



УКРАЇНА

(19) UA (11) 85951 (13) C2

(51) МПК (2009)

G01R 23/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

## (54) СПОСІБ ВИМІРЮВАННЯ ЧАСТОТИ ТА ПЕРІОДУ

1

2

(21) а200708129

(22) 17.07.2007

(24) 10.03.2009

(46) 10.03.2009, Бюл.№ 5, 2009 р.

(72) БЕЛОКУРСЬКИЙ ЮРІЙ ПАВЛОВИЧ, UA, КОЗЛОВ ВАЛЕНТИН ЄВГЕНОВИЧ, UA, КОЗЛОВ ЮРІЙ ВАЛЕНТИНОВИЧ, UA, КОЗЛОВА ГАННА МИКОЛАЇВНА, UA, РУЖЕНЦЕВ ІГОР ВІКТОРОВИЧ, UA

(73) БЕЛОКУРСЬКИЙ ЮРІЙ ПАВЛОВИЧ, UA, КОЗЛОВ ВАЛЕНТИН ЄВГЕНОВИЧ, UA, КОЗЛОВ ЮРІЙ ВАЛЕНТИНОВИЧ, UA, КОЗЛОВА ГАННА МИКОЛАЇВНА, UA, РУЖЕНЦЕВ ІГОР ВІКТОРОВИЧ, UA

(56) SU 394723, 22.08.1974

SU 650021, 28.02.1979

SU 788018, 15.12.1980

RU 2017162 C1, 30.07.1994

US 2006/0155491 A1, 13.07.2006

(57) Спосіб вимірювання частоти та періоду, який полягає в тому, що вхідний вимірюваний сигнал  $U_x$  з періодом  $T_x$  подають на вхідний пристрій, де приводять до номінального рівня за допомогою підсилювача або атенюатора, формувачем імпульсів перетворюють у послідовність імпульсів, одночасно сигнал кварцового генератора формувачем міток перетворюють у послідовність імпульсів-міток з заданим коефіцієнтом ділення, лічильники імпульсів і міток підраховують відповідно цілу кількість імпульсів  $N_1=n$  та імпульсів-міток  $N_2=m$ , який відрізняється тим, що за сигналом переповнення будь-якого з лічильників вміст іншого лічильника передають через комутатор і обчислювальний пристрій на індикаторний пристрій з порядком, рівним порядку частоти імпульсів-міток, відповідними знаком та розмірністю.

Запропонований винахід належить до вимірювальної техніки і може бути використаний для вимірювань частоти та періоду сигналів у діапазоні від низьких до надвисоких частот.

Відомий спосіб вимірювань частоти та періоду [1, с.159-160] за допомогою моста Віна.

Недоліком цього способу є залежність похибки вимірювань частоти від наявності гармонік у вимірюваному сигналі.

Відомий спосіб вимірювань частоти та періоду методом прямої лічби [2, с.158-162], сутність якого полягає у підраховуванні періодів сигналу вимірюваної частоти за еталонний відрізок часу при вимірюванні частоти або підраховуванні періодів еталонної частоти за один або декілька періодів вимірюваного сигналу при вимірюванні періоду. Спосіб реалізований у частотомірах ЧЗ-34, ЧЗ-38, ЧЗ-54.

Недоліком цього способу є складність реалізації та залежність похибок вимірювань від вимірюваної частоти.

Відомий також спосіб вимірювань частоти та періоду методом зворотної лічби [2, с.162-169]. Сутність методу полягає у одночасному підрахо-

вуванні періодів вимірюваної та еталонної частоти за відрізок часу, рівний або кратний одній секунд.

Недоліком цього способу є велика методична похибка.

Найбільш близьким за технічною сутністю є обраний як прототип спосіб вимірювань частоти та періоду методом зворотної лічби [3], який полягає в тому, що вхідний вимірюваний сигнал  $U_x$  з періодом  $T_x$  подається на вхідний пристрій, де приводиться до номінального рівня за допомогою підсилювача або атенюатора, формувачем імпульсів перетворюється у послідовність імпульсів, яка через формувач часу вимірювання поступає на вхід лічильника імпульсів, одночасно еталонний сигнал кварцового генератора формувачем міток перетворюється у послідовність імпульсів-міток з заданим коефіцієнтом ділення і через формувач часу вимірювання подається на вхід лічильника міток, лічильники підраховують відповідно цілу кількість імпульсів  $N_1=n$  та міток  $N_2=m$  за час вимірювання  $T_{\text{вим.}}$ , рівний або кратний одній секунд, вміст лічильників передається до обчислювального пристрою, де розраховується вимірювана частота  $f_x=n/m$  або період  $T_x=m/n$ , які поступають на індикаторний пристрій.

(13) C2

(11) 85951

(19) UA

Недоліком способу-прототипу є велика методична похибка.

В основу передбачуваного винаходу поставлене завдання зменшити методичну похибку вимірювання та забезпечити потенційну точність вимірювань.

Поставлене завдання вирішується за рахунок того, що в спосіб вимірювань частоти та періоду, який полягає в тому, що вхідний вимірюваний сигнал  $U_x$  з періодом  $T_x$  подається на вхідний пристрій, де приводиться до номінального рівня за допомогою підсилювача або атенюатора, формувачем імпульсів перетворюється у послідовність імпульсів, одночасно сигнал кварцового генератора формувачем міток перетворюється у послідовність імпульсів-міток з заданим коефіцієнтом ділення, лічильники імпульсів і міток підраховують відповідно цілу кількість імпульсів  $N_1=n$  та імпульсів-міток  $N_2=m$ , додатково введено те, що за сигналом переповнення будь-якого з лічильників вміст іншого лічильника передається через комутатор і обчислювальний пристрій на індикаторний пристрій з порядком, рівним порядку частоти імпульсів-міток, відповідними знаком та розмірністю.

Технічний результат при здійсненні винаходу полягає у зменшенні методичної похибки вимірювань частоти й періоду та забезпеченні потенційної точності вимірювань.

На кресленнях наведені:

Фіг.1 - структурна схема частотоміра, який реалізує спосіб-прототип;

Фіг.2 - структурна схема частотоміра, який реалізує спосіб, що пропонується;

Фіг.3 - графік залежності відносних похибок вимірювань частоти та періоду в залежності від частоти при фіксованому коефіцієнті ділення.

Частотомір, який реалізує спосіб-прототип (фіг. 1), включає вхідний пристрій 1, формувач імпульсів 2, кварцовий генератор 3, формувач міток 4, формувач часу вимірювання 5, лічильник імпульсів 6, лічильник міток 7 обчислювальний пристрій 8, індикаторний пристрій 9, пристрій управління 10.

Частотомір працює таким чином.

3 пристрою управління 10 встановлюється коефіцієнт ділення  $K_d$ , і час вимірювання  $T_{\text{вим}}$  з десятиковою кратністю. На вхідний пристрій 1 подається вхідний вимірюваний сигнал  $U_x$  з періодом  $T_x$ , який приводиться до номінального рівня за допомогою підсилювача або атенюатора, формувачем імпульсів 2 перетворюється у послідовність імпульсів, яка через формувач часу вимірювання 5 поступає на вхід лічильника імпульсів 6. Одночасно еталонний сигнал кварцового генератора 3 із частотою  $f_{\text{ет}}$  формувачем міток 4 перетворюється у послідовність імпульсів-міток частоти  $f_m=f_{\text{ет}}/K_d$ , яка через формувач часу вимірювання 5 подається на вхід лічильника міток 7. Лічильники 6 та 7 підраховують відповідно цілу кількість імпульсів  $N_1=n$  та міток  $N_2=m$  за час вимірювання  $T_{\text{вим}}$ , рівний або кратний одній секунді. Вміст лічильників передається до обчислювального пристрою 8, де розраховується вимірювана частота  $f_x=n/m$  або період  $T_x=m/n$ . Результат вимірювання ( $f_x$  або  $T_x$ ) за сигналом з при-

строю управління 10 поступає на індикаторний пристрій 9.

Методична похибка вимірювань частоти та періоду способу-прототипу визначається арифметичним додаванням відносних похибок за виразом (68) [4, с. 78] як

$$\delta_f=\delta_T=\delta_n+\delta_m \quad (1)$$

де  $\delta_n=1/n$  - відносна похибка лічення кількості періодів вимірюваної частоти;

$\delta_m=1/m$  - відносна похибка лічення кількості міток.

Частотомір, який реалізує спосіб, що пропонується (Фіг.2), включає вхідний пристрій 1, формувач імпульсів 2, кварцовий генератор 3, формувач міток 4, лічильник імпульсів 6, лічильник міток 7, обчислювальний пристрій 8, індикаторний пристрій 9, пристрій управління 10 та комутатор 11.

Вимірювання виконуються таким чином.

3 пристрою управління 10 встановлюється коефіцієнт ділення  $K_d$  з десятиковою кратністю. На вхідний пристрій 1 подається вхідний вимірюваний сигнал  $U_x$  з періодом  $T_x$ , який приводиться до номінального рівня за допомогою підсилювача або атенюатора, формувачем імпульсів 2 перетворюється у послідовність імпульсів, яка поступає на вхід лічильника імпульсів 6. Одночасно еталонний сигнал кварцового генератора 3 з частотою  $f_{\text{ет}}$  формувачем міток 4 перетворюється у послідовність імпульсів-міток частоти  $f_m=f_{\text{ет}}/K_d$ , яка подається на вхід лічильника міток 7. Лічильники 6 та 7 підраховують відповідно цілу кількість імпульсів  $N_1=n$  та міток  $N_2=m$ . За сигналом переповнення р1 (р2) будь-якого з лічильників вміст m (n) іншого лічильника передається через комутатор 11 та обчислювальний пристрій 8 на індикаторний пристрій 9 і по сигналу з пристрою управління 10 відображується як результат з порядком, рівним порядку частоти імпульсів-міток  $f_m$ , відповідними знаком (- або +) та розмірністю (секунда або герц).

Приклади.

Еталонний сигнал кварцового генератора з частотою  $f_{\text{ет}}=10^6$  Гц, розрядність (кількість декад) лічильників  $K=L=4$ , тобто максимальне значення вмісту будь-якого з лічильників складає  $10^L-1=10^K-1=9999$ .

1. Коефіцієнт ділення  $K_d=1$ , частота міток  $f_m=10^6$  Гц.

$f_x=1,5 \cdot 10^5$  Гц,  $N_1=1500$ ,  $N_2=10000$  - переповнення; на індикаторний пристрій результат подається у показовій формі як 0,1500E+06 Гц.

$f_x=1,5 \cdot 10^4$  Гц,  $N_1=0150$ ,  $N_2$  - переповнення; результат 0,0150E+06 Гц (ненормалізований).

2.  $K_d=10$ ,  $f_m=10^5$  Гц.

$f_x=1,5 \cdot 10^4$  Гц,  $N_1=1500$ ,  $N_2$  - переповнення; результат 0,1500E+05 Гц.

3.  $K_d=10^2$ ,  $f_m=10^4$  Гц.

$f_x=1,5 \cdot 10^4$  Гц,  $N_1$  - переповнення,  $N_2=6666$ ; результат 0,6666E-04с.

$f_x=1,5 \cdot 10^3$  Гц,  $N_1$  - переповнення,  $N_2=0666$ ; результат 0,0666E-04с (ненормалізований).

4.  $K_d=10^3$ ,  $f_m=10^3$  Гц.

$f_x=1 \cdot 10^3$  Гц, через випадковість часу спрацювання лічильників можливі два рівнозначних результати:

$N_1=9999$ ,  $N_2$  - переповнення, результат  $0,9999E+03$ Гц.

$N_1$  - переповнення,  $N_2=9999$ , результат  $0,9999E-03$ с.

Методична похибка вимірювань частоти та періоду способу, що пропонується, визначається як

$$\delta_f = \delta_n \quad (2)$$

$$\delta_T = \delta_m \quad (3)$$

тобто визначається тільки похибкою лічення кількості періодів вимірюваної частоти або похибкою лічення кількості міток, що приблизно вдвічі менше, ніж у способу-прототипу.

Підбір коефіцієнта ділення забезпечує мінімізацію похибок вимірювань за рахунок нормалізації результату практично до граничних значень

$$\delta_f \approx \delta_{N_2} = 1/10^L \quad (4)$$

$$\delta_T \approx \delta_{N_1} = 1/10^K \quad (5)$$

Крім того, спосіб, що пропонується, при заданому коефіцієнті ділення забезпечує потенційну точність вимірювань за рахунок автоматичного перемикавання режиму вимірювання (фіг. 3). Об-

ласть допустимих похибок вимірювань частоти  $\delta_f$  і періоду  $\delta_T$  лежить нижче значення, що відповідає частоті перемикавання режиму вимірювання  $f_{пер}$ . Точка перетину - частота, що дорівнює частоті імпульсів-міток.

Вирази (4), (5) можуть використовуватися як умови забезпечення заданої похибки вимірювань для вибору розрядності лічильників.

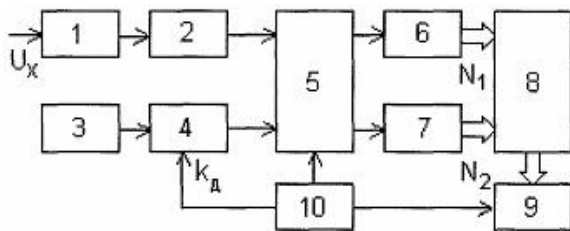
Джерела інформації:

1. Мейзда Ф. Электронные измерительные приборы и методы измерений. - М.: Мир, 1990. - 535с.

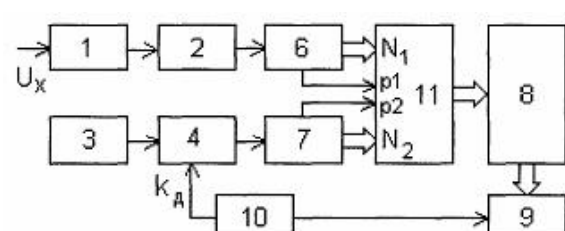
2. Швецкий Б. И. Электронные цифровые приборы. - К.: Техніка, 1980. - 248с.

3. Частотомер электронно-счетный вычислительный 43-64: Техническое описание и инструкция по эксплуатации. В двух книгах. Кн. 1. - 1987. - 160 с.

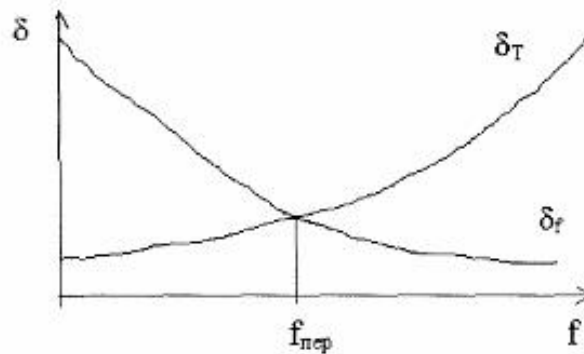
4. Брянский Л.Н., Левин М.М., Розенберг В.Я. Радиоизмерения. Методы, средства, погрешности. - М.: Изд-во стандартов, 1970. - 336с.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3