

ПОБУДОВА НОНІУСНОГО ФАЗОМЕТРУ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ МІКРОПРОЦЕСОРНОЇ ТЕХНІКИ

При перевірці нових методів вимірювання значень фізичних величин часто використовується порівняння різних методів вимірювання, що реалізовані в засобах вимірювальної техніки. Проте, коректне порівняння не завжди використовується. Зазвичай порівнюються засоби різних виробників з невідомою внутрішньою складовою. Метою дослідження є розробка єдиного апаратного та спільного програмного забезпечення для порівняння ноніусних методів вимірювання.

Ключові слова: електронно-лічильний метод, метод однократного ноніуса, метод багатократної коінциденції пакетів імпульсів.

I.V. HULA, K.L. HORIASHCHENKO, L.V. KARPOVA

Khmelnitsky national university

V.V. STRELBITSKIY

Odessa national polytechnic university, Odessa

PHASE MEASURER BASED ON MICROPROCESSOR

When testing new methods for measuring physical values often used to compare different measurement methods, implemented in the measuring instruments. However, the correct comparison is not always used. Usually means different manufacturers are compared with unknown internal component. The aim of the study is to develop a single common hardware and software to compare noniusnyh methods of measurement.

Keywords: electron-counting method, single vernier method of repeated pulses kointsydentsiyi packages.

Проблеми дослідження

Задача розробки та дослідження новітніх методів та високоточних засобів вимірювання фазових зсувів сигналів до кінця ще не вирішена. Нові методи побудови фазовимірювальної апаратури знаходять широке застосування в радіотехнічних системах, які створюють передумови для їх вдосконалення. В той же час розвиток радіотехнічних систем приводить до необхідності створення більш сучасної вимірювальної апаратури і метрологічної бази. Все це потребує випереджаючого розвитку фазовимірювальної техніки, постійного оновлення парку існуючих фазовимірювальних приладів і створення нових спеціалізованих засобів вимірювання. В науковій літературі зазвичай порівнюються вимірювальні прилади побудовані на основі різних методів та різній елементній базі.

Для виконання вимірювань часто пропонується заміна вузла, що реалізує один метод вимірювання на інший вузол для реалізації альтернативного методу вимірювання. В такому випадку, заміна на новий метод вимагає від розробника апаратури фактично створення нового пристрою. Альтернативний шлях, що має місце в сучасному апаратному забезпеченні полягає у заміні тільки програмного забезпечення, з метою реалізації нової функції. Такий шлях оновлення апаратури є більш актуальним, оскільки зменшується час на оновлення парку вимірювальної техніки, для виробника апаратури – це можливість внести зміни в пристрій не залучаючи покупця до довготривалого періоду простою без апаратури, а для сервісного центру – можливість оновлення апаратури шляхом виїзду до покупця за лічені хвилини.

У дослідженні виконано порівняння фазометрів на основі електронно-лічильного методу, методу однократного ноніуса та методу багатократної коінциденції пакетів імпульсів. Для цього ми використали макет цифрового фазометра для трьох різних методів побудованих на основі низько швидкісної мікропроцесорної техніки (на основі мікроконтролера ATMEGA8), що дозволило перевірити основні можливості методів вимірювання кута фазового зсуву.

Основний розділ

Визначальною роллю для теорії вимірювальних приладів володіють фазові вимірювання сигналів, що обумовлено високими метрологічними характеристиками і інформаційною ємністю таких параметрів, як початкова фаза та різниця фаз гармонічних сигналів. Фазові вимірювання широко використовуються в наукових дослідженнях різних галузей науки і техніки. Первинні інформаційні параметри прагнуть перетворити в фазу електричного періодичного сигналу, оскільки останні забезпечують високий рівень точності вимірювань.

В роботі представлені теоретичні та практичні аспекти реалізації методу багатократної коінциденції пакетів імпульсів для підвищення точності вимірювання фазових зсувів сигналів в фазометричних приладах за рахунок використання збігів не з одиничним коротким імпульсом, а з пакетом імпульсів, що дозволило проводити прямі вимірювання фазових зсувів сигналів на частотах понад 1МГц.

Застосування ноніусних методів у засобах вимірювань, в тому числі і фазових, дозволяє підвищити точність вимірювань, збільшити частотний діапазон вимірювань, розширити сферу використання

вимірвальних приладів.

Актуальність створення високоточної апаратури для вимірювання фазових зсувів сигналів не викликає сумнівів у зв'язку з тим, що вони є базовими для вимірювань в області радіосигналів. На сьогоднішній час в багатьох радіотехнічних пристроях використовуються такі вимірювання. Об'єктивно, необхідність пошуку нових методів у галузі вимірювання фазочастотних параметрів саме радіосигналів наростає, і в першу чергу це пов'язано із значними успіхами у підвищенні інструментальної точності радіовиміральної апаратури.

На рис. 1 показано сучасні зразки виміральної техніки в галузі вимірювання фазових зсувів. В таблиці 1 наведені їх характеристики. Як видно з таблиці, ці прилади є різними за параметрами, за конструкторською реалізацією, а також різними за апаратними принципами побудови.



Рис. 1. Сучасні зразки виміральної техніки

Таблиця 1

Характеристики вимірювачів фазових зсувів (рис. 1)			
	HP-3575a	Ф2-34	Krohn-Hite 6610
Діапазон частот	від 1Гц до 13МГц	від 0,5 Гц до 5МГц	1Гц до 10МГц
Розрізняльна здатність	0,1°	0,1°	0,1°
Основна похибка	±0,025° (20Гц-100кГц), ±0,1° більше 100кГц.	±0,05° (20Гц-200кГц) ±0,12-0,6° (200кГц-5МГц)	±0,025° (20Гц-100кГц), ±0,1° більше 100кГц.
Час вимірювання	від 1Гц до 1кГц - 33сек від 10Гц до 100кГц - 4сек від 100Гц до 1МГц - 1,1с від 1кГц до 13МГц - 0,66с	1сек, 10сек	більше 10Гц - 500мс, менше 10Гц - 5сек

Порівняння цих результатів є не зовсім коректними, оскільки з цих ТТХ не видно особливостей реалізації цих фазометрів. На сучасному етапі розвитку мікропроцесорної техніки, немає особливої різниці в ціні мікроконтролерів з тактовими частотами в 20 МГц та 400 МГц. Також не є суттєвим компонування пристроїв. Як видно з рис. 1, зовнішній вигляд та розміщення елементів керування майже ідентичне. За точністю та основною похибкою, а також часом вимірювання різниці також не має.

Отже, порівняння методів вимірювання не можна виконувати тільки порівнянням параметрів вимірвальних засобів. Подальший розвиток фазометрії потребує не тільки використання нової елементної бази та досягнень схемотехніки, але й вирішення задач, пов'язаних з узагальненням досвіду класичної фазометрії та доповнення її новими розробками, які розширюють можливості застосування методів та засобів фазових вимірювань. Таким чином, порівнювати слід методи, що реалізовані на одній елементній базі.

Перетворення "фаза-кількість імпульсів" ("фаза-час")

В основі роботи більшості сучасних цифрових фазометрів лежить принцип перетворення вимірюваного кута зсуву фаз в часовий інтервал, тривалість якого пропорційна значенню виміральної величини. Електронно-лічильний метод є самим поширеним методом вимірювання фазових зсувів сигналів. Основними перевагами електронно-лічильного методу є висока швидкодія, можливість вимірювання зсуву фаз на будь-якій інфранизькій частоті, оскільки нижня гранична частота не обмежена. Основними недоліками електронно-лічильного методу є ріст похибки квантування від збільшення f_x , гранична верхня частота становить

$$f_{x\max} = 500 \text{ Гц.}$$

Алгоритм електронно-лічильного методу представлений на рис. 2. Метод "одного" збігу оснований на порівнянні двох шкал, розміри

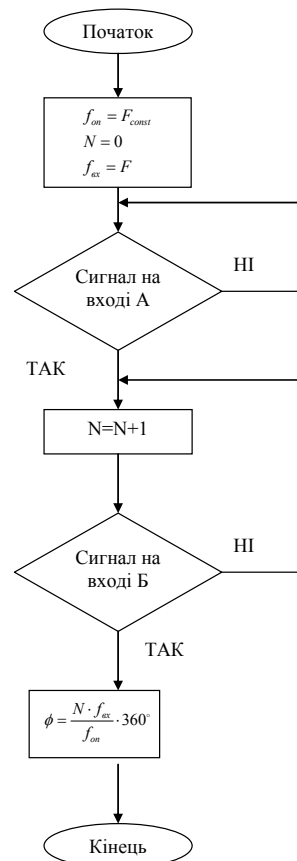


Рис. 2. Алгоритм електронно-лічильного методу

поділок яких відрізняються на потрібну ступінь квантування (розмір оцінюваного розряду відліків). Основними перевагами методу однократного ноніусу є: простота апаратної реалізації, підвищення точності вимірювання в порівнянні з електронно-лічильним методом, без суттєвого підвищення вимог до швидкодії елементів схеми (зокрема, лічильників), оскільки періоди опорної і ноніусної послідовностей близькі між собою і мають тривалість приблизно в разів більшу ціни поділки молодшого оцінюваного розряду.

Основними недоліками є: підвищення точності на декілька порядків веде до збільшення часу вимірювання; високі вимоги до стабільності формування періоду опорної і ноніусної послідовностей, що обумовлено накопленням похибок в процесі вимірювання за рахунок сумування в часі тривалості окремих періодів.

Для усунення недоліків ноніусних методів та класичного методу коінциденції, що пов'язані з необхідністю застосування імпульсів мінімальної тривалості було запропоновано замість 2-х збігів, як у методі коінциденції, використати $n_{\text{окні}}$ збігів (рис. 1), що дозволило підвищити точність визначення кута зсуву фази за рахунок досягнення меншої еквівалентної тривалості імпульсів при прийнятному часі вимірювання. При використанні багатократних збігів імпульси формуються у відповідні пакети співпадіння імпульсів вхідних сигналів з опорним, тому даний метод отримав назву "Метод багатократної коінциденції пакетів імпульсів". У методі багатократної коінциденції пакетів імпульсів використовується багатократність збігів імпульсів. Другою ключовою особливістю є використання співпадіння вже не по імпульсам, а по пакетах імпульсів, що дозволяє використовувати тривалість імпульсів на декілька порядків більшу ніж у ноніусних методах вимірювань та класичному методі коінциденції вираз що метод багатократної коінциденції пакетів імпульсів надає можливість встановлення тривалості імпульсів в достатньо широкому інтервалі. Тобто це дає можливість використовувати сталу тривалість імпульсів в широкому діапазоні частот вхідних сигналів.

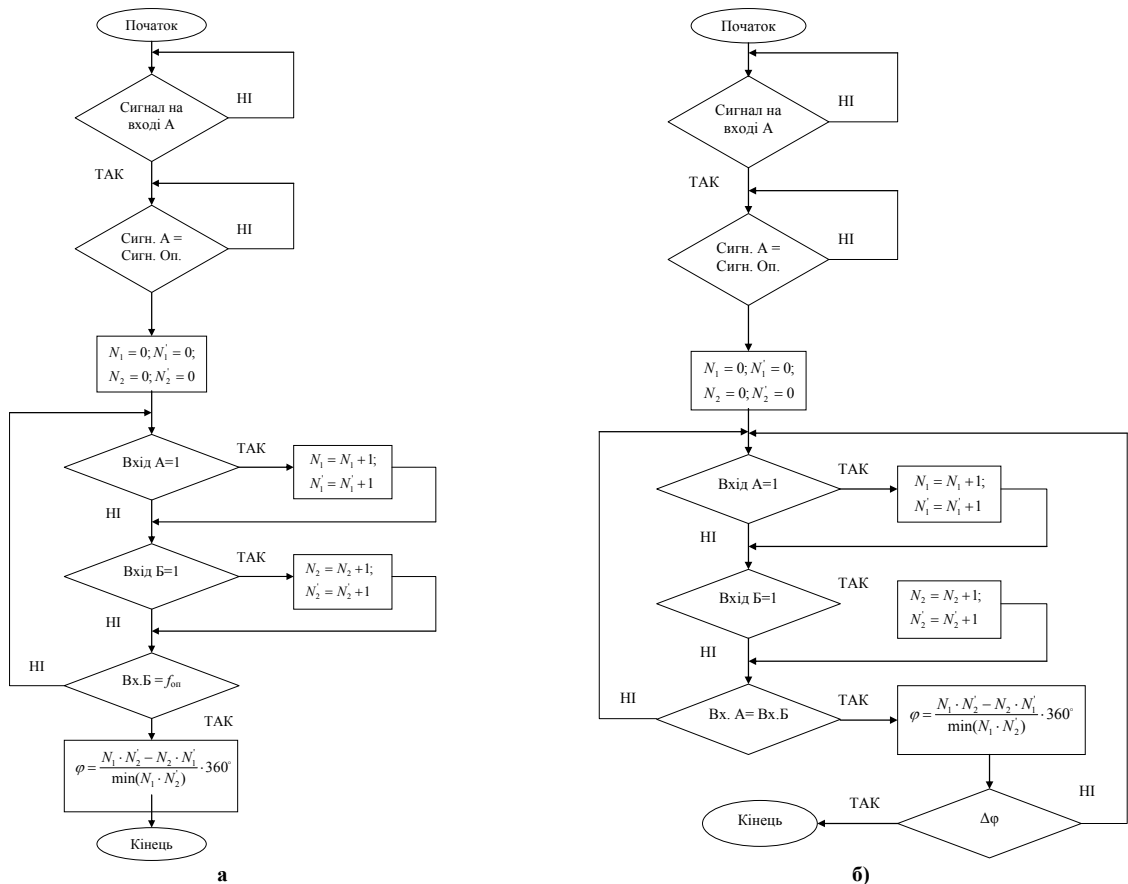


Рис. 3. Ноніусні методи: а) однократна коінциденція; б) багатократна коінциденція

Розв'язок проблеми

На рис. 3. показано ноніусні методи вимірювання. Як видно з наведених блок-схем, різниці в визначенні моментів настання вхідних сигналів так як і в алгоритмі рис. 2 не має. Це означає, що апаратна реалізація на спільному апаратному рівні є можливою. А враховуючи, що в роботі [3] було показано, що робочі частоти виміральної системи можуть бути на рівні робочих частот вхідного сигналу, то реалізація цих алгоритмів можлива в єдиному апаратному блоці. Оскільки для ноніусного методу (див. рис. 2) основна складність – це визначення моментів співпадіння, то для визначення співпадіння можна використати високоточну цифрову техніку.

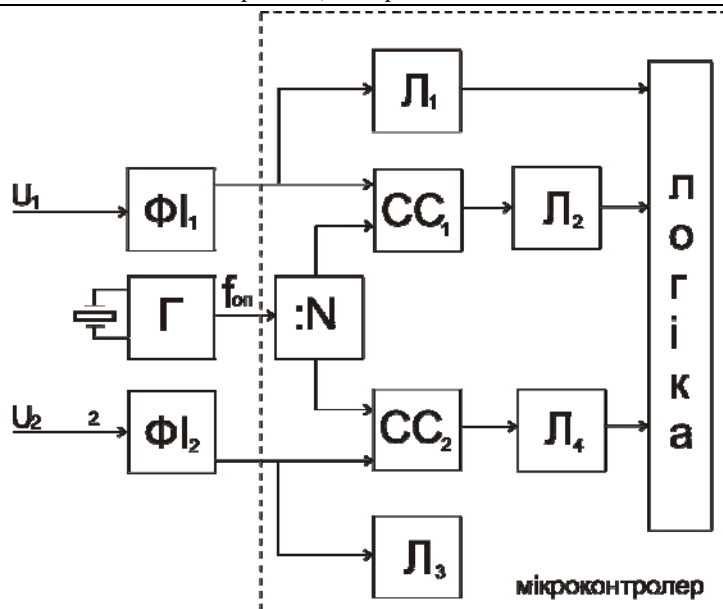


Рис. 4. Структурна схема лабораторного макету фазометра з використанням мікроконтролера (для 3-х різних методів)

На рис. 4. показана запропонована структурна схема із застосуванням мікроконтролера. За допомогою апаратних можливостей мікроконтролера реалізуються такі задачі як:

1) Формування імпульсів. У якості формувачів імпульсів використовуються вхідні порти мікроконтролера, які мають внутрішню синхронізацію до опорного тактового генератора.

2) Схема співпадіння. У якості такої схеми пропонується використати програмну обробку станів портів контролера шляхом застосування високошвидкісного механізму переривань. Оскільки пропонується використання сучасного контролера серії ATmega фірми ATMEL, то будуть задіяні два входи INTO, INT1.

3) Обробка результатів вимірювання. Обробка даних відбувається згідно одного з обраних алгоритмів роботи вимірювача.

Висновок

Таким чином, на відміну від більшості авторів, які виконують порівняння різних методів вимірювання тієї чи іншої величини шляхом порівняння технічних параметрів ряду вимірювальних приладів, в роботі показана актуальність необхідності виконання порівняння різних методів вимірювання із застосуванням єдиної апаратної бази. Таке застосування дозволяє показати доцільність заміни одного методу вимірювання на інший за умов сталості апаратного забезпечення, а не за рахунок заміни одного блоку вимірювання на інший, в якому покращення параметрів досягається часто тільки збільшенням тактових частот та введенням більш сучасної цифрової техніки.

Література

1. Богородицкий А.А. Нониусные аналогово-цифровые преобразователи / А.А. Богородицкий, А.Г. Рижевский. – М.: "Энергия", 1975. – 250 с.
2. Горященко, К. Л. Вимірювач кута фазових зсувів за методом коінциденції / К. Л. Горященко, І. В. Гула // Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». Серія: Радіотехніка. Радіоапаратобудування. – 2013. – Вип. 53. – С. 74–81
3. Гула І.В. Властивості методу коінциденції для вимірювання фазових зсувів сигналів / І.В. Гула // Дванадцята міжнародна науково-технічна конференція "Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах" (ВОТТП_12_2013), 3-8 червня 2013р.: тези доповідей. – Одеса. – С. 63-64.
4. Чмых М.К. Цифровая фазометрия / М.К. Чмых. – М.: Радио и Связь, 1993. – 184с.

References

1. Bogorodyczk'j A.A. Nonyusnye analogovo-cyfrovye preobrazovateli / A.A. Bogorodyczk'j, A.G. Ryzhevsk'j. – М.: "Энергия", 1975. – 250 с.
2. Horiashchenko, K. L. Hula I. V. Vymiriuvach kuta fazovykh zsuviv za metodom kointsydentsii. Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu Ukrainy «Kyivskiy politekhnichnyy instytut». Seriya: Radiotekhnika. Radioaparotobuduvannia. – 2013. – Vyp. 53. – S. 74–81
3. Hula I.V. Doslidzhennia optimalnoi struktury avtomatyzovanoho vymiriuvacha fazy syhnaliv na osnovi pryntsypu kointsydentsii. Visnyk KhNU. – Tekhnichni nauky. – 2013. - #4. – S. 230-232.
4. Chmukh M.K. Tsyfrovaia fazometryia. – М.: Radyo y Sviaz, 1993. – 184s.

Рецензія/Peer review : 17.12.2014 р.

Надрукована/Printed :26.12.2014 р.
Рецензент: Троцишин І.В., д.т.н., проф.