



УКРАЇНА

(19) UA (11) 65555 (13) U
(51) МПК
G01R 17/04 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ ВИМІРЮВАННЯ СЕРЕДНЬОКВАДРАТИЧНОГО ЗНАЧЕННЯ НАПРУГИ ЗМІННОГО СТРУМУ

1

(21) u201106003

(22) 13.05.2011

(24) 12.12.2011

(46) 12.12.2011, Бюл.№ 23, 2011 р.

(72) ТУЗ ЮЛІАН МИХАЙЛОВИЧ, КРИВЧЕНКОВА
ОЛЬГА МИХАЙЛІВНА(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
УКРАЇНИ "КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИ-
ТУТ"

(57) Спосіб вимірювання середньоквадратичного значення напруги змінного струму, що включає порівняння теплових ефектів, створених під час проходження напруги постійного та змінного струмів через термоелектричний перетворювач, який **відрізняється** тим, що попередньо визначають модель реальної характеристики термоперетворювача, для чого на етапі 1 вимірюють електрорушійну силу, створену на виході термоперетворювача під час проходження невідомої шуканої напруги змінного струму, на етапі 2 створюють та подають на вхід термоперетворювача додатну напругу постійного струму, що створює близьке значення електрорушійної сили на виході термоперетворювача, до значення, створеного напругою змінного струму, на етапі 3 створюють та подають на вхід термоперетворювача напругу постійного струму, що є меншою за напругу постійного струму подану на етапі 2, на етапі 4 створюють та подають на вхід термоперетворювача напругу постійного струму, що є більшою за напругу постійного

2

струму подану на етапі 2, на етапі 5 за отриманими парами значень напруги постійного струму і створеної електрорушійної сили інтерполяційними методами відтворення функції моделюють реальну характеристику перетворення термоперетворювача для додатних значень, на етапі 6 створюють та подають на вхід термоперетворювача від'ємну напругу постійного струму, що створює близьке значення електрорушійної сили на виході термоперетворювача, що і напруга змінного струму на етапі 1, на етапі 7 створюють та подають на вхід термоперетворювача напругу постійного струму, що менша за напругу постійного струму, подану на етапі 6, на етапі 8 створюють та подають на вхід термоперетворювача напругу постійного струму, що більша за напругу постійного струму, подану на етапі 6, на етапі 9 за отриманими парами значень напруги постійного струму і створеної електрорушійної сили інтерполяційними методами відтворення функції моделюють реальну характеристику перетворення термоперетворювача для від'ємних значень, на етапі 10 зі знайдених характеристик для додатних та від'ємних значень визначають напругу додатної та від'ємної полярності, якій відповідає значення створеної електрорушійної сили з пункту 1, а на етапі 11 визначають значення шуканої напруги змінного струму як середнє значення напруг від'ємної та додатної полярності, визначених на етапі 10.

Корисна модель належить до галузі електровимірювальної техніки та може використовуватись у побудові точних, широкосмугових вимірювачів напруги змінного струму.

Відомі способи вимірювання електричних величин з використанням термоелектричних перетворювачів контактних та безконтактних типів [1], але недоліком відомих способів є те, що вони не враховують вплив від сукупної дії ефектів Томсона і Пельтье на характеристику термоперетворювача, а отже і на точність вимірювання параметрів.

Найбільш близький до способу, що заявляється, є спосіб нульового термокомпарування, який передбачає порівняння створеної електрорушійної сили, що виникає під час дії змінної напруги, та ЕРС (E^+ , E^-), що виникає при дії додатної та від'ємної напруги. [2]

Недоліком способу є те, що спосіб потребує тривалого часу на зрівноваження, під час якого характеристики прямого каналу можуть змінити свої значення, а виміряна при цьому напруга не відповідає початковій змінній напрузі, тому що

(13) U

(11) 65555

(19) UA

значення, виміряні різночасно, повинні відповідати часу вимірювання. Під час зрівноваження змінюються параметри кола та створюються додаткові похибки від нестабільності елементів кола; окрім цього, метод потребує часу на установлення параметрів, але встановити параметри точніше, ніж часова похибка неможливо.

В основу корисної моделі поставлено задачу підвищення швидкості та точності вимірювання середньоквадратичного значення напруги змінного струму в результаті створення способу вимірювання середньоквадратичного значення напруги змінного струму шляхом попереднього визначення моделі реальної характеристики перетворення термоперетворювача для додатної та від'ємної полярності напруг, та подальшого знаходження середньоквадратичного значення напруги з відомої характеристики термоперетворення.

Поставлена задача вирішується тим, що у способі вимірювання середньоквадратичного значення напруги змінного струму, що включає порівняння теплових ефектів, створених під час проходження напруги постійного та змінного струмів через термоелектричний перетворювач, згідно корисної моделі новим є те, що попередньо визначають модель реальної характеристики термоперетворювача, для чого на етапі 1 вимірюють електрорушійну силу, створену на виході термоперетворювача під час проходження невідомої шуканої напруги змінного струму, на етапі 2 створюють та подають на вхід термоперетворювача додатну напругу постійного струму, що створює близьке значення електрорушійної сили на виході термоперетворювача, до значення, створеного напругою змінного струму, на етапі 3 створюють та подають на вхід термоперетворювача напругу постійного струму, що є меншою за напругу постійного струму подану на етапі 2, на етапі 4 створюють та подають на вхід термоперетворювача напругу постійного струму, що є більшою за напругу постійного струму подану на етапі 2, на етапі 5 за отриманими парами значень напруги постійного струму і створеної електрорушійної сили інтерполяційними методами відтворення функції моделюють реальну характеристику перетворення термоперетворювача для додатних значень, на етапі 6 створюють та подають на вхід термоперетворювача від'ємну напругу постійного струму, що створює близьке значення електрорушійної сили на виході термоперетворювача, що і напруга змінного струму на етапі 1, на етапі 7 створюють та подають на вхід термоперетворювача напругу постійного струму, що менша за напругу постійного струму, подану на етапі 6, на етапі 8 створюють та подають на вхід термоперетворювача напругу постійного струму, що більша за напругу постійного струму, подану на етапі 6, на етапі 9 за отриманими парами значень напруги постійного струму і створеної електрорушійної сили інтерполяційними методами відтворення функції моделюють реальну характеристику перетворення термоперетворювача для від'ємних значень, на етапі 10 зі знайдених характеристик для додатних та від'ємних значень визначають напругу додатної та від'ємної полярності, якій відповідає значення створеної

електрорушійної сили з пункту 1, а на етапі 11 визначають значення шуканої напруги змінного струму як середнє значення напруг від'ємної та додатної полярності, визначених на етапі 10.

Суть визначення характеристики термоперетворювача пояснюється на Фіг.1 для прикладу поліноміальної залежності другого порядку, де на рисунку позначено:

Е - значення ЕРС;

U - значення напруги;

δ - відносний приріст напруги, який визначає допустиму похибку апроксимації.

Функціональну схему визначення напруги змінного струму за запропонованим алгоритмом відображено на Фіг.2, де:

1 - джерело змінної напруги;

2 - джерело постійної напруги;

3 - перемикач;

4 - термоелектричний перетворювач;

5 - підсилювач;

6 - аналого-цифровий перетворювач;

7 - вихідний сигнал перетворення;

8 - блок лінеаризації;

9 - цифро-аналоговий перетворювач;

10 - обчислювальний пристрій для здійснення алгоритму інтерполяційної корекції;

11 - перемикач;

12 - контролер.

Сигнал напруги змінного струму U^- , поданий на вхід 1, формують за допомогою джерела, значення сигналу на виході якого невідоме. Сигнал напруги подається на термоелектричний перетворювач 4 (наприклад ТВБ, ДТПТ). На виході термоперетворювача створюється електрорушійна сила Е, значення якої підсилюється за допомогою підсилювача 5 (наприклад, Analog Devices AD8551) і передається у аналого-цифровий перетворювач 6 (наприклад Analog Devices AD7610). У блоці лінеаризації 8 закладено числовий вимірювальний перетворювач для обчислення приблизного значення вхідної (вимірюваної) змінної напруги (мікроконтролер цифрової обробки сигналів, наприклад фірми Analog Devices ADSP-2188N). На обчислювальний пристрій для здійснення алгоритму інтерполяційної корекції 10 (мікроконтролер Analog Devices ADSP-2188N) поступає аналоговий сигнал з цифро-аналогового перетворювача 9 (наприклад ЦАП AD760 фірми Analog Devices), значення якого складає:

$$U^- = F^{-1}(E^-), \text{ де } E^- = F(U^-). \quad (1)$$

Керування процесом перемикачів 3 і 11 та блоком обчислення приблизного значення U^- 8 відбувається за допомогою контролера 12. Відбувається перемикачів перемикача 3 і до входу термоелектричного перетворювача 4 приєднується джерело постійної напруги зі входу 2. Тестову постійну додатну напругу U_1^+ формують за допомогою високоточного джерела (наприклад калібратор Н4-7) таким чином, щоб значення ЕРС U_1^+ , створене на термоелектричному перетворювачі 4, було близьким до значення ЕРС E^- , що було створене при дії напруги змінного струму U^- . Значення створеної ЕРС U_1^+ проходить аналогічну

обробку, що і значення ЕРС E^- на попередньому етапі при проходженні через блоки 5, 6, 8, 9. У блоці 10 інтерполяційної корекції записується величина напруги, що має значення:

$$U_1^+ = F^{-1}(E_1^-). \quad (2)$$

Далі, по чергово створюють та подають від тестового джерела 2 на вхід термоперетворювача 4 додатні напруги постійного струму $U_2^+ \dots U_{m-1}^+$, що є більшими і меншими за значення напруги U_1^+ . Напруги по чергово проходять через блок термоперетворення 4, підсилення 5, аналого-цифрового перетворення 6, блок лінеаризації 8, блок цифро-аналогового перетворення 9, та отриманні значення запам'ятовуються у блоці інтерполяційної корекції 10.

Формують тестову постійну від'ємну напругу U_1^- за допомогою високоточного джерела (наприклад калібратор Н4-7) таким чином, щоб значення ЕРС U_1^- , створене на термоелектричному перетворювачі 4, було близьким до значення ЕРС E^- , що було створене при дії напруги змінного струму U^- . Значення створеної ЕРС U_1^- проходить аналогічну обробку, що і значення ЕРС E^- на попередньому етапі при проходженні через блоки 5, 6, 8, 9.

$$\begin{cases} a_0^+ + a_1^+ \cdot U_1^+ + a_2^+ \cdot (U_1^+)^2 + \dots + a_m^+ \cdot (U_1^+)^m = E_1^+ \\ a_0^+ + a_1^+ \cdot U_2^+ + a_2^+ \cdot (U_2^+)^2 + \dots + a_m^+ \cdot (U_2^+)^m = E_2^+ \\ \dots \dots \dots \\ a_0^+ + a_1^+ \cdot U_{m+1}^+ + a_2^+ \cdot (U_{m+1}^+)^2 + \dots + a_m^+ \cdot (U_{m+1}^+)^m = E_{m+1}^+ \end{cases}, \quad (4)$$

Коефіцієнти рівнянь $a_0^+ \dots a_m^+$ знаходять з системи рівнянь (4), після чого складають рівняння моделі характеристики перетворення термоперетворювача (5):

$$a_0^+ + a_1^+ \cdot U^+ + a_2^+ \cdot (U^+)^2 + \dots + a_m^+ \cdot (U^+)^m = E^- \quad (5)$$

З рівняння (5) знаходять корінь рівняння U^+ .

$$\begin{cases} a_0^- + a_1^- \cdot U_1^- + a_2^- \cdot (U_1^-)^2 + \dots + a_m^- \cdot (U_1^-)^m = E_1^- \\ a_0^- + a_1^- \cdot U_2^- + a_2^- \cdot (U_2^-)^2 + \dots + a_m^- \cdot (U_2^-)^m = E_2^- \\ \dots \dots \dots \\ a_0^- + a_1^- \cdot U_{m+1}^- + a_2^- \cdot (U_{m+1}^-)^2 + \dots + a_m^- \cdot (U_{m+1}^-)^m = E_{m+1}^- \end{cases} \quad (6)$$

Коефіцієнти рівнянь $a_0^- \dots a_m^-$ знаходять з системи рівнянь (6), після чого складають рівняння моделі характеристики перетворення термоперетворювача (7):

$$a_0^- + a_1^- \cdot U^- + a_2^- \cdot (U^-)^2 + \dots + a_m^- \cdot (U^-)^m = E^- \quad (7)$$

З рівняння (7) знаходять корінь рівняння U^- .

Подальше визначення напруги змінного струму відбувається у блоці 10 за наступною формулою:

У блоці 10 інтерполяційної корекції записується величина напруги, що має значення:

$$U_1^- = F^{-1}(E_1^-). \quad (3)$$

Далі по чергово створюють та подають від тестового джерела 2 на вхід термоперетворювача 4 від'ємні напруги постійного струму $U_2^- \dots U_{m-1}^-$. Напруги $U_2^- \dots U_{m-1}^-$ є меншими та більшими за напругу постійного струму U_1^- . Напруги по чергово проходять через блок термоперетворення 4, підсилення 5, аналого-цифрового перетворення 6, блок лінеаризації 8, блок цифро-аналогового перетворення 9, та отриманні значення запам'ятовуються у блоці інтерполяційної корекції 10.

Таким чином, у блоці інтерполяційної корекції формується масив даних (U, E). Визначення моделі реальної характеристики перетворення термоперетворювача відбувається у блоці 10 окремо для додатних та від'ємних значень напруг. За отриманими парами значень напруги постійного струму і створеної електрорушійної сили (E^+ , U^+), використовуючи інтерполяційні методи відтворення функції, визначають модель реальної характеристики перетворення термоперетворювача для додатних значень з системи рівнянь (4):

За отриманими парами значень напруги постійного струму і створеної електрорушійної сили (E^- , U^-), використовуючи інтерполяційні методи відтворення функції, визначають модель реальної характеристики перетворення термоперетворювача для від'ємних значень з системи рівнянь (6):

$$U^- = \frac{|U^+| + |U^-|}{2}.$$

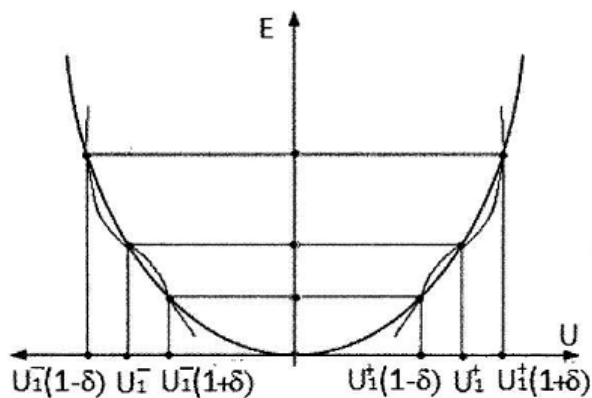
При використанні інтервалу інтерполяції $\delta = 2,46 \div 3,54$ % забезпечується похибка апроксимації моделі реальної характеристики термоперетворювача не більша за 10 ppm.

Як наслідок, запропонований спосіб вимірювання напруги змінного струму забезпечує більшу точність та швидкість відтворення, ніж відомий.

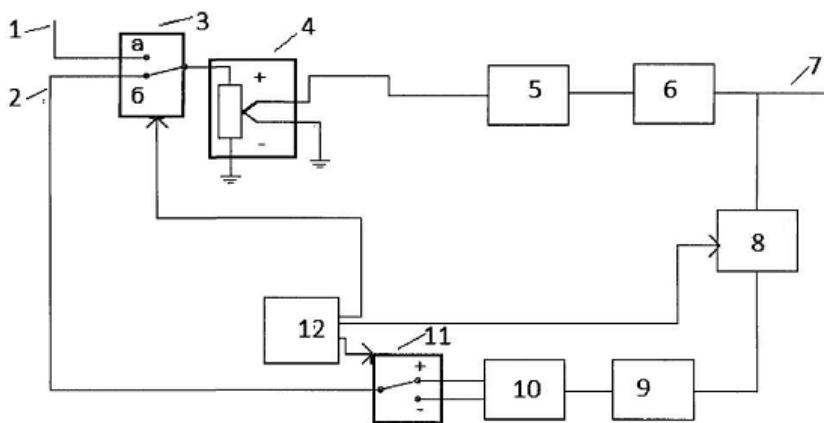
Джерела інформації:

1. Л.И. Анатычук Термоэлементы и термоэлектрические устройства: Справочник, К.: Наук. Думка, 1979. - 768 с.

2. ГОСТ 8.458-82 Государственная система обеспечения единства измерений. Преобразователи и компараторы термоэлектрические образцовые. Методы и средства поверки.



Фиг. 1



Фиг. 2