

ФАЗОМЕТРИЧНА НВЧ СИСТЕМА

**Яненко О. П.¹, д.т.н., проф.; Горшков А. П.¹, аспірант;
Чубенко В. Ю.² зав. кафедри метрологічного забезпечення вироб-**
ництва, електричних та радіотехнічних вимірювань

¹Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

²ДП Укр НДНЦ проблем стандартизації, сертифікації та якості

Вимірювання фазового зсуву між двома високочастотними сигналами є досить актуальною задачею в побудові сучасної техніки. Вимірювання фазового зсуву використовується в антенній техніці, наприклад, при побудові антенних решіток, радіолокації для більш точного визначення розташування об'єктів, в радіозв'язку для підвищення завадозахищеності та пропускну здатності каналів. Фазові методи знаходять широке застосування в експериментальній фізиці, в геодезії та геології, в системах контролю фізичних величин тощо [1, 2]. Окрім того можливості фазових вимірювань перспективні також для таких галузей як біологія та медицина, при використанні слабких монохроматичних сигналів для зондування (діагностики) стану біологічних об'єктів [3].

Найбільш розповсюджені в такому діапазоні НВЧ двоканальні фазометри з гетеродинним перетворенням вхідної частоти та стробоскопічні фазометри [4]. Недоліками подібних фазометрів є наявність спільного гетеродина та фазової автоматичної підстройки частоти, які є джерелами проходження паразитних складових із каналу в канал та відповідно зниження точності із збільшенням робочої частоти.

Авторами запропонована схема фазометричної системи, яка забезпечує можливість вимірювання фазових зсувів на надвисоких частотах при збільшенні точності. Основою системи є метод вимірювання різниці фази за допомогою використання динамічно перемикаємого дискретного фазообертача (пристрою зміщення частоти), здатного забезпечувати вимірювання фазових зсувів в діапазоні частот до десятків ГГц. Метод забезпечує перенесення фазової інформації на низьку проміжну частоту без застосування спільного гетеродина та системи стабілізації частоти.

На рисунку 1 представлена блок-схема фазометричної системи для вимірювання різниці фази. Перед вимірюванням проводиться установка нуля фазометра, для чого на входи 1 та 2 подаються ідентичні сигнали:

$$U_{c1} = U_{c2} = U_0 \cdot \sin(\omega_0 t + \phi_0). \quad (1)$$

Сигнал з входу 1 поступає на перший вхідний пристрій, а сигнал з входу 2 поступає на другий вхідний пристрій, на виході сигнали будуть мати вигляд:

$$U_1 = U_2 = k_1 \cdot U_0 \cdot \sin(\omega_0 t + \phi_0 + \phi_{ex.n}), \quad (2)$$

де k_1 — коефіцієнт перетворення вхідних пристроїв 1 та 2.

Сигнал з $U1$ напряму поступає на змішувач $U3$, а сигнал з $U2$ — через динамічний фазообертач $U4$. Таким чином на змішувач поступає два сигнали, один з незмінною початковою фазою, інший з динамічно змінною фазою.

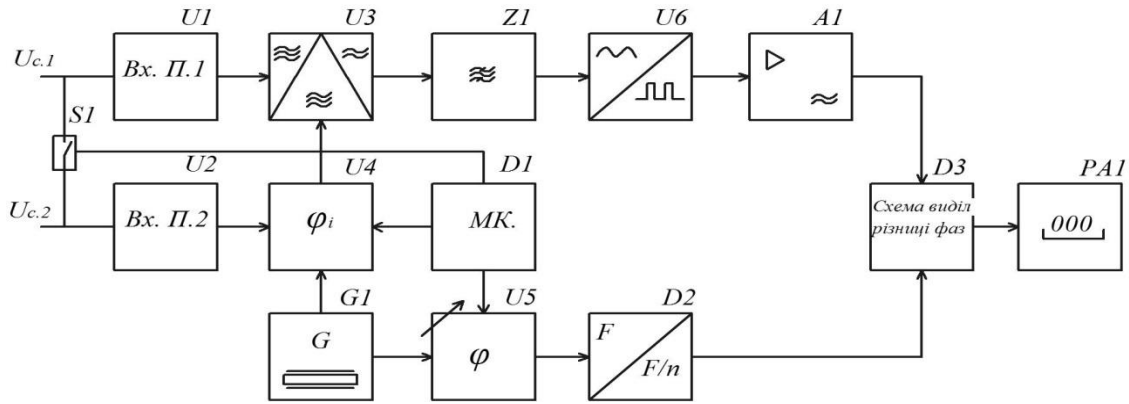


Рисунок 1. Блок схема фазометра

За рахунок постійно змінної фазової складової на виході змішувача генерується “ступінчастий” низькочастотний сигнал проміжної частоти. Сигнал генератора $G1$, в поєднанні з мікроконтролером MK забезпечує послідовне переключення фази фазообертача $U4$, а після ділення частоти $D2$ слугує опорним сигналом для схеми виділення різниці фаз $D3$

$$U_{G1} = U_{on} \cdot \sin(\omega_{on}t + \varphi_{on}). \quad (3)$$

На цю схему подається два сигнали, перший зі змішувача $U3$ через формувач імпульсів і підсилювач, а другий з опорного генератора $G1$ через пристрій постійного фазового зсуву що налаштовується та дільника частоти. Таким чином на виході схеми $D3$ формується інтервал, тривалість якого пропорційна різниці фаз між сигналом і опорним сигналом.

За допомогою фазообертача $U5$ проводиться установка нуля. Під час вимірювань на входи один та два подаються сигнали однакової частоти між якими необхідно виміряти різницю фаз. Наприклад, на перший вхід поступає сигнал описаний формулою (1), а на другий вхід подається сигнал із фазовим зсувом, який необхідно виміряти ϕ_x :

$$U_{c2} = U_{02} \cdot \sin(\omega_0 t + \varphi_x). \quad (4)$$

Після проходження даного сигналу через дискретний динамічний фазообертач він набуває наступного виду:

$$U_{e4} = k_1 \cdot k_4 \cdot U_{02} \cdot \sin(\omega_0 t + \varphi_x + \varphi(t)). \quad (5)$$

Таким чином на виході змішувача $U3$ буде сигнал:

$$U_{e3} = k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot U_0 \cdot U_{02} \cdot \sin(\omega_{zm}t + \varphi_0 - \varphi_x + \varphi_{zm}). \quad (6)$$

На схему $D3$ поступають два сигнали – з опорного генератора (3) та сигнал (6) після формувача імпульсів, так як різниця фаз між сигналом та опорним сигналом ($\varphi_{zm} - \varphi_{on}$) під час калібрування виставлена на нуль, тоді на виході буде формуватися імпульс, тривалість якого пропорційна різниці фази між сигналами ($\varphi_0 - \varphi_x$). Далі пристрій індикації $PA1$ конвертує дану інформацію у відповідну різницю фаз. Основним елементом при ви-

мірюванні фазового зсуву в такій схемі є пристрій зміщення частоти на основі дискретного фазообертача, виконання якого в діапазонах високих та надвисоких частот достатньо легко реалізується на відрізках довгих ліній та комутаторах на p - i - n діодах або мікросхемах.

1) Розроблена схема пропонує, на відміну від класичної двоканальної схеми, новий підхід до вимірювання різниці фази між двома сигналами з однаковою частотою (з використанням дискретного динамічного фазообертача), що забезпечує перетворення сигналів на вході схеми, виділення фазової інформації на виході змішувача та порівняння її з фазою опорного сигналу.

2) Точність вимірювання, яка на високих частотах визначається входними ланцюгами значно збільшується, оскільки відсутній другий канал перетворення та проходження сигналу через загальний гетеродин.

3) Даний пристрій має широкий діапазон робочих частот, а значення фазового зсуву переноситься на стабільну проміжну частоту без застосування системи ФАПЧ.

Перелік посилань

1. Надвисокочастотні методи та засоби вимірювання фізичних величин / Головки Д.Б., Скрипник Ю.О., Яненко О.П.: Навчальний посібник-К.: Либідь, 2003.- 328с.
2. Фазовые измерения / Соловов В.Я.- М.: Энергия, 1973.-120с.
3. Микроволновая радиометрия физических и биологических объектов / Скрипник Ю.А., Яненко А.Ф., Манойлов В.Ф. и др. – Житомир.: Изд-во Волинь, 2003.-408с.
4. Методы преобразования и выделения измерительной информации из гармонических сигналов /Скрипник Ю.А. – К., Изд.: Наукова думка, 1971г. –274с.

Анотація

Запропоновано новий спосіб вимірювання різниці фаз в діапазоні надвисоких частот. Представлена блок схема фазометричної системи, яка забезпечує більшу ефективність та точність вимірювання в цьому діапазоні. Перетворення частоти здійснюється з використанням дискретного фазообертача в динамічному режимі з наступним переносом фазових співвідношень на низьку проміжну частоту, що забезпечує хороші параметри системи.

Аннотация

Предложен новый способ измерения разности фаз в диапазоне сверхвысоких частот. Представлена блок схема фазоизмерительной системы, которая обеспечивает большую эффективность и точность измерения. Преобразование частоты проводится с использованием дискретного фазовращателя в динамическом режиме, с последующим переносом фазовых соотношений на низкую промежуточную частоту, что обеспечивает хорошие параметры системы.

Abstract

Nowadays we have a big necessity to measure accurately differences of phase in the RF range. The flowchart of the phase-meter for two RF signals with the same frequency and the basic calculations are presented in this article. The basic equations that prove efficiency, accuracy and promising opportunities of the future improving and use of this method are introduced. One of the main parameter – accuracy is mainly depends on the schematic design of the low-frequency part of the system and less depends on the high-frequency part. So it will not be a problem as of the high development of low-frequency technology to achieve good parameters of system.