



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **43990** (13) **U**
(51) МПК (2009)
G01R 27/00МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ**ОПИС
ДО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**видається під
відповідальність
власника
патенту**(54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ОПОРІВ ВИСОКООМНИХ ОБ'ЄКТІВ**

1

2

(21) u200903988

(22) 22.04.2009

(24) 10.09.2009

(46) 10.09.2009, Бюл. № 17, 2009 р.

(72) СКРИПНИК ЮРІЙ ОЛЕКСІЙОВИЧ, КАЛАМЕ-
ЄЦЬ ТЕТЯНА ПЕТРІВНА, ЖУРАЄВА МІЛЕНА ХА-
МДАМКУЛІВНА(73) КІЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ(57) Спосіб визначення опорів високоомних об'єк-
тів, який полягає в тому, що високоомний об'єкт
з'єднують послідовно в ланцюзі із зразковим висо-
коомним резистором, подають на ланцюг випро-
бувальну напругу, вимірюють падіння напруги U_1
на зразковому високоомному резисторі і визнача-
ють опір високоомного об'єкта R_x за формулою,

який **відрізняється** тим, що після вимірювання
падіння напруги U_1 на зразковому високоомному
резисторі високоомний об'єкт з'єднують паралель-
но із зразковим високоомним резистором і послі-
довно з вхідним опором вольтметра, подають на
отриманий ланцюг випробувальну напругу, вимі-
рюють падіння напруги U_2 на вході вольтметра, а
опір R_x високоомного об'єкта визначають за фор-
мулою

$$R_x = R_0 \left(\frac{U_2}{U_1} - 1 \right),$$

де R_0 - опір зразкового високоомного резистора.

Корисна модель відноситься до електровимі-
рювальної техніки та може бути застосована для
визначення опорів високоомних об'єктів за резуль-
татами порівняння з опорами зразкового резисто-
ра.

Для визначення опорів високоомних об'єктів
(електричної ізоляції, напівпровідникових та діеле-
ктричних матеріалів, особливо чистої води та ін-
ших рідин) важко використовувати прямі методи
вимірювання опору через малі значення вимірю-
вального струму, протікаючого через контрольо-
ваний об'єкт. Тому використовують непрямі мето-
ди вимірювань, засновані на порівнянні опору
високоомного об'єкту з опором зразкового резис-
тора і вимірюванні падіння напруги на об'єкті і зра-
зковому резисторі. Опір контрольованого об'єкту
визначають за формулою:

$$R_x = R_0 \left(\frac{U}{U_0} - 1 \right)$$

де R_x - опір об'єкта;

R_0 - опір зразкового резистора;

U - напруга джерела постійного струму;

U_0 - падіння напруги на зразковому резисторі

R_0 .

Якщо падіння напруги U_0 мале в порівнянні з
напругою U джерела, то

$$R_x \approx R_0 \frac{U}{U_0}.$$

[Технические средства диагностирования:
Справочник / В.В. Ключев, П.П. Пархоменко, В.Е.
Абрамчук и др; Под общ. ред. В.В. Ключева. - М:
Машиностроение, 1989. - с.275].

При великих опорах об'єкту (більше 10МОм)
зразковий резистор має бути також високоомним,
щоб забезпечити високу чутливість виміру. Але
при цьому виникає велика похибка вимірювання
через шунтуючу дію вхідного опору вольтметра,
який стає сумірним із опором зразкового резисто-
ра. Крім того, на постійному струмі проявляються
поляризаційні ефекти в контрольованому об'єкті,
що також знижує точність виміру.

Відомий спосіб визначення опорів високоом-
них об'єктів, в якому джерелом випробувальної
напруги є теплові шуми самого об'єкту, а викорис-
товувані операції перетворення шумової напруги
забезпечують здобуття вихідної постійної напруги,
значення якої пропорційно опору контрольованого
об'єкту [Деклараційний патент України на корисну
модель №14264, МПК G01R27/00, Бюл. №5, 2006].
Недоліком способу є невисока точність виміру ви-
сокоомних опорів через температурну та тимчасо-

(13) **U**(11) **43990**(19) **UA**

ву нестабільності параметрів перетворювачів шумової напруги. Крім того, на результат виміру сильно впливає нестійкість температури контролюваного об'єкту.

Відомий також спосіб виміру опорів високоомних об'єктів, який полягає в тому, що високоомний об'єкт з'єднують послідовно в ланцюзі із зразковим високоомним резистором, подають на ланцюг випробувальну напругу, вимірюють падіння напруги на зразковому високоомному резисторі і визначають опір високоомного об'єкту за формулою [Головко Д.Б., Рого К.Г., Скрипник Ю.О. Основи метрології та вимірювань. - К.: Либідь, 2001, - с.224]. Крім того, відомий спосіб включає операції перемикання вольтметра із зразкового резистора на контрольований об'єкт, - додаткове вимірювання падіння напруги на контрольованому об'єкті і визначення опору контрольованого об'єкту за формулою:

$$R_x = \frac{U_x}{U_N} R_N,$$

де U_x - падіння напруги на контрольованому об'єкті з опором R_x ;

U_N - падіння напруги на зразковому резисторі з опором R_N .

Згідно із способом-прототипом вхідний опір вольтметра R_V повинен задовольняти умові

$$R_V = (10^2 \dots 10^4) R_x.$$

Для високоомних об'єктів (10 МОм...10 ГОм) відповідати цій умові практично неможливо. Тому визначення опорів високоомних об'єктів відомим способом здійснюється з великими похибками через шунтуючу дію вхідного ланцюга вольтметра як на зразковий резистор, так і на контрольований об'єкт.

В основу корисної моделі покладена задача створити такий спосіб визначення опорів високоомних об'єктів, в якому введення нових операцій і нової розрахункової формули забезпечили б підвищення точності визначення великих опорів при використанні для виміру порівнюваної напруги стандартних вольтметрів.

Поставлена задача вирішується тим, що в спосіб визначення опорів високоомних об'єктів, який полягає в тому, що високоомний об'єкт з'єднують послідовно в ланцюзі із зразковим високоомним резистором, подають на ланцюг випробувальну напругу, вимірюють падіння напруги U_1 на зразковому високоомному резисторі і визначають опір високоомного об'єкту R_x за формулою, який відрізняється тим, що після вимірювання падіння напруги U_1 на зразковому високоомному резисторі високоомний об'єкт з'єднують паралельно із зразковим високоомним резистором і послідовно з вхідним опором вольтметра, подають на отриманий ланцюг випробувальну напругу, вимірюють падіння напруги U_2 на вході вольтметра, а опір R_x високоомного об'єкта визначають за формулою

$$R_x = R_0 \left(\frac{U_2}{U_1} - 1 \right)$$

де R_0 - опір зразкового високоомного резистора.

Введення в спосіб операції додаткового вимірювання падіння напруги на вході вольтметра при з'єднанні високоомного об'єкту паралельно із зразковим високоомним резистором і послідовно з вхідним опором вольтметра, дає можливість випробувальну напругу розподілити між паралельно ввімкненими високоомним об'єктом і зразковим високоомним резистором, з одного боку, і вхідним ланцюгом вольтметра, з іншого боку. Вимірювана напруга при цьому залежить як від вхідного опору вольтметра, так і від опору високоомного об'єкту. Результат попереднього виміру напруги при вихідному включенні вказаних елементів також визначається опором високоомного об'єкту, опором зразкового високоомного резистора і вхідним опором вольтметра. Проте відношення двох вимірних напруг визначається лише опором високоомного об'єкту і опором зразкового високоомного резистора і не залежить від вхідного опору вольтметра. Ця властивість запропонованого способу і дозволяє визначити опір високоомного об'єкту по відношенню двох вимірних напруг з врахуванням опору зразкового високоомного резистора, що і забезпечує підвищення точності виміру опорів високоомних об'єктів при використанні існуючих вольтметрів.

На кресленні представлена схема визначення опорів високоомних об'єктів запропонованим способом.

Позицією 1 позначено джерело (генератор) випробувальної напруги, 2 - вимірюваний високоомний об'єкт, 3 - зразковий високоомний резистор, 4 - перемикач, 5 - вольтметр, в якому виділені вхідний опір 6 і відліковий пристрій (шкала) 7. Схема має одну загальну точку заземлення 8.

Спосіб визначення опорів високоомних об'єктів здійснюється таким чином.

Випробувальна напруга від генератора 1 змінної напруги поступає на високоомний об'єкт 2, послідовно з яким включений зразковий високоомний резистор 3. Паралельно зразковому високоомному резистору 3 при вказаному положенні перемикача 4 підключений вольтметр 5 своїм вхідним опором 6. Високоомний об'єкт 2 утворює із зразковим високоомним резистором 3 дільник напруги з коефіцієнтом передачі відносно заземленої точки 8

$$K_1 = \frac{R_0}{R_x + R_0}, \quad (1)$$

де R_x - опір високоомного об'єкту 2;

R_0 - опір зразкового високоомного резистора

3.

Вхідний опір 6 вольтметра 5 сумірний із зразковим високоомним резистором 3. Тому еквівалентний опір нижньої частини дільника напруги визначається паралельним з'єднанням резисторів R_0 та R_x :

$$R'_0 = \frac{R_0 R_V}{R_0 + R_V}, \quad (2)$$

де R_V - вхідний опір 6 вольтметра 5.

Із врахуванням еквівалентного опору (2) коефіцієнт передачі дільника напруги (1) приймає значення

$$K'_1 = \frac{R'_0}{R_x + R'_0} \quad (3)$$

Підставляючи у вираз (3) значення еквівалентного опору, отримаємо

$$K'_1 = \frac{R_0 R_V}{R_x R_0 + R_x R_V + R_0 R_V} \quad (4)$$

Падіння напруги на зразковому високоомному резисторі 3 із врахуванням шунтуючої дії вхідного опору 6 вольтметра 5

$$U_1 = \frac{R_0 R_V}{R_x R_0 + R_x R_V + R_0 R_V} U_0, \quad (5)$$

де U_0 - випробувальна напруга на виході генератора 1.

Вимірюють по шкалі вольтметра 7 падіння напруги U_1 на зразковому високоомному резисторі 3.

Далі перемикачем 4 високоомний об'єкт 2 з'єднують із зразковим високоомним резистором 3 паралельно. При цьому вхідний опір 6 вольтметра 5 виявляється включеним послідовно з високоомним об'єктом 2. Випробувальна напруга U_0 генератора 1 виявляється прикладеною до паралельно-послідовного ланцюга з елементів 2, 3 та 6. Опір верхнього плеча дільника напруги визначається паралельним включенням високоомного об'єкту 2 і зразкового високоомного резистора 3:

$$R'_x = \frac{R_x R_0}{R_x + R_0} \quad (6)$$

Коефіцієнт передачі дільника напруги при паралельно-послідовному включенні його елементів

$$K'_2 = \frac{R_V}{R'_x + R_V} \quad (7)$$

Підставляючи у вираз (7) значення еквівалентного опору верхнього плеча дільника напруги з (6), отримаємо

$$K'_2 = \frac{R_V (R_x + R_0)}{R_x R_0 + R_x R_V + R_0 R_V} \quad (8)$$

Падіння напруги на вхідному опорі 6 вольтметра 5 від випробувальної напруги U_0 генератора 1 визначається коефіцієнтом передачі (8) дільника напруги:

$$U_2 = \frac{R_V (R_x + R_0)}{R_x R_0 + R_x R_V + R_0 R_V} U_0 \quad (9)$$

Вимірюють по шкалі 7 вольтметра 5 падіння напруги U_2 на його вхідному опорі 6.

Відношення двох вимірних напруг

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_0}{R_x + R_0} \quad (10)$$

Із співвідношення (10) визначають значення опору високоомного об'єкту 2

$$R_x = R_0 \left(\frac{U_2}{U_1} - 1 \right) \quad (11)$$

Як видно з отриманого виразу (11), результат виміру не залежить від значення вхідного опору R_V вольтметра 5. Якщо друга виміряна напруга U_2 більше в 2 рази першої вимірної напруги ($U_2 = 2U_1$), то має місце рівність порівнюваних опорів

$$R_x = R_0 \quad (12)$$

Таким чином, вирішена поставлена задача підвищення точності виміру опорів високоомних об'єктів порівнянням із зразковим високоомним резистором за рахунок виключення впливу шунтуючої дії вимірювача напруги - вольтметра. Це дозволяє при вимірюванні опорів високоомних об'єктів, опір яких перевищує десятки МОм, використовувати електронні вольтметри, що серійно випускаються, з вхідним опором 1-10МОм. При цьому похибка вимірювання опорів визначається лише класом їх точності (не більше одиниць відсотків). При використанні сучасних цифрових вольтметрів похибка вимірювань не перевищуватиме доль відсотка. Як джерело випробувальної напруги доцільно використовувати вимірювальні генератори низької частоти (1-100кГц), а як зразкові високоомні резистори - мікродротяні манганінові резистори номіналом 1-1000МОм.

Використання запропонованого способу для оцінки якості особливо чистої води, використовуваної, зокрема, для хімічного очищення графіту, забезпечило можливість доведення питомого опору очищеної води до 10^6 Ом·м. Останнє свідчить про практично повне видалення всіх домішок, як іонною, так і молекулярною електропровідності з очищеної води. Запропонований спосіб може бути використаний для вимірювання малих значень вологості (менше 5%) кондуктометричним методом, а також для оцінки наскрізної провідності діелектричних матеріалів.

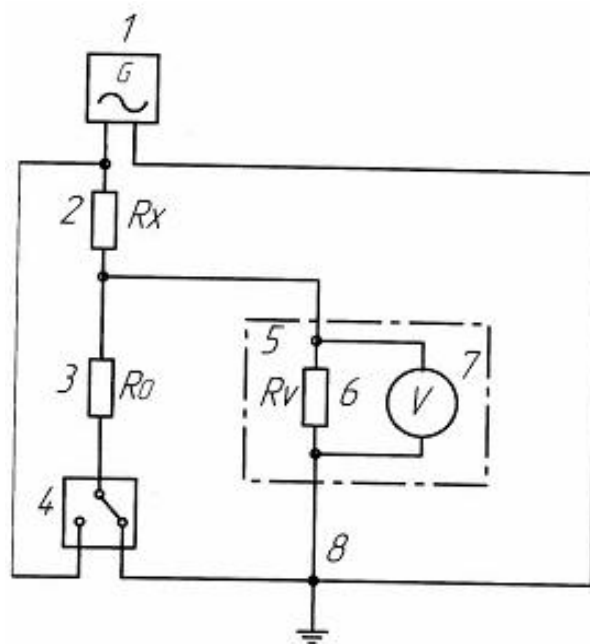


Fig.