



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 85632

(13) C2

(51) МПК (2009)

G01R 35/00

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

## (54) СПОСІБ КАЛІБРУВАННЯ ЗНАЧЕННЯ ЗМІННОГО СИГНАЛУ

1

2

(21) а200706855

(22) 18.06.2007

(24) 10.02.2009

(46) 10.02.2009, Бюл.№ 3, 2009 р.

(72) ТЕСИК ЮРІЙ ФЕДОРОВИЧ, UA

(73) ТЕСИК ЮРІЙ ФЕДОРОВИЧ, UA

(56) Безикович А.Я., Шапиро Е.З. Измерение электрической мощности в звуковом диапазоне частот. - Л.: Энергия, 1980. - С.149-151.

SU 711375, 28.01.1980

SU 1216744 A, 07.03.1986

US 7109815 B1, 19.09.2006

(57) Спосіб калібрування значення змінного сигналу, згідно з яким значення точності джерела постійного сигналу передають джерелу змінного сигналу шляхом періодичного підключення, запам'ятовування та відтворення встановлених рівнів сигналів, який **відрізняється** тим, що для запам'ятовування рівня сигналу по чергово періодично підключають два реактивних елементи  $C_1$  і  $C_2$  або  $L_1$  і  $L_2$ , параметри яких рівні між собою,  $C_1=C_2$  і  $L_1=L_2$ , до джерела постійного каліброваного сигналу, а для відтворення сигналу їх по чергово підключають до третього реактивного елемента  $L_3$  або  $C_3$  і утворюють, тим самим, LC-контур, у

якому виникають вільні коливання, при цьому моменти комутації вибирають таким чином, що вони співпадають з максимумами сигналу на LC-контурі, а підключення реактивного елемента  $C_1$  або  $L_1$  до LC-контуру супроводжують одночасним відключенням від LC-контуру і приєднанням до джерела постійного каліброваного сигналу частково розрядженого реактивного елемента  $C_2$  або  $L_2$ , підключення реактивного елемента  $C_2$  або  $L_2$  до LC-контуру супроводжують одночасним відключенням від LC-контуру і приєднанням до джерела постійного каліброваного сигналу частково розрядженого реактивного елемента  $C_1$  або  $L_1$ , а рівні максимального і діючого значень відтворюваних змінних сигналів визначають за співвідношенням:

$$U_{\max} = U_{\text{ср}}, U_D = \frac{U_{\text{ср}}}{\sqrt{2}} \text{ або } I_{\max} = I_{\text{ср}}, I_D = \frac{I_{\text{ср}}}{\sqrt{2}},$$

де:  $U_D, I_D$  - діюче значення змінного сигналу, $U_{\text{ср}}, I_{\text{ср}}$  - значення постійного каліброваного сигналу; $U_{\max}, I_{\max}$  - максимальне значення змінного сигналу.

Винахід відноситься до електровимірювальної техніки і може бути використаний для перевірки і калібрування засобів вимірювальної техніки, які забезпечують єдність вимірювання змінного сигналу, зокрема напруги і струму.

Відомі способи відтворення змінної напруги і струму за допомогою електронних [1] та електромеханічних вимірювальних пристроїв [2, 3]. Суть цих способів полягає у тому, що попередньо калібрують шкалу електронного або електромеханічного вимірювального пристрою за допомогою прецизійних джерел чи більш точних вимірювальних пристроїв, а потім використовують його для визначення рівня відтворюваної змінної напруги або змінного струму. Недоліком таких способів є недостатня точність відтворення змінного сигналу, яка знаходиться на рівні 0,5-0,1%.

Найбільш близьким технічним рішенням до запропонованого, вибраним як прототип, є спосіб відтворення каліброваного значення змінного сигналу [4], згідно з яким точність джерела каліброваного постійного сигналу передають джерелу змінного регульованого сигналу шляхом підключення входу вимірювального термоперетворювача напруги до джерела каліброваного постійного сигналу, запам'ятовування значення вихідного сигналу  $X$  вимірювального термоперетворювача напруги та відтворення встановленого рівня змінного сигналу шляхом від'єднання джерела каліброваного постійного сигналу від входу вимірювального термоперетворювача напруги, підключення його до джерела змінного регульованого сигналу і регулювання рівня вихідного сигналу джерела змінного сигналу до тих пір, поки вихідний сигнал вимірювального термоперетворювача не стане рівним  $X$ .

(13) C2

(11) 85632

(19) UA

На Фіг.1 наведено структурну схему, яка відображає суть цього способу, де:

ДКПС - джерело каліброваного постійного сигналу;

ДЗРС - джерело змінного регульованого сигналу;

$K_1, K_2$  - ключі;

ВТН - вимірювальний термоперетворювач напруги;

ВПН - вимірювач постійної напруги

За цим способом діють наступним чином. На вхід вимірювального термоперетворювача напруги ВТН через замкнутий ключ  $K_1$  подають спочатку каліброване значення постійного сигналу, наприклад напруги  $U_*$ . Значення постійної напруги  $X$ , яке з'являється на виході ВТН, фіксують у ВПН, після чого розмикають ключ  $K_1$  і замикають ключ  $K_2$ , через який на вхід ВТН подають змінну напругу з діючим значенням  $U_D$  і регулюють її до тих пір, поки вихідна напруга ВПН не досягне значення  $X$ . Оскільки рівні між собою діюче значення змінної напруги і амплітудне значення постійної напруги викликають на виході термоперетворювача одне і те ж саме значення постійної напруги  $X$ , можна вважати, що  $U_D = U_*$ .

Гранична похибка  $\gamma_1$  калібрування за таким способом може бути визначена за наступним співвідношенням:

$$\gamma_1 = \gamma_{ВТН} + \gamma_K + \gamma_{НС=} + \gamma_{НС\approx} \quad (1)$$

де:

$\gamma_{ВТН}$  - похибка ВТН;

$\gamma_K$  - похибка калібрування джерела постійного сигналу;

$\gamma_{НС=}$  - похибка, викликана нестабільністю джерела постійного сигналу;

$\gamma_{НС\approx}$  - похибка, викликана нестабільністю джерела змінного сигналу.

Похибка  $\gamma_{ВТН}$  кращих ВТН складає 0,001%, похибка  $\gamma_K = 0,0001\%$ , похибка  $\gamma_{НС=} = 0,0001\%$ , похибка  $\gamma_{НС\approx} = 0,001\%$ . Таким чином, граничне значення похибки  $\gamma_1$  калібрування змінної напруги за цим способом становить 0,0022%, що не відповідає сучасним вимогам до точності відтворення змінного сигналу.

Недоліками такого відтворення є похибка, обумовлена кінцевим значенням похибки термоперетворювача і неодноразовим порівнянням відтвореної та каліброваної фізичних величин, а також інерційність процесу відтворення.

В основу винаходу поставлено задачу удосконалення способу калібрування змінного сигналу шляхом зміни операції запам'ятовування та відтворення точності джерела постійного сигналу, які виконують шляхом формування нових сигналів за допомогою реактивних елементів без застосування термоперетворювача, що дозволить уникнути операції порівняння значень відтвореної та каліброваної фізичних величин змінного сигналу, уникнути впливу похибки термоперетворювача на величину відтвореного змінного сигналу, і тим самим забезпечити підвищення точності калібру-

вання змінного сигналу і швидкодію процесу калібрування.

Поставлена задача вирішується тим, що у способі калібрування значення змінного сигналу, згідно з яким точність джерела постійного сигналу  $U_*(I_*)$ , передають джерелу змінного сигналу шляхом періодичного підключення, запам'ятовування та відтворення встановлених рівнів сигналів, згідно з винаходом запам'ятовування відбувається шляхом почергового періодичного підключення двох реактивних елементів  $C_1, C_2 (L_1, L_2)$ , параметри яких рівні між собою  $C_1 = C_2 (L_1 = L_2)$ , до джерела постійного каліброваного сигналу  $U_*(I_*)$ , а відтворення відбувається шляхом почергового їх підключення до третього реактивного елементу  $L_3 (C_3)$  і утворення, тим самим, LC-контур, в якому виникають вільні коливання, при цьому моменти комутації вибирають такими, що співпадають з максимумами сигналу на LC-контурі, а підключення реактивного елементу  $C_1 (L_1)$  до LC - контуру супроводжують одночасним відключенням від LC - контуру і приєднанням до джерела постійного каліброваного сигналу частково розрядженого реактивного елементу  $C_2 (L_2)$ , підключення реактивного елементу  $C_2 (L_2)$  до LC - контуру супроводжують одночасним відключенням від LC - контуру і приєднанням до джерела постійного каліброваного сигналу частково розрядженого реактивного елементу  $C_1 (L_1)$ , а рівні максимального і діючого значень відтворюваних змінних сигналів визначають за співвідношенням:

$$U_{\max} = U_*, U_D = \frac{U_*}{\sqrt{2}} \text{ або } I_{\max} = I_*, I_D = \frac{I_*}{\sqrt{2}},$$

де:  $U_D, I_D$  - діюче значення змінного сигналу;

$U_*, I_*$  - значення постійного каліброваного сигналу;

$U_{\max}, I_{\max}$  - максимальне значення змінного сигналу.

Спосіб, який запропоновано, дає можливість уникнути використання вимірювального термоперетворювача напруги ВТН та операції порівняння, що дозволяє вилучити із виразу (1) похибки  $\gamma_{ВТН}$  та  $\gamma_{НС\approx}$ , після чого вираз (1) набуде вигляду:

$$\gamma_1 = \gamma_K + \gamma_{НС=},$$

а граничне значення похибки  $\gamma_1$  зменшиться при цьому більш ніж на порядок і становитиме 0,0002%.

Порівняльний аналіз технічних рішень свідчить про те, що запропонований спосіб калібрування значення змінного сигналу є найбільш точним, оскільки забезпечує пряму і просту операцію передачі точності від джерела каліброваного постійного сигналу до джерела змінного сигналу.

На Фіг.2 наведено структурну схему пристрою, яка ілюструє реалізацію способу калібрування значення змінного сигналу - напруги, де:

ДКПС - джерело каліброваного постійного сигналу; вихідна напруга якого дорівнює  $U_*$ ;

$K_{м1}-K_{м4}$  - комутатори;

$C_1, C_2$  - конденсатори (реактивні елементи), ємності яких рівні між собою;

$L_3$  - котушка індуктивності;

ФПП - фазоповоротний пристрій на  $\frac{\pi}{2}$ ,

ПЧ - подільник частоти;

ФІ - формувач імпульсів;

І - інвертор.

Формування сигналів можна розділити на два цикли, які відбуваються одночасно: заряд одного з конденсаторів  $C_1$  ( $C_2$ ) до напруги рівня  $U_K$  і розряд другого з конденсаторів  $C_2$  ( $C_1$ ) на коливальний контур, створений одним з конденсаторів і котушкою індуктивності  $L_3$ . Ці цикли відбуваються за допомогою комутаторів Км1-Км4.

На першому відрізку часу спрацьовують комутатор Км1, за допомогою якого підключають конденсатор  $C_1$  до джерела ДКПС, і Км3, за допомогою якого підключають конденсатор  $C_2$  до котушки індуктивності  $L_3$ . Разом конденсатор  $C_2$  та котушка індуктивності  $L_3$  на цьому інтервалі часу утворюють коливальний контур, у якому відбуваються вільні коливання, спричинені зарядом конденсатора  $C_2$  від ДКПС на попередньому інтервалі часу. Оскільки коливання тривають певний період, заряд конденсатора  $C_2$  лише частково використовується на підтримку коливального процесу, після чого конденсатор  $C_2$  за допомогою комутатора Км4 знову підключають до ДКПС для відновлення початкового заряду. В цей самий момент заряджений від ДКПС конденсатор  $C_1$  підключають до котушки індуктивності  $L_3$ , що тим самим викликає коливання на протязі наступного періоду. Надалі цей процес повторюється багаторазово.

Синхронізація цього процесу відбувається завдяки послідовному з'єднанню фазоповоротного пристрою на  $\frac{\pi}{2}$ , завдяки якому вихідні коливання

$U_1$  LC<sub>1</sub> ( $C_2$ ) - контуру зсувають на  $90^\circ$ , подільника частоти, в якому вихідну частоту з ФПП ділять на 2, формувача імпульсів ФІ, в якому формують імпульси управління комутаторами Км2 і Км4 та інвертора І, на виході якого формують імпульси управління комутаторами Км1 і Км3.

На Фіг.3 наведено часові діаграми, які відображають процеси формування сигналів згідно з запропонованим способом.

На часовій діаграмі 1 зображено вихідний сигнал пристрою. На часовій діаграмі 2 - вихідний сигнал фазоповоротного пристрою на  $\frac{\pi}{2}$ , на часових діаграмах 3, 4 і 5 - вихідні сигнали подільника частоти ПЧ, формувача імпульсів ФІ та інвертора І відповідно.

Для реалізації способу, що пропонується, під час калібрування значення змінного струму використовують пристрій, схема якого аналогічна зображений на Фіг.2, в якому замість конденсатора  $C_1$  встановлено котушку індуктивності  $L_1$ , замість конденсатора  $C_2$  - котушку індуктивності  $L_2$ , а замість котушки індуктивності  $L_3$  встановлено конденсатор  $C_3$ . Формування сигналів відбувається таким же чином, як описано вище.

Наведені відомості підтверджують можливість реалізації цього способу і його промислового придатність. Експериментальна перевірка способу показала, що його застосування забезпечує досягнення технічного результату - підвищення точності і спрощення процесу калібрування змінного сигналу з використанням каліброваного постійного сигналу.

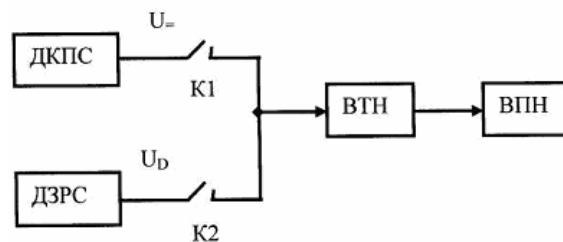
Джерела інформації:

1. Попов В. С., Рубан Н. Г., Бешкарев А. В. Способы точного измерения эффективного значения переменного значения напряжения в широком диапазоне частот// Измерения, контроль, автоматизация. 1976 №1. С.31-37.

2. Попов В. С., Желбаков И. Н. Измерение среднеквадратического значения напряжения. - М. Энергоатомиздат, 1987. - 120с.

3. Векслер М. С., Попов М. В. Проблемы метрологического обеспечения средств измерений мощности и энергии переменного тока в широком диапазоне частот. - М. Машиностроение, 1983. 48с.

4. Безикович А. Я., Шапиро Е. З. Измерение электрической мощности в звуковом диапазоне частот. - Л.: Энергия. Ленингр. отд-ние, 1980. - С.148-150.



Фіг. 1

