

Метрологія, стандартизація та підтвердження відповідності електронної апаратури

Електронні вольтметри

Загальні положення

Електронним вольтметром (ЕВ) називають прилад, покази якого спричиняються енергією джерела живлення вольтметра. Вимірювана напруга ж керує струмом електронних приладів, завдяки чому вхідний опір ЕВ досягає доволі великих значень і вони допускають великі перевантаження.

Класифікують ЕВ за такими ознаками:

- **За призначенням:** вольтметри постійної, змінної та імпульсної напруг; універсальні, фазочутливі та селективні.
- **За способом вимірювання:** прилади безпосередньої оцінки та прилади порівняння
- **За характером вимірюваного значення напруги:** амплітудні (пікові), середнього квадратичного значення, середнього випрямленого значення.
- **За частотним діапазоном:** низькочастотні, високочастотні, надвисокочастотні.

При розробці ЕВ враховують такі **основні технічні вимоги:** висока чутливість; широкі межі вимірюваних напруг; широкий діапазон робочих частот; великий вхідний опір та мала вхідна ємність; мала похибка; відома залежність показів від форми вимірюваної напруги. **Ці вимоги неможливо реалізувати в одному приладі, що і обумовлює так номенклатуру ЕВ.** 2

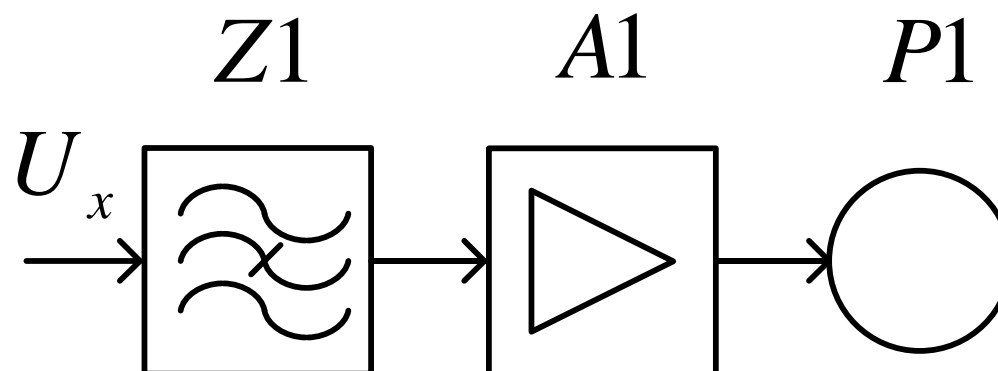
Загальні положення

Крім цього, всі ЕВ можна поділити на дві великі групи: аналогові електронні зі стрілочним відліком та прилади дискретного типу з цифровим відліком. Їх часто називають **стрілочними** та **цифровими** відповідно.

В аналогових вольтметрах вимірювану напругу перетворюють у пропорційне значення постійного струму, яке вимірюють магнітоелектричним міліамперметром (мікроамперметром), шкалу якого градуують в одиницях напруги (вольти, мілівольти чи мікрвольти).

У дискретних вольтметрах вимірювана напруга піддають ряду перетворень, в результаті яких аналогову вимірювану величину перетворюють у дискретний сигнал, значення якого відображають на індикаторному пристрої у вигляді цифр.

Вольтметри постійного струму

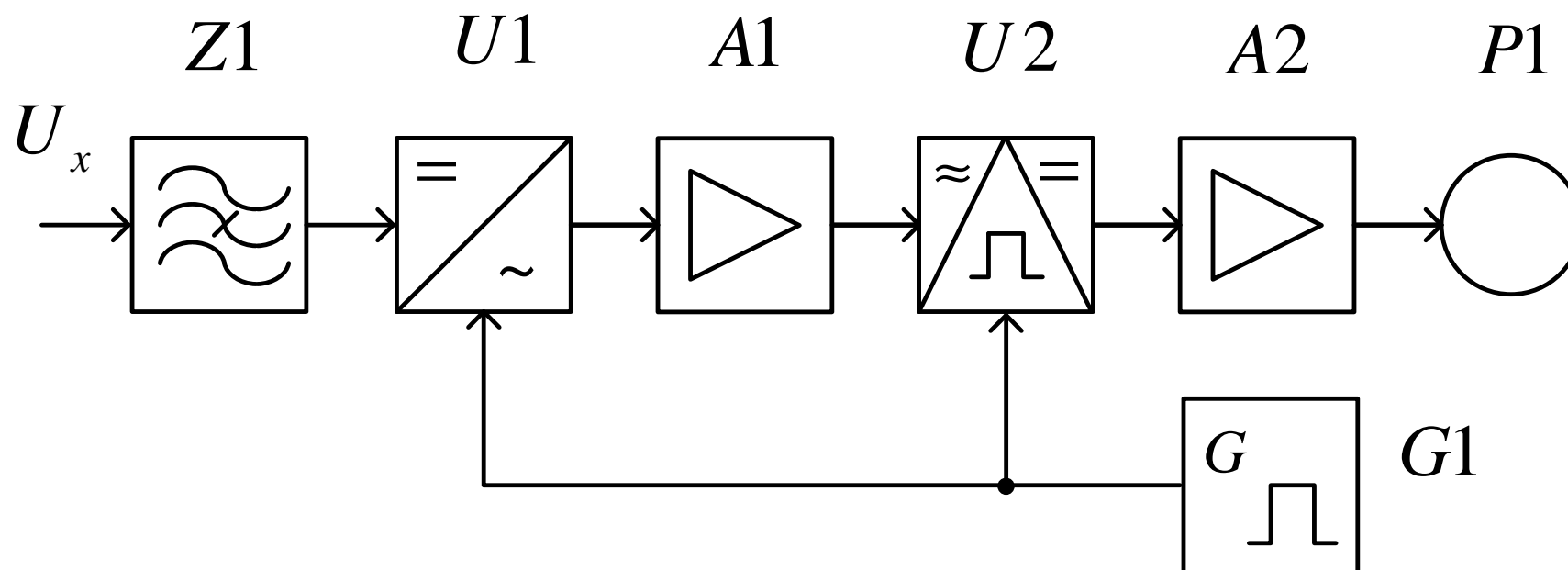


$Z1$ – режекторний фільтр; $A1$ – підсилювач ; $P1$ – індикатор.

За своїми технічними характеристиками вони сильно поступають цифровим вольтметрам постійного струму, тому на сьогодні мають обмежене використання.

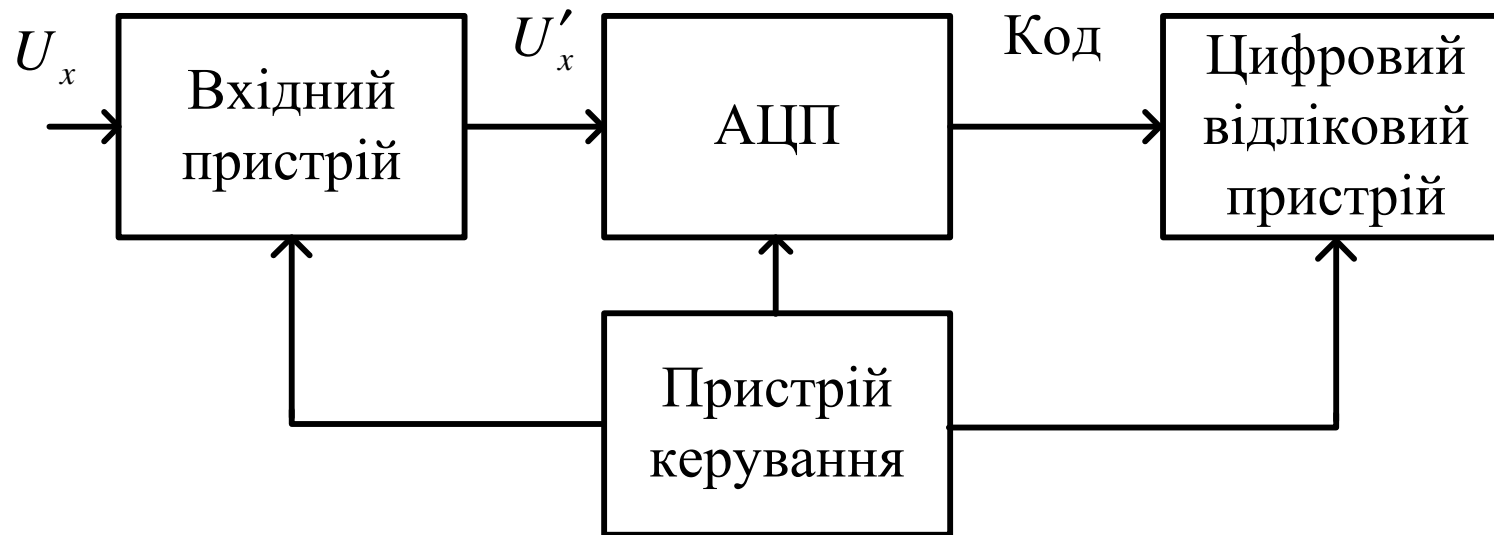
Вольтметри постійного струму

Високочутливі мілі- та мікрвольтметри постійного струму зазвичай здійснюють перетворення вхідного сигналу на змінний струм, із наступним його підсиленням та перетворенням на постійний струм – рисунок.



$Z1$ – режекторний фільтр; $U1$ – модулятор; $A1$ – підсилювач змінного струму;
 $U2$ – синхронний детектор (демодулятор); $A2$ – підсилювач постійного струму; $G1$ – генератор модулюючої частоти; $P1$ – індикатор.

Цифрові вольтметри



Структурна схема цифрового вольтметра (спрощена)

Вхідний пристрій містить подільник напруги, у вольтметрах змінного струму він містить також перетворювач змінного струму у постійний.

АЦП перетворює аналоговий сигнал у цифровий. Процес аналого-цифрового перетворення є сутністю будь-якого цифрового приладу, у т.ч. вольтметра. Використання в АЦП двійково-десятькового коду полегшує зворотне перетворення цифрового коду у десяткове число, яке відображає цифровий відліковий пристрій.

Цифровий відліковий пристрій відображає значення вимірюваної напруги.

Пристрій керування об'єднує та керує всіма вузлами вольтметра.

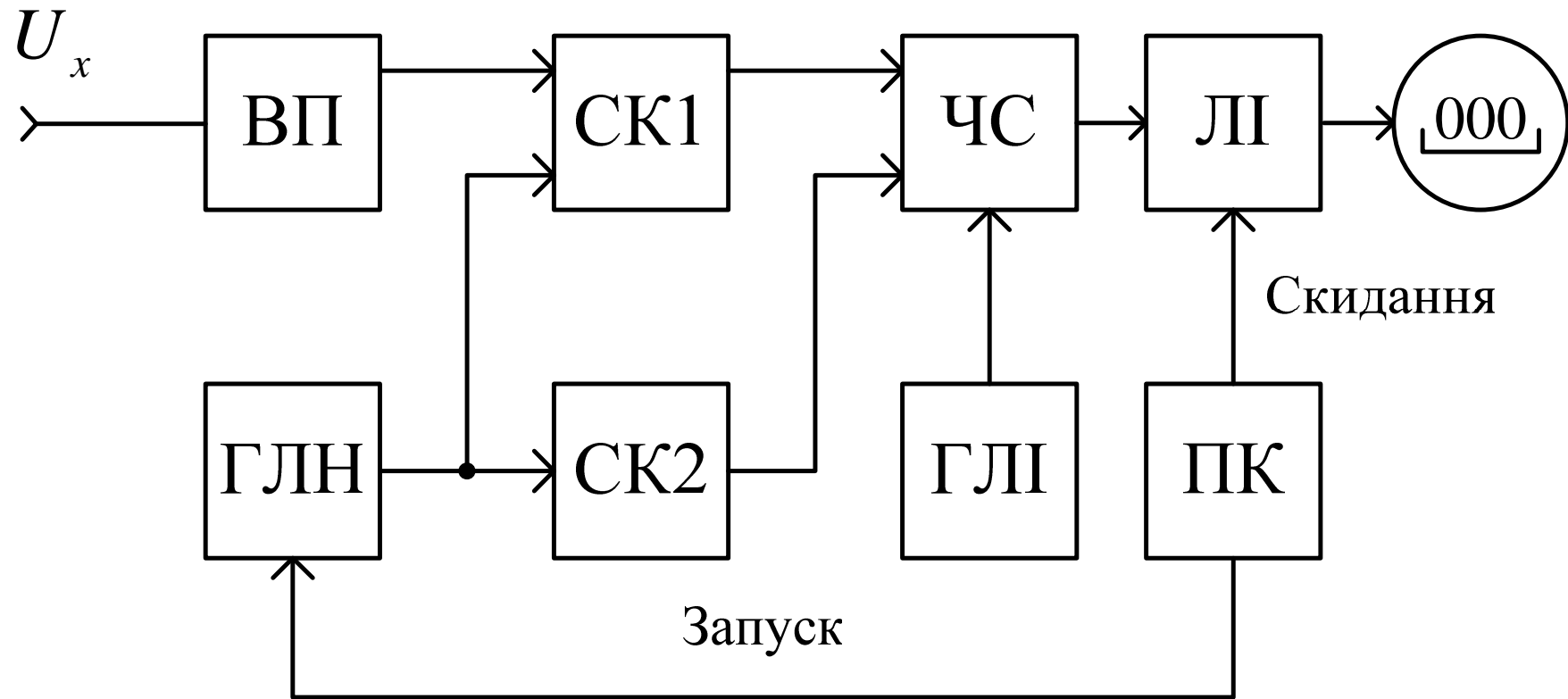
Цифрові вольтметри

За методом побудови таких АЦП цифрові вольтметри можна поділити на групи:

- 1) часо-імпульсні. Тут має місце попереднє лінійне перетворення значення вимірюваної напруги на часовий інтервал з подальшим його кодуванням;
- 2) частотно-імпульсні. Такі вольтметри перетворюють значення вимірюваної напруги на пропорційне значення частоти та подальше його перетворення у код;
- 3) слідкуючого зрівноважування. Суть у почерговому порівнянні вимірюваної напруги з сумою зразкових дискретних величин, які змінюються за заданим законом. Вольтметри слідкуючого зрівноважування називають ще вольтметрами порозрядного зрівноваження.

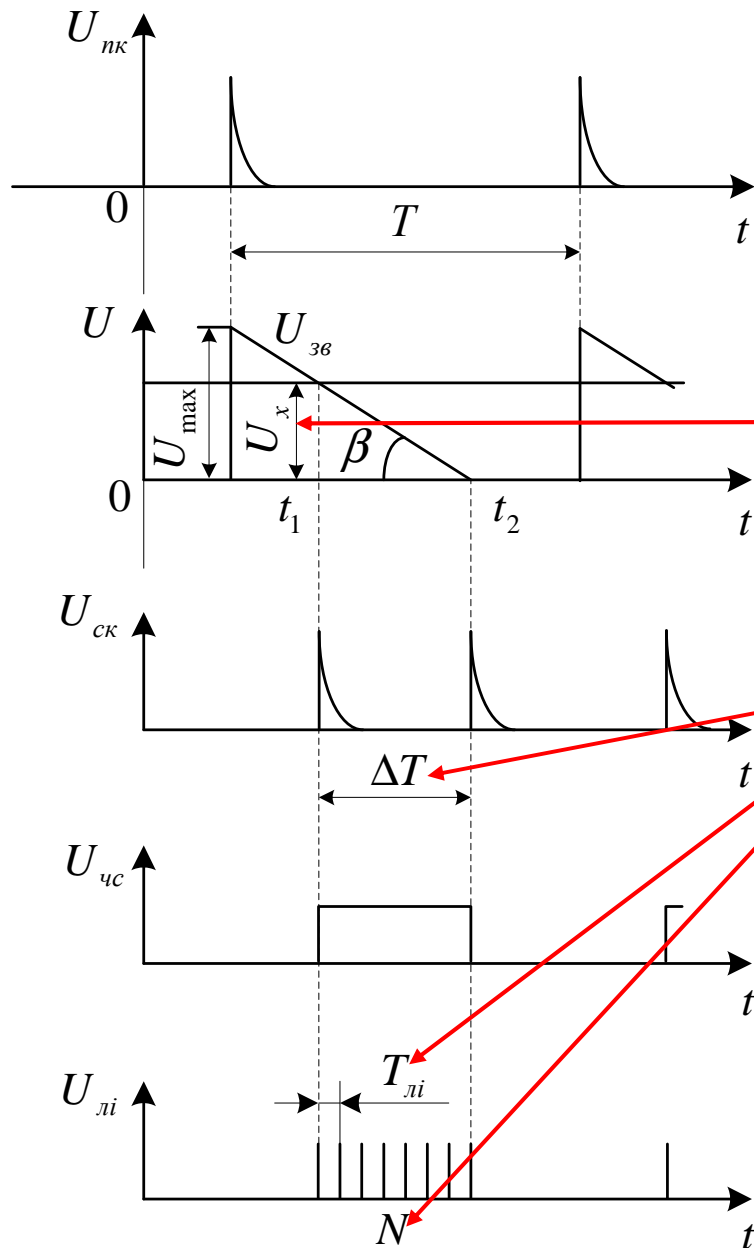
На сьогоднішній день вольтметри найчастіше будують на основі використання часо-імпульсного перетворення та порозрядного зрівноваження. У групі вольтметрів з часо-імпульсним перетворенням домінують вольтметри подвійного інтегрування, яким передували вольтметри з власне часо-імпульсним перетворенням (вольтметри розгортального перетворення, вольтметри з генераторами лінійно-зростаючої напруги, ГЛЗН).

Цифровий вольтметр розгортального перетворення



ВП – вхідний пристрій; СК1, СК2 – схеми керування; ЧС – часовий селектор; ЛІ – лічильник імпульсів; ГЛН – генератор лінійної напруги; ГЛІ – генератор лічильних імпульсів; ПК – пристрій керування.

Цифровий вольтметр розгортального перетворення



$$U_x = \Delta T \operatorname{tg} \beta = [\operatorname{tg} \beta = v] = \Delta T v$$

$$\Delta T = T_{ли} N$$

$$\begin{aligned}
 U_x &= v T_{ли} N = \\
 &= [k = v T_{ли} = 10^{-m}, m = 0, 1, 2, \dots] = \\
 &= k N
 \end{aligned}$$

Цифровий вольтметр розгортального перетворення

Особливості цифрових вольтметрів розгортального перетворення.

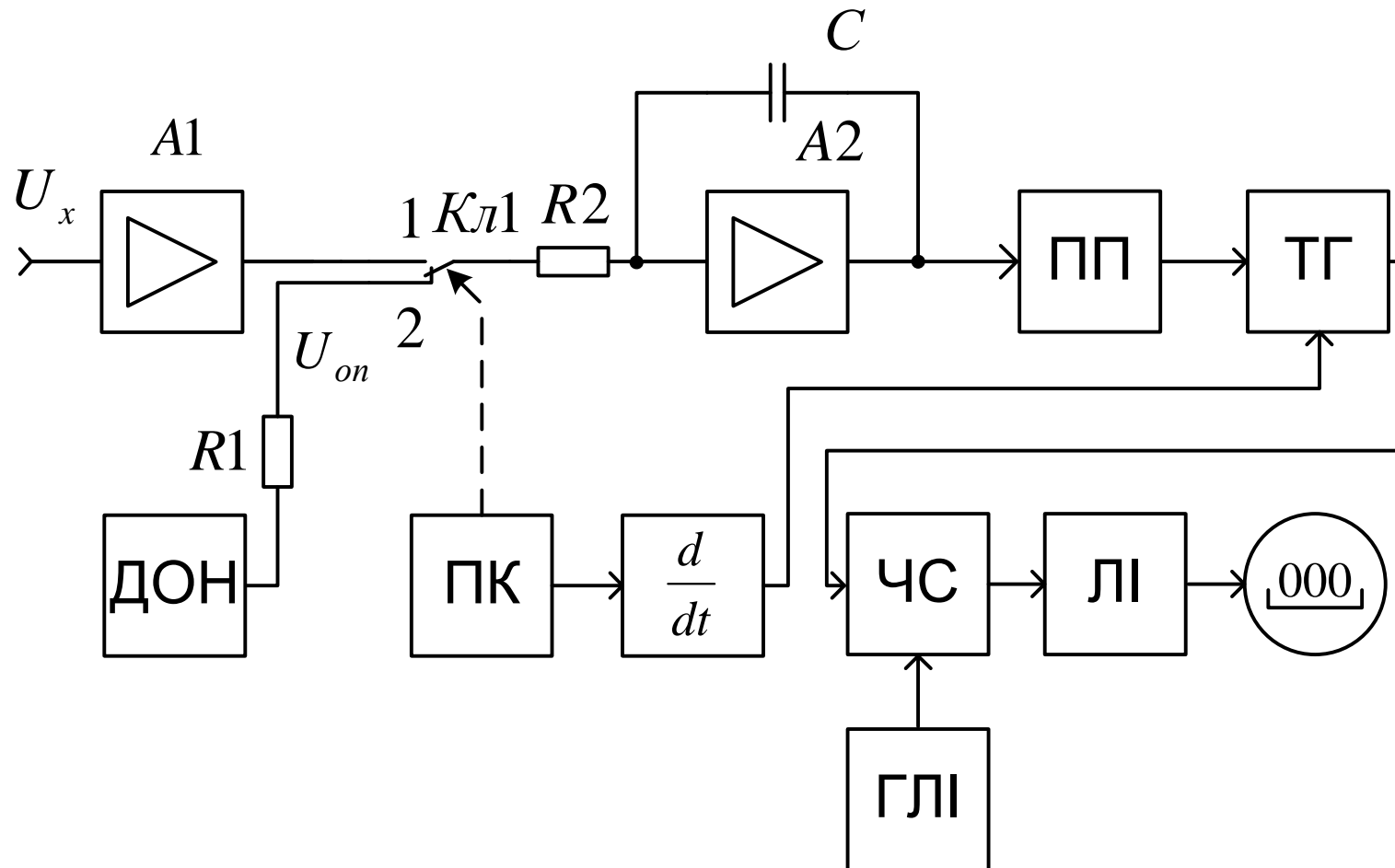
Переваги:

- Простота (відносна).

Недоліки:

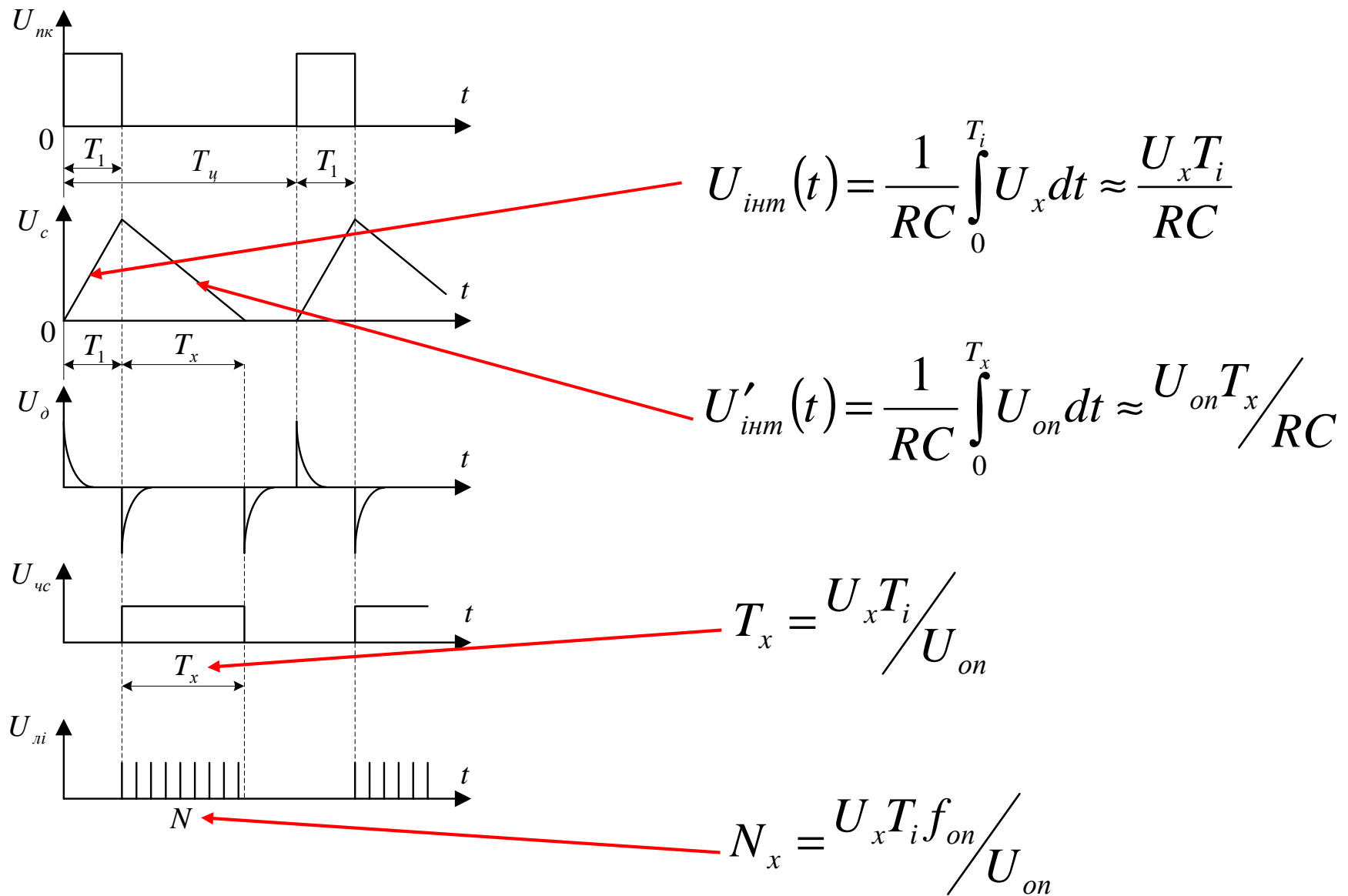
- Невисока точність ($\sim 0,1\%$), найнижча у класі цифрових вольтметрів.
- Низька завадостійкість

Цифровий вольтметр з подвійним інтегруванням



$A1$ – вхідний пристрій; ДОН – джерело опорної напруги; ПК – пристрій керування; ПП – пороговий пристрій; ЧС – часовий селектор; ЛІ – лічильник імпульсів; ТГ – тригер; ГЛІ – генератор лічильних імпульсів;.

Цифровий вольтметр з подвійним інтегруванням



Цифровий вольтметр з подвійним інтегруванням

Особливості цифрових вольтметрів з подвійним інтегруванням.

Переваги:

- Висока заводо захищеність (60 дБ і більше) , оскільки він інтегруючий і час циклу кратний періоду завади.
- Мала похибка вимірювання напруги 0,005...0,0 5%.

Недоліки:

- Більша (порівняно з вольтметрами розгортального перетворення) тривалість вимірювання.

Цифрові вольтметри найвищих класів точності створюють комбінованими: тут поєднують методи порозрядного зрівноважування та подвійного інтегрування.

Цифровий вольтметр змінного струму

Більшість серійних цифрових вольтметрів змінного струму будують з використанням перетворювачів змінного струму у постійний (детекторів) середнього квадратичного та середнього випрямленого значень. Властивості цих приладів визначаються, по суті, характеристиками цих детекторів.

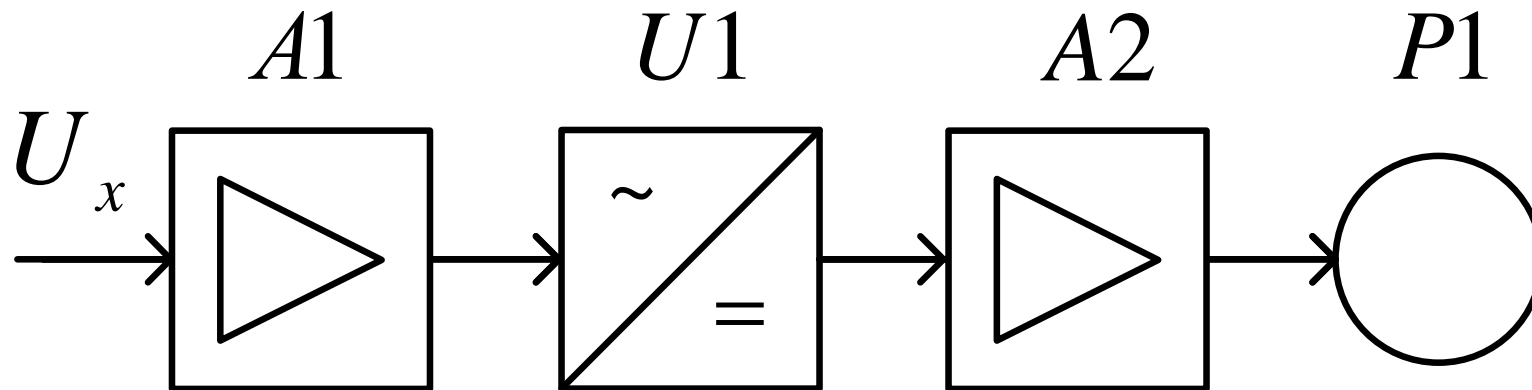


Схема вольтметра змінного струму (A1 – підсилювач змінної напруги; U1 – детектор; A2 – підсилювач постійної напруги; P1 – індикатор)

Селективний вольтметр

Ці вольтметри призначено для вимірювання окремих складових спектра складного сигналу, значення сигналу за наявності завад тощо.

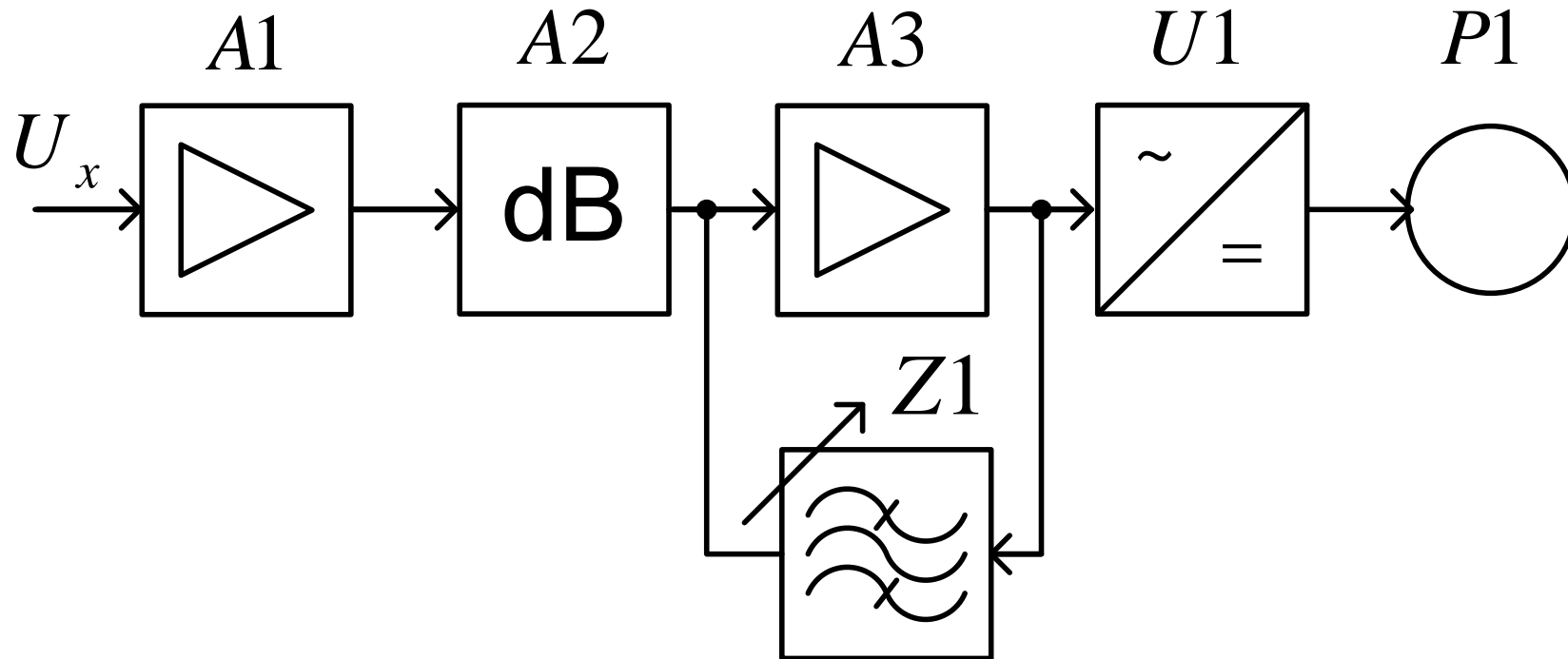


Схема селективного вольтметра

(A1 – підсилювач змінної напруги; A2 – атенюатор; A3 – смуговий підсилювач;
Z1 – смуговий фільтр; P1 – індикатор)