

# Тема 7. Електронно-променевий осцилограф

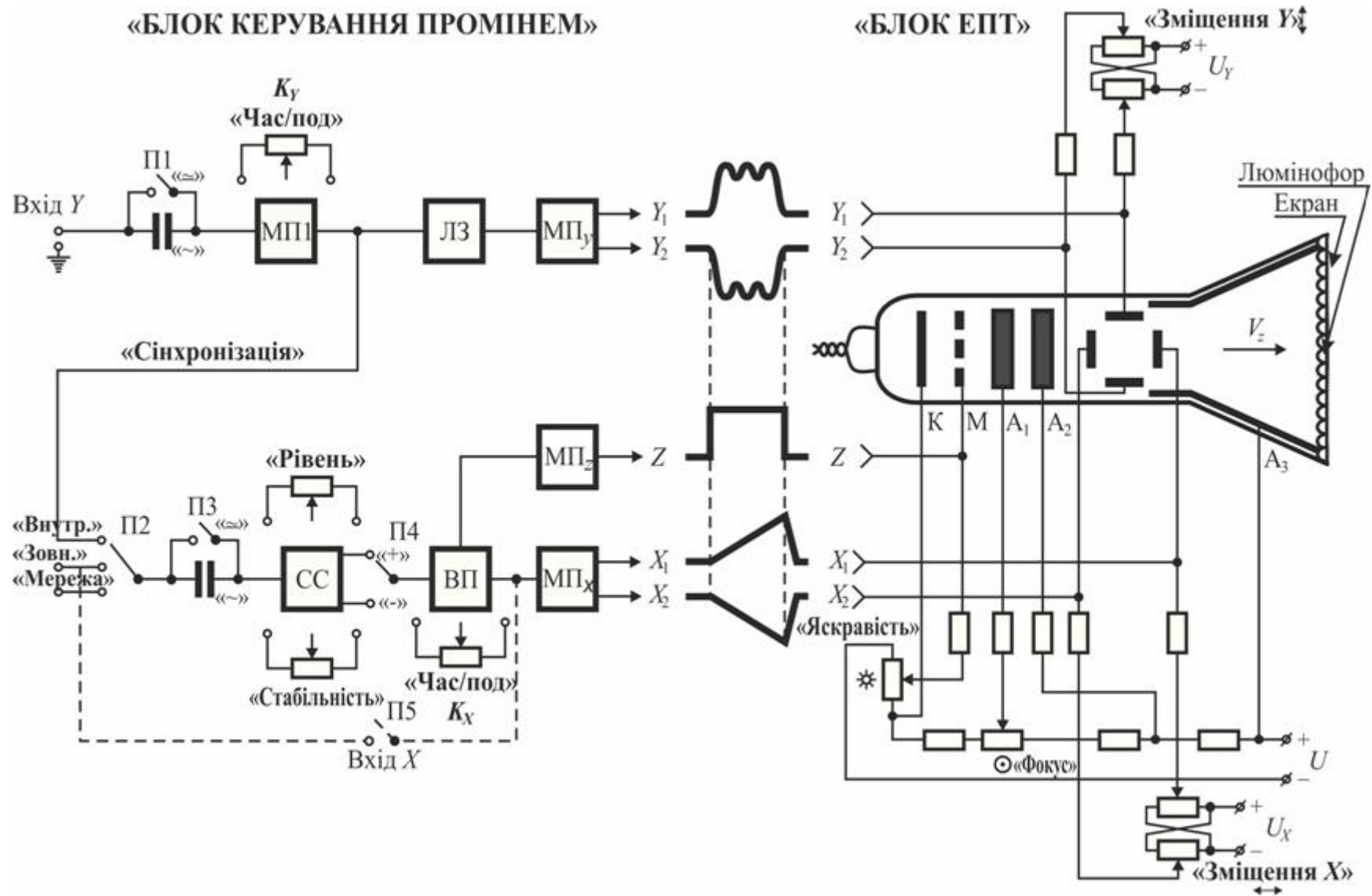
**Осцилограф** – це прилад, призначений для спостереження, реєстрації та вимірювання параметрів досліджуваного сигналу (напруги), який залежить від часу.

Вони використовуються як окремі прилади, а також у складі різноманітних контрольно-вимірювальних систем і комплексів.

Крім електронних осцилографів існують електромеханічні.

**Основним вимірювальним елементом електронного осцилографа є електронно-променева трубка.** Досліджуваний сигнал перетворюється у відхилення потоку електронів, який, потрапивши на люмінесцентний екран електронно-променевої трубки, створює лінію, яка світиться. Форма цієї лінії відповідає сигналу, який змінюється в часі.

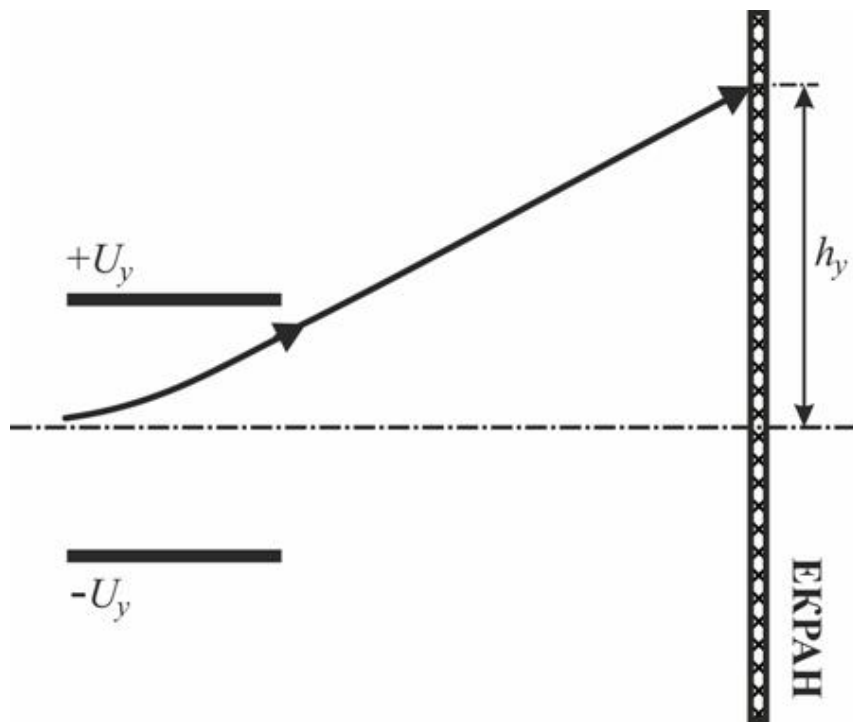
# Функціональна схема електронного осцилографа



Електронний прожектор складається з підігрівного **катода К** (джерела електронів), **модулятора М** (діафрагма з отвором), **анодів А1, А2** (циліндри, на які подаються високі позитивні потенціали відносно катода).

Фокусування променя здійснюється сильно неоднорідним електричним полем між електродами прожектора. Змінити фокусування можна, регулюючи **напругу «фокус»**, а струм променя, а отже, яскравість світної точки на екрані регулюють зміною від'ємної відносно катода напруги на **модуляторі «яскравість»**. Поперечні розміри електронного променя у площині екрана – десяті долі міліметра.

На шляху до екрана електронний промінь проходить між двома **парами відхильних пластин Х та Y**. Наявність напруги між відхильними пластинами кожної пари створює між ними електростатичне поле, яке викликає відхилення електронного променя. Одна пара пластин відхиляє промінь у горизонтальному напрямі (**пластини Х**), а інша – у вертикальному (**пластини Y**).



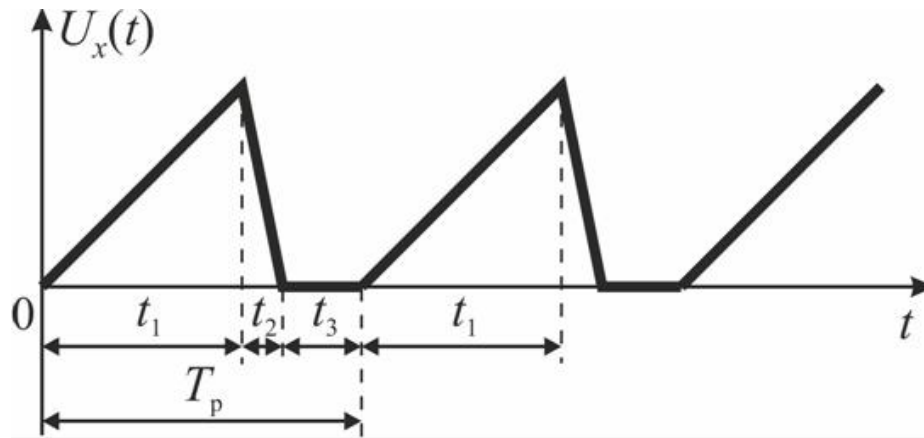
## Відхилення світлової плями на екрані

$$h_x = \varepsilon_x \cdot U_x$$

$$h_y = \varepsilon_y \cdot U_y$$

Відхилення світної плями відносно центра екрана  $h_x$ ,  $h_y$  пропорційне напругам  $U_x$ ,  $U_y$ , прикладеним до відхильних пластин, а коефіцієнти пропорційності  $\varepsilon_x$ ,  $\varepsilon_y$  мають розмірність [мм/В] і називаються чутливістю пластин.

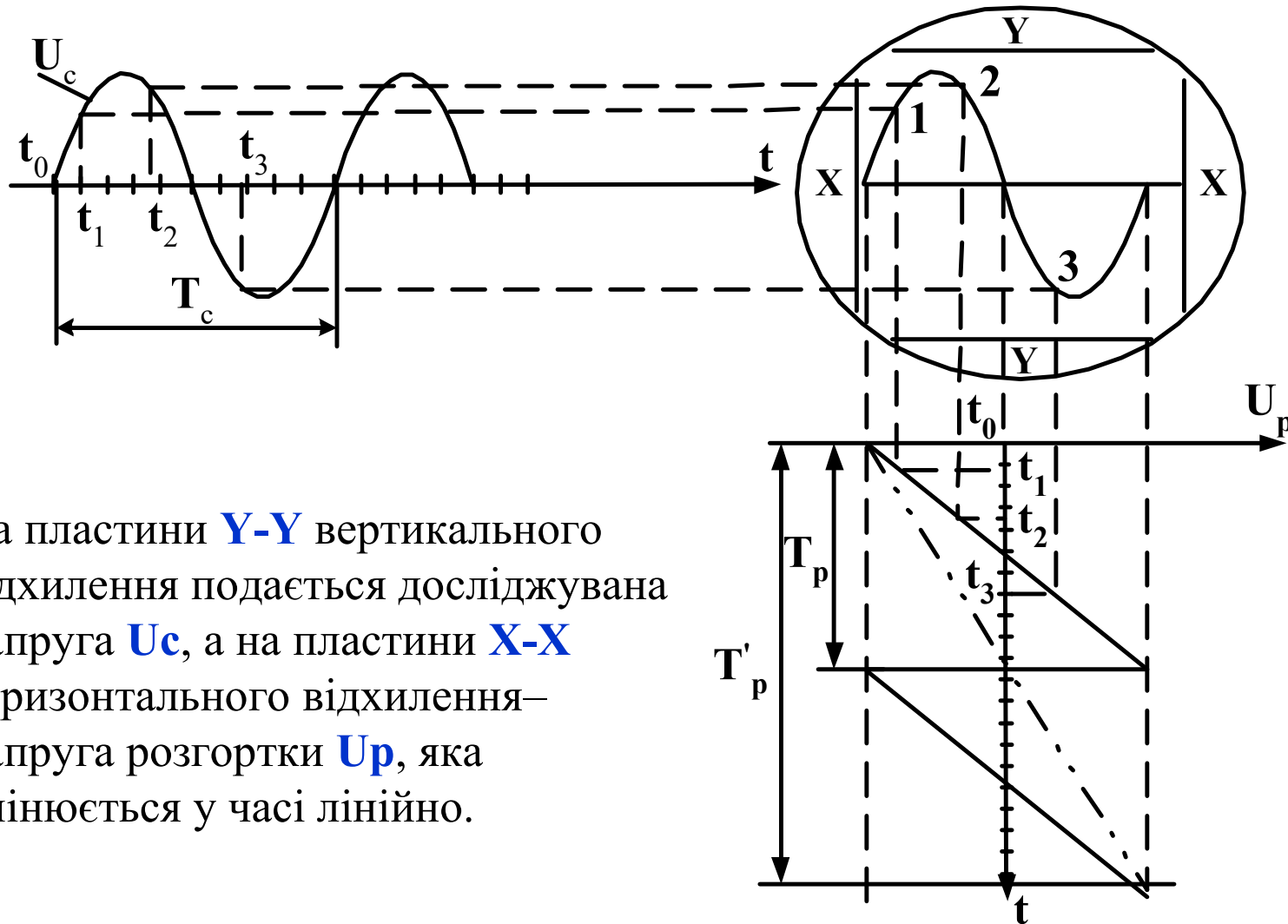
## Напруга розгортки



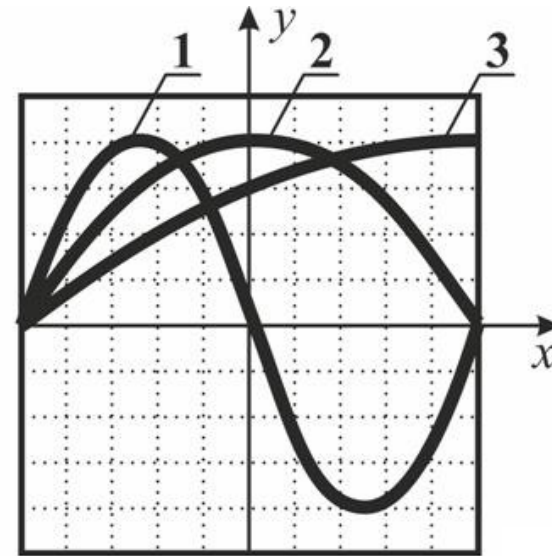
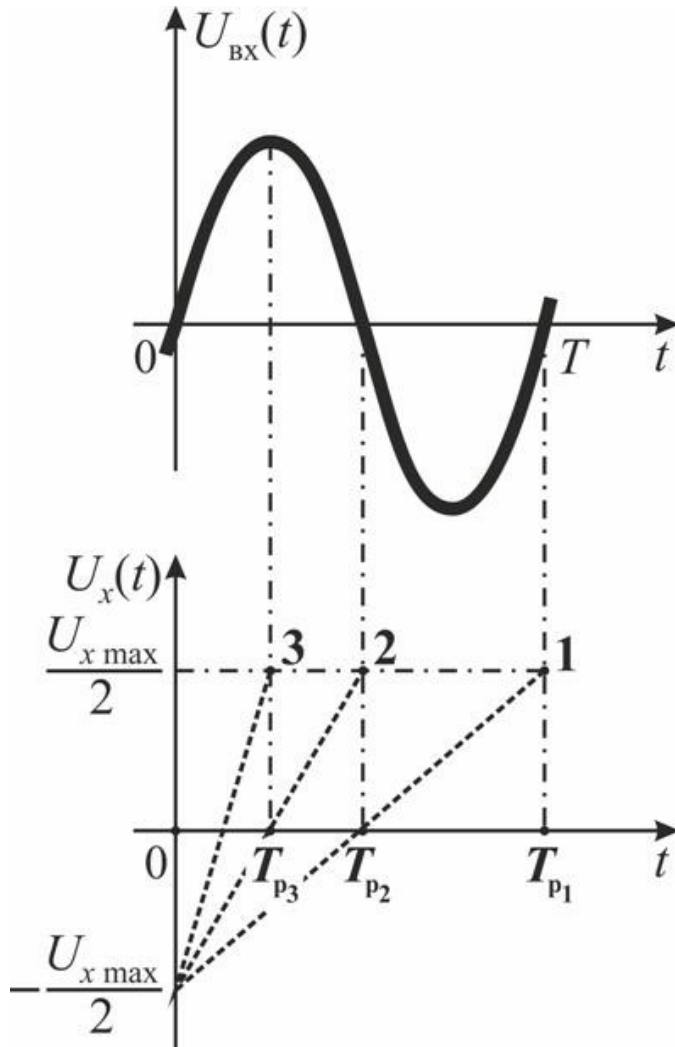
Проміжок часу  $t_1$  називають **часом прямого (робочого) ходу променя**. Протягом цього часу під дією напруги  $U_x(t)$  світна точка переміщується екраном зліва направо з рівномірною швидкістю і створює на ньому суцільну лінію.

Протягом **часу  $t_2$  зворотного ходу** промінь повертається справа наліво у початкове положення, щоб у наступний період повторити прямий хід і т.д. Щоб протягом часу  $t_2$  світної точки на екрані не було видно, на цей час вимикають електронний промінь, подаючи на модулятор трубки заперну напругу. А протягом прямого ходу розгортки  $t_1$  електронний промінь відпирають спеціальними прямокутними імпульсами позитивної полярності, які формуються в генераторі розгортки і після підсилення в каналі **Z** подаються на модулятор трубки.

# Принцип одержання зображення періодичного сигналу



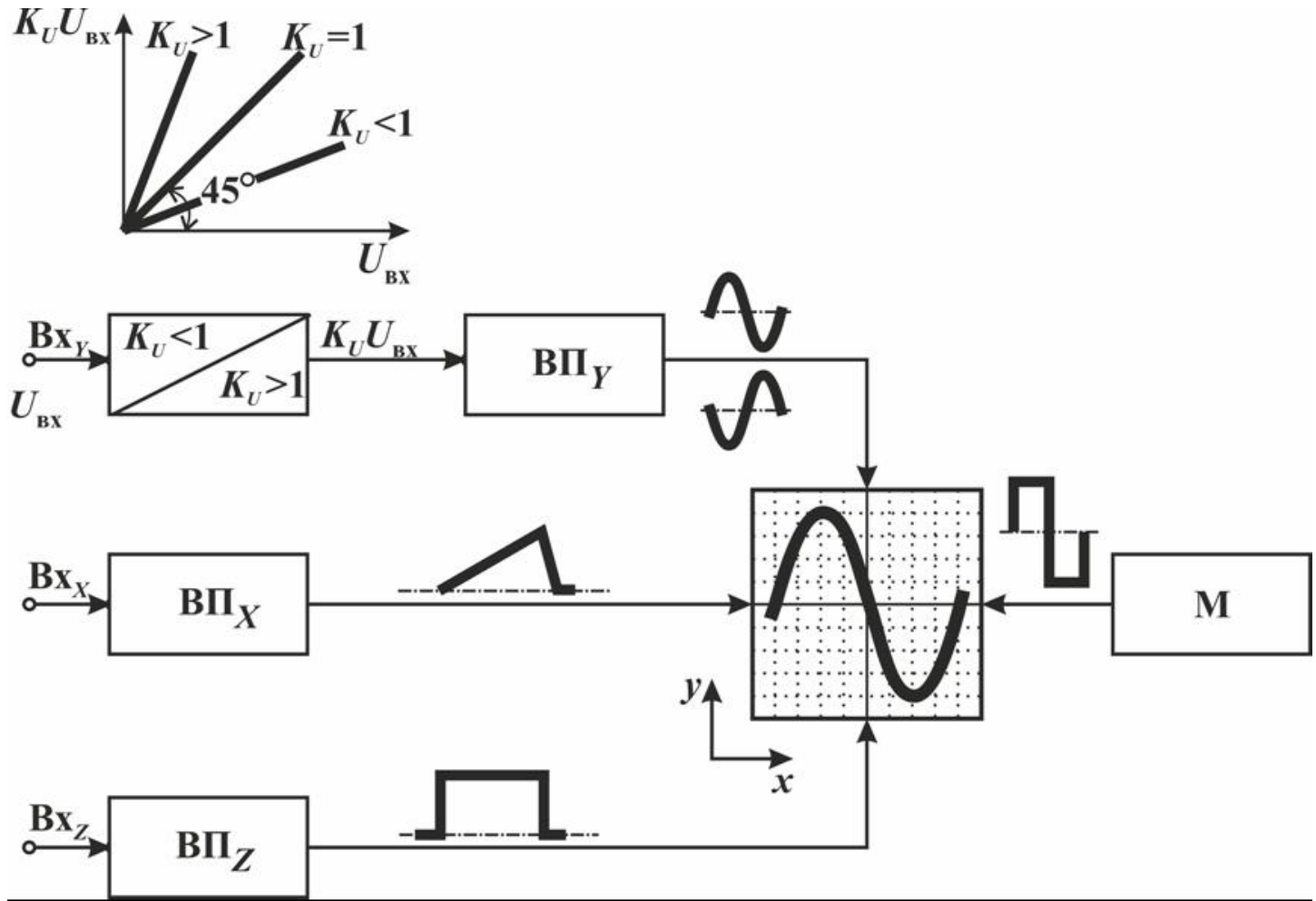
На пластини **Y-Y** вертикального відхилення подається досліджувана напруга **Uc**, а на пластини **X-X** горизонтального відхилення— напруга розгортки **Up**, яка змінюється у часі лінійно.



**Приклад відображення вхідного гармонічного сигналу  $U_{BX}(t)$  на екрані осцилографа для трьох тривалостей розгортки.**

Тривалість розгортки вибрана рівною періоду синусоїдального сигналу (осцилограма 1), його половині (осцилограма 2) і четвертій частині (осцилограма 3).

# Метрологічна схема осцилографа

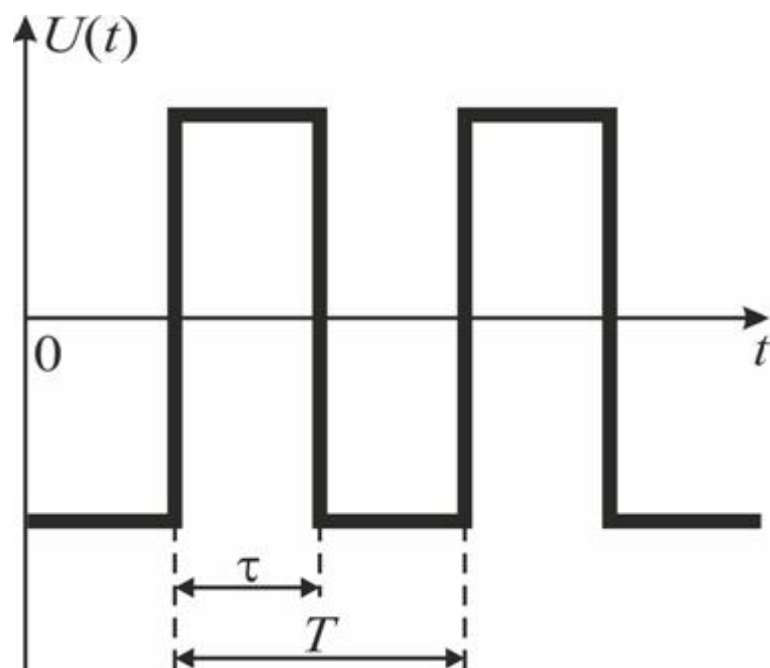


На канал Z подається сигнал керування яскравістю зображення.



Перед початком вимірювань осцилограф потрібно відкалібрувати. Калібрування полягає в перевірці та встановлення коефіцієнтів  $K_x$  і  $K_y$  за допомогою нерегульованої міри напруги і часу (калібратора).

Сигнал калібратора має строго прямокутну форму з частотою  $1 \dots 2$  кГц і шпаруватістю  $Q = 2$ . Основна похибка калібрування напруги і часу складає  $\sim 1\%$ .



## Калібрувальний сигнал

$\tau$  – тривалість імпульсу;

$T$  – період імпульсу

**Блок розгортки може працювати в двох режимах: неперервному (автоколивальному) і очікувальному.** В режимі неперервної розгортки пауза відсутня. Однак в цьому режимі зображення на екрані буде доволіно рухатись, що незручно для спостереження. Воно стане нерухомим, якщо період напруги розгортки  $T_p$  буде дорівнювати або буде кратним періоду досліджуваної напруги  $T$ :  $T_p = n \cdot T$ .

В режимі очікувальної розгортки момент початку прямого ходу променя синхронізується з початком досліджуваного сигналу. Після закінчення зворотного ходу променя блок розгортки «очікує», поки досліджувана напруга знову не досягне початкового рівня запуску.

Примусова генерація генератором розгортки напруги з частотою, яка дорівнює або кратна частоті досліджуваного сигналу, називається **синхронізацією**.

Для здійснення синхронізації до генератора розгортки (ГР) подається синхронізуючий сигнал. Ним може бути досліджуваний сигнал, що подається з каналу  $Y$  (внутрішня синхронізація). При зовнішній синхронізації до ГР підводиться зовнішня синхронізуюча напруга.

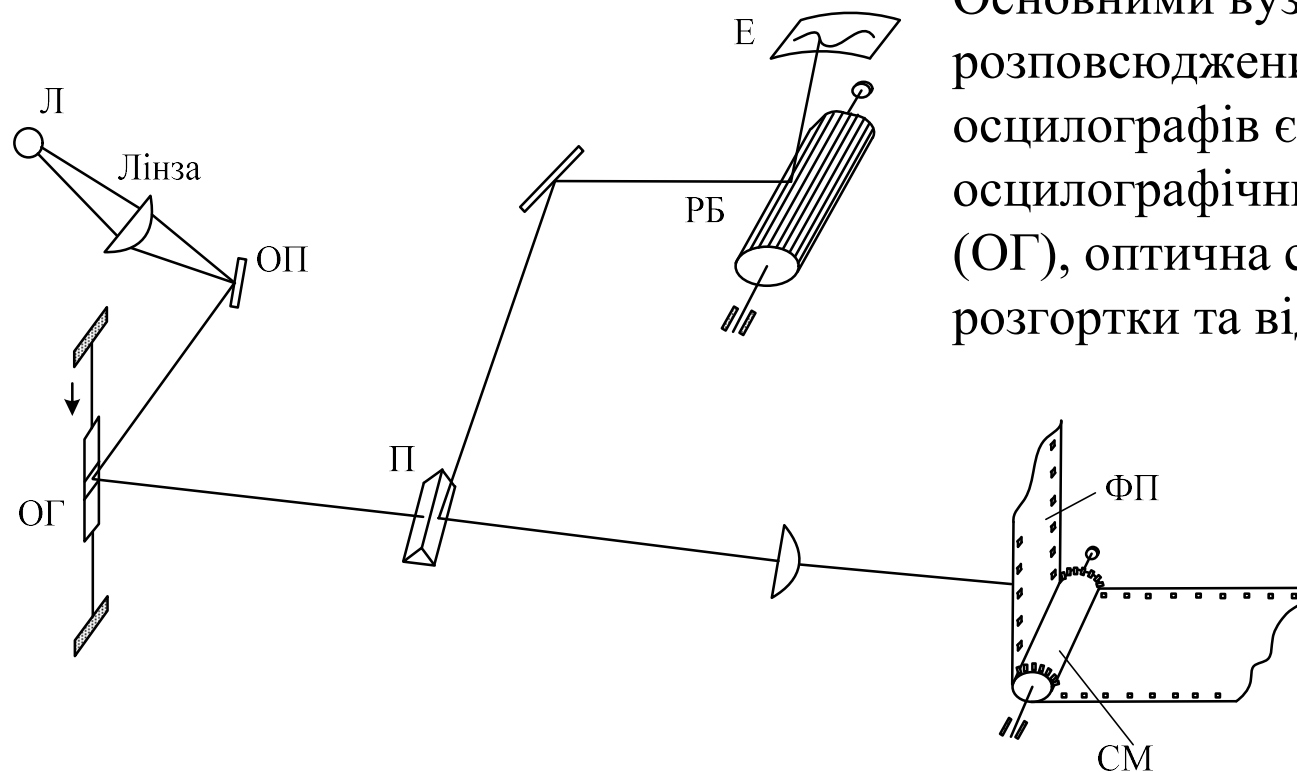
**В електронному осцилографі є затримка початку горизонтальної розгортки через деяку інерційність як блоків синхронізації і підсилення, так і генератора розгортки.** Ця затримка становить десятки наносекунд. Для узгодження досліджуваного сигналу з початком горизонтальної розгортки в каналі Y передбачена лінія затримки (ЛЗ). Вона затримує вхідний сигнал і компенсує, таким чином, затримку появи розгортки в каналі X.

**Осцилографи поділяються на універсальні, швидкісні, стробоскопічні, запам'ятовувальні, багатопроменеві, спеціальні.**

Найбільше розповсюдження отримали **універсальні осцилографи.**

## Світлопроменевий осцилограф

Світлопроменеві осцилографи являють собою електромеханічні прилади, призначені для реєстрації та спостережень змінних у часі електричних сигналів за допомогою світлового променя.



Основними вузлами найбільш розповсюджених світлопроменевих осцилографів є: магнітний блок з осцилографічними гальванометрами (ОГ), оптична система, пристрій розгортки та відмітник часу.

Тонкий промінь світла за допомогою оптичного пристрою від лампочки **Л** направляється на дзеркальце осцилографічного гальванометра **ОГ**.

**Осцилографічний гальванометр являє собою закріплену на розтяжках мініатюрну рухому рамку магнітоелектричного вимірювального механізму, поміщену в металевий немагнітний кожух з полюсними наконечниками з магнітом'якого матеріалу.**

Така конструкція гальванометра з кожухом та ручкою для встановлення в гнізда магнітного блока називається **гальванометром–вставкою**.

Магнітний блок складається з одного спільного для декількох вставок постійного магніту з магнітопроводом з гніздами для вставок. Рамка **ОГ** знаходиться в сильному магнітному полі постійного магніту.

Промінь світла від дзеркальця **ОГ**, проходячи через призму **П**, розділяється на два, один з них потрапляє на фотоплівку, а другий – спочатку на барабан розгортки **РБ**, а потім – на матовий екран **Е**. При протіканні струму через рамку **ОГ**, вона відхиляється. Ці відхилення фіксуються на фотоплівці **ФП** і спостерігаються на екрані **Е**. Стрічкопротяжний механізм для фотоплівки і дзеркальний барабан приводяться в рух двигуном.