

## Лекція 10

### ЕЛЕКТРОННО-ПРОМЕНЕВІ ОСЦИЛОГРАФИ (продовження)

#### 10.1 Осцилографічні розгортки

В осцилографіях використовується декілька видів розгортки. Назва розгортки походить від форми розгортаючої напруги: лінійна, синусоїдна, кругова. Лінійна розгортка, як відзначено вище, створюється пилкоподібною напругою генератора розгортки. Інші види розгортки одержують при подачі розгортаючої напруги від зовнішнього джерела.

*Лінійна розгортка* забезпечує рівномірну швидкість руху променя уздовж горизонтальної осі ЕПТ. Тим самим створюються умови для одержання зображення періодичного сигналу в прямокутній системі координат.

При подачі на вертикально відхиляючі пластини періодичного сигналу, частота якого дорівнює частоті розгортки або в ціле число разів її перевищує, на екрані можна спостерігати один або декілька періодів досліджуваного сигналу. На рис. 10.1 проілюстрований процес появи зображення одного періоду синусоїдного сигналу, частота якого дорівнює частоті розгортки. Положення точок 0, 1, 2, ... 8 на екрані ЕПТ у відповідні моменти часу визначаються миттєвими значеннями досліджуваної та розгортаючої напруг.

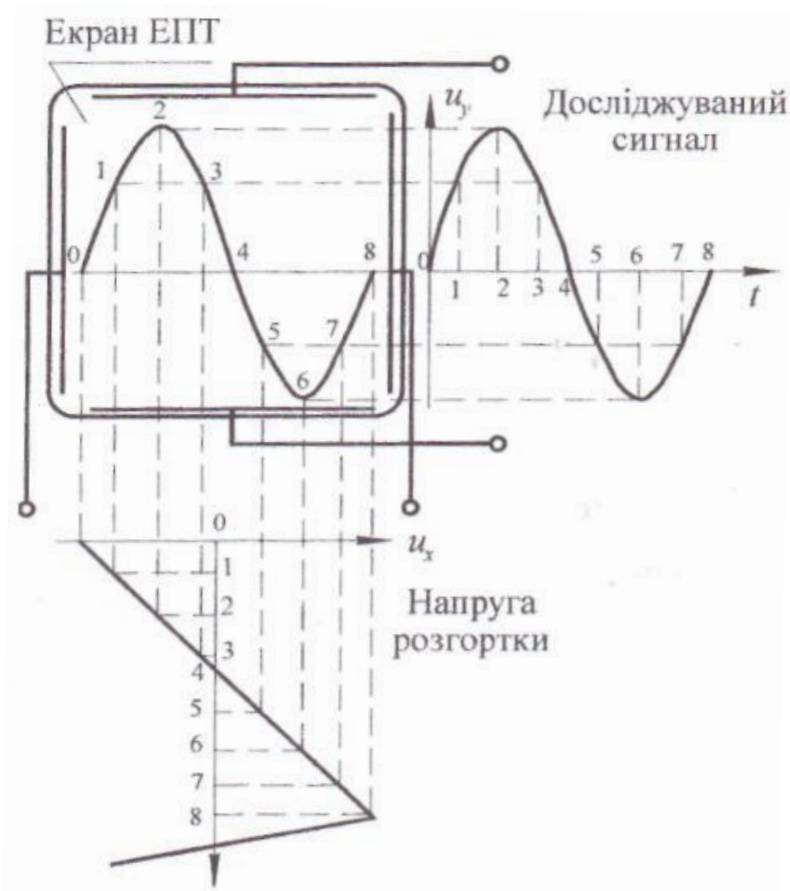


Рисунок 10.1 – Створення зображення на екрані ЕПТ при лінійній розгортці

Синусоїдна розгортка може одержуватись при подачі на горизонтально відхиляючі пластини синусоїдної напруги. Синусоїдна розгортка застосовується в основному при вимірюванні частоти методом порівняння її зі зразковою частотою. Якщо частоти, що порівнюються, відносяться як цілі числа, то на екрані ЕПТ виникає нерухома фігура Ліссажу. Рис. 10.2 пояснює принцип створення фігури Ліссажу на екрані осцилографа при порівнянні однакових частот двох напруг, що зсунуті за фазою. На рис. 10.2 також наведені фігури Ліссажу для різних значень фазового зсуву між напругами що подаються на вертикально та горизонтально відхиляючі пластини.

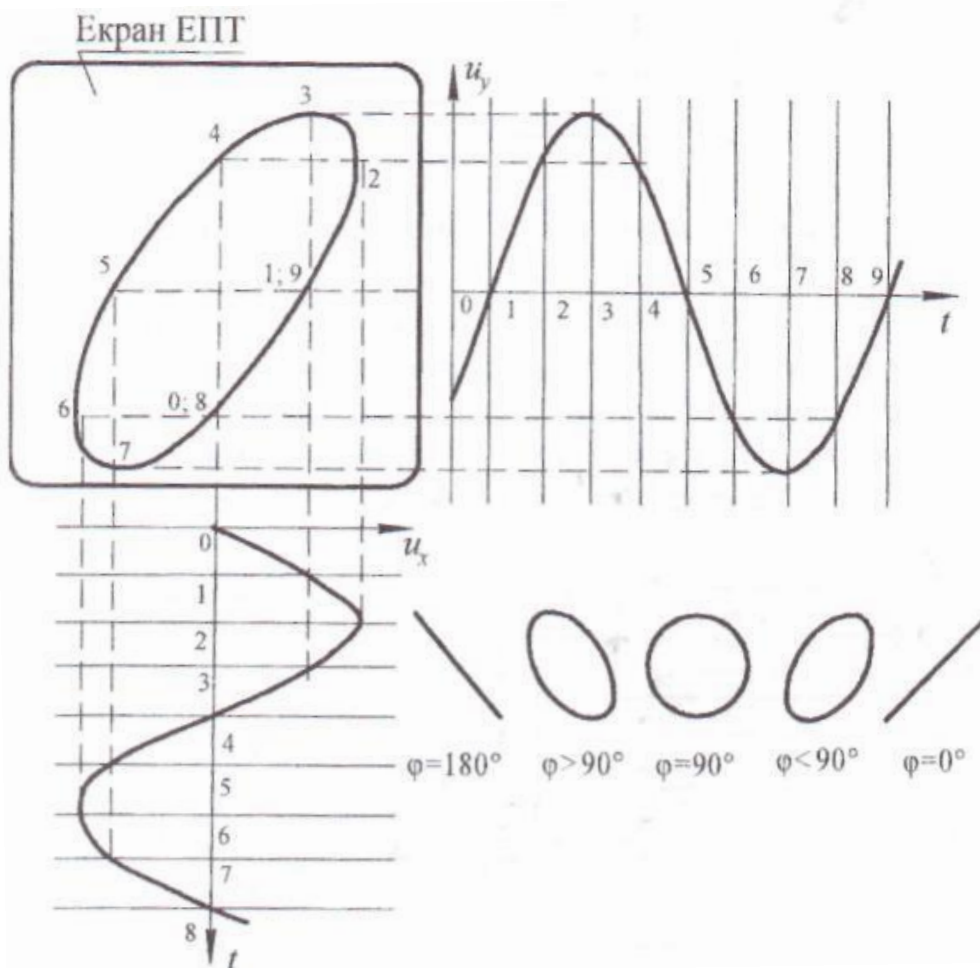


Рисунок 10.2 – Створення фігури Ліссажу на екрані ЕПТ при синусоїдній розгортці

Кругова розгортка є поодиноким випадком синусоїдної розгортки. Для її одержання потрібні дві синусоїдні напруги однієї частоти, зсунуті за фазою на  $90^\circ$ . Такі напруги можна одержати за допомогою  $RC$ -кола (рис. 10.3), активний опір якого дорівнює ємнісному опору  $R = \frac{1}{\omega C}$ . Кругова розгортка використовується для деяких вимірювань, наприклад, при вимірюванні частоти і фазового зсуву.

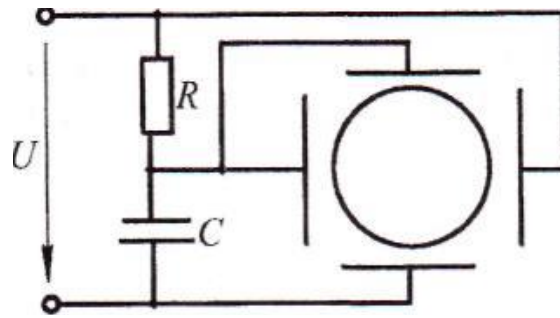


Рисунок 10.3 – Схема RC-кола для отримання кругової розгортки

*Здвоєна розгортка.* Інколи виникає потреба вивчити певну ділянку осцилограми більш детально, ніж це дозволяє лінійна розгортка. В таких випадках удаються до здвоєної розгортки. Пристрій здвоєної розгортки виконується у вигляді окремого блоку, яким комплектується багатofункціональний осцилограф.

Спрощену структурну схему пристрою здвоєної розгортки наведено на рис. 10.4. До складу схеми входять генератор повільної пили ГПП, генератор швидкої пили ГШШ, схема синхронізації СС, джерело каліброваної напруги постійного струму ДКН, компаратор К, схема запуску СЗ, схема підсвічування СП, блок ЕПТ та канал вертикального відхилення.

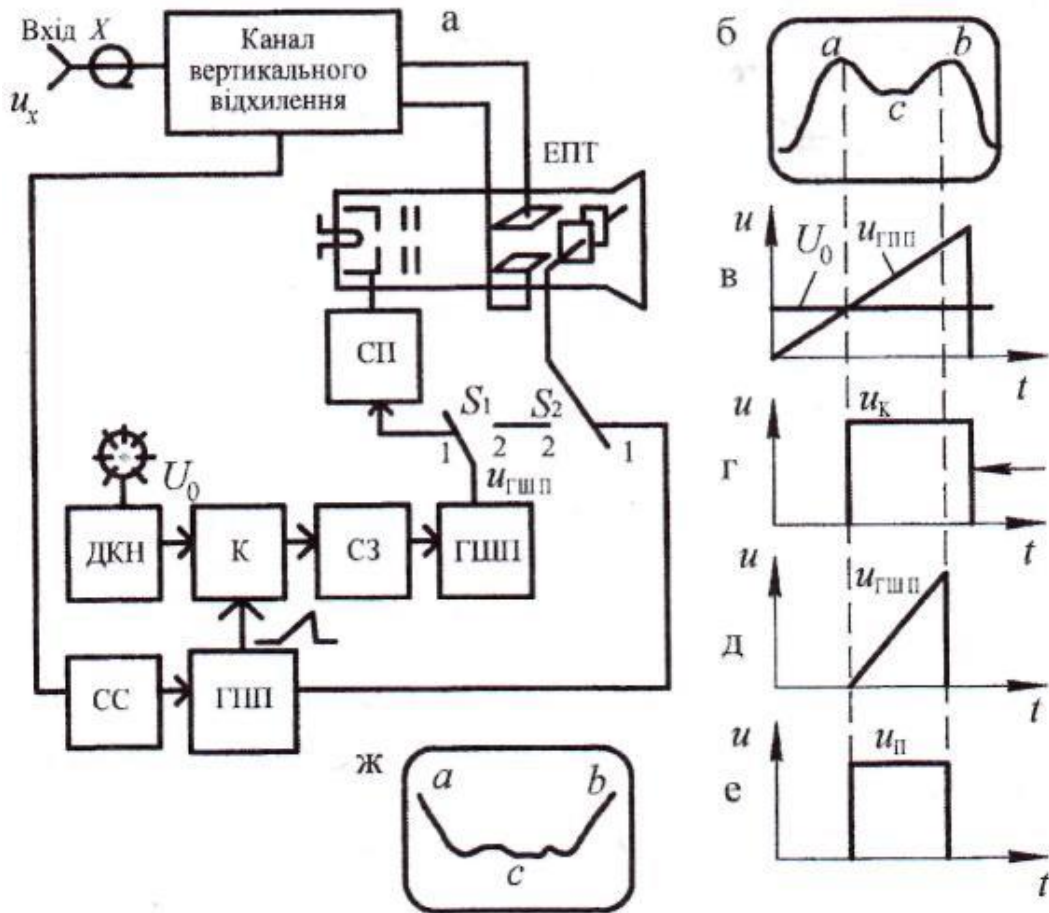


Рисунок 10.4 – Структурна схема та діаграми пристрою здвоєної розгортки

Досліджуваний сигнал  $u_x$  подається на вхід  $Y$  і по каналу вертикального відхилення – на вертикально відхиляючі пластини ЕПТ. Перемикачі  $S_1$  і  $S_2$  встановлюються в положення «1». Змінюючи частоту генератора ГШП, досягають стійкого зображення сигналу на екрані трубки.

На осцилограмі виділяють ділянку  $acb$  для більш детального вивчення (рис. 10.4, б) шляхом її підсвічування. Схема підсвічування формує із напруги ГШП прямокутний імпульс позитивної полярності, який подається на модулятор ЕПТ. Генератор ГШП запускається пристроєм, що складається з компаратора К, джерела каліброваної напруги постійного струму ДКН та схеми запуску СЗ. Регулюючи напругу постійного струму, яка подається на один з входів компаратора К (на інший вхід компаратора подається напруга генератора ГШП), змінюють момент запуску генератора ГШП так, щоб початок імпульсу підсвічування збігався з початком досліджуваної ділянки осцилограми (рис. 10.4, в). Тривалість імпульсу підсвічування регулюють, змінюючи частоту генератора ГШП. Частоту ГШП змінюють до тих пір, поки тривалість пилкоподібної напруги ГШП не стане рівною тривалості досліджуваної ділянки осцилограми (рис. 10.4, г). Такої самої тривалості буде і імпульс підсвічування (рис. 10.4, е). Після цього перемикачі  $S_1$  і  $S_2$  переводять в положення 2, тим самим напруга швидкої пили подається на горизонтально відхиляючі пластини. На екрані ЕПТ виникає зображення ділянки  $acb$ , розтягнуте на увесь екран трубки (рис. 10.4, ж).

## 10.2 Вимірювання параметрів сигналу

Оскільки лінійна розгортка забезпечує отримання зображення досліджуваного сигналу на екрані в прямокутній системі координат, то безпосередньо використовуючи осцилограф, можна виміряти два параметри сигналу: амплітуду напруги та інтервал часу між певними характерними точками на осцилограмі (зокрема, період сигналу). Інші параметри визначаються непрямими методами.

Методика вимірювання напруги та інтервалів часу така. Перед вимірюванням градуують вертикальну та горизонтальну осі екрану, досягаючи установки номінальних значень коефіцієнтів відхилення та розгортки. Після цього на вхід Г подається досліджуваний сигнал. За допомогою входного атенюатора та шляхом зміни частот генератора розгортки досягають, щоб розміри  $h$  і  $l$  осцилограми (див. рис. 10.5) займали більшу частину екрану.

Амплітуду сигналу (напруги) обчислюють за виразом

$$U_{mx} = k_B h,$$

а період – за формулою

$$T_x = k_p l,$$

де  $k_B, k_p$  – номінальні значення коефіцієнтів відхилення та розгортки;

$h, l$  – розміри осцилограми в поділках масштабної сітки шкали.

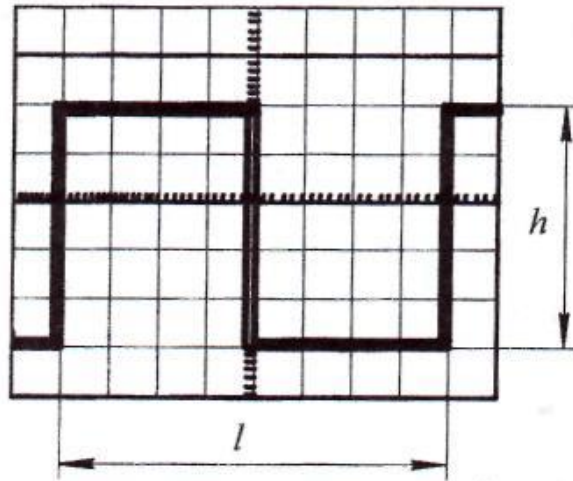


Рисунок 10.5 – Осцилограма періодичного імпульсного сигналу

Складовими похибки вимірювання є похибки установки номінальних значень коефіцієнтів відхилення і розгортки та похибки визначення геометричних розмірів осцилограми. Для зменшення останньої складової похибки в багатьох осцилографах застосовують ЕПТ з внутрішньою масштабною сіткою. Таким чином виключається похибка відліку, обумовлена паралаксом.

### 10.3 Стробоскопічні осцилографи

Універсальні осцилографи непридатні для дослідження коливань надвисокої частоти та імпульсів нано- і пікосекундної тривалості бо мають обмежену смугу пропускання частот. Існують швидкісні осцилографи з широкою смугою пропускання, але вони малочутливі. Тому для дослідження сигналів надвисоких частот та імпульсів малої тривалості запропоновано стробоскопічний метод, на основі якого створені осцилографи на звичайних електронно-променевих трубках без широкосмугових підсилювачів в каналі вертикального відхилення.

Стробоскопічний метод дозволяє трансформувати масштаб часу і, не збільшуючи смугу пропускання підсилювачів каналу вертикального відхилення, одержати на екрані ЕПТ розширене неспотворене зображення сигналу. Для одержання зображення одного періоду досліджуваного процесу необхідний проміжок часу, що в багато разів перевищує тривалість цього періоду (в 10 і більше разів).

Принцип стробоскопічного перетворення сигналу показано на рис. 10.6. Досліджуються імпульси  $U$ , період  $T$  слідування яких використовується для модуляції по амплітуді послідовності дуже коротких строб-імпульсів. Період слідування строб-імпульсів дорівнює  $T + \Delta t$ . Якщо перший строб-імпульс збігається з початком періоду сигналу  $U$  (точка  $h_1$  на рис. 10.6), то другий строб-імпульс зсунутий відносно початку на  $\Delta t$ , третій – на  $2\Delta t$  і т.д. Внаслідок амплітудної модуляції виникає послідовність модульованих строб-імпульсів, амплітуда кожного з яких пропорційна миттєвому значенню напруги досліджуваних імпульсів в стробуючій точці. Обвідна, проведена через вершини

модульованих імпульсів, повторює форму досліджуваного сигналу. Тривалість  $T_c$  розширених імпульсів в  $n$  разів більше періоду  $T$ . Чим меншим є часовий зсув  $\Delta t$ , тим більше циклів необхідно для перетворення одного періоду сигналу, разом з цим тим сильніше розтягується сигнал в часі.

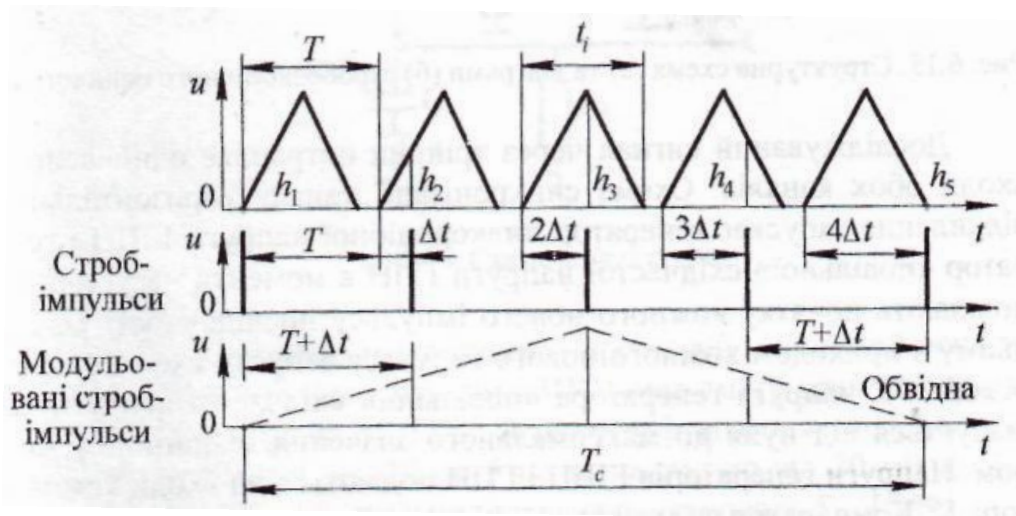


Рисунок 10.6 – Принцип стробоскопічного перетворення сигналу

Структурна схема стробоскопічного осцилографа наведена на рис. 10.7. Канал вертикального відхилення включає в себе лінію затримки ЛЗ, модулятор М, підсилювач П, розширювач Р та підсилювач вертикального відхилення ПВВ. Канал горизонтального відхилення складається зі схеми синхронізації СС, генератора «швидкої» пилкоподібної напруги ГШП, компаратора К, генератора «повільної» східчастої напруги ГПН, підсилювача горизонтального відхилення ПГВ, генератора строб-імпульсів ГСІ та схеми підсвічування СП.

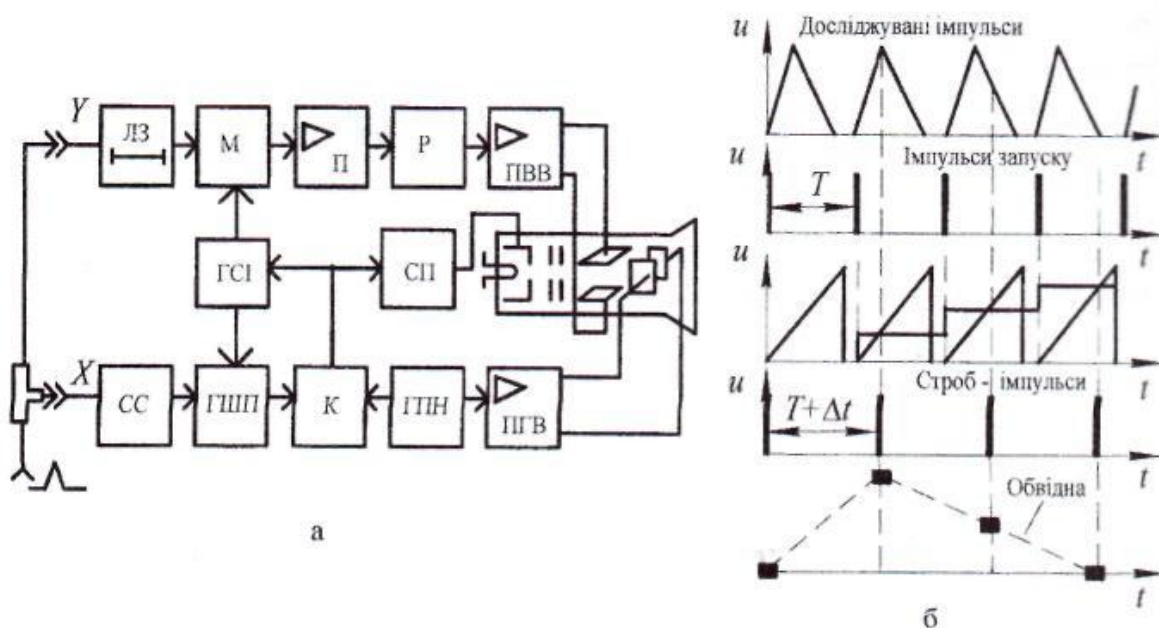


Рисунок 10.7 – Структурна схема (а) та діаграми (б) стробоскопічного осцилографа

Досліджуваний сигнал через трійник потрапляє одночасно на входи обох каналів. Схема синхронізації каналу горизонтального відхилення запускає генератор пилкоподібної напруги ГШП і генератор «повільної» східчастої напруги ГПН в моменти часу, які відповідають початку кожного нового імпульсу послідовності  $U$ . При цьому з приходом кожного нового імпульсу запуску схеми синхронізації СС напруга генератора «повільної» східчастої напруги збільшується від нуля до максимального значення за лінійним законом. Напруги генераторів ГШП і ГПН подаються на входи компаратора К. Компаратор видає короткі імпульси в моменти рівності миттєвих значень напруг генераторів. Імпульси компаратора запускають генератор строб-імпульсів ГСІ. Останній формує прямокутні імпульси, тривалість яких набагато менше, ніж тривалість досліджуваних імпульсів. Період слідування імпульсів компаратора становить  $T + \Delta t$ . Ці імпульси, з одного боку, потрапляють на вхід модулятора М, а з іншого боку, – зривають коливання генератора ГШП і переводять його в режим очікування. На другий вхід модулятора надходять досліджувані імпульси.