

УСУНЕННЯ МЕРТВОЇ ЗОНИ ПРИ ВИМІРЮВАННЯХ ФАЗОВИХ ЗСУВІВ СИГНАЛІВ ФАЗОМЕТРОМ КОІНЦИДЕНЦІЇ

Суттєвим недоліком фазометра є наявність невизначеності результату вимірювання при значенні кутів зсуву фази близьких до 0 градусів. В статті представлено причини виникнення зони невизначеності для фазометра за методом коінцидентності. Показано усунення даного недоліку.

Ключові слова: метод коінцидентності, фаза.

I.V. HULA, K.L. HORIASCHENKO

Khmelnitsky national university

OPTIMIZATION OF MEASUREMENT SIGNALS PHASE SHIFT PHASE METER COINCIDENCE IN DEAD ZONE

A significant drawback of the phase measurer based on coincidence is the presence of uncertainty phasemeter result in the certain angles close to 0 degrees. The article presents causes of the zone of uncertainty for such measurer. Also shown what removing of such undefined zone is possible by use of phase shifter based on delay element. Phase measurer on coincidence method feature mak have an ability to determine approximate phase angle before ending of complete cycle of measuring. This ability make possible to stop measuring process, enable phase shifter and restart measuring in safe zone for phase measuring.

Keywords: method coincidents, phase.

Мета роботи. Одним з складних випадків вимірювання кута зсуву фази є вимірювання значень кута зсуву при наближенні до 0 градусів. В такому випадку, фазометр може видавати хибну інформацію – видавати кут близьким до 0 або до 360 градусів, замінюючи значення між собою хаотично. Тому і потрібно визначити шляхи усунення можливої неоднозначності визначення кута зсуву фази. Для фазометра за методом коінцидентності потрібно також визначити умови виникнення похибки вимірювання зсувів фази при наближенні до цих значень.

Проблеми дослідження

Суттєвим недоліком перетворювачів фази сигналів в інтервали часу є наявність мертвих зон – зон непрацездатності або зон хибної роботи цифрового фазометра [1, 2]. Фактично, ширина мертвої зони фазометра обумовлена тільки кінцевою швидкістю (розрізняювальною здатністю) вхідного логічного елемента. Зазвичай – таким елементом є тригер або компаратор, для яких ширина зони хибного спрацювання може бути визначена як:

$$\Delta\phi_m = \pm 360 \frac{t_p}{T},$$

де t_p – час дозволу тригера.

Виключають мертву зону за допомогою введення додаткового фазообертача при $|\phi| < \Delta\phi_m$. Найбільш поширене – введення значення фазообертача з кутом 180°, що може бути здійснено комутацією імпульсів запуску тригерів. Недолік даного метода заключається в необхідності індикації попадання в мертву зону і появи додаткових похибок, зв'язаних з неточністю додаткового фазового зсуву, що вводиться.

Основний розділ

Причина існування мертвої зони чутливості фазометра полягає у тому, що вхідні сигнали надходять, маючи часову нестабільність появи цих сигналів на вході цифрового блоку обробки даних (рис. 1). Джерелом нестабільності є елементи формування вихідних імпульсів. На рис.1 сигнали f_{x1} , f_{x2} – вхідні імпульсні послідовності, відповідно, першого та другого каналів.

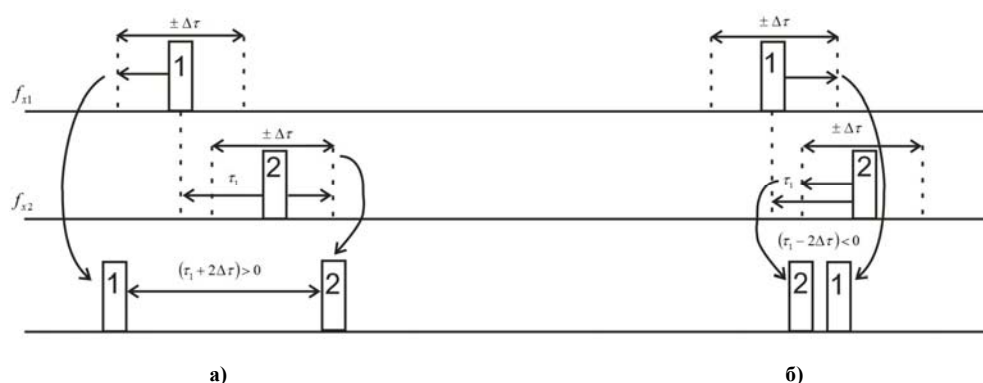


Рис. 1. Нестабільність вхідних сигналів (f_{x1} , f_{x2}) та зміна порядку надходження відповідних імпульсів: а) нормальний порядок; б) хибний порядок

Прийmemo, що для вхідних сигналів шириною τ має місце нестабільність $\pm\Delta t$. Розглянемо рис. 1. Якщо сигнали на першому та другому каналі розміщено близько, то має місце перекриття смуг Δt між собою. Відповідно, варіант рис.1, а) відповідає стану, коли перший сигнал (f_{x1}) запізнюється на $+\Delta t$, а другий – навпаки, випереджає на $-\Delta t$. В наслідок наявності на вході цифрової частини фазометра за методом коінцидентії елемента співпадіння, має місце заміна в часі імпульсів першого та другого каналів, що еквівалентно ситуації для кута зсуву фази, що наближаються до 360 градусів.

Для оберненого ситуації – перший сигнал випереджає на $-\Delta t$, а другий запізнюється на $+\Delta t$ – веде до еквівалентної ситуації – визначення вхідного кута як кута близького до 0 градусів.

Таким чином, наявність нестабільності часу появи вхідних сигналів обов'язково буде призводити до похибки у вимірюванні значення кута зсуву фази на вході.

Розв'язок проблеми

Як видно з рис. 1, якщо один з сигналів додатково затримати по відношенню до іншого на час більший за сумарну нестабільність $2 \times \Delta t$, то це гарантує однозначність визначення кута зсуву фази протягом всього періоду роботи пристрою. Отже, для усунення мертвої зони достатньо використати затримку або фазообертач.

Проте, однією з проблем реалізації такого фазообертача є створення фазообертача з постійним кутом зсуву фази на різних частотах. Фазообертачем у загальному випадку може виступати елемент затримки з відомим часом затримки. Застосування елемента затримки з постійним часом затримки веде до частотозалежної величини кута зсуву фази фазообертача.

Кут зсуву може бути визначено як :

$$\phi = \left[\frac{t_{\text{затримки}}}{T_{\text{період}}} \cdot 2\pi \right] \bmod 2\pi, \quad (1)$$

де $t_{\text{затримки}}$ – час затримки розповсюдження сигналу у фазообертачі;

$T_{\text{період}}$ – період вхідного сигналу.

В запропонованій схемі [3, 4] вимірювача зсуву фази за методом коінцидентії в схему введено частотомір для визначення частоти вхідного сигналу, тому вираз (1) може бути представлено як:

$$\phi = [t_{\text{затримки}} \cdot f \cdot 2\pi] \bmod 2\pi. \quad (2)$$

З виразу (2) слідує важливий наслідок, що для побудови фазообертача потрібно використати елемент затримки з часом затримки згідно наступної умови:

$$\begin{aligned} [t_{\text{затримки}} \cdot f \cdot 2\pi] \bmod 2\pi &\neq 0 \\ [t_{\text{затримки}} \cdot f \cdot 2\pi] \bmod 2\pi &\rightarrow \pi \\ t_{\text{затримки}} &> \Delta t \end{aligned} \quad (3)$$

Отже фазообертач має бути розрахований таким чином, щоб у робочому діапазоні частот забезпечив ненульове значення кута зсуву фази.

Алгоритм керування фазообертачем

Для керування фазообертачем розроблено відповідний алгоритм, реалізація якого показана на рис. 2. Суть алгоритму полягає у оцінюванні результату вимірювання та при наближенні кута зсуву фази до 0 або 360 градусів. Оскільки встановлено, що метод коінцидентії дозволяє в процесі вимірювання визначати значення кута зсуву фази до завершення повного циклу вимірювання, то ця особливість і використана для пришвидшення прийняття рішення про використання додатково фазообертача.

Відповідна реалізація цифрового вимірювача фази сигналів на основі методу коінцидентії із фазообертачем показана на рис.2.

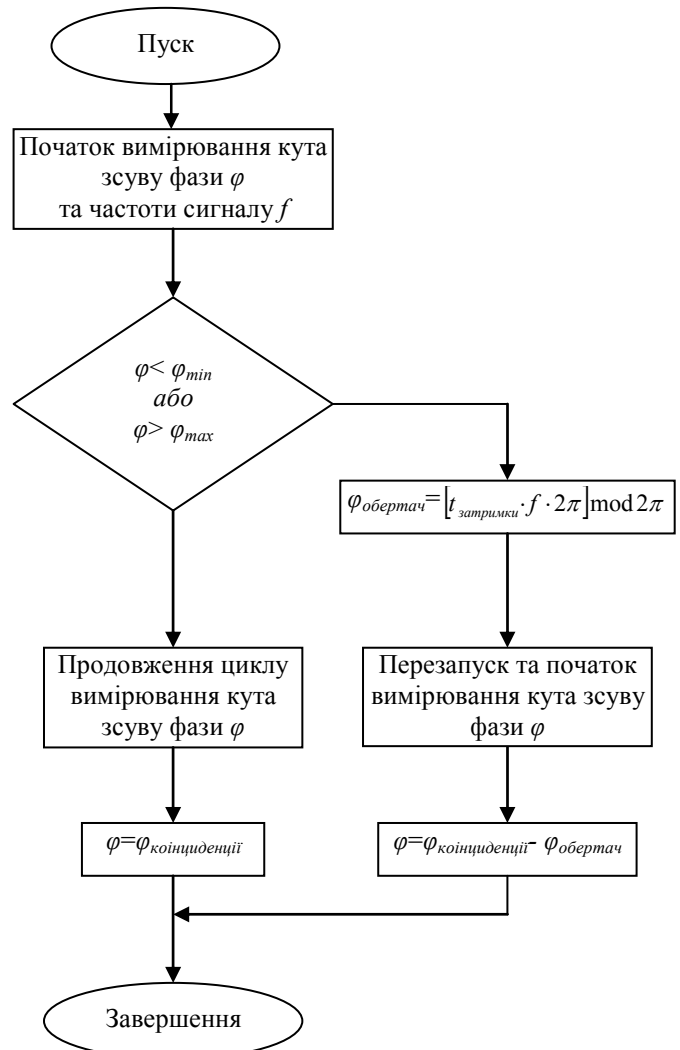


Рис.2 Алгоритм вимірювання кута зсуву фази із застосуванням фазообертача

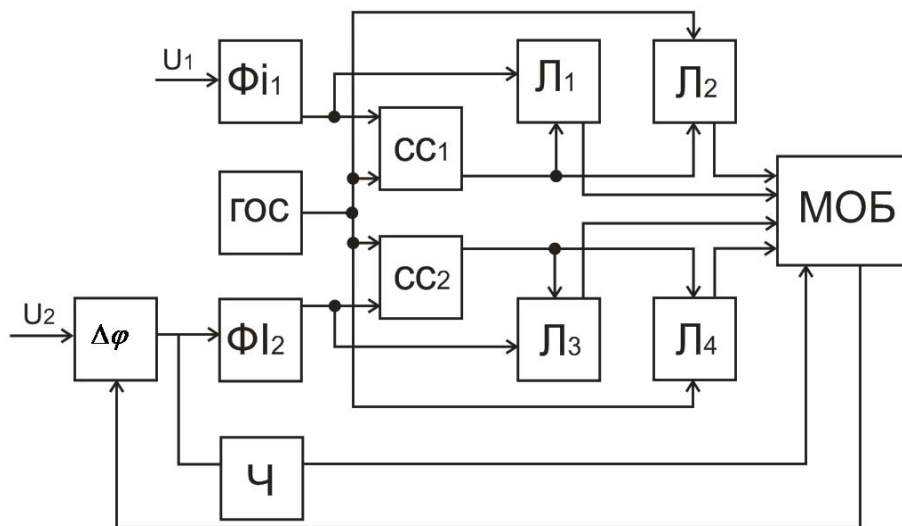


Рис.3 Схема усунення невизначеності нуля із застосуванням фазообертача. Тут «Ч» - частотомір, «Δφ» - фазообертач, ГОС - генератор опорних сигналів, ФІ1, ФІ2 - формувачі імпульсів, СС1, СС2 - схеми співпадіння, Л1-Л4 - лічильники імпульсів, МОБ - мікропроцесорний обчислювальний блок

Приведена структурна схема з застосуванням фазообертача дозволяє виконувати вимірювання в автоматизованому режимі.

Висновок

1. Фазометр за методом коінциденції має мертву зону чутливості, що обумовлена часовою нестабільністю вхідних сигналів. Мертва зона чутливості відповідає моменту переходу кута зсуву фази через 0 градусів.

2. Особливістю застосування фазометра за методом коінциденції є можливість виявлення знаходження значення кута зсуву фази у мертву зону чутливості ще в процесі вимірювання, а це дозволяє задіяти фазообертач та внести додатковий керований кут зсуву фази. В результаті, в порівнянні з іншими схемами фазометрів, що застосовують фазообертачі, фазометр за методом коінциденції дозволяє набагато швидше прийняти рішення про ввімкнення фазообертача.

3. Введення такого додаткового елемента як фазообертача базується на застосуванні вже існуючого у базовій схемі фазометра елементу – частотоміра. А отже, не вимагає суттєвого ускладнення апаратної реалізації пристрою.

Література

1. Чмых М.К. Цифровая фазометрия / М.К. Чмых. – М.: Радио и Связь, 1993. – 184с.
2. Глинченко А.С. Некоторые методы уменьшения мертвых зон цифровых фазометров / А.С. Глинченко, М.К. Чмых // Фазоизмерительные системы и устройства. – Томск: ТГУ, 1973. – С. 106-110.
3. 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
4. Гула І.В. Дослідження оптимальної структури автоматизованого вимірювача фази сигналів на основі принципу коінциденції / І.В. Гула // Вісник ХНУ. – Технічні науки. – 2013. - №4. – С. 230-232.

References

1. Chmukh M.K. Tsyfrovaia fazometryia. – M.: Radyo y Sviaz, 1993. – 184s.
2. Hlynchenko A.S., Chmukh M.K., Nekotorue metodu umensheniya mertvukh zon tsyfrovukh fazometrov.// Fazoyzmyernitelnye systemy y ustroystva. - Tomsk: THU, 1973. -S. 106-110.
3. Horiashchenko, K. L. Hula I. V. Vymiriuvach kuta fazovykh zsuiv za metodom kointsydentsii. Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu Ukrainy «Kyivskyi politekhnichnyi instytut». Serii: Radiotekhnika. Radioaparotobuduvannia. – 2013. – Vyp. 53. – S. 74–81
4. Hula I.V. Doslidzhennia optimalnoi struktury avtomatyzovanoho vymiriuvacha fazy syhnaliv na osnovi pryntsyphu kointsydentsii. Visnyk KhNU. – Tekhnichni nauky. – 2013. - #4. – S. 230-232.

Надіслана/Written: 26.09.2013 р.

Рецензент: д.т.н., проф. кафедри ТЕЗ Троцишин І.В.
Одеської національної академії зв'язку імені А.С. Попова