

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**

**ФАКУЛЬТЕТ ВІЙСЬКОВОЇ  
ПІДГОТОВКИ**

**КАФЕДРА ВІЙСЬКОВО - ТЕХНІЧНОЇ  
ПІДГОТОВКИ**

**2016 р.**

# **Дисципліна “Основи будови військових засобів вимірювань ”**

**Тема № 3 Електронні вольтметри**

**Заняття № 3 Цифрові вольтметри**

# **ЛІТЕРАТУРА:**

- 1. Измерения в электронике, энергоатомиздат, 1987.**
- 2. Федоров А.М., Циган Н.Я., Мичурин В.И., Метрологическое обеспечение электронных средств измерений электрических величин, довідкова книга, Електроатомиздат 1987.**
- 3. Конспект лекцій**

# **НАВЧАЛЬНА МЕТА:**

- 1. Вивчити особливості структурних схем цифрових вольтметрів.**
- 2. Надати студентам повірочну схему і методи їх повірки**

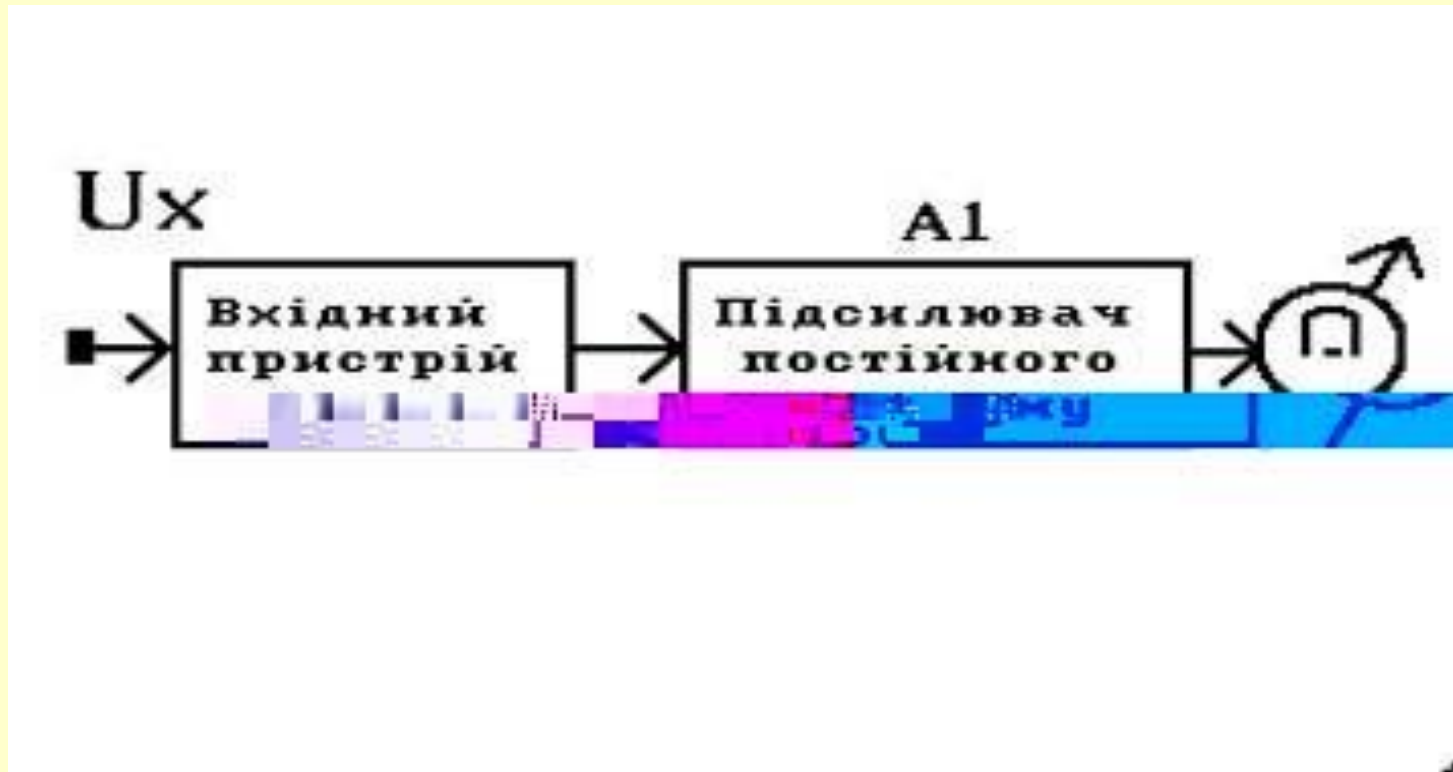
# НАВЧАЛЬНІ ПИТАННЯ:

1. Особливості структурної схеми цифрових вольтметрів.
2. Основні відомості про цифрові вольтметри і принцип їх дії.
3. Повірочна схема, еталони і засоби вимірювань для перевірки цифрових вольтметрів. Методи перевірки цифрових вольтметрів .

# *Питання для повторення попереднього матеріалу*

**1. АНАЛОГОВИЙ ВОЛЬТМЕТР  
ПОСТІЙНОГО СТРУМУ. СТРУКТУРНА  
СХЕМА І ФУНКЦІОНУВАННЯ**

На відміну від вольтметрів електромеханічної групи аналогові електронні вольтметри мають високі входні опори, високу чутливість і мале споживання струму від ланцюга увімкнення. Будується такий вольтметр за структурною схемою.



Підсилювач постійного струму (ППС) повинен задовольняти таким вимогам, як лінійність амплітудної характеристики, постійність коефіцієнта підсилення і малий температурний і часовий дрейф нуля.

Серед різних схем підсилювачів постійної напруги найбільше вирішуються вказані проблеми в мостових балансних схемах. Застосування балансної схеми дозволяє знизити вимоги до стабільності живлячої напруги, так як під час зміни цієї напруги опір плеч мосту змінюється приблизно однаково і баланс мосту не порушується.

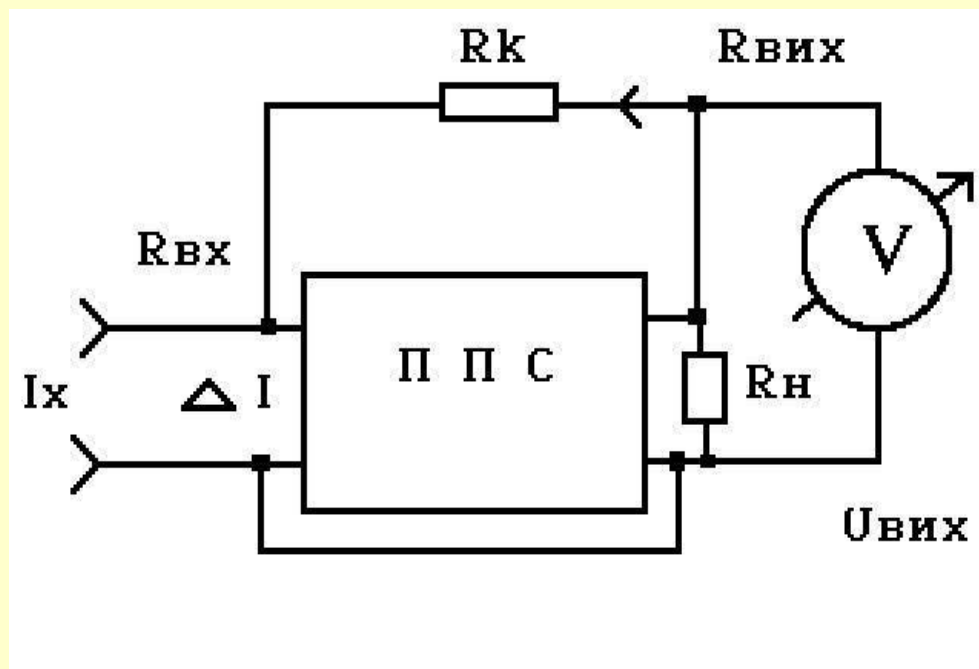
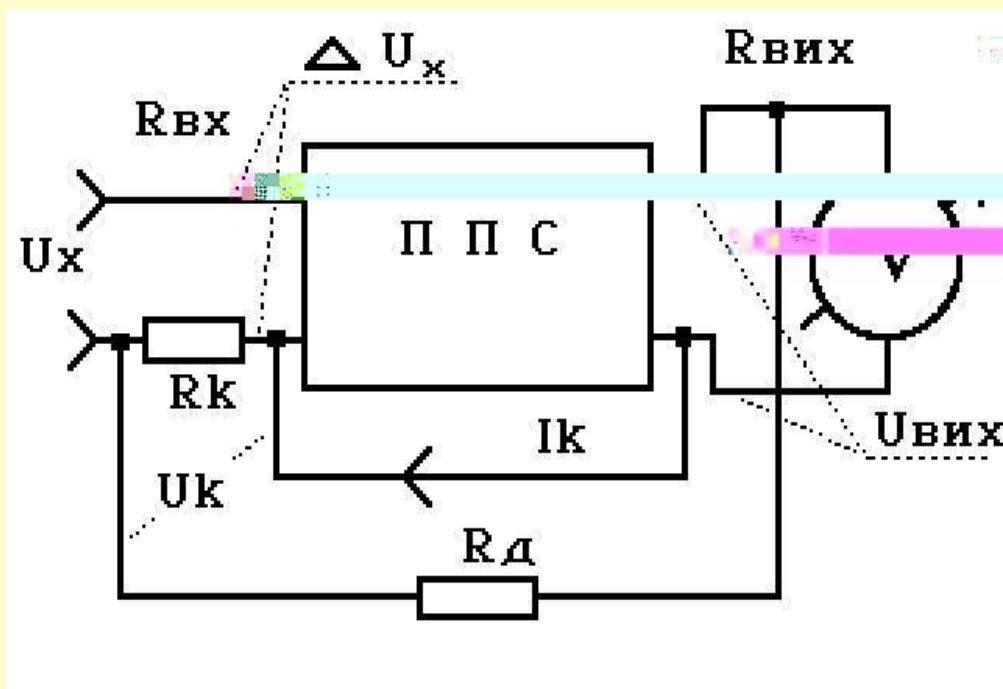


Недоліками схем з прямими ППС є їх низька чутливість і невисока точність вимірювання (похибка вимірювання постійної напруги становить **1,5-2%**).

Подальше підвищення чутливості і зниження похибок вимірювання постійної напруги можуть бути досягнуто застосуванням метода автоматичного зрівноваження в приладах безпосередньої оцінки.

Структурні схеми приладів, які використовують цей метод наведені на рис. **2,3**.

По роду компенсуємої на вході величини прилади розділяють на прилади з компенсацією напруги (рис. **2**) і з компенсацією струму (рис. **3**).



## Питання 1.

**ОСОБЛИВОСТІ СТРУКТУРНОЇ  
СХЕМИ ЦИФРОВИХ ВОЛЬТМЕТРІВ.**

**Цифрові електронні вольтметри постійної напруги є одним із найрозповсюджених видів цифрових вимірювальних приладів.**

**До позитивних якостей вольтметрів відносяться, крім надання результату у цифровій формі, яка виключає суб'єктивні похибки, можливість автоматичного вибору границь вимірювання і полярності, швидкодію, можливість вводу даних вимірювань в комп'ютер.**

**Розглянемо деякі особливості побудови вольтметрів постійної напруги, їх похибки, характеристики і особливості застосування.**

**Основні метрологічні властивості визначаються способом аналого-цифрового перетворення. Тому цифрові вольтметри і класифікують за способом аналогово-цифрового перетворення.**

**В експлуатації знаходяться вольтметри, які використовують:**

**часове перетворення(з інтегруванням вверх і вниз)**

**частотне перетворення з інтегруванням**

**перетворення на основі порозрядного зрівноваження**

Сучасні цифрові вольтметри часто для досягнення високих показників в області точності і швидкодії використовують сполучення різних способів АЦП і типів структурних схем, наприклад, інтегруючого за способом порозрядного зрівноваження.

Коротко зупинимося на похибці цифрових вольтметрів. При розгляді АЦП оцінювалась похибка перетворення.

Похибка аналогово-цифрового перетворення складає, по суті, похибку цифрового вольтметра, так як наступні за АЦП за структурною схемою перетворювачі кодів і цифрові відлікові пристрої не вносять похибок, якщо вони правильно сконструйовані.

Основна похибка цифрових вольтметрів нормується границею допустимої загальної похибки  $Y_{\text{доп}}$ , яка, обчислюється за допомогою виразу :

$$Y_{\text{доп}} = \pm \frac{100 \cdot \Delta_{\text{доп}}}{U_x} = \pm \left( a + b \cdot \frac{U_k}{U_x} \right) \quad (1)$$

де  $U_k$  - кінцеве значення границі вимірювання,  
 $U_x$  - вимірюване значення,  
 $a$  і  $b$  - постійні величини, які характеризують клас приладу.

Основна похибка цифрових вольтметрів постійної напруги на рівні **1 В** складає **0,3 ... 0,003 %**.

# Питання 2

**ОСНОВНІ ВІДОМОСТІ ПРО  
ЦИФРОВІ ВОЛЬТМЕТРИ І  
ПРИНЦИП ЇХ ДІЇ**



На рис.1 показана спрощена структурна схема приладу для вимірювання постійної і змінної напруги на базі цифрового вольтметра постійної напруги ЦВПН.

Вхідний пристрій забезпечує високий вхідний опір (до 10 ГОм) і розширює границі вимірювання.

З його виходу сигнал надходить на АЦП "Напруга - код" і далі на цифровий відліковий пристрій (ЦВП). Під час вимірювання постійної напруги передбачена можливість увімкнення фільтра нижніх частот для подавлення перешкод частоти 50 Гц і її гармонік.

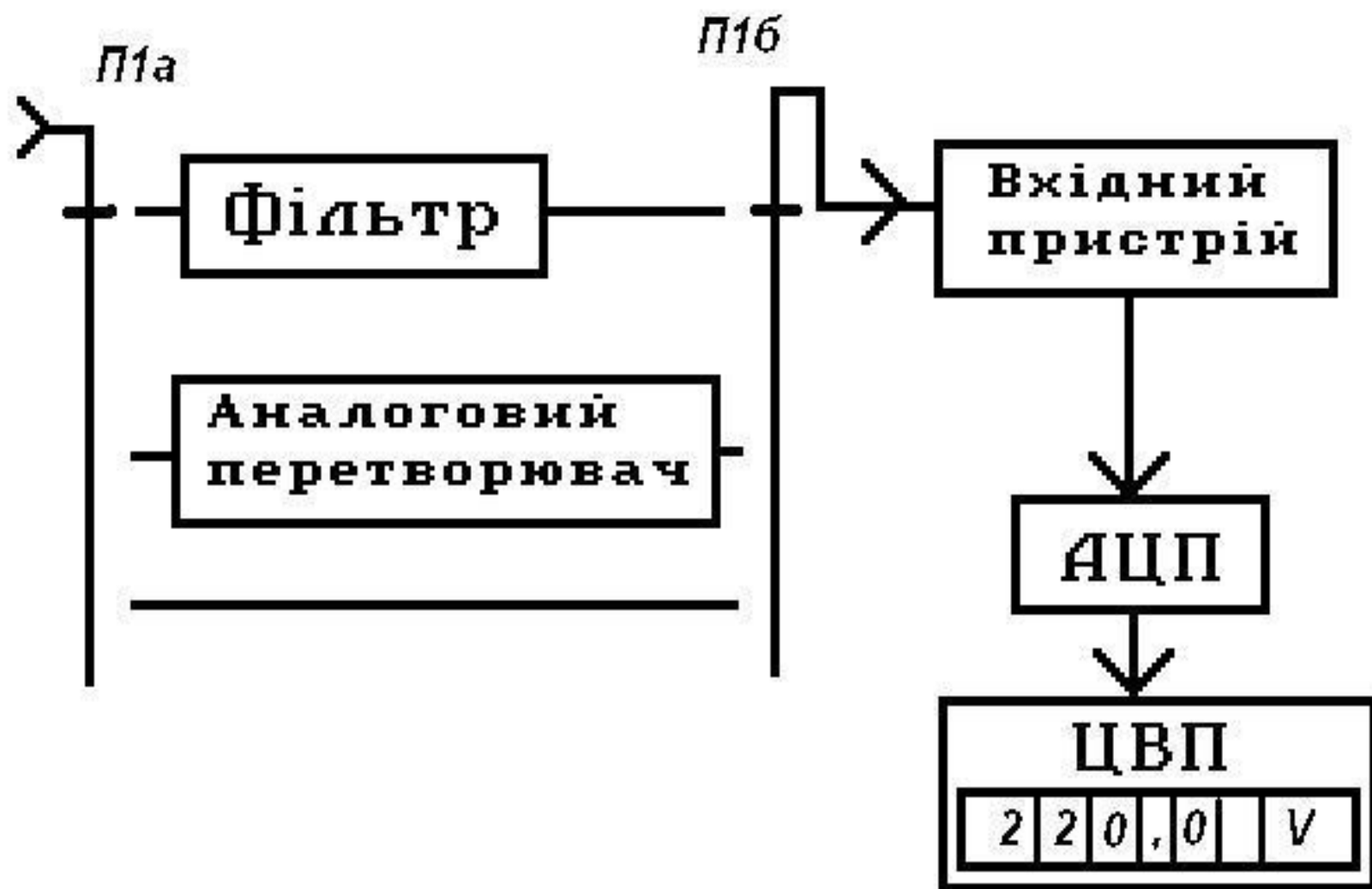


Рис. 1 .

Аналоговий перетворювач попередньо перетворює значення змінної напруги, яке вимірюється, в пропорційну постійну.

У більшості цифрових вольтметрів передбачений автоматичний вибір границь вимірювання і полярності.

В останні роки створені прилади з вмонтованими мікропроцесорами. Наявність останніх поряд з повною автоматизацією керування цифровими вольтметрами і розширенням його функціональних можливостей дозволяє реалізувати складні алгоритми корекції похибок (на основі методу зразкових мір), а також статистичну обробку похибок вимірювання.

# Сучасні вольтметри мають високі метрологічні характеристики.

Діапазон вимірювання ЦВПН складає, як правило, від  $10^{-7}$  до  $10^3$  В

Похибки кращих зразків порядку  $10^{-5}$

Швидкодія від  $10^2$  вимірювань за секунду до одного вимірювання за декілька секунд у високоточних приладах

Для змінної напруги всі ці характеристики визначаються головним чином аналоговим перетворювачем змінної напруги в постійну. Швидкодія АЦП досягає  $10^8$  перетворень за секунду.

Враховуючи, що з одного боку, високу чутливість і великий вхідний опір ЦВПН, а з другого, наявність значних перешкод (в першу чергу, це електростатичні наводки і індустриальні перешкоди з частотою 50 Гц) особливе значення має забезпечення високої перешкодостійкості вольтметра. Остання оцінюється ступінню подавлення перешкоди в децибелах:

$$P = 20 \cdot \lg \left( \frac{U_{n.вх}}{U_{n.вих}} \right)$$

де **Уп.вх** і **Уп.вих** напруга перешкоди на вході і виході приладу відповідно.

Але фільтр, який забезпечує подавлення перешкоди з частотою **50 Гц** на **20..40 дБ**, одночасно, як правило може суттєво збільшувати час вимірювання (до декількох секунд) за рахунок тривалого перехідного процесу при вимірюванні вхідної напруги.

Розглянуті метрологічні характеристики ЦВ в основному визначаються видом АЦП, який використовується. Тому він визначає класифікацію цифрових вольтметрів.

# АЦП З ЧАСОВО-ІМПУЛЬСНИМ ПЕРЕТВОРЕННЯМ

В таких АЦП вхідна напруга  $U_x$  послідовно перетворюється в пропорційний їй часовий інтервал  $\Delta t_x$  - в цифровий код. Перетворення напруги в пропорційний часовий інтервал виконується або за допомогою допоміжної лінійно змінюваної напруги, або за допомогою інтегрування вимірюваної напруги.

Розглянемо структурну схему (рис. 2) АЦП з генератором лінійно змінюваної напруги і часові діаграми роботи (рис. 3.)

Перетворення напруги  $U_x$  у часовий інтервал  $\Delta t_x$  виконується шляхом його порівняння з напругою  $U_{гзн}$ , яка періодично і лінійно змінює своє значення. Імпульс запуску  $U_{зап}$  приводить в дію ГЛЗН і одночасно перемикає тригер.

При рівності по значенню напруги  $U_{гзн}$  і  $U_x$  пристрій порівняння формує імпульс  $U_{порів}$ , який повертає тригер в початковий стан.

На виході тригера утворюється імпульс тривалістю  $\Delta t_x = U_x / V$ , де  $V$  - швидкість змінювання напруги  $U_{гзн}$ .



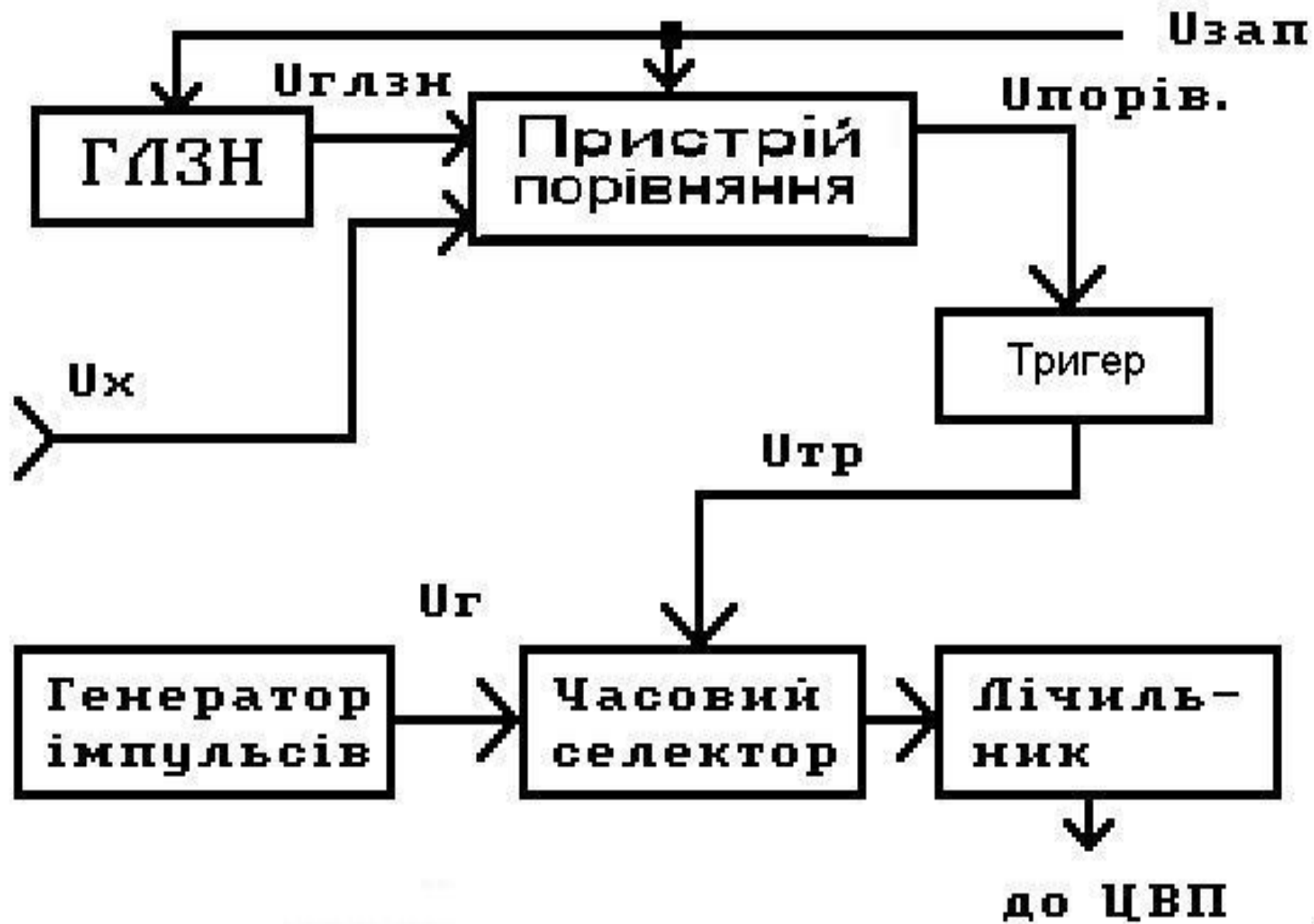


Рис. 2 .

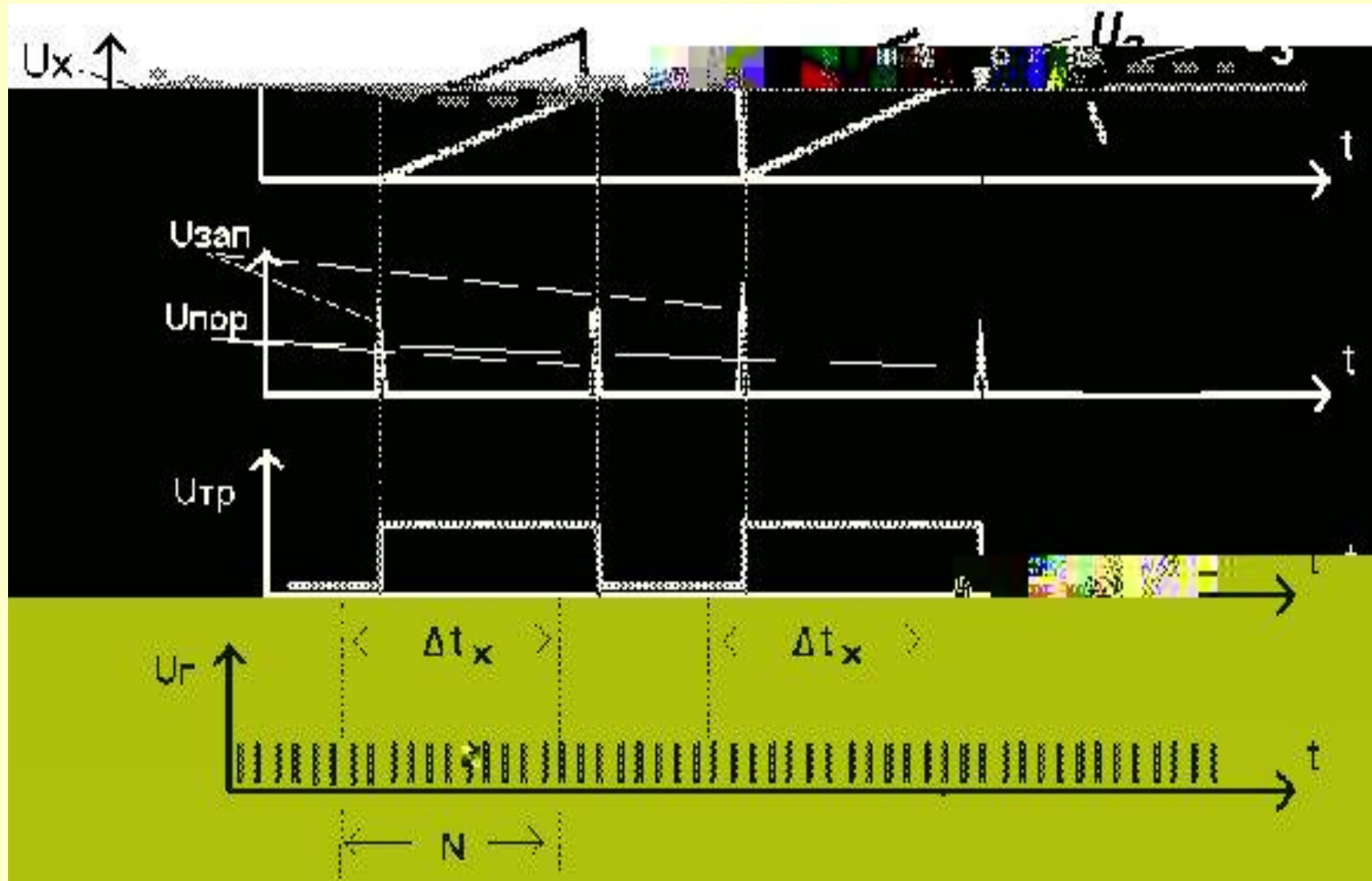


Рис. 3 .

Імпульс з виходу триггера відкриває часовий селектор на час  $\Delta t_x$ . Генератор імпульсів виробляє імпульси з частотою  $f_r$ , які при відкритому часовому селекторі надходять на лічильник.

Кількість підрахованих імпульсів визначається :

$$N = f_2 \cdot \Delta t_x = \frac{f_2}{V} \cdot U_x \quad (3)$$

Таким чином, кількість імпульсів, які пройшли на лічильник, пропорційне  $U_x$ .

При  $f_r / V = 10n$  де  $n$  - ціле число, множник  $f_r / V$  можна врахувати відповідним положенням коми на цифровому відліковому пристрої або показом одиниці вимірювання (В, мВ, мкВ).

Похибка перетворення виникає в основному із-за похибки перетворення напруги  $U_x$  у часовий інтервал (в першу чергу із-за нелінійності напруги  $U_{\text{ГЛЗН}}$ , нестабільності швидкості її змінювання  $V$ , похибки пристрою порівняння, а також кінцевої швидкодії тригера і часового селектора), а також із-за похибки перетворення інтервалу  $\Delta t_x$  в код  $N$ , яка обумовлена нестабільністю частоти генератора імпульсів і похибки квантування  $\pm 1$  імпульс.

Похибка таких перетворювачів, як правило, порядку 0,1%.

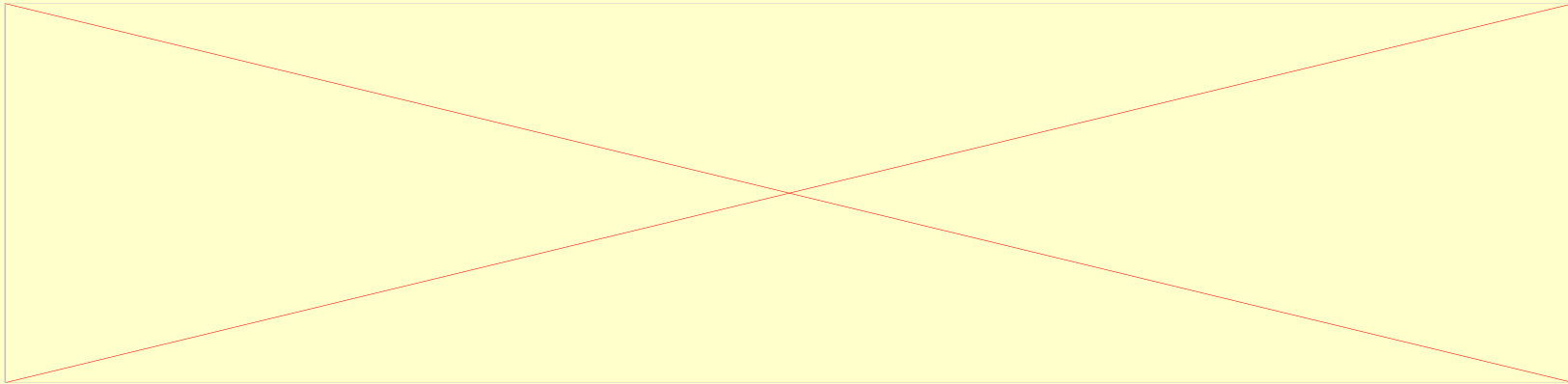
Швидкодія досягає  $10^3.. 10^4$  перетворень/сек. Подальше її підвищення приводить до збільшення похибки перетворення.

Серед АЦП з інтегруванням вимірюваної напруги найбільшого розповсюдження одержали АЦП з дворазовим інтегруванням.

Принцип роботи такого АЦП полягає в наступному. Нехай, постійна напруга, яка вимірюється,  $U_x$  подана на пристрій, який виконує операцію інтегрування.

Роль такого інтегратора може виконувати RC-ланцюг. При надходженні постійної напруги на вхід такого ланцюга напруга на його виході зростає на протязі деякого часу практично за лінійним законом, тобто виконується інтегрування вхідного сигналу.

У серійних вольтметрах звичайно застосовують більш складні інтегратори на операційних підсилювачах, які забезпечують велику точність інтегрування. Напряга на виході інтегратора



**(4)**

На цьому закінчується перший етап роботи АЦП. На другому етапі напруга  $U_x$ , відключається, і на вхід інтегратора подається постійна опорна напруга  $U_0$  протилежної полярності. Напруга на конденсаторі інтегратора, яка була накоплена за інтервал  $T$ , починає зменшуватись.

$$U_2(t) = U_x \frac{t_1}{RC} - \frac{1}{RC} \int_0^{t_2} U_o dt = U_x \frac{t_1}{RC} - U_o \frac{t_2}{RC}$$

(6)

Через деякий час стане рівна нулю. Це стане по закінченню часового інтервалу  $t_2$ . Якщо прирівняти нулю праву частину рівняння, отримаємо

$$\mathbf{t}_2 = \left( \frac{\mathbf{U}_x}{\mathbf{U}_o} \right) \cdot \mathbf{t}_1 \quad (7)$$

Час, який потрібний для повного розряду конденсатора, лінійно залежить від вимірюваної напруги і не залежить від постійної  $RC$ . Із одержаного співвідношення також випливає, що  $U_x$  може бути визначено, якщо відомі  $U_0$  і  $t_1$  і виміряний інтервал  $t_2$ .

Таким чином, в розглянутому АЦП також виконується перетворення напруги в часовий інтервал. Позитивною якістю даного АЦП перед АЦП з генератором лінійної напруги є незалежність точності перетворення від параметрів  $RC$ .

Розглянемо структурну схему (рис. 4) і часові діаграми (рис.5) роботи АЦП з дворазовим інтегруванням.





Рис. 4 .

Сигналом  $U_{зап}$ , який надходить на пристрій керування в момент  $t_0$  замикається ключ 1 і  $U_x$  подається на інтегратор. В пристрої керування виробляється прямокутний імпульс напругою  $U_y$ , яким замикається ключ 3. Від генератора лічильні імпульси через ключ 3 надходять на лічильник, який працює в режимі віднімання. Для цього в момент запуску по команді від пристрою керування в лічильнику фіксується деяке число (наприклад 10000). Після надходження 9999 імпульсів в лічильнику встановлюється цифра 00000, при цьому імпульс виходу лічильника надходить в пристрій керування, який розімкне ключ 1 і вимірювана напруга відключиться від входу інтегратора. Одночасно за допомогою сигналу  $U_{y2}$  замикається ключ 2. Таким чином, за допомогою генератора імпульсів і лічильника вдається точно сформувати часовий інтервал  $t_1$ , що суттєво для одержання високої точності вимірювання.

Після замикання ключа 2 опорна напруга подається на інтегратор і напруга на його виході зменшується. На протязі цього часу лічильник продовжує працювати, але вже в режимі підсумовування, так як до кінця інтервалу  $t_1$  в ньому був зафіксований нуль.

Підрахунок імпульсів виконується до моменту, коли напруга на виході інтегратора стане рівна нулю. В цей момент пристрій порівняння виробляє імпульс і пристрій керування розмикає ключ 3. Інтервал  $t_2$  залежить від виміряної напруги. Як видно з рис. 5 більшому значенню  $U_x$  (штрихова лінія) відповідає інтервал  $t_2'$ .

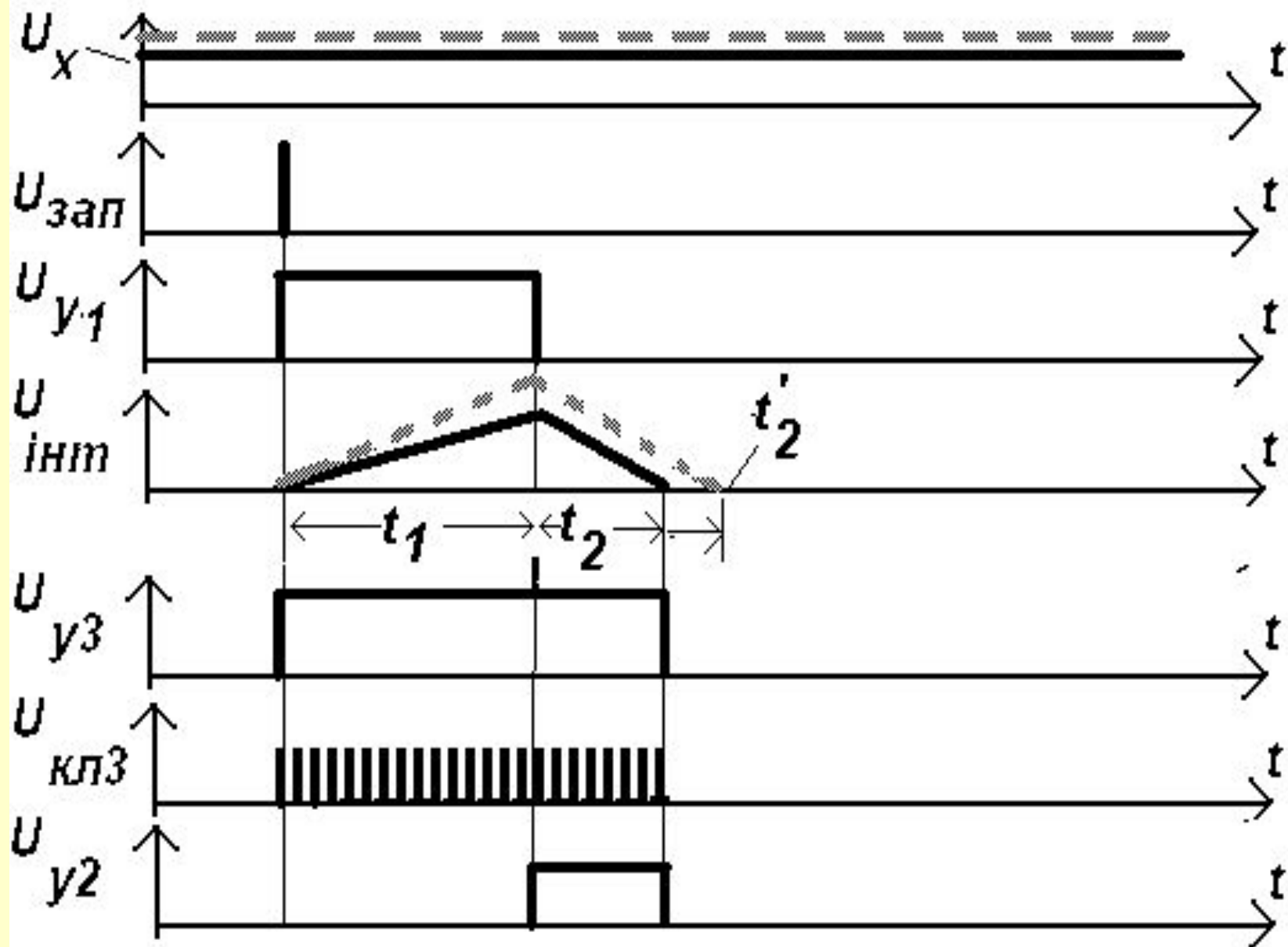
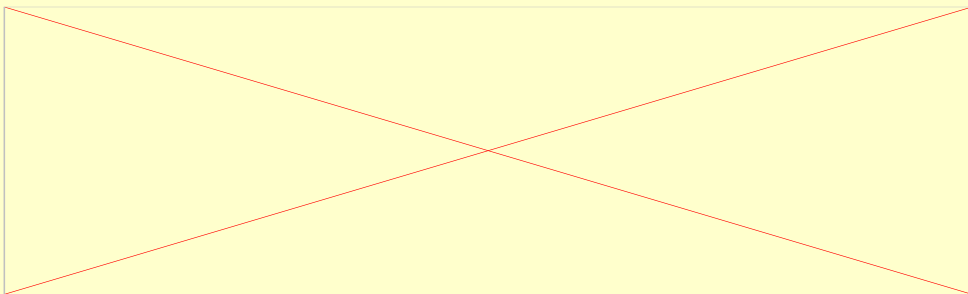


Рис. 5 .

За час  $t_1$  на лічильник надходить  $N$  імпульсів. Як було показано в (7)

$$t_2 = \left( \frac{U_x}{U_o} \right) \cdot t_1$$

звідки випливає



(8)

Так як  $t_2 = N / \text{фліч}$ , виміряна напруга

$$U_x = \frac{U_o \cdot N}{t_1 \cdot f_{\text{ліч}}} \quad (9)$$

Значення  $U_o$ ,  $t_1$  і фліч постійні, тому кількість імпульсів  $N$  пропорційна виміряній напрузі.

Важливою позитивною якістю АЦП з дворазовим інтегруванням є висока захищеність від перешкод, основними з яких є перешкоди з частотою мережі 50 Гц і її гармоніки.

В розглянутих АЦП інтервал  $t_1$  вибирають кратним періоду напруги мережі  $t_c = 20\text{мс}$ .

Похибка сучасних інтегруючих АЦП може бути забезпечена порядку  $10^{-2}..10^{-3} \%$ ..

В основному вона обумовлена похибкою інтегратора (нелінійність, дрейф нуля), нестабільністю опорної напруги  $U_0$ , залишковими напругами ключів 1 і 2, нестабільністю порогу спрацьовування, а також похибкою перетворення часового інтервалу  $t_2$  у відповідне число імпульсів (похибкою квантування в  $\pm 1$  імпульс).

Швидкодія інтегруючих перетворювачів невелика і складає 25 вимірювань за сек., так як на одне вимірювання затрачується два періоди напруги (40 мс): перший період - на перший такт інтегрування, другий - на другий такт і на підготовку схеми до наступного циклу перетворення.

# АЦП З ЧАСТОТНО-ІМПУЛЬСНИМ ПЕРЕТВОРЕННЯМ

В цих АЦП вимірювальна напруга  $U_x$  спочатку перетворюється в пропорційну частоту імпульсів  $f_x$ , а потім  $f_x$  - у цифровий код. Структурна схема такого АЦП (рис. 6) має перетворювач напруга-частота (ПНЧ), з виходу якого імпульси з частотою

$$f_x = k_{\text{пнч}} \cdot U_x \quad (10)$$

де  $k_{\text{пнч}}$  - коефіцієнт перетворення ПНЧ, через ключ надходять на лічильник.

Ключ замикається на визначений інтервал часу  $\Delta t_0$ , який задається генератором зразкового інтервалу часу (ГЗІЧ). Кількість імпульсів  $N$ , які пройшли на лічильник, пропорційна вхідній напрузі  $U_x$ :

$$N = f_x \cdot \Delta t_3 = k_{\text{пнч}} \cdot \Delta t_3 U_x \quad (11)$$

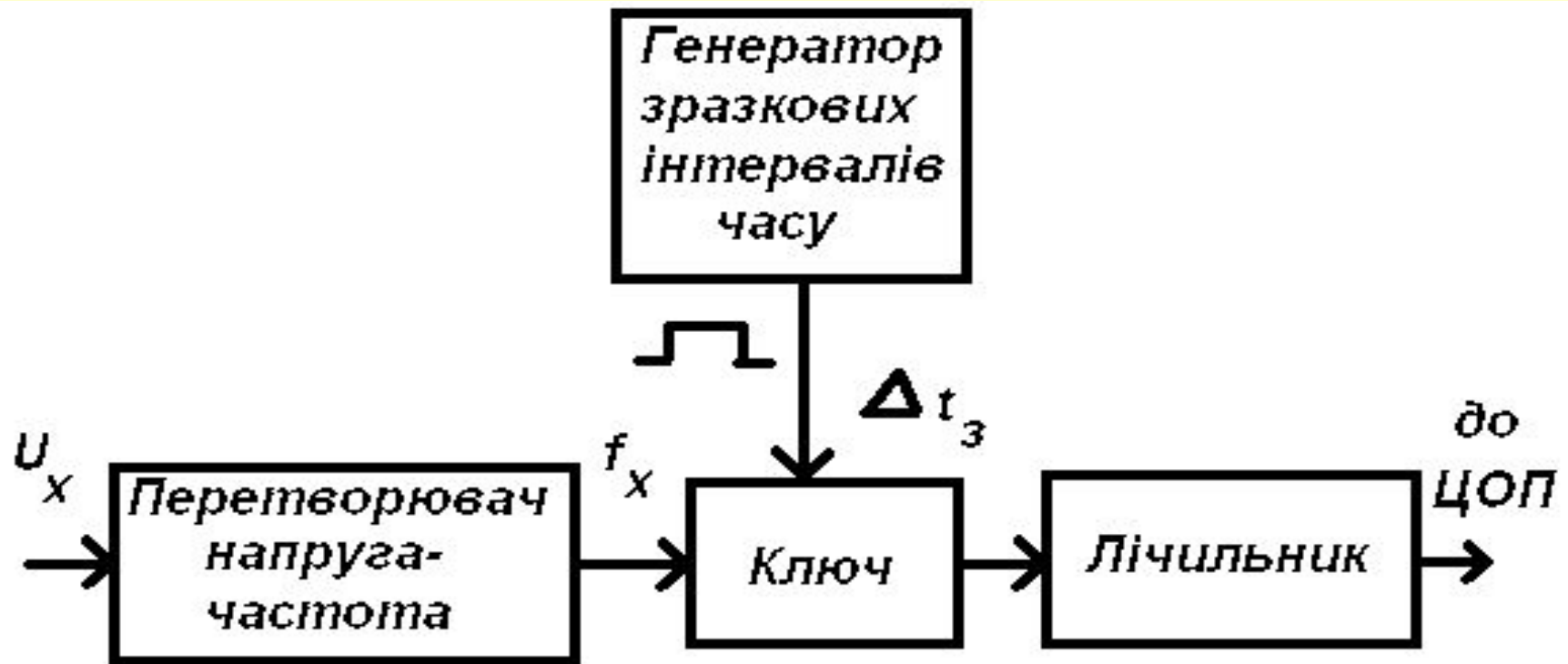


Рис. 6.



Існує багато різновидів схем ПНЧ. На рис. 7 наведена схема ПНЧ на основі інтегратора, охопленого імпульсним зворотнім зв'язком, а на рис. 8 - часові діаграми, які пояснюють його роботу

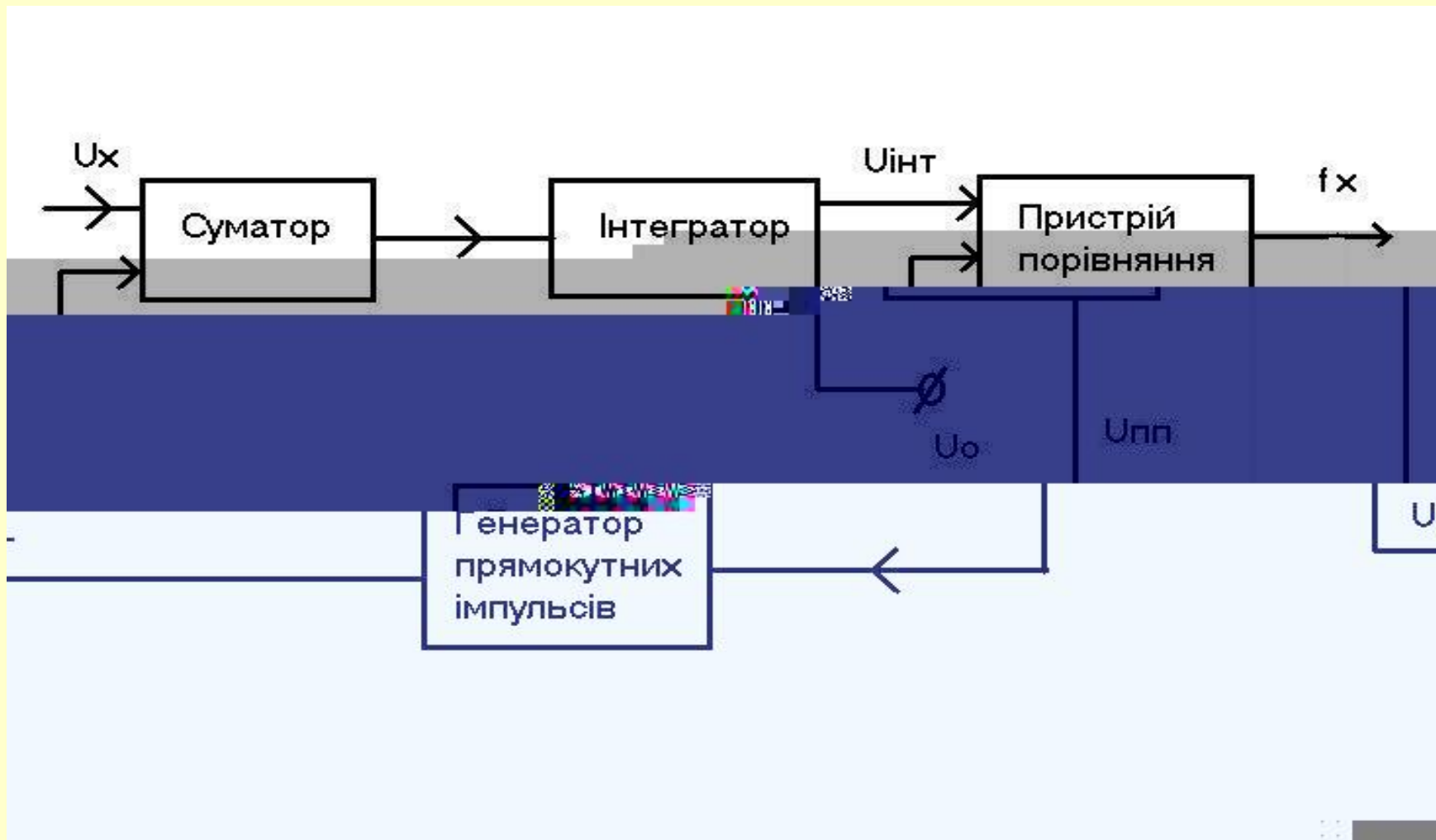


Рис. 7.

Напруга  $U_x$  через суматор надходить на інтегратор. Напруга на його виході починає підвищуватись. Як тільки вона досягає порогу спрацьовування  $U_0$  пристрою порівняння, останній формує імпульс  $U_{пп}$ , який запускає генератор прямокутних імпульсів (ГПІ).

Генератор виробляє імпульс з постійною вольтсекундною площею (постійним розмахом і тривалістю.) з полярністю, протилежною полярності напруги  $U_x$ .

Цей імпульс через суматор надходить на вхід інтегратора і знижує його вихідну напругу до нуля. Потім процес повторюється.

Як підсумок частота імпульсів  $f_x$  на виході пристрою порівняння буде пропорційна напрузі.

Похибка подібних АЦП визначається похибкою ПНЧ, а також похибкою перетворення частоти у цифровий код і може бути порядку  $10^{-2}$  %.

Швидкодія, як правило, невелика - до 50 вимірювань за сек., так як для зменшення перешкоди мережі живлення зразковий інтервал часу  $\Delta t_0$  задається рівним періоду напруги мережі (20 мс).

# АЦП З КОДО-ІМПУЛЬСНИМ ПЕРЕТВОРЕННЯМ

В таких АЦП виміряна напруга врівноважується компенсуючою, яка виробляється АЦП. В кодоімпульсних АЦП найбільшого розповсюдження одержали АЦП на основі подільників напруги і струму. Залежність вихідної напруги  $U_{\text{в}}(\text{в})$  можна записати виразом

$$U_{\text{в}}(\text{в}) = U_{\text{в}}(\text{в}) \cdot N \quad (12)$$

де  $U_{\text{кв}}$  - розрядні коефіцієнти;

$N$  - код, який подається на АЦП.

Розглянемо структурну схему АЦП з кодоімпульсним перетворенням (рис. 8) і часові діаграми його роботи (рис.9).

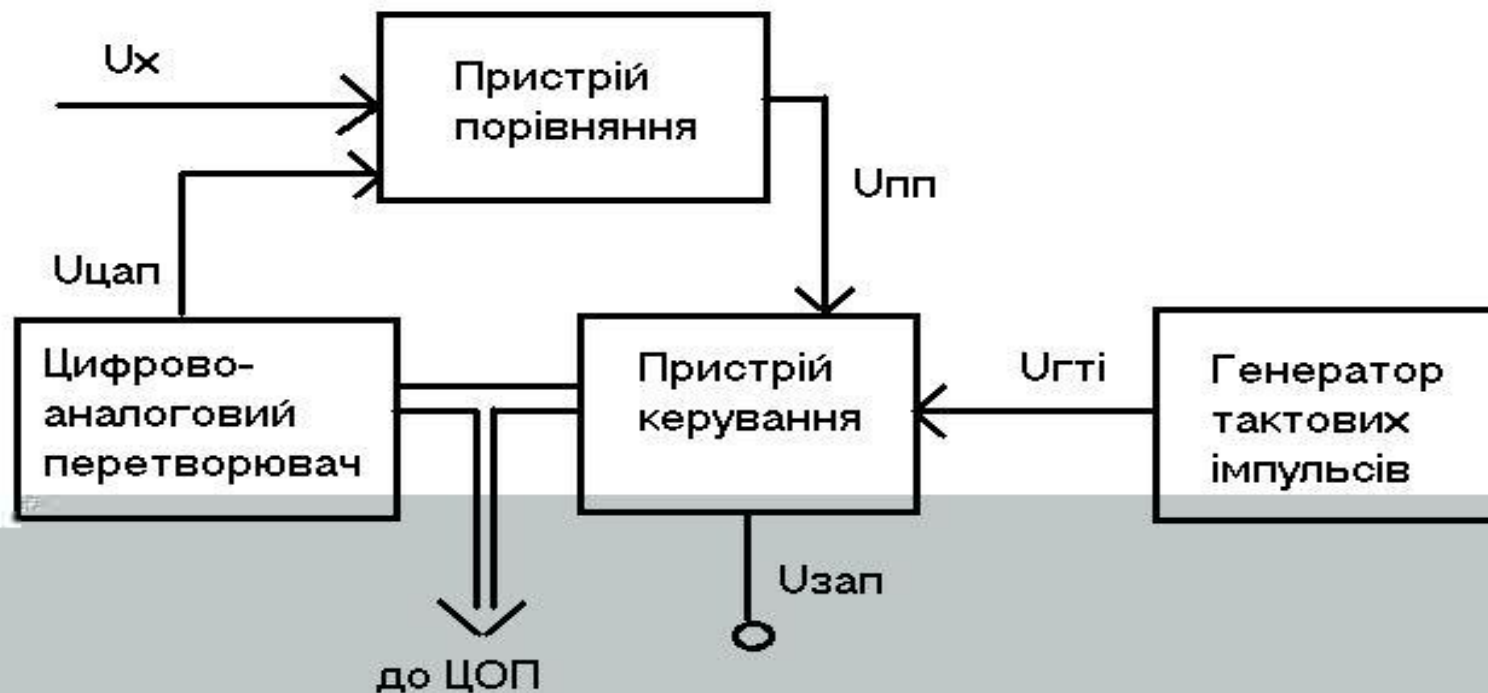


Рис. 8.

**В режимі зрівноваження по команді запуск пристрій керування згідно визначеній програмі змінює код, який надходить на АЦП. Останній виробляє відповідну коду вихідну напругу  $U_{цап}$ .**

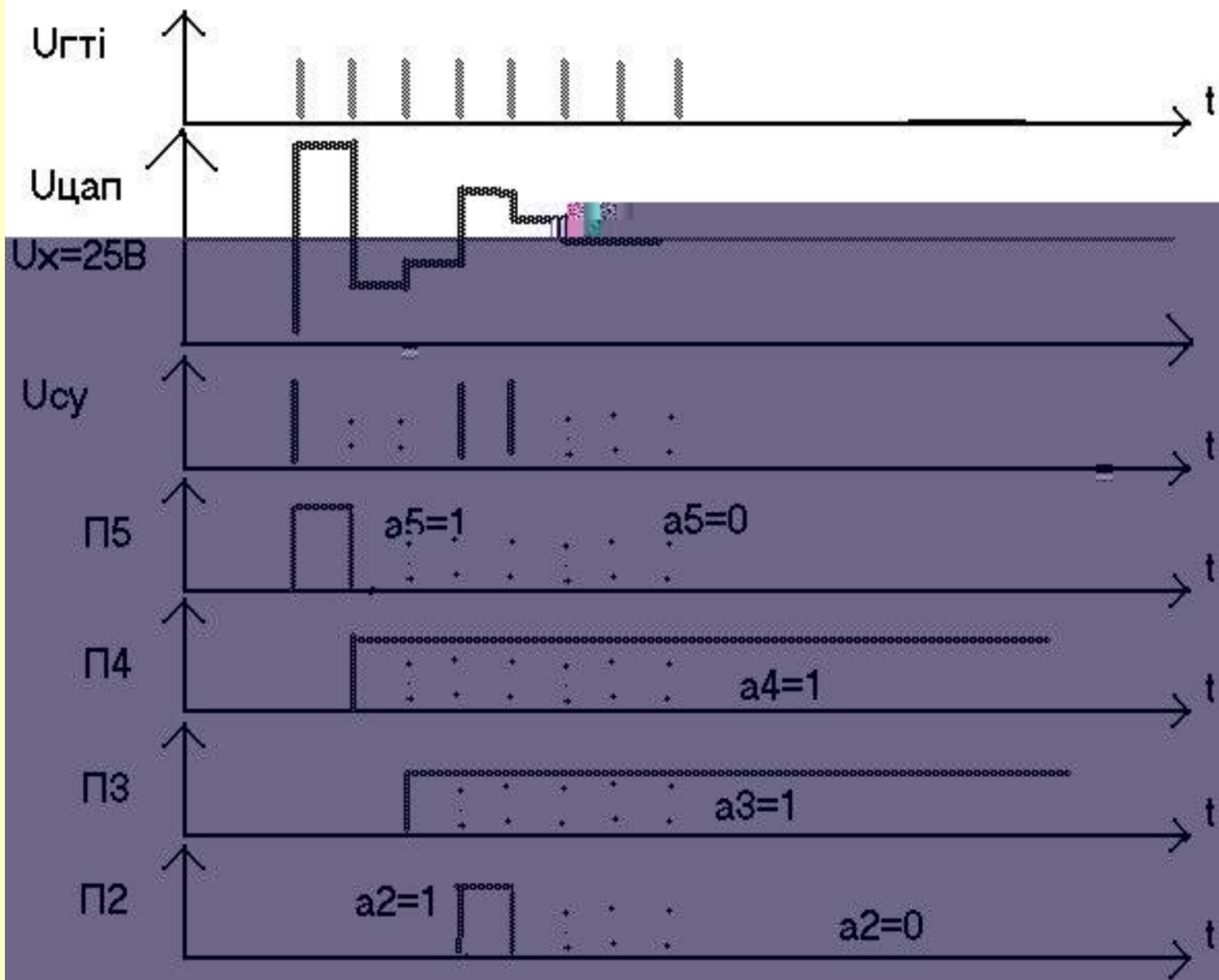


Рис. 9.

Зміна вихідної напруги АЦП може виконуватись як послідовним перебором усіх рівнів квантування, так і порозрядно. Найбільшу швидкодію мають АЦП з порозрядним зрівноваженням. При цьому виміряну напругу  $U_x$  зрівноважують компенсуючою напругою  $U_{ацп}$ , послідовно включаючи всі розряди, починаючи з старшого, і регулюють за допомогою пристрою порівняння.

В результаті перебору всіх розрядів виконується компенсація виміряної напруги зразковою. При цьому виміряна напруга може бути представлена у вигляді  $U_x = U_{ацп} = U_{кв} \cdot N$ . Код  $N$ , одержаний на виході пристрою керування, подається на ЦВП.

Часові діаграми на рис. 9 ілюструють процес зрівноваження напруги  $U_x = 25\text{В}$  для АЦП на шість двійкових розрядів ( $i = 0..5$ ) з кроком квантування  $U_{\text{кв}} = 1\text{ В}$ . Під час першого тактового імпульсу пристрій керування видає сигнал  $a_5 = 1$ . Перемикач 5 в АЦП підключається до  $U_{\text{дзн}}$  і напруга на виході  $U_{\text{ацп}} = U_{\text{кв}} \cdot 25 = 32\text{В}$ . Так як  $U_{\text{ацп}} > U_x$ , порівнюючий пристрій видає відповідну інформацію на пристрій керування (імпульс  $U_{\text{пп}}$ ) і він в наступному такті також вироблює сигнал  $a_5 = 0$ , який відключає перемикач 5 від  $U_{\text{дзн}}$ . Одночасно видається сигнал  $a_4 = 1$ , перемикач 4 замикається на  $U_{\text{дзн}}$  і на виході утворюється  $U_{\text{ацп}} = U_{\text{кв}} \cdot 24 = 16\text{В}$ . Так як  $U_{\text{ацп}} < U_x$ , порівнюючий пристрій не вироблює коректуючого сигналу і перемикач 4 залишається підключеним до  $U_{\text{дзн}}$ , а при наступному тактовому імпульсі вироблюється сигнал  $a_3 = 1$  і т.д. До моменту сьомого тактового імпульсу на виході пристрою керування одержимо паралельний двійковий код  $N = a_5 a_4 a_3 a_2 a_1 a_0 = 011001$ , який відповідає 25.



Похибка розглянутих АЦП може бути одержана  $10^{-2}\%$  і менше. Вона визначається адитивною похибкою порівнюючого пристрою і похибкою АЦП.

Позитивною якістю АЦП є висока швидкодія: до  $10^8$  перетворень за сек. при числі розрядів  $m < 10$ . До недоліків відносяться низька перешкодостійкість, складність і висока вартість, яка знижується при застосуванні АЦП на базі великих інтегральних схем (ВІС).

# АЦП З ПАРАЛЕЛЬНИМ ПЕРЕТВОРЕННЯМ

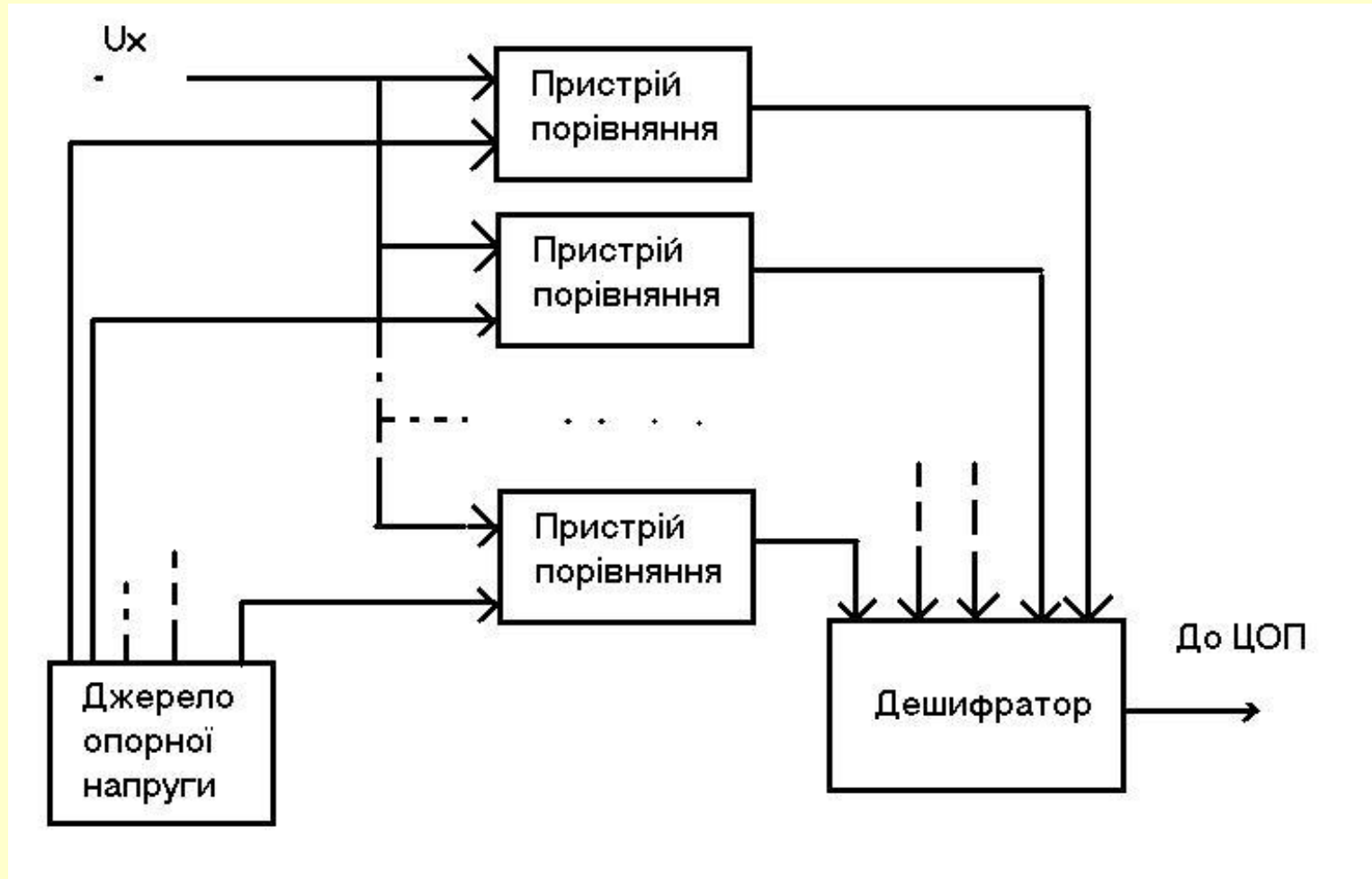


Рис. 10.

Структурна схема має набір пристроїв порівняння ПП№1 – ПП№N, джерело опорної напруги, яке утворює ряд рівнів квантування  $U_i$ , і дешифратор. При подачі на вхід АЦП напруги  $U_x$  на виходах пристроїв порівняння, для яких  $U_x > U_i$ , з'являється сигнал. Дешифратор аналізує стан виходів всіх пристроїв порівняння і видає код, який відповідний значенню на ЦВП. Таким чином, для одержання великого числа розрядів в даному АЦП потрібно мати значну кількість пристроїв порівняння, що приводить до суттєвого його ускладнення. Тому розглянутий метод перетворення застосовують при реалізації грубих (з похибкою  $\gamma > 1\%$ ), але швидкодіючих АЦП (до  $10^8$  перетворень за сек.)

## Питання 3

ПОВІРОЧНА СХЕМА, ЕТАЛОНИ І ЗАСОБИ  
ВИМІРЮВАНЬ ДЛЯ ПОВІРКИ ЦИФРОВИХ  
ВОЛЬТМЕТРІВ.

МЕТОДИ ПОВІРКИ ЦИФРОВИХ  
ВОЛЬТМЕТРІВ.

**Основна відмінність цифрових приладів від аналогових в наявності квантування виміряної напруги за рівнем, що обумовлює методичну складову похибки ЦВ і АЦП - похибку квантування (дискретності).**

**Похибка квантування нормується, але не повіряється, так як вона відома, не змінюється в часі і має одне і те ж крайнє значення у всіх приладах одного типу.**

**Похибка квантування - випадкова величина, закон розподілу якої можна розглядати як рівномірний у визначених границях. Ці границі визначаються тільки схемою ЦВ ( АЦП) і рівнем  $\pm 0,5 q$  (  $q$  - ступінь квантування).**

**Для вирішення практичних задач, пов'язаних з перевіркою ЦВ, визначають інструментальну похибку яка приведена до входу, і яка в повіряємій точці є різницею дійсного значення вхідної напруги, яка відповідна границі між двома сусідніми значеннями вихідного сигналу і номінальним значенням цієї напруги. Визначення похибки ЦВ, приведеної до виходу, виконують для ЦВ, які мають похибку, суттєво більшу ступені квантування.**

**У ЦВ нормують одну із нижче зазначених метрологічних характеристик:**

**границі допустимих значень основних похибок  $\Delta_d$  і розмір  $q$  ступеня квантування вимірюваної величини по рівню;**

границі допустимих значень систематичної  $\Delta_{\text{сд}}$  і випадкової  $\sigma_{\text{д}}$  складової основної похибки;  
розмір  $q$  ступеня квантування;  
границі допустимих значень основної похибки і її складових  $\Delta_{\text{сд}}$ ,  $\sigma_{\text{д}}$ ; розмір  $q$  ступені квантування; варіацію.

Границі основної похибки і її складових (систематичних і випадкових) нормуються у вигляді значень абсолютних, відносних або приведених похибок.

Випадкова складова похибки нормується у вигляді границь і  $\sigma_{\text{д}}$  допускаємих значень середнього квадратичного відхилення.

Помітну випадкову складову мають, як правило, ЦВ високої чутливості (1мкВ і менше).

Зараз у більшості ЦВ нормуються, як правило, границя допустимої відносної похибки, %, яка встановлюється :

$$Y = \pm ( a + b A_K / A_X ) \quad (14)$$

або у відповідності з ГОСТ 8.401 - 80

$$Y = \pm [ c + b ( | A_K / A_X | - 1 ) ], \quad (15)$$

(13)

де  $a, b$  і  $c = a + b$  - позитивні числа;

$A_K$  - найбільше значення діапазону вимірювання;

$A_X$  - значення вимірюємої величини на вході (виході) або число поділок, відрахованих по шкалі (цифровому табло).



Методика встановлення вимог до точності зразкових засобів вимірювання, які застосовуються при повірці ЦВ і АЦП, визначається у відповідності з ГОСТ 8.009 - 72, виходячи із заданої допустимої імовірності браку повірки.

Такий підхід дозволяє знижувати (в розумних границях) вимоги до точності зразкових засобів вимірювання за рахунок введення двохдопускового контролю похибки.

Питання повірки ЦВ менш точними зразковими засобами актуальний, так як точність сучасних ЦВ наближується до точності зразкових приладів.

Під час повірки на постійному струмі застосовують потенціометри Р345, Р363, калібратор постійної напруги і струму В1-7, В1-12, В1-13, В1-18, Ф7046, П320, П327, установки для повірки вольтметрів В1-4, В1-8, зразкові електровимірювальні прилади і ЦВ більш високої точності і чутливості, яка повинна бути на порядок вища, чим у повіряємого ЦВ (В7-28, Щ48000 і інші).

Під час повірки на змінному струмі застосовують В1-4, В1-8, калібратори змінної напруги В1-9 (з блоком підсилення напруги Я1В-20, Я1В-22), В1-15, В1-16, ГК -10, ГК-11, ГК-14, електровимірювальні прилади С53, С55, С565, Ф5653, вольтметри ВД-1, В3-49, Р386, В7-16, перетворювачі змінної напруги в постійну В9-10, В9-8, Ф7290. Під час повірки на змінному струмі методом компарування застосовують потенціометри Р345, Р363, і комплект термоперетворювачів ПНТЭ-64, ПТТЭ. В якості джерел змінної напруги застосовують різні генератори, наприклад, Г3-107, Г3-102, Г3-109.

УСТАНОВКА В14 ДЛЯ ПОВЕРКИ ЭЛЕКТРОННЫХ ВОЛЬТМЕТРОВ



55 400 1000

ЧАСТОТА Н<sub>2</sub>

СЕТЬ

РЕГ. ВЫХ. НАПРЯЖЕНИЯ

ВНЕШНИЙ ПРИБОР

5% 10%

ИЗМЕРЕНИЕ

УСТ. НУЛЯ U~



ПОВЕРЯЕМЫЕ ОТМЕТКИ ШКАЛ

НАЛИБРОВКА

U<sub>m</sub> 0 U 0 U<sub>ср</sub>

КОНТРОЛЬ



ДЕЛИТЕЛЕЙ

№8691 1978

*ПИТАННЯ ?*