

**Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний аграрний університет**

**КОНТРОЛЬНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ ПРИСТРОЇ З ОСНОВАМИ
МЕТРОЛОГІЇ**

М е т о д и ч н і в к а з і в к и

Практична робота № 4

Дослідження принципу дії та основних метрологічних характеристик вимірювального каналу напруги послідовного наближення в середовищі програмного забезпечення Micro-Cap

Вінниця, 2022

ХІД РОБОТИ

1. Дослідження принципу роботи каналу напруги послідовного наближення.

- 1.1. Запустіть програму Micro-Cap (Micro-Cap.exe).
- 1.2. Розмістіть на робочому полі два аналогових компаратор (елемент Comparator з вкладок Analog Primitives – Macros).
- 1.3. З'єднайте вихід генератора ступінчасто-пилкоподібної напруги з відємним входом першого та додатнім входом другого компаратора.
- 1.4. Встановіть наступні параметри у меню компараторів: Param:VIL=0, Param:VIH=0, Param:VOL=0, Param:VOH=1.
- 1.5. Приєднайте до додатного входу першого компаратора задавач аналогового сигналу (елемент Fixed Analog з вкладок Analog Primitives – Waveform Sources).
- 1.6. Встановіть рівень вимірювального сигналу у меню задавач аналогового сигналу (VALUE=) відповідно до даних з таб. 1.

Таблиця 1 – Рівень вимірюваної напруги

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Частота	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95	1	1,05

- 1.7. Приєднайте до відємного входу першого компаратора задавач аналогового сигналу (елемент Fixed Analog з вкладок Analog Primitives – Waveform Sources).
- 1.8. Встановіть рівень вимірювального сигналу у меню задавач аналогового сигналу 0,01 (VALUE=0,01).
- 1.9. Приєднайте до виходів першого та другого аналогових компараторів нормуючі аналого-цифрові перетворювачі (елемент O з вкладок Digital Primitives – AtoD Converters).
- 1.10. Приєднайте до верхніх входів нормуючих аналого-цифрових перетворювачів задавачі аналогового сигналу, встановивши їх вихідний сигнал на рівні 0 (VALUE=0).
- 1.11. Розмістіть на робочому полі RS – тригер (елемент SRFF з вкладок Digital Primitives – Gated Flip-Flops/Latches).
- 1.12. Приєднайте до входів CLRS, PREB та GATE вихід елемента логічної одиниці (елемент Pullup з вкладок Digital Primitives – Pullups/Pulldowns).
- 1.13. Приєднайте до R входу вихід нормуючого аналого-цифрового перетворювача, що приєднаний до виходу першого компаратора.
- 1.14. Приєднайте до S входу вихід нормуючого аналого-цифрового перетворювача, що приєднаний до виходу другого компаратора.
- 1.15. З'єднайте QB вихід RS-тригера з першим входом логічного «І» з 2 входами.

- 1.16. До другого входу елементу логічного «І» з 2 входами приєднайте вихід генератора тактових імпульсів (елемент GClock з вкладок Digital Primitives – Stimulus Generators).
 - 1.17. Задати період сигналу тактового генератора, що приєднаний до другого входу елементу логічного «І» з 2 входами на рівні 100 N.
 - 1.18. Розмістіть на робочому полі двійковий лічильник (елемент 74HC93 з вкладок Digital Library – 74xx42 – 93-).
 - 1.19. Приєднайте до QB виходу RS-тригера елемент логічного «НЕ» (елемент Inverter з вкладок Digital Primitives – Standard Gates – Inverters).
 - 1.20. Приєднайте до входів MR1 та MR2 лічильника вихід елементу логічного «НЕ».
 - 1.21. Приєднайте до P0BAR входу другого лічильника генератор вихід елементу логічного «І» з 2 входами.
 - 1.22. З'єднайте вихід лічильника Q0 з входом P1BAR.
 - 1.23. Розмістіть на робочому полі цифро-аналоговий перетворювач (елемент DtoA4 з вкладок Digital Primitives – DtoA Converters).
 - 1.24. Приєднайте виходи двійкового лічильника Q0 – Q3 до входів цифро-аналогового перетворювача In0 – In3 відповідно.
 - 1.25. Приєднайте до Gnd входу ЦАП вихід елементу «Земля» (елемент Ground з вкладок Analog Primitives – Connectors).
 - 1.26. Приєднайте до Ref входу ЦАП вихід елементу логічної одиниці (елемент Pullup з вкладок Digital Primitives – Pullups/Pulldowns).
 - 1.27. Приєднайте вихід ЦАП до від'ємного входу першого та додатного входу другого аналогового компаратора.
 - 1.28. Пронумеруйте виходи елементів схеми (меню Опции – Отображать на схеме – Номера узлов), та зніміть зображення робочого вікна.
 - 1.29. Відобразіть та зніміть зображення часових діаграм роботи схеми (меню Анализ – Анализ переходных процессов).
 - 1.30. Розрахуйте відносну похибку квантування.
 - 1.31. Зробіть висновки за результатами пункту 1.
- 2. Дослідження впливу рівня вимірювального сигналу на точність каналу напруги час-імпульсного перетворення.**
- 2.1. Зменшити рівень вимірювального сигналу напруги на 0,1 в порівнянні з заданим для Вашого варіанту значенням (таб. 1).
 - 2.2. Пронумеруйте виходи елементів схеми (меню Опции – Отображать на схеме – Номера узлов), та зніміть зображення робочого вікна.
 - 2.3. Відобразіть та зніміть зображення часових діаграм роботи схеми (меню Анализ – Анализ переходных процессов).
 - 2.4. Розрахуйте відносну похибку квантування.
 - 2.5. Збільшити рівень вимірювального сигналу напруги на 0,1 в порівнянні з заданим для Вашого варіанту значенням (таб. 1).
 - 2.6. Пронумеруйте виходи елементів схеми (меню Опции – Отображать на схеме – Номера узлов), та зніміть зображення робочого вікна.

- 2.7. Відобразіть та зніміть зображення часових діаграм роботи схеми (меню Анализ – Анализ переходных процессов).
 - 2.8. Розрахуйте відносну похибку квантування.
 - 2.9. Зробіть висновки за результатами пункту 2.
- 3. Дослідження впливу частоти квантуючого тактового генератора на точність каналу напруги час-імпульсного перетворення.**
- 3.1. Задайте період сигналу квантуючого тактового генератора 120N.
 - 3.2. Пронумеруйте виходи елементів схеми (меню Опции – Отображать на схеме – Номера узлов), та зніміть зображення робочого вікна.
 - 3.3. Відобразіть та зніміть зображення часових діаграм роботи схеми (меню Анализ – Анализ переходных процессов).
 - 3.4. Розрахуйте відносну похибку квантування.
 - 3.5. Задайте період сигналу квантуючого тактового генератора 80N.
 - 3.6. Пронумеруйте виходи елементів схеми (меню Опции – Отображать на схеме – Номера узлов), та зніміть зображення робочого вікна.
 - 3.7. Відобразіть та зніміть зображення часових діаграм роботи схеми (меню Анализ – Анализ переходных процессов).
 - 3.8. Розрахуйте відносну похибку квантування.
 - 3.9. Зробіть висновки за результатами пункту 3.
- 4. Зробіть загальні висновки за результатами виконання лабораторної роботи.**

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Суть алгоритму послідовного наближення полягає у зрівноваженні вимірюваної напруги U_x компенсувальною напругою U_k , яка змінюється рівномірними ступенями. Даний алгоритм називають ще «молодшими розрядами вперед».

Відлік результату вимірювання здійснюється в момент рівності (із заданою точністю) цих величин. Для циклічного одержання вимірюваної інформації необхідно повторювати вимірювальний цикл. На рис.15.1 наведено структурну схему цифрового вольтметра послідовного наближення, а часові діаграми його роботи – на рис.15.2.

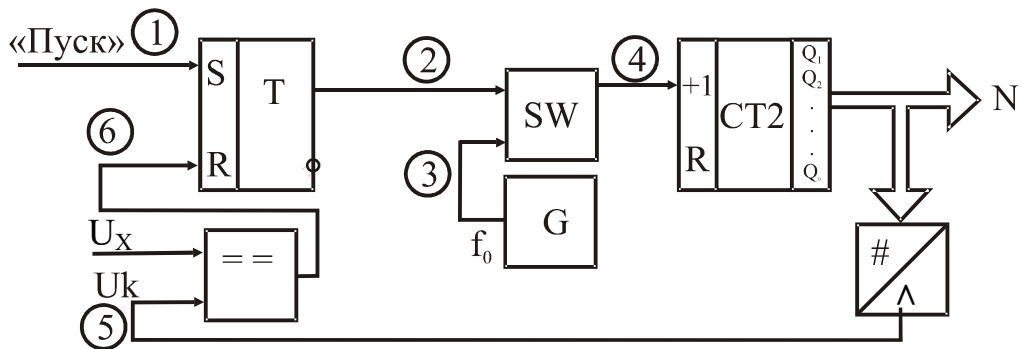


Рисунок 15.1

Основними елементами приладу є компаратор ПП, RS-тригер Т, схема збігу SW, генератор зразкової частоти G, двійковий лічильник CT2, цифро-аналоговий перетворювач ЦАП і цифровий відліковий пристрій.

Вихідне положення. Тригер Т і тригери двійкового лічильника CT2 знаходяться в нульовому стані. Рівнем логічного нуля закрита схема SW і імпульси зразкової частоти f_0 не поступають на вхід лічильника CT2 (точка 4 часової діаграми). Рівні логічних нулів з паралельних виходів лічильника поступають на відповідні входи цифро-аналогового перетворювача, який нульове значення двійкового коду перетворює в нульове значення компенсувальної напруги U_k (точка 5 на часовій діаграмі).

Вимірювання. За командою «Пуск» (момент часу t_1) тригер Т встановлює-

ється в одиничний стан і відкриває схему SW. Імпульси зразкової частоти f_0 із виходу генератора G через відкриту схему SW надходять на вхід двійкового лічильника СТ2, змінюючи тим самим двійковий код на його виходах. З паралельних виходів СТ2 двійковий код надходить на входи ЦАП і там перетворюється в аналоговий сигнал U_k .

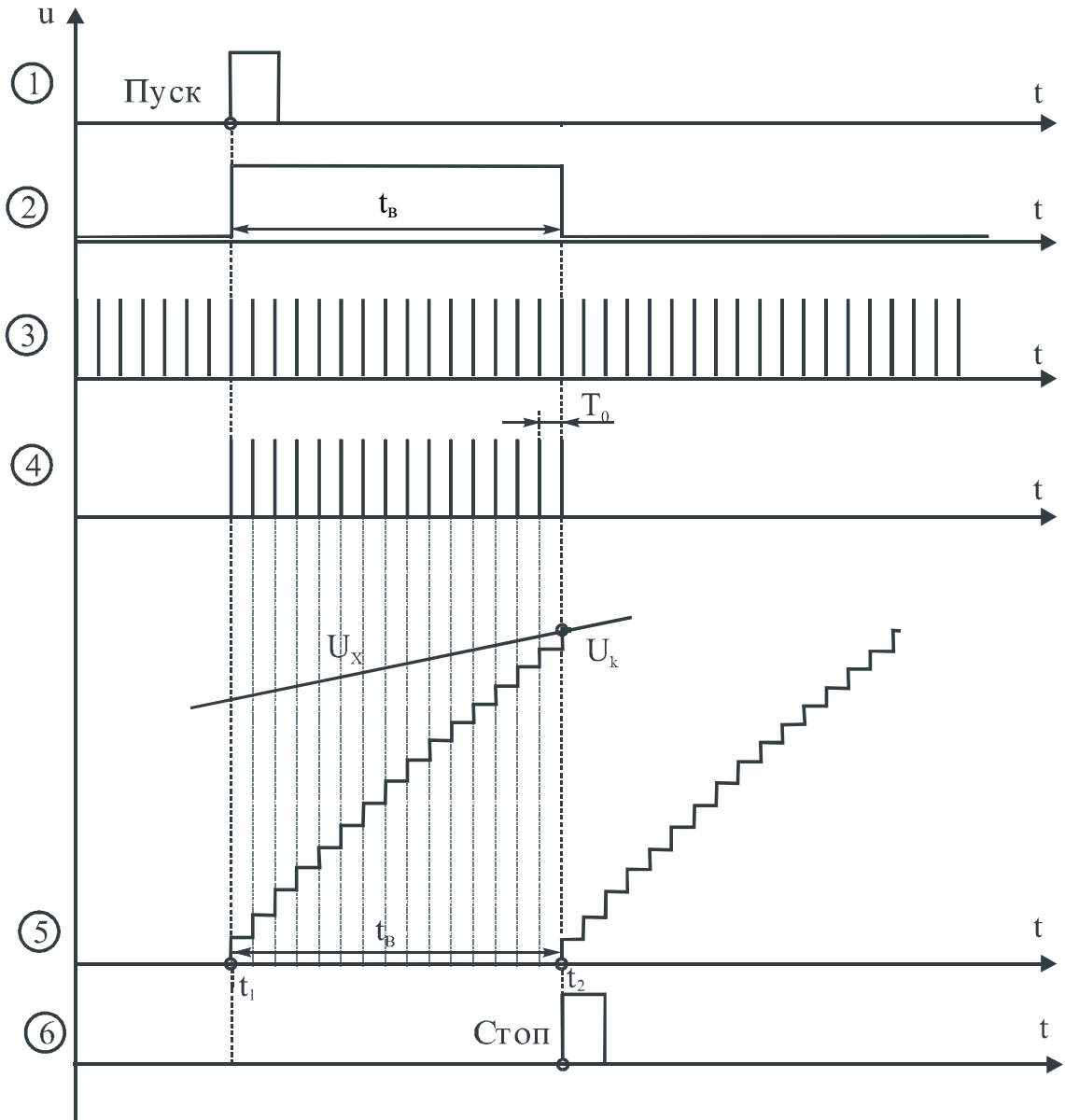


Рисунок 15.2

Прихід кожного імпульсу f_0 від генератора G формує нову сходинку компенсальної напруги U_k на виході цифро-аналогового перетворювача. У момент часу t_2 , коли $U_x = U_k$, тригер Т сигналом «Стоп», який формується на виході компаратора, встановлюється в нульовий стан і закриває схему SW. Та-

ким чином, у лічильнику СТ2 сформується двійковий код

$$N_{vp} = \frac{U_x}{h} = \frac{U_x}{U_0} 2^n, \quad (15.1)$$

де $h = U_0 / 2^n$ - крок квантування; n - розрядність двійкового лічильника;

U_0 - напруга опорного джерела живлення ЦАП.

Статична характеристика вольтметра послідовного наближення наведена на рис.15.3.

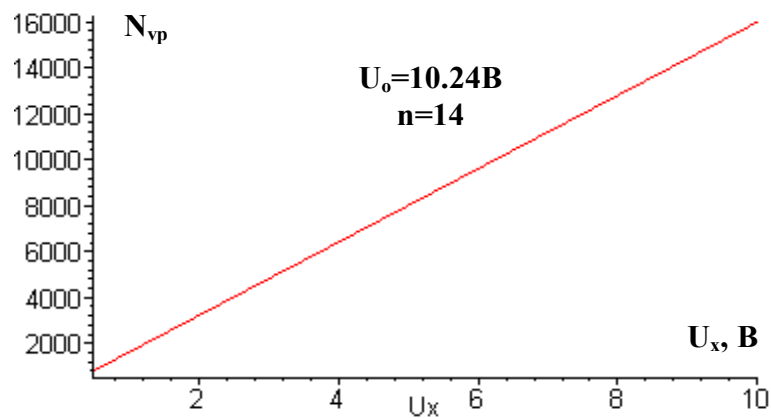


Рисунок 15.3

Похибка квантування вольтметра послідовного наближення визначається

$$\delta_{kvp} = \frac{1}{N_{vp}} 100\% = \frac{U_0}{U_x 2^n} 100\%, \quad (15.2)$$

а її графічне подання наведено на рис.15.4.

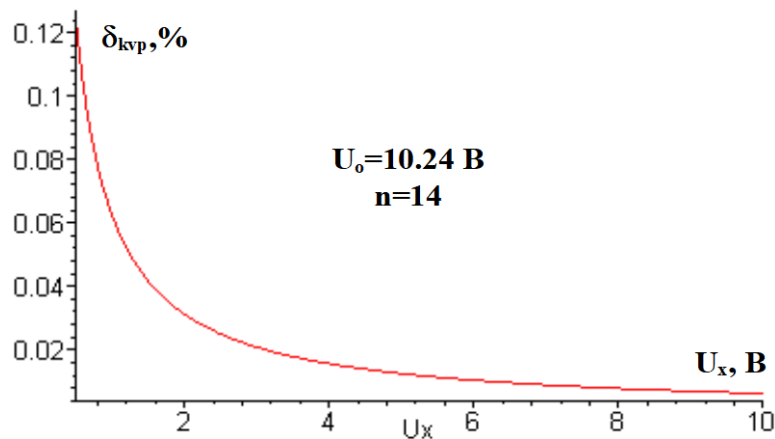


Рисунок 15.4

Час перетворення та похибка квантування вольтметрів послідовного наближення залежать від вимірюваної величини, а значення $\delta_{\text{квр}}$ в основному визначається розрядністю ЦАП і зоною нечутливості компаратора.

Контрольні питання та завдання:

1. Сформулюйте фізичний ефект, який покладено в основу роботи цифрового вольтметра послідовного наближення.
2. Які елементи структурної схеми формують компенсувальну напругу?
3. Чому даний алгоритм називають послідовного наближення або «молодшими розрядами вперед»?
4. Наведена структурна схема реалізує однократний чи циклічний режим роботи?
5. Наведіть переваги і недоліки алгоритму послідовного наближення.
6. Як визначити значення кроку квантування?
7. Як оцінити значення абсолютної похибки квантування?
8. Чи впливає на значення кроку квантування розрядність цифроаналогового перетворювача?
9. Якими параметрами елементів схеми обмежена швидкодія засобів вимірювання даного типу?
10. Яка фізична величина тут квантується?
11. Який параметр компаратора впливає на значення похибки квантування?
12. Наведіть структурну схему і часові діаграми роботи цього вольтметра.
13. Користуючись схемою і часовими діаграмами роботи опишіть принцип дії цього вольтметра.
14. В якому елементі формується опорна напруга? Чому її значення вибирають кратним 2^n ?
15. Виведіть рівняння перетворення і похибки квантування.
16. Покажіть шляхи зменшення похибки квантування.
17. Якими параметрами наведеної схеми обмежена нижня межа вимірювання, а якими – верхня?

18. Цифровим вольтметром послідовного наближення проведено вимірювання $U_x=5$ В. Наведіть структурну схему і часові діаграми роботи, опишіть принцип його дії. Визначити значення кроку квантування h , при якому відносна похибка квантування не перевищує 0.5%.

19. Цифровим вольтметром послідовного наближення проведено вимірювання $U_x=1.024$ В. Наведіть структурну схему і часові діаграми роботи, опишіть принцип його дії. Визначити кількість n десяткових розрядів двійково-десяткового лічильника, при яких відносна похибка квантування не перевищує 0.1%.

20. Цифровим вольтметром послідовного наближення проведено вимірювання $U_x=10$ В. Наведіть структурну схему і часові діаграми роботи вольтметра, опишіть принцип його дії. Визначити значення похибки квантування, якщо у структурній схемі каналу використано 10-ти розрядний двійковий лічильник.

ЛІТЕРАТУРА

1. Основи метрології та електричних вимірювань / Підручник: За ред. В. Кухарчука. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2011. – 531с.
2. Основи метрології та вимірювальної техніки / Підручник: За ред. Б. Стадника. – Львів: Бескид-Біт, 2003. – Т1, 2.
3. Кухарчук В.В., Кучерук В.Ю., Долгополов В.П., Грумінська Л.В. Метрологія та вимірювальна техніка. –Вінниця: ВНТУ, 2004. –252с.