



УКРАЇНА

(19) UA (11) 27328 (13) U  
(51) МПК (2006)  
G01R 17/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під  
відповідальність  
власника  
патенту

### (54) ВИМІРЮВАЛЬНИЙ КОМУТАЦІЙНИЙ МІСТ

1

2

(21) u200706876

(22) 19.06.2007

(24) 25.10.2007

(72) СКРИПНИК ЮРІЙ ОЛЕКСІЙОВИЧ, UA,  
ШЕВЧЕНКО КОСТЯНТИН ЛЕОНІДОВИЧ, UA,  
ПАТОВ ВОЛОДИМИР АРКАДІЙОВИЧ, UA

(73) КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ, UA

(56)

(57) Вимірювальний комутаційний міст, що містить чотириплечову мостову схему з вимірювальною діагоналлю та діагоналлю живлення, до одного плеча якої підключений досліджуваний активний двополюсник, до другого плеча порівняння, суміжного з першим, підключений магазин опорів, до третього та четвертого плечей відношення -

зразкові резистори, автоматичний ключ, включений у вимірювальну діагональ мостової схеми, та нульовий індикатор, який відрізняється тим, що в нього додатково введені диференціальний підсилювач, два конденсатори, два додаткових автоматичних ключі, мультівібратор та вольтметр, причому входи диференціального підсилювача підключені до діагоналі живлення, а вихід - через додаткові автоматичні ключі до двох заземлених конденсаторів, між якими підключений нульовий індикатор, керовані входи всіх автоматичних ключів з'єднані із двома протилежними виходами мультівібратора, а вольтметр підключений безпосередньо до виходу диференціального підсилювача.

Корисна модель відноситься до електровимірювальної техніки й може бути використана для виміру параметрів активних двополюсників.

Активні двополюсники характеризуються двома параметрами: внутрішнім опором і генеруючою електрорушійною силою (е.р.с.). Прикладом активних двополюсників є фотодіоди, термопари, п'єзoelementи, хімічні джерела струму, та інші, що генерують е.р.с., елементи. При цьому внутрішній опір активних двополюсників істотно залежить від значення генеруючої е.р.с. Часто необхідно визначити залежність внутрішнього опору від значення е.р.с., що також залежить від зовнішніх впливів (освітленості, температури, тиску й т.п.). Для цього необхідно вимірювати внутрішній опір з високою точністю та чутливістю, щоб зареєструвати малі зміни опору від варіації е.р.с. Такий вимір можна здійснити за допомогою вимірювальних комутаційних мостів (див. Скрипник Ю.А. Модуляционные измерения параметров сигналов и цепей. М. «Сов. радио», 1975 - с. 186-190), що володіють високою чутливістю, завадозахищеністю та точністю.

Відомий вимірювальний комутаційний міст (див. А.с. СРСР №117478, Кл. 21 е, 29/02, 1959, №2), що містить комутатор, що періодично замикає й розмикає вимірювальну діагональ мосту, підсилювач з детектором, які включені в діагональ живлення мосту, і настроєний на частоту комутації резонансний показчик рівноваги, в якості якого використовують вібраційний гальванометр.

При відсутності рівноваги мосту комутація вимірювальної діагоналі викликає періодичні зміни вхідного опору мосту і, як наслідок, струму в діагоналі живлення. У момент рівноваги мосту періодична комутація вимірювальної діагоналі не викликає змін вхідного опору мосту. В результаті детектором не виділяється періодична складова в струмі живлення мосту, відсутність якої фіксується резонансним показчиком рівноваги.

При вимірі опору активних двополюсників виникає додаткова похибка від появи змінної складової е.р.с. двополюсника в діагоналі живлення мосту від періодичних переривань вимірювальної діагоналі. Враховуючи, що частота перешкоди збігається з резонансною частотою показчика рівноваги, то зазначену похибку важко виключити.

(19) UA (11) 27328 (13) U

Відомий також вимірювальний комутаційний міст (див. А.с. СРСР №132324, Кл. 21е, 29/02, 1960, №19), що містить чотириплечу мостову схему з вимірювальною діагоналлю та діагоналлю живлення, до одного плеча якої підключений досліджуваний активний двополюсник, до другого плеча порівняння, суміжного з першим, підключений магазин опорів, до третього та четвертого плечей відношення - зразкові резистори, автоматичний ключ, включений у вимірювальну діагональ мостової схеми, та нульовий індикатор. Крім того, відомий пристрій включає блок автоматичного балансування незрівноваженого мосту з електродвигуном на виході, кінематичне з'єднанням із плазунком зрівноважуючого реохорда, що включений у вторинну обмотку трансформатора струму діагоналлю живлення мосту.

Завдяки автоматичному балансуванню незрівноваженого мосту з періодичною комутацією вимірювальної діагоналлю зовнішнім реохордом усувається вплив нестабільності напруги живлення мосту на результат виміру. Однак при цьому пригнічується вплив е.р.с. досліджуваного двополюсника, що приводить до втрати інформації про значення е.р.с. активного двополюсника. Живлення незрівноваженого мосту перемінною напругою також може негативно позначитися на параметрах активного двополюсника й спотворити їхнє значення (наприклад, вплинути на е.р.с. і спотворити внутрішній опір хімічного джерела струму).

В основу корисної моделі покладена задача створити такий вимірювальний комутаційний міст, в якому шляхом введення нових елементів і їх зв'язків, забезпечувався б вимір обох параметрів активних двополюсників без використання зовнішньої напруги для живлення мостової схеми та впливу одного параметру на інший, що дозволить підвищити експлуатаційні характеристики комутаційного моста.

Поставлена задача вирішується тим, що у вимірювальний комутаційний міст, що містить чотириплечу мостову схему з вимірювальною діагоналлю та діагоналлю живлення, до одного плеча якої підключений досліджуваний активний двополюсник, до другого плеча порівняння, суміжного з першим, підключений магазин опорів, до третього та четвертого плечей відношення - зразкові резистори, автоматичний ключ, включений у вимірювальну діагональ мостової схеми, та нульовий індикатор, згідно з корисною моделлю, додатково введені диференціальний підсилювач, два конденсатори, два додаткових автоматичних ключа, мультівібратор та вольтметр, причому входи диференціального підсилювача підключені до діагоналлю живлення, а вихід - через додаткові автоматичні ключі до двох заземлених конденсаторів, між якими підключений нульовий індикатор, керувані входи всіх автоматичних ключів з'єднані із двома протилежними виходами мультівібратора, а вольтметр підключений безпосередньо до виходу диференціального підсилювача.

Введення в схему вимірювального комутаційного мосту диференціального підсилювача, двох конденсаторів, двох додаткових автоматичних ключів, мультівібратора й вольтметра, включених зазначеним чином, дозволяє використовувати е.р.с. досліджуваного активного двополюсника у якості напруги живлення мостової схеми, диференціальним підсилювачем знімати з діагоналлю живлення напругу небалансу мостової схеми, а двома додатковими автоматичними ключами та конденсаторами з нульовим індикатором, включеним між цими конденсаторами, фіксувати стан балансу незрівноваженої мостової схеми по нульовому показанню індикатора при періодичних замиканнях її вимірювальної діагоналлю й певним співвідношенню опорів плечей мостової схеми, що забезпечує вимір обох параметрів активного двополюсника без додатка зовнішньої напруги до мостової схеми з високою точністю та чутливістю, що підвищує експлуатаційні характеристики моста.

На кресленні наведена принципова електрична схема вимірювального комутаційного мосту.

Мостова схема 1 містить чотири плеча без зовнішнього живлення. В одне із плечей включений досліджуваний активний двополюсник 2, у суміжне плече порівняння включений магазин опорів 3, а в плечі відношення включені зразкові резистори 4 і 5. До вимірювальної діагоналлю мостової схеми підключений автоматичний ключ 6. До діагоналлю живлення мостової схеми підключені своїми входами диференціальний підсилювач 7, до виходу якого підключений вольтметр 8. Вихід диференціального підсилювача 7 також з'єднаний через додаткові автоматичні ключі 9 і 10 з заземленими конденсаторами 11 і 12, між якими включений нульовий індикатор 13. Протилежні виходи мультівібратора 14 (прямий та інверсний) з'єднані з керуючими входами додаткових автоматичних ключів 9 і 10. Плече мультівібратора 14, яке з'єднане з керуючим входом додаткового автоматичного ключа 10, з'єднано також з керуючим входом автоматичного ключа 6 вимірювальної діагоналлю.

Вимірювальний комутаційний міст працює в такий спосіб:

Під дією е.р.с.  $E$ , активного двополюсника 2 через плечі мостової схеми 1, при розімкненому автоматичному ключі 6, протікає контурний струм:

$$I_1 = \frac{E_x}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4}, \quad (1)$$

де  $R_1 = R_x$  - внутрішній опір активного двополюсника 2;

$R_2$  і  $R_3$  - опір зразкових резисторів 4 і 5 плеч відношення;

$R_4$  - опір магазину опорів 3.

На входи диференціального підсилювача 7 впливає падіння напруги від струму  $I_1$  на резисторах  $R_3$  і  $R_4$ :

$$U_1 = (R_3 + R_4) I_1 = \frac{R_3 + R_4}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4} E_x, \quad (2)$$

Напруга  $U_1$ , підсилюється диференціальним підсилювачем 7 і через

замкнутий додатковий автоматичний ключ 9 заряджає конденсатор 11 до напруги:

$$U_2 = K_1 U_1 = K_1 \frac{R_3 + R_4}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4} E_x, \quad (3)$$

де  $K_1$  - коефіцієнт підсилення диференціального підсилювача 7.

При перемиканні мультівібратора 14 автоматичні ключі 6 і 10 замикаються, а ключ 9 розмикається. В результаті замикання вимірювальної діагоналі мостової схеми 1 контурний струм через плечі мосту збільшується до значення:

$$I_2 = \frac{E_x}{R_1 + R_4} E_x, \quad (4)$$

При цьому падіння напруги на магазині опорів 3 стає рівним:

$$U_3 = I_2 R_4 = \frac{R_4}{R_1 + R_4} E_x, \quad (5)$$

На входи диференціального підсилювача 7 падіння напруги  $U_3$  впливає через паралельно включені зразкові резистори 4 і 5, які знеструмлені замкнутим автоматичним ключем 6. З огляду на те, що опір паралельно включених резисторів 4 і 5 набагато менше вхідного опору  $R_{вх}$  диференціального підсилювача 7:

$$R_5 = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} \ll R_{вх}, \quad (6)$$

Підсилена напруга на виході диференціального підсилювача 7 буде визначатися виразом аналогічним (3):

$$U_4 = K_1 U_3 = K_1 \frac{R_4}{R_1 + R_4} E_x, \quad (7)$$

При цьому конденсатор 12 заряджається через замкнутий додатковий автоматичний ключ 10 до напруги  $U_4$ . При нерівності напруг  $U_2$  і  $U_4$  на конденсаторах 11 і 12 і безперервній роботі мультівібратора 14 через нульовий індикатор 13 буде протікати зрівняльний струм:

$$I_3 = K_2 (U_4 - U_2), \quad (8)$$

де  $K_2$  - коефіцієнт пропорційності, обумовлений ємністю конденсаторів 11, 12, внутрішнім опором нульового індикатора 13 і частотою комутації автоматичних ключів 6, 9 і 10.

Зміною опору  $R_4$  магазину опорів 3 домагаються нульового показання індикатора 13, що відповідає балансуванню незрівноваженої мостової схеми 1. При нульовому показанні нульового індикатора 13 маємо:

$$U_4 = U_2, \quad (9)$$

Підставляючи в рівність (9) значення напруг з (7) і (3), одержуємо:

$$\frac{R_4}{R_1 + R_4} = \frac{R_3 + R_4}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4}, \quad (10)$$

Вирішивши рівняння (10) щодо вимірюваного опору  $R_1$ , остаточно одержимо:

$$R_1 = R_x = R_4 \frac{R_2}{R_3}, \quad (11)$$

Таким чином, внутрішній опір активного двополюсника 2 визначається незалежно від його е.р.с. за допомогою магазину опорів 3 ( $R_4$ ) і

зразкових резисторів 4 і 5 плечей відношення мостової схеми ( $R_4$  і  $R_4$ ).

При періодичних перемиканнях автоматичних ключів 6, 9 і 10 за допомогою мультівібратора 14 показання вольтметра 8 також періодично міняються. Але при досягненні рівності (9) показання вольтметра 8 стає стабільним:

$$U_5 = U_4 = U_2, \quad (12)$$

З урахуванням, наприклад, виразу (7) маємо:

$$U_5 = K_1 \frac{R_4}{R_1 + R_4} E_x, \quad (13)$$

$$U_5 = K_1 \frac{R_3}{R_2 + R_3} E_x, \quad (14)$$

З виразу (14) видно, що показання вольтметра 8 пропорційно е.р.с.  $E_x$  активного двополюсника 2 і не залежить від внутрішнього опору  $R_x$  активного двополюсника 2.

Таким чином, використання пропонованого вимірювального комутаційного мосту в електровимірювальній техніці дозволяє:

здійснити роздільний вимір е.р.с. і внутрішнього опору активного двополюсника за допомогою однієї й тої ж мостової схеми з вольтметром без зовнішнього живлення;

одержати високу чутливість і точність виміру внутрішнього опору активного двополюсника шляхом використання багатodeкадного магазину опорів й приведення незрівноваженої мостової схеми до стану балансу по нульовому показанню індикатора;

вимірювати малі значення е.р.с. активного двополюсника за рахунок застосування диференціального підсилювача з великим коефіцієнтом підсилення й цифрового вольтметра великої розрядності;

виключити шунтуючу дію елементів вимірювальної схеми на значення визначеної е.р.с., включаючи спадання напруги на внутрішньому опорі самого активного двополюсника;

зміною співвідношення опорів плечей відношення мостової схеми ( $\frac{R_2}{R_3} \gg 1$  або  $\ll 1$ )

можна виміряти як низькоомний опір активних двополюсників, так і високоомний тим самим магазином опорів.

