

**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 № 3

Дослідження принципу дії та основних метрологічних характеристик вимірювального каналу різниці фаз миттєвих значень в середовищі програмного забезпечення Micro-Cap

Вінниця, 2022

ХІД РОБОТИ

1. Дослідження принципу роботи каналу різниці фаз миттєвих значень.

- 1.1. Запустіть програму Micro-Cap (Micro-Cap.exe).
- 1.2. Розмістіть на робочому полі RS – тригер (елемент SRFF з вкладок Digital Primitives – Gated Flip-Flops/Latches).
- 1.3. Приєднайте до входів CLRS, PREB та GATE вихід елементу логічної одиниці (елемент Pullup з вкладок Digital Primitives – Pullups/Pulldowns).
- 1.4. Приєднайте до R входу тригера генератор тактових імпульсів (елемент GClock з вкладок Digital Primitives – Stimulus Generators).
- 1.5. Задайте тривалість паузи сигналу тактуючого генератора, що під'єднаний до першого R входу тригера у відповідності до Вашого варіанту (табл.1). (стрічка Param:ONEWIDTH= у меню генератора).

Таблиця 1 – Тривалість паузи

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Частота	500N	1000N	1500N	2000N	2500N	3000N	3500N	4000N	4500N	5000N

- 1.6. Задайте тривалість імпульсу сигналу тактуючого генератора, що під'єднаний до першого R входу тригера у двічі більшу за тривалість паузи. (стрічка Param:ONEWIDTH= у меню генератора).
- 1.7. Приєднайте до S тригера елемент логічного «НЕ» (елемент Inverter з вкладок Digital Primitives – Standard Gates – Inverters).
- 1.8. Приєднайте до входу елемент логічного «НЕ» генератор тактових імпульсів (елемент GClock з вкладок Digital Primitives – Stimulus Generators).
- 1.9. Задайте тривалість паузи сигналу тактуючого генератора, що під'єднаний до входу елемент логічного «НЕ» рівною тривалості імпульсу генератора тактових імпульсів, що під'єднаний до R входу тригера.
- 1.10. Задайте тривалість імпульсу сигналу тактуючого генератора, що під'єднаний до входу елемент логічного «НЕ» рівною тривалості паузи генератора тактових імпульсів, що під'єднаний до R входу тригера.
- 1.11. Розмістіть на робочому полі двійковий лічильник (елемент 74HC93 з вкладок Digital Library – 74xx42 – 93-).
- 1.12. З'єднайте Q вихід тригера з MR1 та MR2 входами двійкового лічильника.
- 1.13. Приєднайте до Q виходу тригера елемент логічного «НЕ» (елемент Inverter з вкладок Digital Primitives – Standard Gates – Inverters).
- 1.14. Приєднайте вихід елемент логічного «НЕ» до першого входу елемент логічного «І» з 2 входами (елемент And2 з вкладок Digital Primitives – Standard Gates – And Gates).

- 1.15. До другого входу елемента логічного «І» з 2 входами приєднайте вихід генератора тактових імпульсів (елемент GClock з вкладок Digital Primitives – Stimulus Generators).
- 1.16. Задайте період імпульсу сигналу тактуючого генератора, що під'єднаний до другого входу елемента логічного «І» з 2 входами у 10 разів менший за тривалість паузи сигналу тактуючого генератора, що під'єднаний до першого R входу тригера.
- 1.17. Приєднайте до P0BAR входу двійкового лічильника вихід елемента логічного «І» з 2 входами.
- 1.18. З'єднати вихід лічильника Q0 з входом P1BAR.
- 1.19. Пронумеруйте виходи елементів схеми (меню Опции – Отображать на схеме – Номера узлов), та зніміть зображення робочого вікна.
- 1.20. Відобразіть та зніміть зображення часових діаграм роботи схеми (меню Анализ – Анализ переходных процессов).
- 1.21. Розрахуйте відносну похибку квантування.
- 1.22. Зробіть висновки за результатами пункту 1.

2. Дослідження впливу частоти вхідного сигналу на точність каналу різниці фаз миттєвих значень.

- 2.1. Збільшіть періоди сигналу тактуючих генераторів, що під'єднаний до входів тригера на 15 % в порівнянні з заданим для Вашого варіанту значенням (таб. 1), зберігаючи при цьому пропорційність між тривалістю їх імпульсів та пауз.
- 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. Зменшіть періоди сигналу тактуючих генераторів, що під'єднаний до входів тригера на 15 % в порівнянні з заданим для Вашого варіанту значенням (таб. 1), зберігаючи при цьому пропорційність між тривалістю їх імпульсів та пауз.
- 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 сигналу квантування на точність каналу різниці фаз миттєвих значень.

- 3.1. Збільшіть період сигналу тактуючого генератора, що під'єднаний до другого входу елемента логічного «І» з двома входами на 15 % в порівнянні з пунктом 1.
- 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. Зменшіть період сигналу тактуючого генератора, що під'єднаний до другого входу елемента логічного «І» з двома входами на 15 % в порівнянні з пунктом 1.
 - 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

Принцип дії цифрових фазометрів заснований на перетворенні різниці фаз двох періодичних сигналів однакової частоти у часовий інтервал t_x із наступним його квантуванням імпульсами зразкової частоти f_0 .

Структурну схему цифрового фазометра миттєвих значень наведено на рис.12.1, часові діаграми його роботи – на рис.12.2.

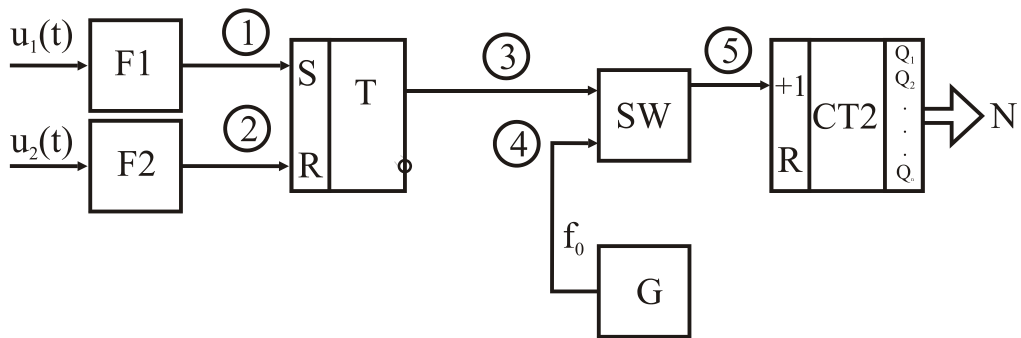


Рисунок 12.1

Основними елементами фазометра є два формувачі F_1 і F_2 , RS - тригер, схема збігу SW, генератор G, двійковий лічильник CT2 і цифровий відліковий пристрій.

Перетворення різниці фаз двох електричних сигналів $u_1(t)$ і $u_2(t)$ із частотою f_x у часовий інтервал t_x здійснюють відповідні формувачі F_1 , F_2 і RS-тригер T. Квантування часового інтервалу t_x імпульсами зразкової частоти f_0 відбувається за допомогою схеми збігу SW.

Вихідне положення. Тригер T і тригери двійкового лічильника CT2 знаходяться у стані логічного “0”. Рівнем логічного нуля закрита схема збігу SW. Тому імпульси зразкової частоти f_0 не поступають на вхід двійкового лічильника. Не відбувається процес квантування часового інтервалу t_x імпульсами зразкової частоти f_0 .

Вимірювання. У момент переходу напруги $u_1(t)$ через рівень нуля на виході формувача F_1 формується короткий імпульс, що встановлює тригер T в стан логічної одиниці. Цим рівнем відкривається схема SW, і імпульси зразкової частоти f_0 із виходу генератора G через відкриту схему SW надходять на

СТ2. У лічильнику СТ2 відбувається підрахунок імпульсів f_0 .

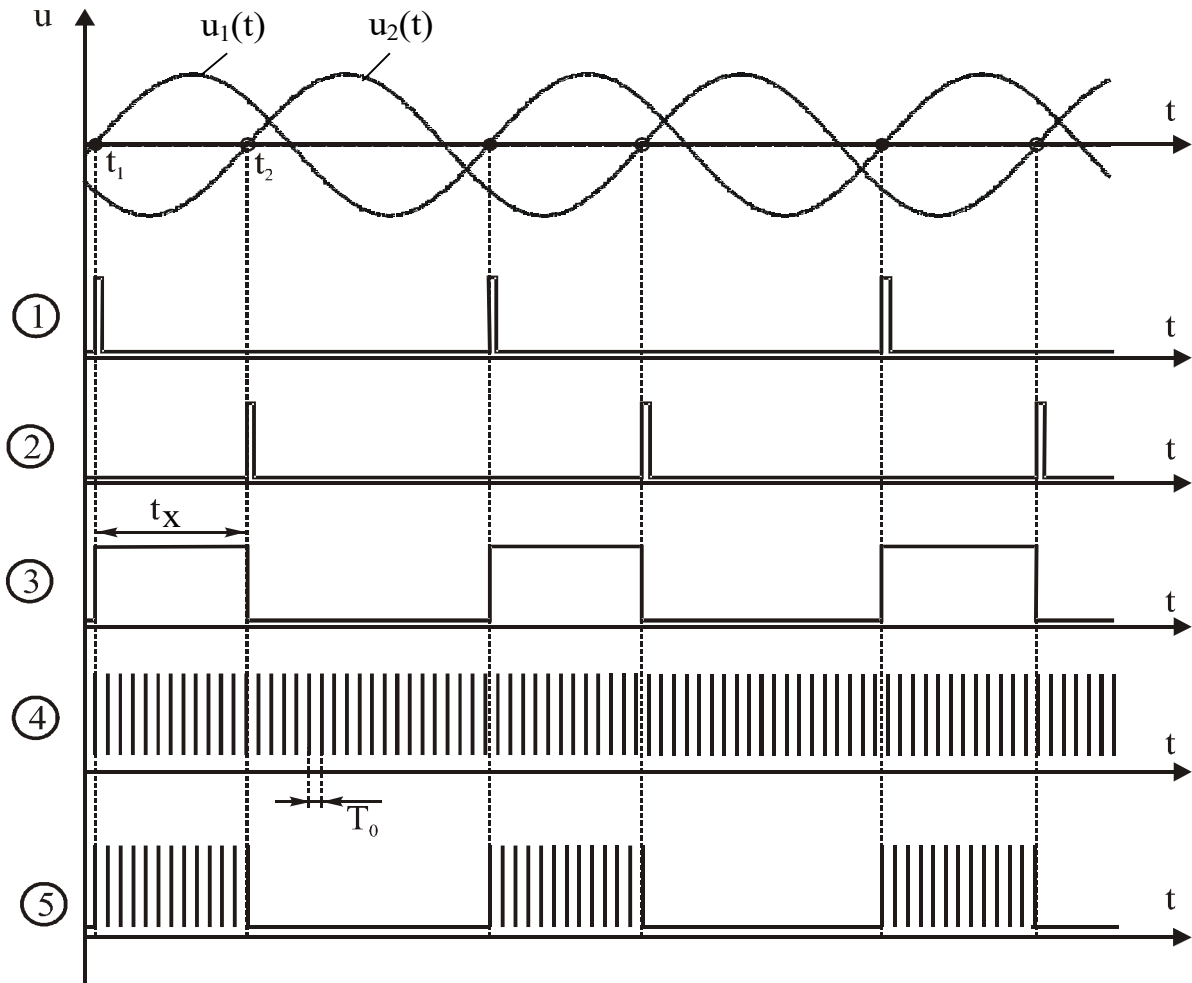


Рисунок 12.2

Цей процес відбувається доти, поки напруга $u_2(t)$ не перейде рівень нуля. В момент переходу $u_2(t)$ через нульовий рівень на виході формувача F_2 формується короткий імпульс, що встановлює тригер T в стан логічного нуля. Цим рівнем закривається схема SW , і припиняється надходження імпульсів із частотою f_0 на вхід лічильника СТ2.

Кількість імпульсів із частотою f_0 , що надійшли до лічильника СТ2 за часовий інтервал t_x , визначається як

$$N_{\text{фм}} = \int_{t_1}^{t_2} T_0 dt = \frac{t_x}{T_0} = t_x f_0. \quad (12.1)$$

Оскільки різниця фаз φ_x , що вимірюється, є різницею початкових фаз напруг $u_1(t)$ і $u_2(t)$

$$\varphi_x = \varphi_2 - \varphi_1 = \omega t_2 - \omega t_1 = \omega t_x = 2\pi f_x t_x, \quad (12.2)$$

то рівняння перетворення цифрового фазометра миттєвих значень матиме вигляд (статична характеристика наведена на рис.4.12)

$$N_{\text{фм}} = t_x f_0 = \frac{1}{2\pi} \frac{f_0}{f_x} \varphi_x. \quad (12.3)$$

Рівняння похибки квантування цифрового фазометра миттєвих значень подається таким співвідношенням

$$\delta_{\text{фм}} = \frac{1}{N_{\text{фм}}} 100\% = \frac{2\pi f_x}{\varphi_x f_0} 100\%. \quad (12.4)$$

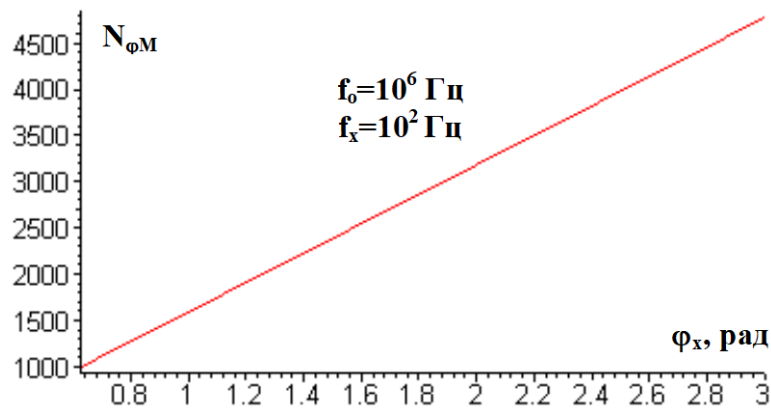


Рисунок 12.3

Аналіз рівняння похибки квантування (рис.12.4) показує, що результати вимірювань залежать від частоти вхідних сигналів f_x при постійних $f_0 = \text{const}$ та $\varphi_x = \text{const}$.

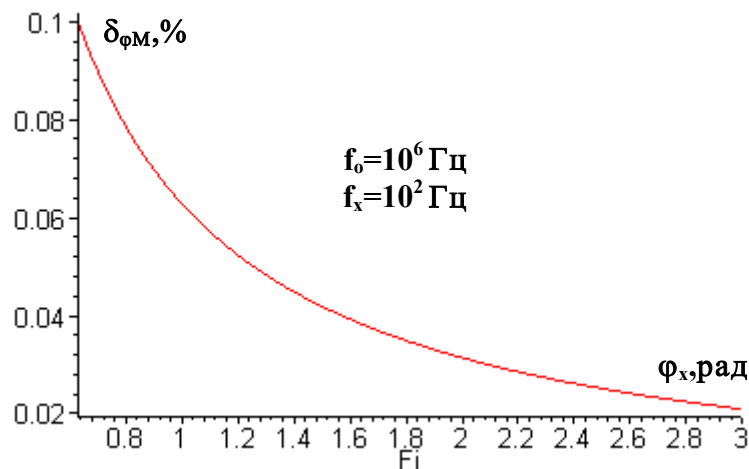


Рисунок 12.4

Для усунення цього недоліку застосовують усереднення вимірюваних інтервалів t_x протягом часу вимірювання t_b .

Контрольні питання і завдання:

1. Сформулюйте фізичний ефект, який покладено в основу роботи фазометра миттєвих значень.
2. Наведіть поняття різниці фаз.
3. Які ви знаєте одиниці вимірювання різниці фаз?
4. Наведіть структурну схему і часові діаграми роботи фазометра миттєвих значень.
5. Опишіть принцип його дії одночасно користуючись структурною схемою і часовими діаграмами роботи.
6. Виведіть рівняння перетворення та похибки квантування для фазометра миттєвих значень.
7. Чому дані фазометри отримали назву – миттєвих значень?
8. За допомогою яких елементів і де відбувається квантування часового інтервалу t_x імпульсами зразкової частоти f_0 ?
9. Які основні недоліки притаманні даній структурній схемі?
10. Цифровим фазометром миттєвих значень проведено вимірювання різниці фаз двох синусоїдних напруг. Частота квантування $f_0=1$ МГц, а часовий інтервал t_x , пропорційний вимірюваному параметру дорівнює 10 мс. Наведіть структурну схему та часові діаграми роботи фазометра, опишіть принцип його дії. Визначити відносну похибку квантування.
11. Цифровим фазометром миттєвих значень проведено вимірювання різниці фаз двох синусоїдних напруг з частотою $f_x=50$ Гц. Частота квантування $f_0=500$ кГц, кількість імпульсів які підрахував двійковий лічильник за час вимірювання $N=1000$. Наведіть структурну схему та часові діаграми роботи фазометра, опишіть принцип його дії. Визначити значення різниці фаз.

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.