



УКРАЇНА

(19) UA (11) 51412 (13) A

(51) G 01K 7/18, G 01R 27/02

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА ВИНАХІДВидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ОПОРУ

1

2

(21) 2002032087

(22) 15 03 2002

(24) 15 11 2002

(46) 15 11 2002, Бюл. №11, 2002 р.

(72) Мамаєв Валерій Миколайович, Лобачевський
Георгій Степанович(73) МІЖНАРОДНИЙ НАУКОВО-НАВЧАЛЬНИЙ
ЦЕНТР ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА СИСТЕМ(57) Пристрій для вимірювання опору, що містить
операційний підсилювач, інвертуючий вхід якого
через перший резистор з'єднаний з першим потенційним
выводом вимірюваного резистора, першим виходом
джерела живлення і через резистор зворотного зв'язку з
виходом операційного

підсилювача, другий потенційний вивід вимірюваного резистора через другий резистор з'єднаний із неінвертуючим входом операційного підсилювача, першим виводом третього резистора, який відрізняється тим, що він додатково містить ланцюжок еталонних резисторів, кожен вивід якого підключений до відповідного входу першого і другого комутаторів, вихід першого комутатора з'єднаний із другим струмковим виводом вимірюваного резистора і першим виводом другого резистора, вихід другого комутатора з'єднаний із другим виводом третього резистора, вхід ланцюжка еталонних резисторів з'єднаний із другим виводом джерела живлення

Винахід відноситься до вимірювальної техніки і може бути використаний для виміру

- опору,
- малих значень опору (десяті і тисячні частки Ома),
- відхилень опору від заданого значення

Відомий пристрій для виміру температури (див. ав. св. № 614340 G01 K 7/16), заснований на вимірі опору, що містить термометр опору, включений у ланцюг вимірювального джерела струму, що компенсує джерело живлення, один із затисків якого через резистор і опір лінії зв'язку з'єднаний з першим потенційним виводом термометра опору, операційний підсилювач (ОП) з від'ємним зворотним зв'язком, до неінвертуючого входу якого через опір лінії зв'язку включений другий потенційний вивід термометра опору, до інвертуючого входу ОП і резистора порівняння через резистор підключене третє джерело напруги, інші затиски джерел напруги і резистора порівняння з'єднані з загальною шиною

Загальними ознаками пропонованого і відомого пристрою є чотириох затискне включення резистивного датчика, що забезпечує зменшення впливу сполучних проводів

Причиною, що заважає досягти поставленої задачі у відомому пристрої є те, що струм третього джерела напруги розгалужується на резистори, що

призводить до похибки, джерело струму і джерело напруги не взаємозв'язані і не забезпечується однакова їхня залежність від зовнішніх впливів (при зміні напруги живлення пристрою, при зміні температури), включення компенсуючого джерела напруги не забезпечує компенсації впливу зміни опору лінії зв'язку, компенсуючий струм змінюється зі зміною опору

Пристрій (див. патент Великобританії № 2107877 G 01 K 7/20) містить схему подвійного моста, джерело струму, підключене до діагоналі моста через датчик струму. До вимірювальної діагоналі моста підключений диференціальний вольтметр

Загальними ознаками пропонованого і відомого пристрою є чотириох затискне включення резистивного датчика в схему моста

Причиною, що заважає досягти поставленої задачі у відомому пристрої є введення додаткового резистора, що приводить до додаткової похибки, зв'язаної зі зміною характеристик резистора, нелінійності вихідного моста, що зв'язано зі зміною опору резистивного датчика, а також застосування диференціального вольтметра з додатковим входом для підключення виходів датчика струму, що істотно обмежує можливість застосування пристрою

З відомих пристроїв для виміру опору най-

(13) A

(11) 51412

(19) UA

більш близьким по технічній сутності і результату, що досягається, є пристрій для виміру температури (див. патент України № 16408 G 01 K 7/18, Бюл. № 4 за 1997р.), що містить джерело живлення, операційний підсилювач, термометр опору (чи вимірюваний опір, у випадку виміру відхилення опору), перший токовий вивід якого через опір лінії зв'язку підключений до першого затиску джерела струму, операційний підсилювач з резистором зворотного зв'язку, перший потенційний вивід термометра опору через опір лінії зв'язку і перший резистор з'єднаний з інвертуючим входом операційного підсилювача, а другий потенційний вивід термометра опору через опір лінії зв'язку і другий резистор з'єднаний з неінвертуючим входом операційного підсилювача.

Загальними ознаками прототипу і пропонованого пристрою є операційний підсилювач, інвертуючий вхід якого через перший резистор з'єднаний з першим потенційним виводом вимірюваного резистора, першим виходом джерела живлення і через резистор зворотного зв'язку з виходом операційного підсилювача, другий потенційний вивід вимірюваного резистора через другий резистор з'єднаний з неінвертуючим входом операційного підсилювача і першим виводом третього резистора.

Причиною, що заважає досягти поставленої задачі є те, що при вимірі опору необхідно змінювати величину резистора порівняння. Однак, якщо це виконувати за допомогою з'йому з однієї точки, то струм, що проходить через контакт з'йому, приведе до додаткової похибки.

В основу винаходу поставлен завдання створити такий пристрій для виміру опору, у якому завдяки введенню нових елементів було б усунуто вплив контактів чи перехідного опору при безконтактному зніманні сигналу. Це дозволить істотно підвищити точність виміру.

Вирішення поставленої задачі досягається тим, що пристрій для виміру опору, що містить операційний підсилювач, інвертуючий вхід якого через перший резистор з'єднаний з першим потенційним виводом вимірюваного резистора, першим виходом джерела живлення і через резистор зворотного зв'язку з виходом операційного підсилювача, другий потенційний вивід вимірюваного резистора через другий резистор з'єднаний з неінвертуючим входом операційного підсилювача, першим виводом третього резистора, при цьому пристрій додатково містить ланцюжок еталонних резисторів, кожен вивід якого підключений до відповідного входу першого і другого комутаторів, вихід першого комутатора з'єднаний із другим струмовим виводом вимірюваного резистора і першим виводом другого резистора, вихід другого комутатора з'єднаний із другим виводом третього резистора, вхід ланцюжка еталонних резисторів з'єднаний із другим виходом джерела живлення.

Відмінними ознаками пропонованого пристрою є те, що пристрій додатково містить ланцюжок еталонних резисторів, кожен вивід якого підключений до відповідного входу першого і другого комутаторів, вихід першого комутатора з'єднаний із другим струмовим виводом вимірюваного резистора і першим виводом другого резистора, вихід

другого комутатора з'єднаний із другим виводом третього резистора, вхід ланцюжка еталонних резисторів з'єднаний із другим виходом джерела живлення.

Введення в пристрій ланцюжка еталонних резисторів і нових зв'язків дозволило цілком виключити вплив опору провідника, що з'єднує еталонний і вимірюваний опори, та двох перехідних опорів комутаторів, що не вдається одержати у відомих схемах подвійних мостів («Єдине слабе місце - це контактні опори, що включаються послідовно з малим опором R_T » К.Б. Карандеев. Методи електрических измерений. Госэнергоиздат Москва-Ленинград, 1952, стр. 204).

Крім того, за рахунок підвищення точності резисторів і збільшення дискретності комутаторів загальна похибка може бути зменшена до сотих часток відсотка.

По даному принципові можуть бути виконані також пристрої, призначені для

- виміру малих значень опорів (до тисячних часток Ома), наприклад, визначення коротко замкнутих витків,
- сортування прецизійних резисторів по відхиленню їхнього опору від номінального значення,
- виміру електричного опору замість складних вимірювальних мостів,
- виміру перехідного опору контактів комутаторів.

На кресленні представлена схема пристрою для виміру опору.

Пристрій містить вимірюваний опір 1, перший струмовий вивід якого з'єднаний з першим затиском джерела струму 4, перший потенційний вивід вимірюваного резистора 1 через перший резистор 6 з'єднаний із інвертуючим входом операційного підсилювача 10 і через резистор зворотного зв'язку 9 з виходом операційного підсилювача 10, другий токовий вивід вимірюваного резистора 1 з'єднаний з виходом комутатора 2 і першим виводом другого резистора 7, другий потенційний вивід вимірюваного резистора 1 через другий резистор 7 з'єднаний із неінвертуючим входом операційного підсилювача 10 і через третій резистор 8 з'єднаний з виходом комутатора 3, ланцюжок еталонних резисторів 5 1-5 п, перший вихід ланцюжка еталонних резисторів 5 1-5 п з'єднаний із другим виходом джерела живлення 4, виходи ланцюжка еталонних резисторів 5 1-5 п з'єднані з відповідними входами комутаторів 2 і 3.

Пристрій працює таким чином.

Струм з першого виводу джерела живлення 4 протікає через - вимірюваний резистор 1, - комутатор 2, - відповідний вивід ланцюжка еталонних резисторів 5 1-5 п, - вхід ланцюжка еталонних резисторів 5 1-3 п, - другий вивід джерела живлення 4. Частково струм від джерела живлення 4 розгалужується і протікає через - другий резистор 7, - третій резистор 8, вихід другого комутатора 3, відповідний вивід резистора ланцюжка еталонних резисторів 5 1-5 п. Таким чином, до інвертуючого входу операційного підсилювача 10 прикладено напругу U_A , а до неінвертуючого входу операційного підсилювача 10 прикладено напругу U_B . Напруга U_A на першому потенційному виводі вимірюваного опору дорівнює

$$U_A = I \cdot \left[R_x + R_k \left(\frac{R_2 + R_3}{R_k + R_2 + R_3} \right) + \sum_{i=1}^k R_{ei} \right],$$

де R_x - вимірюваний опір,

R_k - опір проводів і перехідний опір комутатора

2,

R_2 - резистор 7,

R_3 - резистор 8,

$\sum_{i=1}^k R_{ei}$ - опір частини ланцюжка еталонних

резисторів,

l - показник числа підключених еталонних резисторів ($l = 1, \dots, k$), k - повне число еталонних резисторів,

I - струм джерела живлення, що протікає через вимірюваний опір. Напруга U_B на неінвертуючому вході операційного підсилювача 10 дорівнює

$$U_B = I \cdot \left(R_k \cdot \frac{R_3}{R_2 + R_3} + \sum_{i=1}^k R_{ei} \right).$$

Напруга на виході операційного підсилювача 10 визначається з виразу

$$\Delta U_{\text{вих}} = U_B \cdot K_{(+)} - U_A \cdot K_{(-)}, \quad (1)$$

де $K_{(-)} = \frac{R_1}{R_4}$, а $K_{(+)} = K_{(-)} + 1$.

Після підстановки значень U_A і U_B в (1) і перетворення рівняння (1), $\Delta U_{\text{вих}}$ має такий вигляд

$$\Delta U_{\text{вих}} = I \cdot \left[R_{ei} - R_x \cdot K_{(-)} + \frac{R_k (R_3 - R_2 \cdot K_{(-)})}{R_k + R_2 + R_3} \right]. \quad (2)$$

Для виключення третього члена рівняння (2) приймаємо, що $R_3 = R_2 \cdot K_{(-)}$, тоді

$$\frac{R_k (R_3 - R_2 K_{(-)})}{R_k + R_2} = 0, \quad \text{а} \quad \Delta U_{\text{вих}} = I \cdot \left(\sum_{i=1}^k R_{ei} - R_x \cdot K_{(-)} \right).$$

Таким чином

$$\text{Тоді } R_{x0} = \frac{\sum_{i=1}^k R_{ei}}{K_{(-)}} = \frac{R_1 \cdot \sum_{i=1}^k R_{ei}}{R_4} = \frac{7 \cdot 1}{10} = 0.70 \text{ Ом}, \quad \Delta R_x = \frac{\Delta U_{\text{вих}}}{I \cdot K_{(-)}} = \frac{\Delta U_{\text{вих}} \cdot R_1}{I \cdot R_4} = \frac{\Delta U_{\text{вих}}}{I \cdot 10}.$$

Для градування вимірювального приладу в омах необхідно, щоб $l \cdot K_{(-)} = 1$, тоді, беручи до уваги те, що $K_{(-)} = 10$, приймаємо $l = 0.1 \text{ А}$

$$\Delta U_{\text{вих}} = \Delta R_x \cdot I \cdot K_{(-)} = 0.02 \cdot 100 \cdot 10 = 0.02 \text{ В}, \text{ то}$$

Таким чином, $R_x = 0.720 \text{ Ом}$

$$\delta_0 = \delta \left(\sum_{i=1}^k R_{ei} \right) + \delta R_1 + \delta R_4, \text{ а } \delta(\Delta R_x) = \delta(\Delta U_{\text{вих}}) + \delta I + \delta R_1 + \delta R_4,$$

$$\delta \left(\sum_{i=1}^k R_{ei} \right) = \delta R_1 = \delta R_4 = 0.1 \%, \text{ тоді } \delta_0 = \pm 0.3 \%, \delta(\Delta U_{\text{вих}}) = 0.2 \%, \delta I = 0.5 \%,$$

$$\text{а } \delta(\Delta R_x) = \pm 0.9 \%. \text{ Загальна похибка визначення } \delta R_x = \left(\pm 0.3 \pm \frac{0.9}{7} \right) = \pm 0.43 \%.$$

$$R_x = \frac{\sum_{i=1}^k R_{ei}}{K_{(-)}} + \frac{\Delta U_{\text{вих}}}{I \cdot K_{(-)}}. \quad (3)$$

Як видно з виразу (3), перший член рівняння не залежить від струму I , що дозволяє знизити вимоги до джерела живлення 4 практично без втрати точності виміру, оскільки друга складова рівняння (3) складає малу частину від значення R_x . Причому похибка буде тим менша, чим менше буде значення R_{ei} .

Вихідна напруга операційного підсилювача 10 визначається різницею ΔR_x значень опорів R_x і R_{x0}

$$\Delta R_x = \frac{\Delta U_{\text{вих}}}{I \cdot K_{(-)}} = \frac{\Delta U_{\text{вих}} \cdot R_1}{I \cdot R_4},$$

$$\text{де } R_{x0} = \frac{\sum_{i=1}^k R_{ei}}{K_{(-)}} = \frac{R_1 \cdot \sum_{i=1}^k R_{ei}}{R_4};$$

R_1 - резистор 6,

R_4 - резистор 9

Похибка δ_0 визначення значення R_{x0} визначається точністю резисторів R_{ei} , R_1 і R_4 не залежать від похибки струму I (нульовий режим виміру)

Похибка $\delta(\Delta R_x)$ визначення значення ΔR_x визначається похибкою приладу, що вимірює значення $\Delta U_{\text{вих}}$, похибкою струму I , похибкою R_1 і R_4

Відносна похибка δR_x визначається виразом

$$\delta R_x = \delta_0 + \delta(\Delta R_x) \cdot \frac{R_{ei}}{\sum_{i=1}^k R_{ei}}.$$

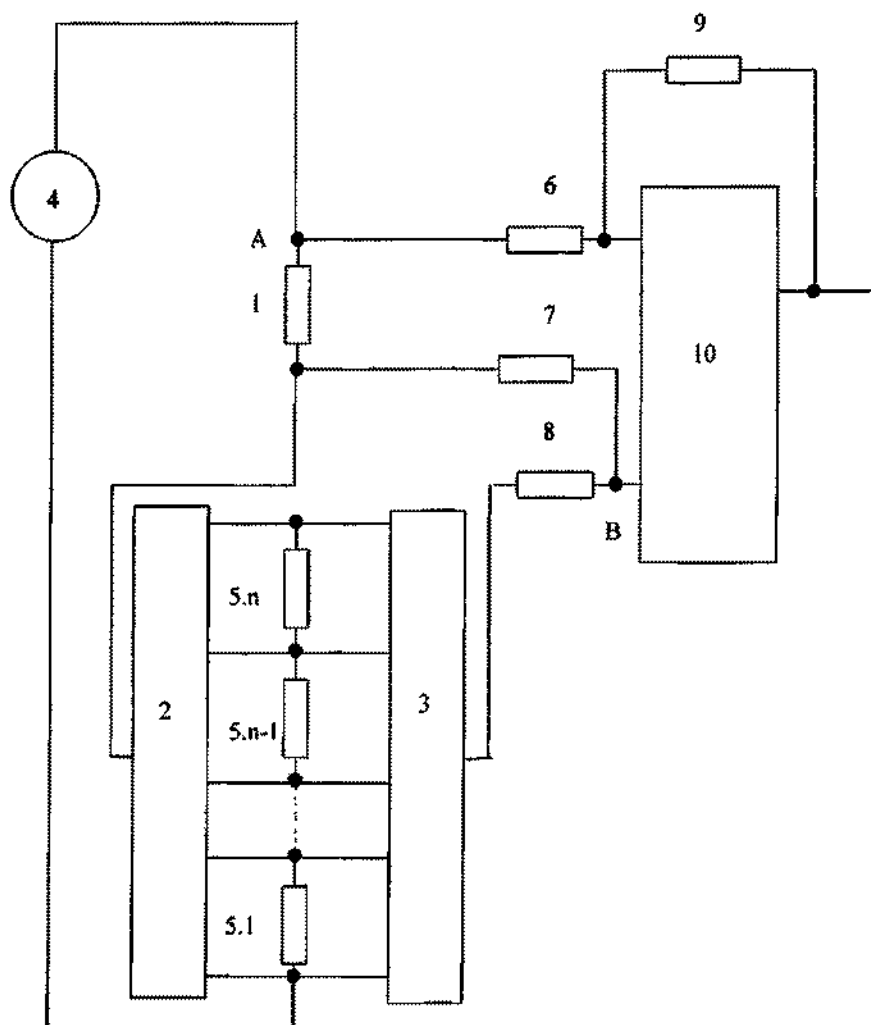
Похибка δR_x може бути істотно зменшена вибором режиму роботи комутаторів шляхом зменшення значення R_{ei}

Розглянемо приклад $R_x = 0.720 \text{ Ом} = 7 \cdot 0.1 + 0.020 \text{ Ом}$ і $K_{(-)} = 10$, тоді $R_{ei} = 10 \cdot 0.1 = 1.0 \text{ Ом}$, $l = 7$

Відносну похибку δR_x можна представити в такому вигляді

Пристрій може бути легко реалізований у виробничих умовах при серійному виробництві, оскільки в пристрої застосовується елементна база широкого застосування

льки в пристрої застосовується елементна база широкого застосування



Фіг.

ДП «Український інститут промислової власності» (Укрпатент)
вул. Сім'ї Хохлових, 15, м. Київ, 04119, Україна
(044) 456 – 20 – 90

ТОВ «Міжнародний науковий комітет»
вул. Артема, 77, м. Київ, 04050, Україна
(044) 216 – 32 – 71