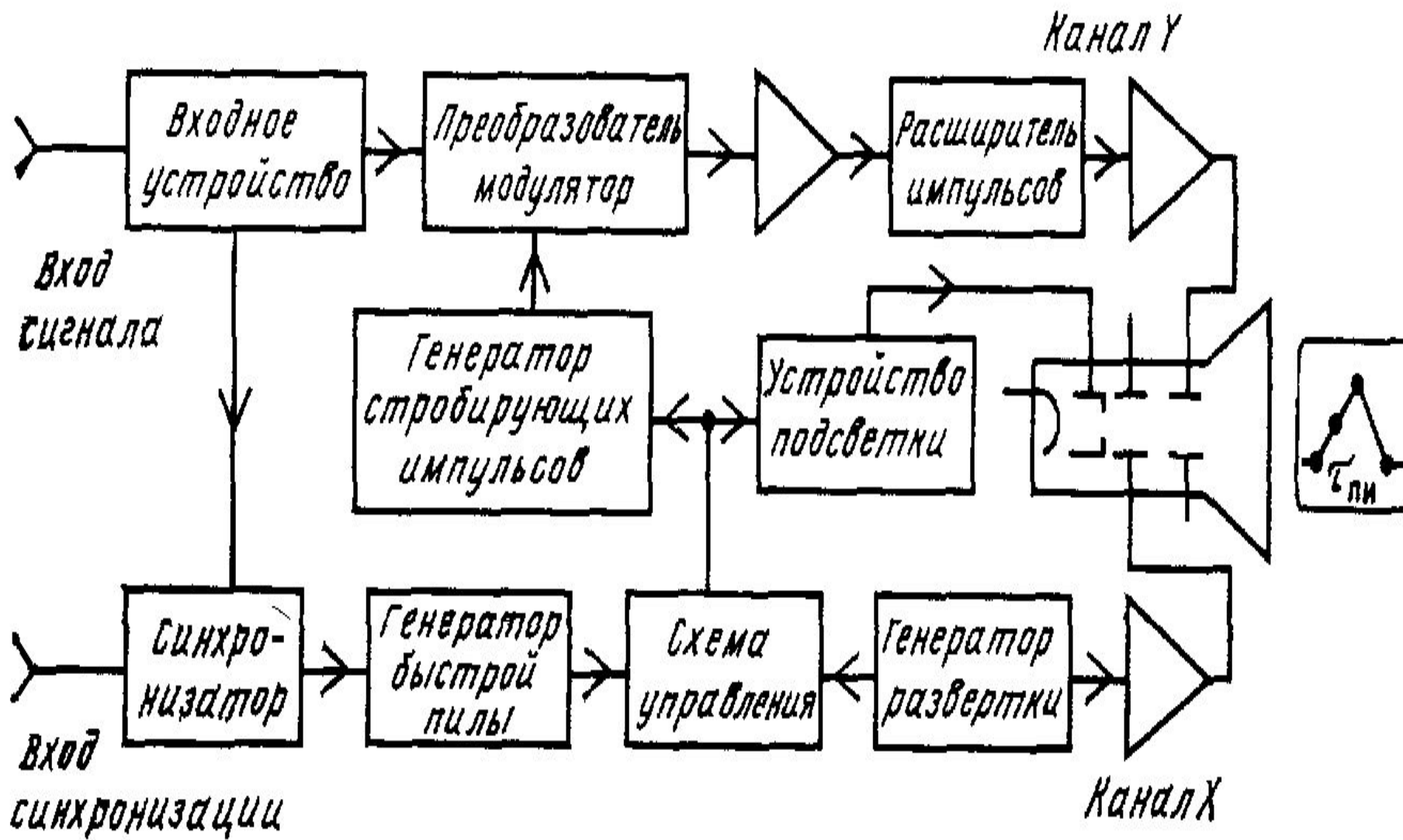


Рис. 2.

Досліджуваний сигнал через вхідний пристрій надходить на перетворювач-модулятор, на інший вхід якого подаються строб-імпульси. У модуляторі відбувається модуляція строб-імпульсів за амплітудою відповідно до закону зміни досліджуваної напруги, а також одночасне розширення їх за часом. Внаслідок фільтрації розширені строб-імпульси несуть інформацію про значення сигналу в тих його точках, у яких проводилося зчитування. Розширені імпульси повторюються в часі з періодом проходження строб-імпульсів

$$TC = nT + \Delta t \quad (6)$$

З виходу вони надходять на попередній підсилювач, і далі розтягуються до  $TC$  в розширювачі імпульсів, що є схемою пам'яті (інтегратор). Напруга на виході розширювача ступінчасто змінюється, її обвідна подібна по формі досліджуваній нарузі, але розтягнута за часом в  $KTP$  разів.

**Сучасні стробоскопічні осцилографи конструктивно можуть бути моноблочними (С7-17) і зі змінними блоками (С7-12, С7-13).**

**Всі стробоскопічні блоки і осцилографи двоканальні і забезпечують частотні (фазові) вимірювання в широкій смузі частот.**

**При використанні стробоскопічних блоків із двопроменевими приладами можливе дослідження чотирьох сигналів.**

**Осцилографи С7-16 і С7-17 працюють з власним обчислювальним пристроєм і забезпечують одержання додаткової інформації про сигнали.**

# ПИТАННЯ 2

## ЗАПАМ'ЯТОВУЮЧІ ОСЦИЛОГРАФИ



**Запам'ятовуючі осцилографи мають здатність тривалий час відтворювати зображення сигналу після його зникнення на вході. У них використовуються запам'ятовуючі ЕПТ із видимим зображенням (ЗЕПТ).**

**Запам'ятовуючі осцилографи застосовуються для дослідження сигналів з частотою менш 1 Гц , одиночних сигналів, а також періодичних сигналів, коли необхідно порівняти їх форму через певний проміжок часу.**

**Розглянемо параметри, що характеризують здатність ЗЕПТ зберігати і відтворювати інформацію.**

**Час відтворення зображення є час неперервного відтворення записаного зображення з моменту початку відтворення до моменту початку втрати чіткості і контрастності, обумовленої внутрішніми процесами в ЗЕПТ.**

**Час збереження записаного зображення дорівнює проміжку часу між записом з наступним зняттям напруги живлення з електродів ЗЕПТ і часом, коли зображення на екрані знову включеної ЗЕПТ має задану втрату чіткості і контрастності.**

**Інші параметри, якими характеризують запам'ятовуючі осцилографи, ті ж, що й в універсальних.**

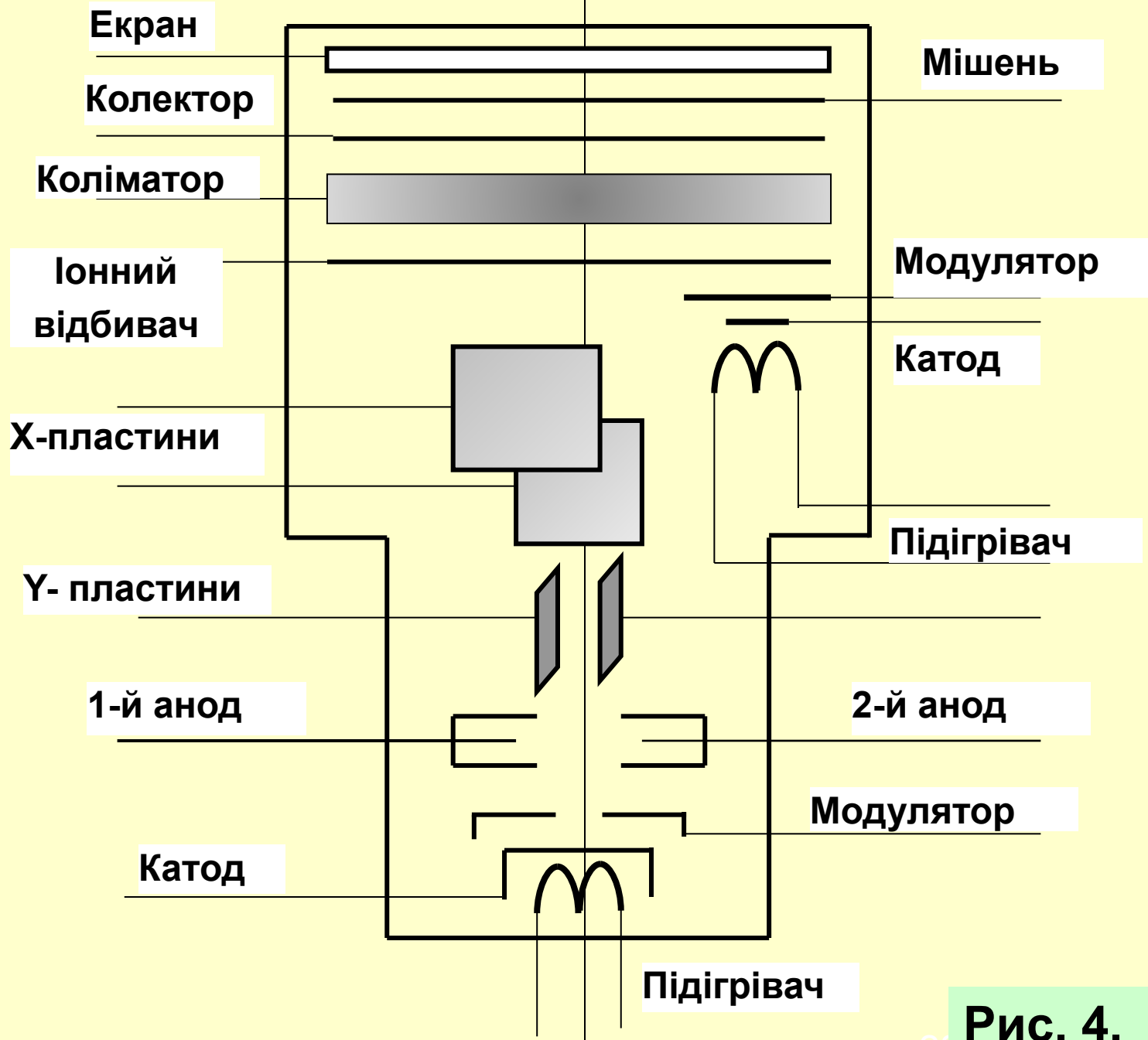
## Будова ЗЕПТ (рис.4)

Крім складових частин звичайних ЕПТ ЗЕПТ додатково має вузол пам'яті, вузол відтворення записаного зображення і допоміжні електроди, що зменшують шкідливий вплив важких іонів на процес збереження і відтворення осцилограми.

Вузол пам'яті складається з двох плоских сіткових електродів, розташованих паралельно екрану. Безпосередньо поблизу екрану розміщений електрод, названий мішенню.

Це дрібноструктурна металева сітка, покрита шаром діелектрика.

Поверх мішені розташований інший електрод у вигляді сітки з більш великою структурою - колектор.



**Рис. 4.**

**Електронний промінь, прискорений анодами трубки, проходячи через відхиляючу систему, створить на мішені зарядний (потенційний) рельєф за рахунок вторинних електронів, що зберігається якийсь час. Цей процес називають записом. Записана інформація може бути відтворена іншим електронним потоком, що формується вузлом відтворення.**

**Таким чином, у ЗЕПТ використовуються два електронних потоки. Один-еквівалентний електронному променю звичайних трубок, прискорюється дуже високою напругою (в одиниці кіловольтів), має високу кінетичну енергію. Інший прискорюється невеликою напругою (близько 100 В), має малу кінетичну енергію. Якщо перший потік називається записуючим, то другим-відтворюючим.**

**Розрізняють два види електронної пам'яті, що застосовуються в ЗЕПТ:**

**напівтонова і бістабільна.**

**При напівтоновій пам'яті зображення має різну яскравість і залежить від напруги сигналу. При бістабільній пам'яті зображення може мати тільки один ступінь яскравості, що не залежить від напруги сигналу.**

**Осцилографи на напівтонових трубках (С8-9А, С8-12, С8-14) відрізняються великою швидкістю запису (до 4000 км/с) і широкою смугою пропускання (до 50 МГц), час відтворення складає 60с, час збереження запису – 7год., похибка вимірювання напруги і часу дорівнює 10%.**

**Осцилографи на бістабільних трубках (С8-13, С8-17) мають високу роздільну здатність, великий час відтворення (до 30 хв.) при швидкості запису 5...40 км/год., час збереження записаного зображення-тижні.**

## **ПИТАННЯ 3**

# **ЕЛЕКТРОННІ ОСЦИЛОГРАФИ З ЦИФРОВОЮ ОБРОБКОЮ СИГНАЛІВ І МАТРИЧНИМ ІНДИКАТОРОМ**

**Протягом останніх років осцилографи  
набули найбільш широкого  
застосовування в практиці вимірювань.**

**Можливість їх застосування  
розширювалася в міру того, як  
підвищувалася їх чутливість і  
розширювалася смуга пропускання,  
удосконалювалися схеми запуску  
розгортки і можливості запам'ятовування  
зображення. Високої досконалості досягли  
цифрові процесори, які стали звичайним  
компонентом багатьох систем.**



**Ці напрямки поклали початок новій галузі - осцилографуванню за допомогою процесорів. Вимірювальні прилади, що були створені на основі такого симбіозу, одержали назву осцилографів з цифровою обробкою сигналу, або обчислювальні осцилографи, у яких здійснюється крім аналогової також і цифрова, більш складна алгоритмічна обробка сигналів, інформація ж відображається як в аналоговій, так і в цифровій формі.**

# **Задачі, які розв'язує обчислювальний осцилограф:**

- визначення площі сигналу;**
- визначення тривалостей фронтів;**
- визначення пікових, середньоквадратичних, середньовипрямлених значень сигналу;**
- визначення часових затримок і т.д. у цифровій формі;**
- усереднення сигналу для виділення його з шуму;**
- спостереження сигналу, що пройшов через довільний цифровий фільтр, у тому числі через такий, який неможливо здійснити за допомогою звичайних схем;**
- обчислення перетворення Фур'є;**
- внесення коригувальних поправок у сигнали, які спотворені недосконалістю вимірювальної апаратури;**
- виконання диференціювання, інтегрування, обчислення логарифмів і експонент, здобуття коренів**

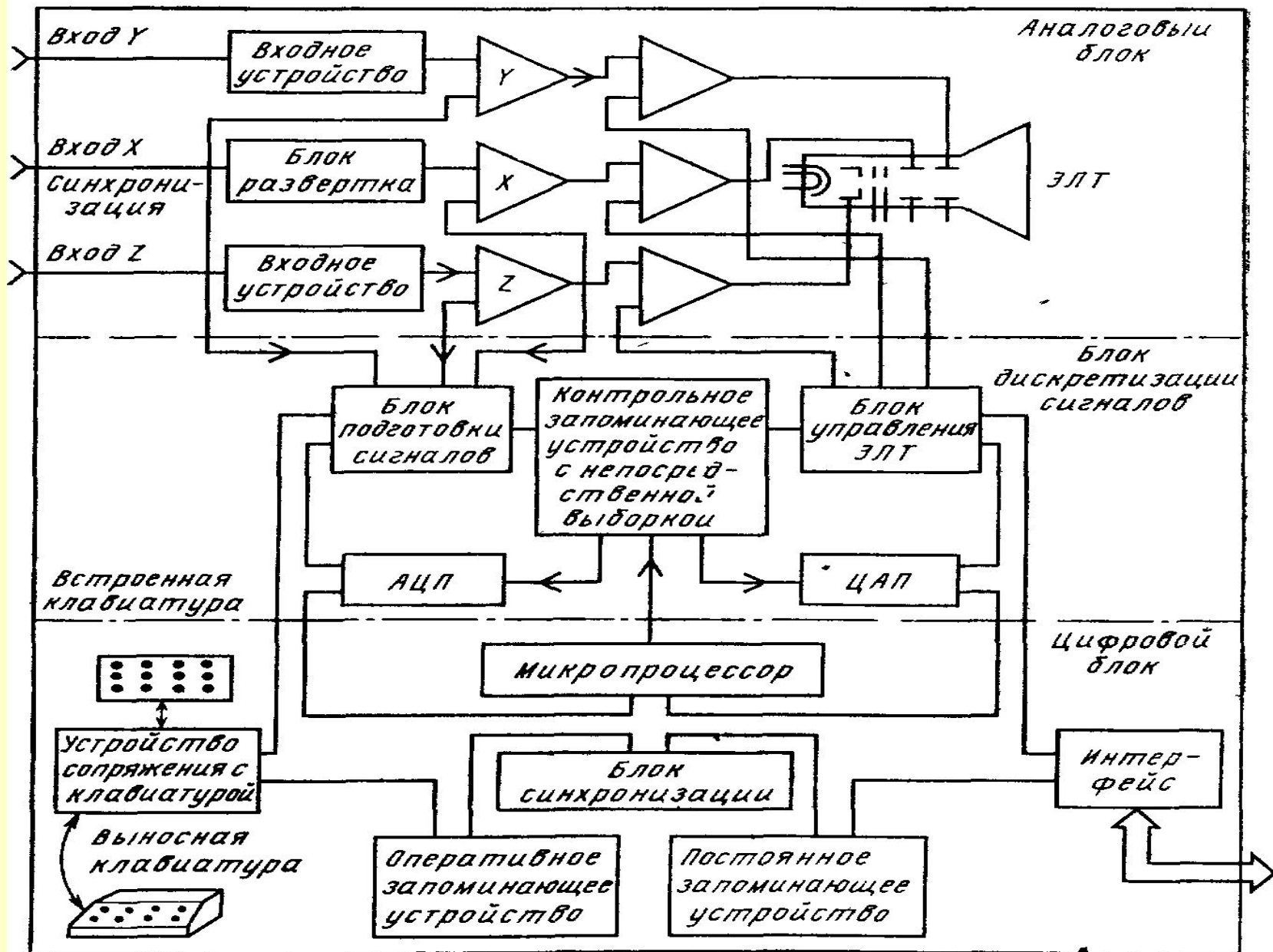


Рис. 5.

**Функціонально структурну схему можна розділити на три основних блоки:**

- аналоговий блок;**
- блок дискретизації аналогових сигналів;**
- цифровий блок.**

**Аналоговий блок це аналоговий осцилограф, що може незалежно працювати як звичайний осцилограф.**

**Аналогові сигнали каналів вертикального і горизонтального відхилення безпосередньо перед входом відповідних підсилювачів відгалужуються на вхід блоку дискретизації, де перетворюються**

за допомогою АЦП у цифровий код, запам'ятовуються в запам'ятовуючому пристрої і через ЦАП надходять на екран осцилографа.

Керування АЦП здійснюється мікропроцесором. Як приклад, осцилографа з цифровою обробкою сигналу можна навести С1-108, що має вмонтований мікропроцесор, за допомогою якого сигнали усереднюються, додаються, віднімаються, множаться, поділяються, виконується корекція похибок і перетворення Фур'є. Смуга пропускання - 350 МГц, час наростання перехідної характеристики - 1 нс, коефіцієнт відхилення -10 м/год.

# **Осцилографи з матричними індикаторами**

**Загальні поняття про матричні індикатори**

**Прагнення замінити ЕПТ іншим**

**пристроєм відображення інформації, що відрізнялося б від її, насамперед, компактністю, низькими напругами, що задають режим роботи, а також низькими напругами керування, модуляції і розгортки, довговічністю і меншим енергоспоживанням, призвело до використання в осцилографах матричних індикаторних панелей.**

Матрична панель забезпечує відтворення зображення з великою дискретністю розкладання. Число елементів розкладання дорівнює  $M=t \times n$ , де  $n$  — число рядків,  $t$  — число стовпчиків у матриці. Однойменні електроди елементів сполучені по рядках і стовпчиках, створюючи сітку шин, загальне число яких дорівнює  $t+n$ . Вмикання конкретного обраного елемента (точки) роблять шляхом одночасної подачі керуючого сигналу у вигляді напруги  $UV$  на пару шин  $X_i$ ,  $U_i$ , в результаті чого через деякий інтервал часу  $\tau_B$  елемент збуджується, і в ньому спостерігається відповідний електрооптичний ефект.

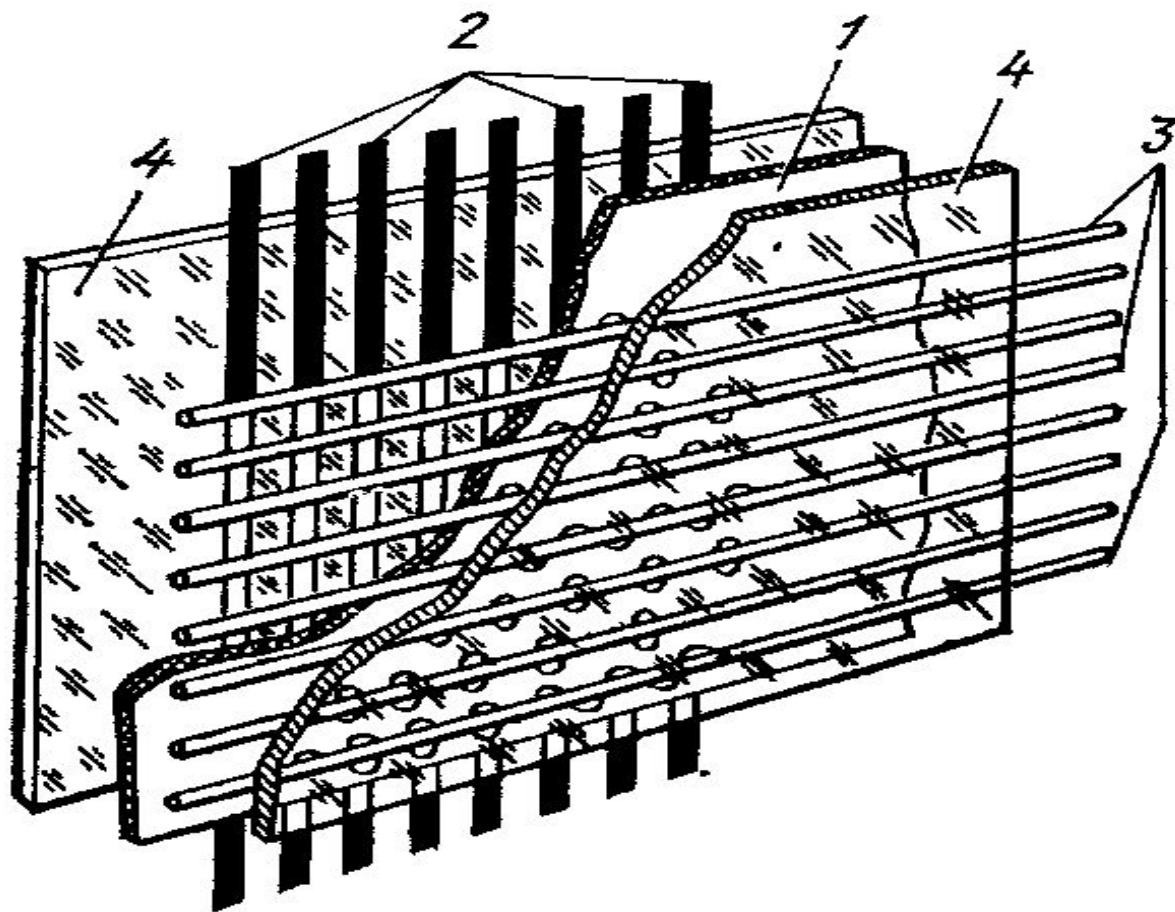


Рис. 6.



**Інформаційні сигнали подаються на анодні електроди (координати екрана) за допомогою анодних ключових елементів. Тривалість сигналів на двох електродах не менше 100 мкс. Отже частота розгортки повинна складати при  $m=100$  не більш 100 Гц. Тому газорозрядні індикаторні панелі можна використовувати в осцилографах із цифровою обробкою інформації і наявністю цифрової пам'яті.**

**Наприклад, в осцилографах використовується матричний газорозрядний індикатор ИМГ-1. Він містить 10000 елементів індикації, розміри екрану 100•100 мм<sup>2</sup>, частота зміни кодових комбінацій на індикаторі 1...10 кГц.**

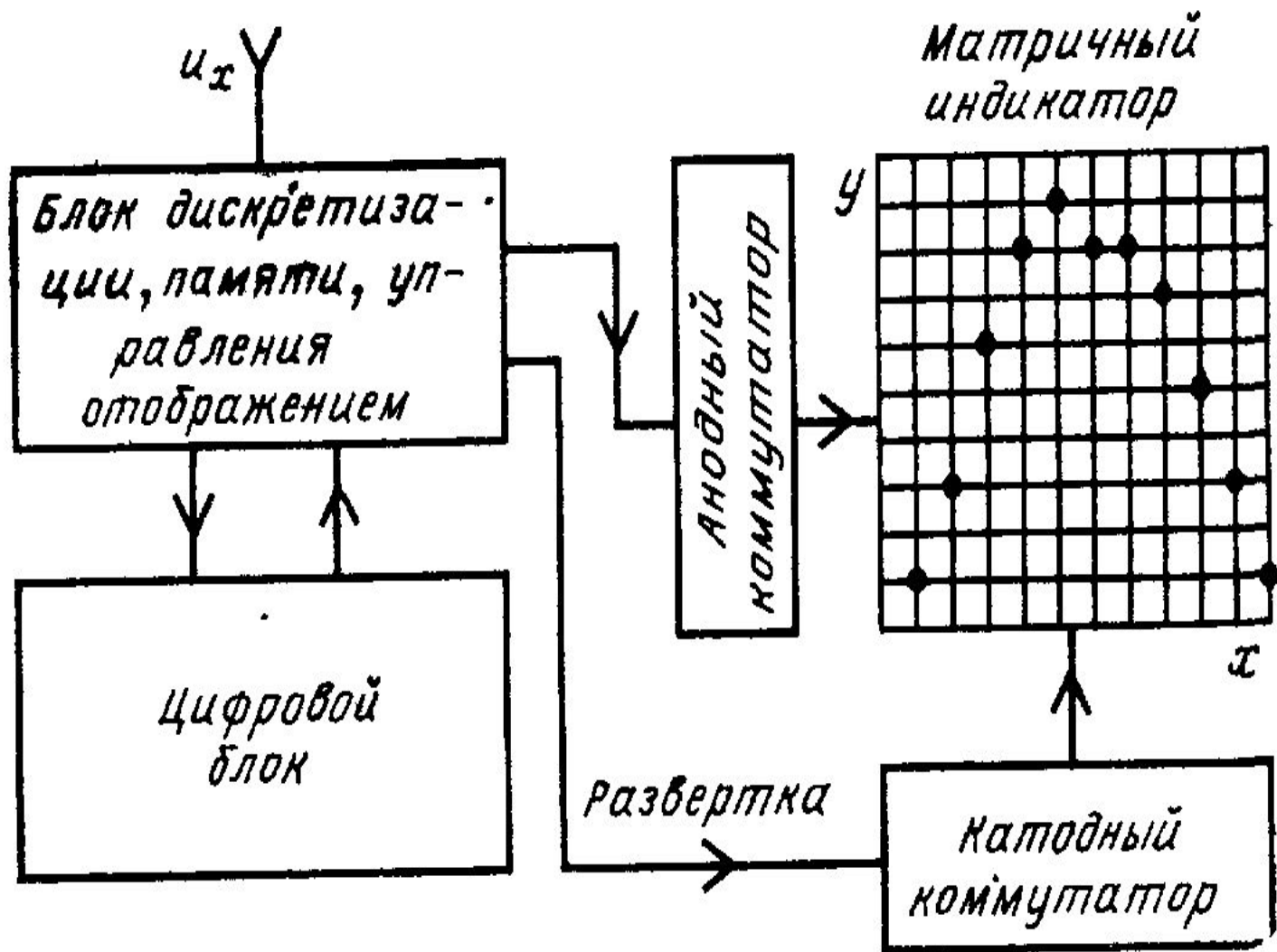


Рис. 6.