

**ПРЕДМЕТ**  
**“ТАК”**

**ТЕМА:**

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

**ЗАНЯТТЯ № 1**  
**ЕЛЕКТРОННІ ОСЦИЛОГРАФИ**

## **НАВЧАЛЬНА МЕТА:**

- 1. Надати студентам загальні відомості про осцилографи.**
- 2. Розглянути структурну схему осцилографа.**
- 3. Надати студентам метрологічні характеристики осцилографів.**

# **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. ПРИЗНАЧЕННЯ, КЛАСИФІКАЦІЯ І ПРИНЦИП ДІЇ ЕЛЕКТРОННОГО ОСЦИЛОГРАФА.**

**2. СТРУКТУРНА СХЕМА ЕЛЕКТРОННОГО ОСЦИЛОГРАФА.**

**3. ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНІЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ ОСНОВНИХ ВУЗЛІВ ЕЛЕКТРОННИХ ОСЦИЛОГРАФІВ.**

# ПИТАННЯ 1

**ПРИЗНАЧЕННЯ, КЛАСИФІКАЦІЯ  
І ПРИНЦИП ДІЇ ЕЛЕКТРОННОГО  
ОСЦИЛОГРАФА**

**Електронний осцилограф - універсальний вимірювальний прилад, призначений для візуального спостереження і фотографування електричних сигналів.**

**У більшості випадків в електронному осцилографі для відображення інформації використовується електронно-променева трубка (ЕПТ).**

**Основні вимоги, які висуваються до осцилографа:**

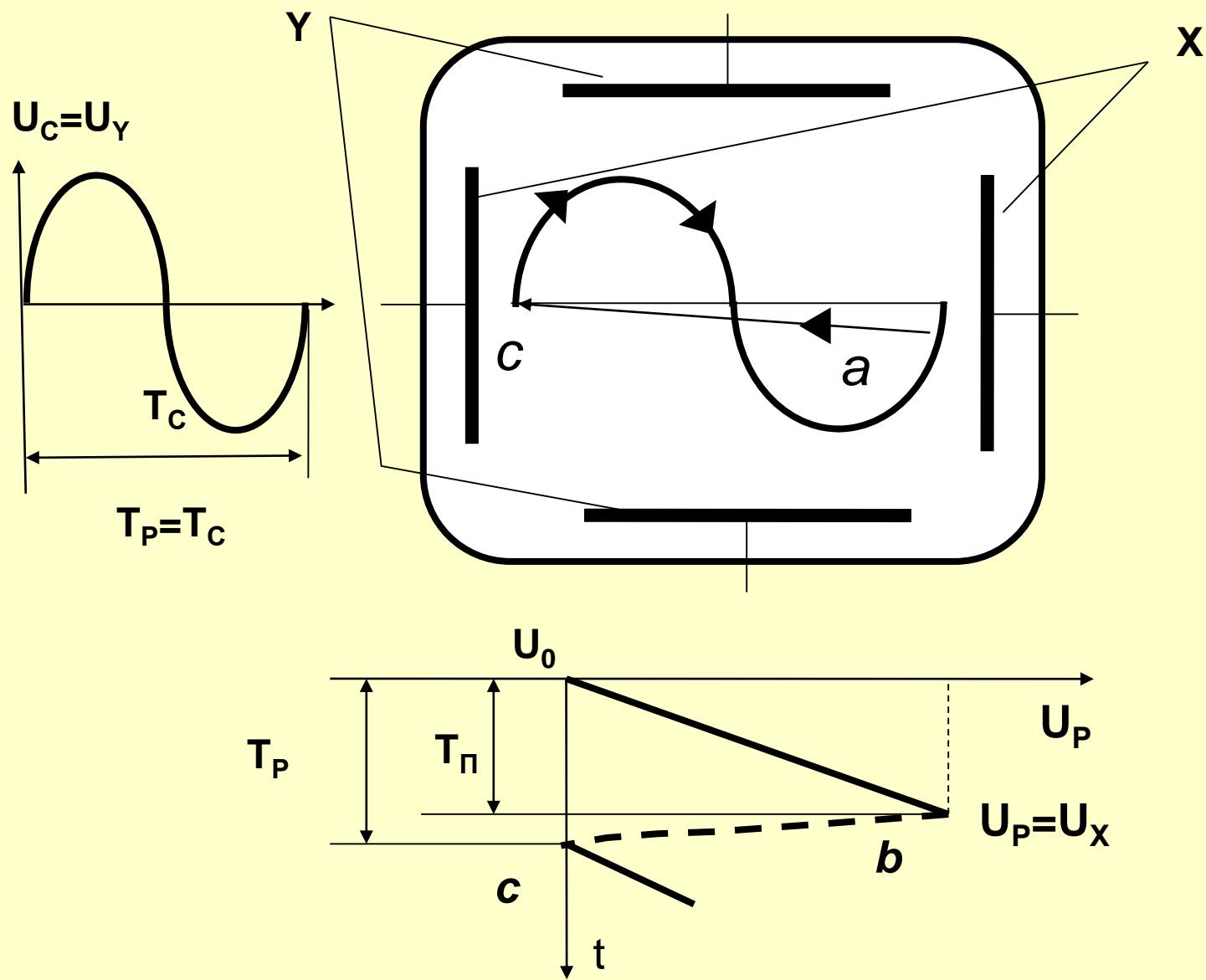
**висока чутливість**

**широкий діапазон частот**

**великий вхідний опір**

**Принцип дії електронного осцилографа, побудованого на основі електростатичної ЕПТ, полягає в наступному.**

**Сфокусований електронний промінь, проходячи між вертикально і, горизонтально відхиляючими пластинами  $X$  і  $Y$ , може відхилятися під впливом напруги, прикладеної до пластин у напрямку, перпендикулярному площини пластин (рис.1)**



**Рис.1. Принцип дії електронного осцилографа**



**Траєкторію зображення на екрані можна побудувати графічно за допомогою точок, задаючи моменти часу і відповідної їм напруги розгортки і сигналу.**

**Цю траєкторію, що відбиває форму залежності досліджуваного коливання від часу, називають *осцилограмою*.**

**За допомогою осцилограми можуть бути виміряні параметри сигналу: амплітуда, період, частота і т.п.**

**Вище розглянуто використання у якості напруги розгортки ідеальну пилкоподібну напругу. У випадку реальної пилкоподібної напруги тривалість прямого ходу  $T_C$  не дорівнює періоду розгортки  $T_P$  і відрізняється від нього на тривалість зворотного ходу  $T_{ЗВ}$ .**

**На рис. 1 штриховою лінією показана зміна напруги зворотного ходу на розгортці (лінія  $bc$ ), а також зображення зворотного ходу на осцилограмі (лінія  $a\theta$ ).**

Лінія зворотного ходу внаслідок нелінійності розгортки на ділянці зворотного ходу корисної інформації не містить, а лише спотворює осцилограму. Тому на ЕПТ під час зворотного ходу подають запірну напругу, і промінь на цей час гаситься.

Напругу розгортки формують таким чином, щоб

$$T_P \approx T_{\Pi} \quad T_{ЗВ} \ll T_{\Pi}$$

Для одержання одиночного нерухомого зображення необхідно, щоб  $T_p = T_c$ .

У протилежному випадку електронний промінь не буде у кожний новий період зміни напруги розгортки переміщатися по одній траєкторії, і на екрані утвориться сімейство зміщених по горизонталі кривих, що спостерігаються як світлий прямокутник.

Очевидно, що умовою для одержання одиночного зображення є також умова  $T_p = nT_c$ , де  $n$  - ціле число (0, 1, 2,...).

При цьому на екрані може утворюватися декілька періодів зміни напруги сигналу.

**Умова  $T_p = nT_c$  досягається введенням *синхронізації* періоду розгортки з періодом повторення досліджуваного сигналу. Синхронізація здійснюється або зовнішнім стабільним сигналом (зовнішня синхронізація), або самою напругою сигналу, яка подається на генератор напруги розгортки (внутрішня синхронізація).**

**Електронні осцилографи є найпоширенішими універсальними радіовимірювальними приладами. В основу їх класифікації покладено ряд ознак:**

**число одночасно досліджуваних сигналів**

**ширина смуги пропускання каналу, сигналу, обумовленої нижньої і верхньої граничними частотами**

**характер досліджуваного процесу - неперервні сигнали, імпульсні багатократні або однократні.**

**В залежності від призначення і електричних характеристик осцилографи відповідно до **ГОСТ 15094-69** розділяються на:**

**універсальні**

**швидкісні**

**стробоскопічні**

**запам'ятовуючі**

**спеціальні**

*Універсальні осцилографи (С1)* дістали найбільшого поширення, і дозволяють досліджувати електричні сигнали у широкому діапазоні амплітуд, тривалостей і частот повторення сигналів.

Смуга пропускання таких осцилографів досягає 350 МГц.

Діапазон амплітуд досліджуваних сигналів від одиниць мілівольт до сотень вольт, тривалість досліджуваних імпульсів від одиниць наносекунд до декількох секунд. Зображення сигналу на екрані з'являється майже одночасно з дією сигналу на вході. Тому такі осцилографи називають осцилографами реального часу.



## *Швидкісні осцилографи (С7)*

**призначені для дослідження в реальному масштабі часу НВЧ-коливань, однократних, що рідко повторюються і періодичних імпульсних сигналів тривалістю в частки і одиниці наносекунд шляхом візуального спостереження і реєстрації на фотоплівку.**

**У цих осцилографах застосовується ЕПТ із біжучою - хвилею, смуга пропускання 0...5 ГГц.**

*Стробоскопічні осцилографи (С7)* мають спроможність досліджувати сигнали пікосекундної тривалості, завдяки застосуванню стробоскопічного методу трансформації масштабу часу сигналу. Ці осцилографи мають велику чутливість (мВ) і смугу пропускання (до 10 ГГц), проте застосовуються тільки для дослідження періодичних сигналів.

*Запам'ятовуючі осцилографи (С8)* мають спроможність зберігати і відтворювати зображення сигналу на екрані після його зникнення на вході осцилографа завдяки застосуванню спеціальних ЕПТ.

Ці прилади в основному призначені для дослідження сигналів, які повільно змінюються і однократних сигналів.

Діапазон інтервалів часу, що вимірюється, в них розширений до десятків секунд.

*Спеціальні осцилографи* - це, головним чином, телевізійні осцилографи, призначені для дослідження телевізійних сигналів.

Більшість осцилографів - прилади з аналоговим опрацюванням сигналу і використанням аналогового методу вимірювання його параметрів.

У останні роки одержали розвиток осцилографи з цифровою обробкою сигналу і використанням цифрових методів вимірювання параметрів сигналу де досліджуваний сигнал і напруга розгортки квантуються за рівнем і дискретизуються за часом.

Для обробки сигналу застосовується цифровий процесор, що усереднює сигнали, складає, віднімає, помножує, поділяє, виконує перетворення Фур'є і т.д. Потім здійснюється цифроаналогове перетворення сигналів і відображення інформації в аналоговій формі. Часто такі осцилографи називають обчислювальними.

# ПИТАННЯ 2

## СТРУКТУРНА СХЕМА ЕЛЕКТРОННОГО ОСЦИЛОГРАФА

**Спрощена структурна схема електронного осцилографа, який працює у реальному масштабі часу, зображена на рис.2.**

**Вона містить такі основні вузли:**

**канал вертикального відхилення променя (канал Y);**

**канал горизонтального відхилення променя (канал X);**

**канал керування променем по яскравості (канал Z);**

**калібратор;**

**ЕПТ з системами фокусування, керування і живлення.**

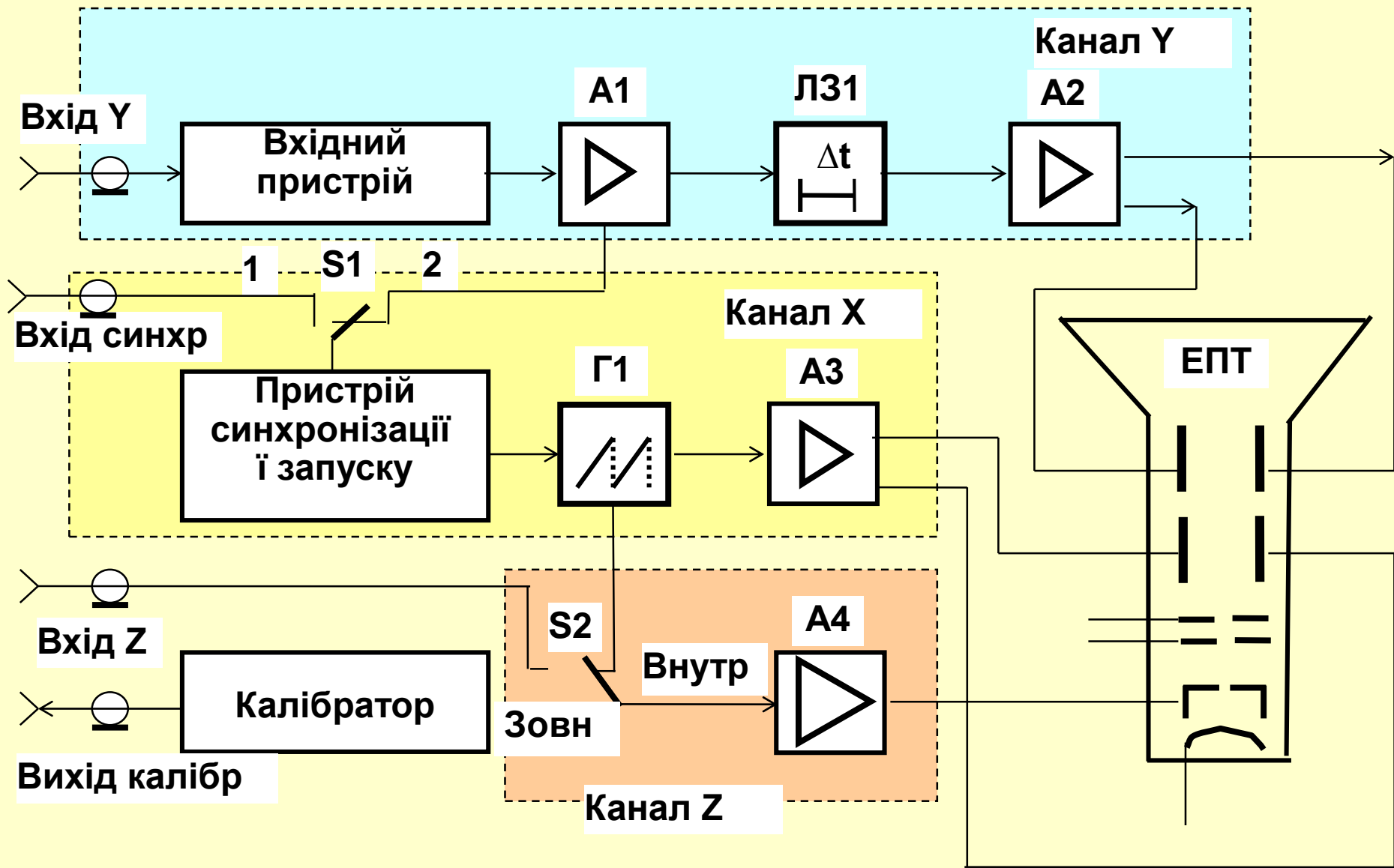


Рис.2. Структурна схема електронного осцилографа



На вхідній пристрій каналу вертикального відхилення надходить досліджуваний сигнал. Тому вхідний ланцюг повинний забезпечувати узгодження параметрів входу підсилювача вертикального відхилення  $A1$  з параметрами ланцюга досліджуваного сигналу.

Щоб можна було досліджувати сигнали з малою амплітудою при наявності великої постійної напруги, у вхідній пристрій вводиться комутуюча розділювальна ємність.

Вхідний пристрій має подільник напруги для розширення границь вимірювання з коефіцієнтом поділу, який змінюються ступенями.

Попередній підсилювач А1 підсилює досліджуваний сигнал, зберігаючи більше значення відношення сигнал- шум у робочому діапазоні частот; узгоджує параметри сигналу з параметрами лінії затримки; перетворює сигнал з несиметричного в симетричний.

Лінія затримки ЛЗ1 забезпечує надходження сигналу на пластини У ЕПТ після надходження напруги розгортки на пластини Х, завдяки чому можна спостерігати фронт досліджуваного імпульсу при синхронізації розгортки досліджуваним імпульсом. Затримка складає приблизно 0,1 мкс.

**Кінцевий підсилювач А2 каналу У підсилює досліджуваний сигнал до значення, достатнього для відхилення променя в межах екрану по вертикалі, при цьому використовується двотактний підсилювач.**

**Канал горизонтального відхилення променя містить у собі генератор розгортки Г1, кінцевий підсилювач А3, пристрій синхронізації і запуску розгортки.**

**Генератор розгортки формує напругу, відхилення променя по горизонталі, пропорційно часу, параметри якої відповідають часу наростання перехідної характеристики каналу і можливостям екрану даної ЕПТ до спостереження повільних процесів.**

**Генератор розгортки має три режими роботи:**

**автоколивальний;**

**режим очікування;**

**режим однократної розгортки.**

**Автоколивальний режим** застосовується для спостереження синусоїдальних і імпульсних сигналів з невеликою шпаруватістю.

Сигнали синхронізації (зовнішньої і внутрішньої), що надходять на генератор, забезпечують кратність частоти розгортки частоті досліджуваного коливання.

**Режим очікування** використовується при дослідженні імпульсних сигналів з великою шпаруватістю.

Генератор у цьому режимі знаходиться в стані готовності до робочого ходу розгортки. При надходженні запускаючого імпульсу, починається робочий хід розгортки. По закінченні робочого ходу розгортки генератор повертається в стан готовності до нового робочого ходу.

**Такий робочий хід починається тільки з приходом нового імпульсу, що запускає генератор розгортки. Яскравість зображення імпульсу на екрані обернено пропорційна частоті проходження досліджуваних імпульсів. Мінімальна частота проходження визначається світловими параметрами ЕПТ.**

**Режим однократної розгортки**  
передбачений у більшості осцилографів.  
Він призначений для фотографування  
одиначних сигналів або для їх  
запам'ятовування. Генератор розгортки  
знаходиться в стані готовності до робочого  
ходу. Натисканням кнопки ПУСК  
генератор запускається черговим  
імпульсом.

Після робочого ходу розгортка  
автоматично блокується і не запускається  
таким імпульсом до чергового натискання  
кнопки ПУСК.



**Для одержання зображення більш значного масштабу по осі часу, ніж дозволяє генератор розгортки, у більшості осцилографів передбачається режим «розтягування» у часі, що досягається збільшенням коефіцієнта підсилення кінцевого підсилювача каналу  $X$  в задане число разів (2, 5, 10).**

**Звичайно, при роботі в такому режимі зменшується яскравість зображення.**

**Кінцевий підсилювач каналу X** за призначенням і побудовою аналогічний кінцевому підсилювачу каналу Y. Він призначений для підсилення напруги розгортки або зовнішнього сигналу до значення, достатнього для відхилення променя в межах екрану по горизонталі.

**Пристрій синхронізації і запуску розгортки** призначений для одержання стійкого зображення сигналу на екрані осцилографа. Для цього початок робочого ходу розгортки повинен збігатися з однією і тією же характерною точкою досліджуваного сигналу.

**Канал керування струмом променя (канал  $Z$ )** служить для встановлення яскравості зображення сигналу на екрані ЕПТ, зручної для його спостереження.

Основне призначення каналу  $Z$  полягає в підсвічуванні робочого ходу розгортки.

Під час робочого ходу на вхід підсилювача  $Z$  подається прямокутний імпульс підсвіту, що виробляється генератором розгортки і після підсилення подається на модулятор або катод ЕПТ.

**Калібратор** це генератор сигналу з точно відомою амплітудою і періодом.

В ролі каліброваного сигналу частіше всього використовується меандр.

Калібрована напруга подається на вхід осцилографа.

## **ПИТАННЯ 3**

# **ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНІЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ ОСНОВНИХ ВУЗЛІВ УНІВЕРСАЛЬНИХ ОСЦИЛОГРАФІВ**

**Основними нормованими характеристиками  
осцилографа, обумовленими каналом  
вертикального відхилення, є :**

**чутливість (коефіцієнт відхилення)**

**час наростання перехідної характеристики  
каналу вертикального відхилення**

**смуга пропускання**

**вхідний опір**

# 1. Чутливість каналу вертикального

відхилення  $S_y$  мм/мВ;

$$S_y = S_{\text{ТРУ}} K_y \cdot 10^{-3},$$

де  $S_{\text{ТРУ}}$  - чутливість ЕПТ до вертикального відхилення, мм/В;

$K_y$  - коефіцієнт підсилення каналу У.

Коефіцієнт відхилення  $h_y$ , мВ/мм, є величина, обернена  $S_y$ .

$$h_y = 1/S_y = 10^3 / K_y \cdot S_{\text{ТРУ}} = k_y \cdot 10^3 / K_y,$$

де  $k_y$  - коефіцієнт відхилення трубки, В/мм.

## **2. Час наростання перехідної характеристики, смуга пропускання.**

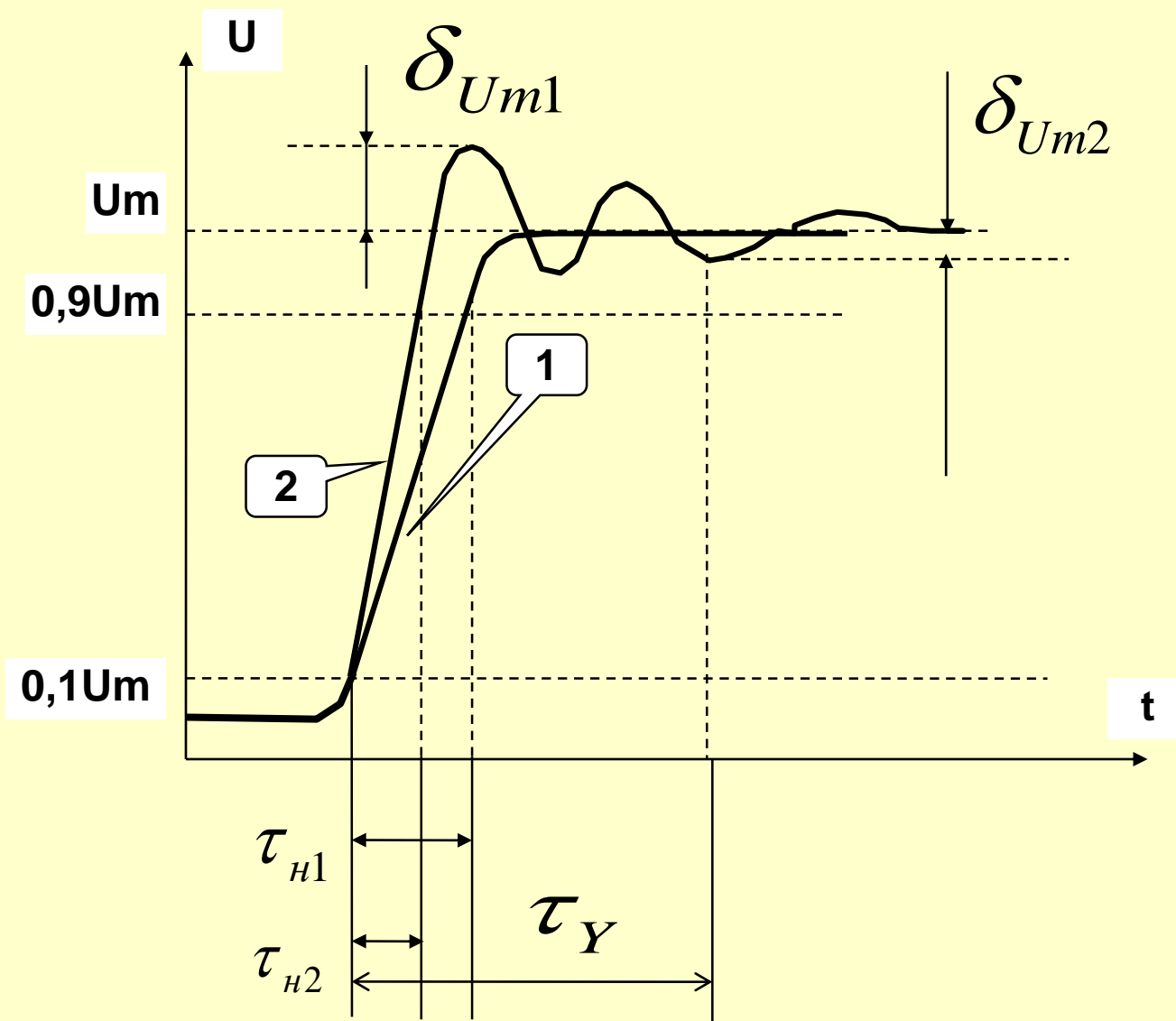
**Часом наростання перехідної характеристики називається час, протягом якого промінь проходить від 0,1 до 0,9 сталого значення, рис.3.**

**Час наростання перехідної характеристики і смуга пропускання - величини взаємно зв'язані. Для одержання неспотвореної форми імпульсу і відсутності викидів падіння посилення в області вищих частот не повинне бути дуже різким.**



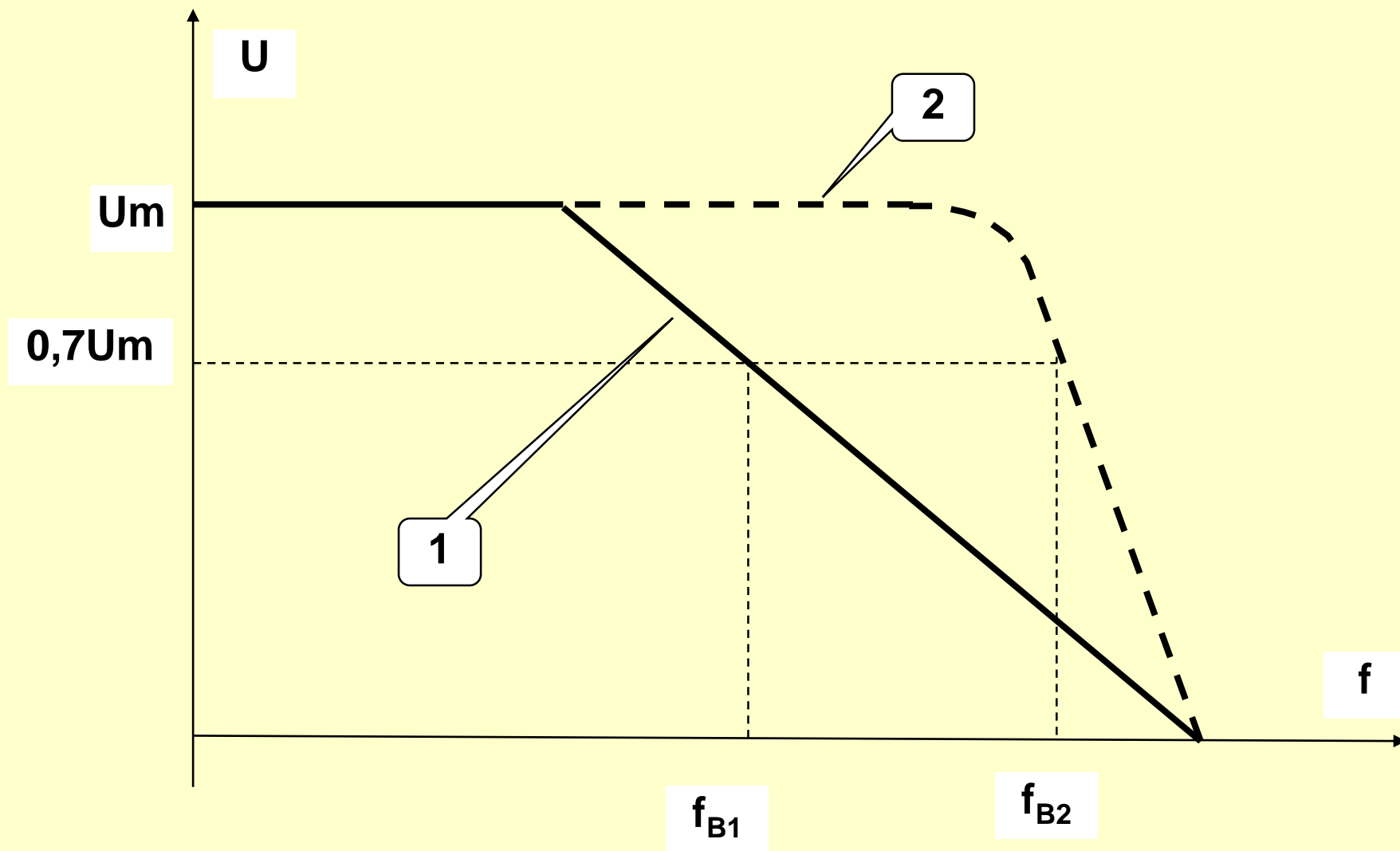
**Воно повинне складати не більш 6 дБ при дворазовому збільшенні частоти. При цих умовах  $\tau_H=350/f_B$ . Тут  $\tau_H$  виражене в нс,  $f_B$  - в МГц.**

**На рис. 3 показаний випадок, коли ця умова порушена. Як слідство, поява викиду на перехідній характеристиці.**



**Рис.3. Час наростання перехідної характеристики**

**Смуга пропускання в більшості осцилографів знаходиться в межах від постійного струму (відкритий вхід) або декількох одиниць герц  $f_H$  (закритий вхід) до верхньої частоти  $f_B$ , при якій коефіцієнт підсилення в каналі  $U$  зменшується на 3 дБ**  
**рис. 4.**



**Рис.4. Смуга пропускання осцилографа**

**З особливостей підсилювачів каналу У можна відмітити те, що вихідний каскад має симетричний вихід. На відхиляючі пластини подаються симетричні напруги.**

**Це робиться для того, щоб потенціал середньої лінії між пластинами залишався рівним нулю. За таких умов електронний промінь у ЕПТ прискорюється тільки напругою анода.**

**У протилежному випадку відхиляюча напруга робить додаткове прискорення на промінь, викликаючи спотворення зображення і розфокусування.**

**Особливості технічної реалізації основних вузлів каналу вертикального відхилення структурної схеми осцилографа.**

**Вхідний пристрій осцилографа складається з атенюатора (подільника) і емітерного (катодного) повторювача.**

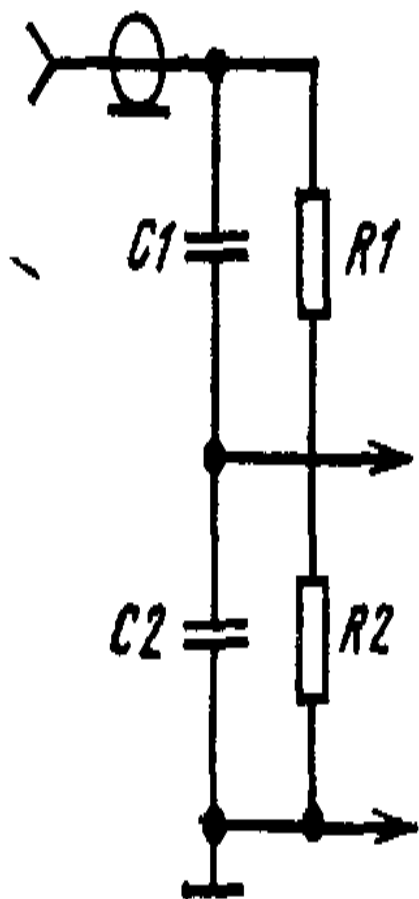


Рис. 5.

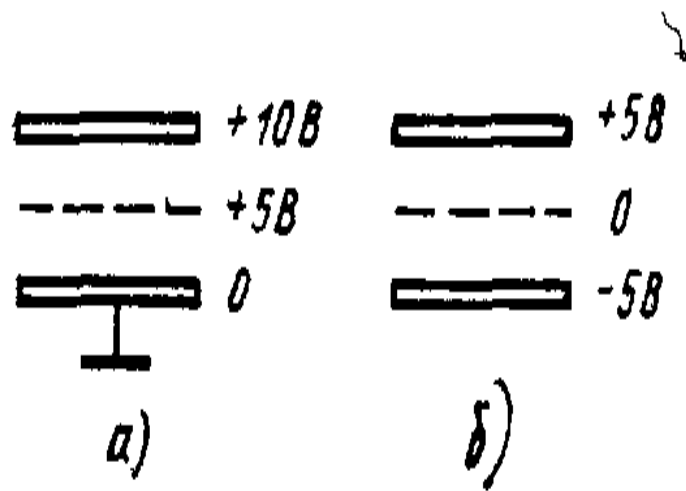


Рис. 6.

**Канал горизонтального відхилення характеризується:**

- діапазоном каліброваних коефіцієнтів розгортки, що звичайно розбивається на ряд діапазонів;**
- нелінійністю напруги розгортки;**
- основною похибкою вимірювання часових інтервалів.**

**Генератор розгортки виробляє пилкоподібну напругу розгортки.**

**Незважаючи на різноманіття застосовуваних схем, загальний принцип роботи генератора лінійної розгортки полягає у використанні напруги на обкладинках конденсатора при його заряді і розряді і автоматичному перемиканні заряду на розряд.**



**Подібного типу генератори розгортки застосовані в універсальних осцилографах С1-65, С1-68, С1-72.**

**Сучасні універсальні осцилографи мають смугу пропускання до 350 МГц, діапазон амплітуд досліджуваних сигналів - від одиниць мілівольт до сотень вольт.**

**В залежності від призначення і області застосування універсальні осцилографи розділяються на:**

- багатofункціональні з змінними блоками (С1-70, С1-74, С1- 91),**
- широкосмугові (С1-75, С1-92, С1-97),**
- низькочастотні (С1-72, С1-76, С1-94),**
- двохпроменеві (С1-55, С1-69, С1-74),**
- прецезійні (С1-108)**
- польові (С1-55, С1-65А, С1-82).**

**З'явився ряд осцилографів, які дозволяють вирішувати задачі, що виходять за рамки традиційно осцилографічних вимірювань:**

- вимірювання частоти,**
- струму,**
- напруги,**
- опору,**
- температури (С1-91, С1-91/3, С1-91/5, С1-91/6, СК1-110, СК1-111).**