



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 90787

(13) C2

(51) МПК (2009)

G01R 17/00

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

(54) СПОСІБ БАГАТОДІАПАЗОННОГО ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ІМПЕДАНСУ

1

- (21) a200811076
(22) 12.09.2008
(24) 25.05.2010
(46) 25.05.2010, Бюл.№ 10, 2010 р.
(72) СУРДУ МИХАЙЛО МИКОЛАЙОВИЧ, ЛАБУЗОВ ОЛЕКСАНДР ЄВГЕНІЙОВИЧ, ЛАМЕКО ОЛЕКСАНДР ЛЬВОВІЧ
(73) ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ "КОМЕРЦІЙНО-ПРОМИСЛОВА ФІРМА "ПРОМІКС"
(56) SU 520546 A; 17.09.1976
SU 1264085 A1; 15.10.1986
UA 38892 A; 15.05.2001
UA 41458 C2; 17.09.2001

2

- SU 842594 A; 30.06.1986
SU 468162 A; 18.04.1975
JP 56168169 A; 24.12.1981
US 5523693 A; 04.06.1996
US 4646002 A; 24.02.1987
FR 2619452 A1; 17.02.1989
(57) Спосіб багатодіапазонного вимірювання параметрів імпедансу, при якому на кожному піддіапазоні порівнюють об'єкт вимірювання зі взірцевою мірою, який відрізняється тим, що кожну взірцеву міру застосовують для вимірювань на двох суміжних піддіапазонах, причому на одному з них на об'єкті вимірювання встановлюють режим заданого струму, а на другому - режим заданої напруги.

Винахід відноситься до вимірювальної техніки, а саме до способів вимірювання параметрів імпедансу (опору, провідності, ємності, індуктивності тощо) і може бути використаний у приладобудуванні при розробленні приладів для вимірювання параметрів імпедансу, які мають широкий діапазон вимірювань.

Найбільш точними способами вимірювання параметрів імпедансу є способи із застосуванням еталонних або взірцевих мір.

При реалізації багатодіапазонних способів вимірювання параметрів імпедансу в сучасних приладах, як правило, кількість застосованих мір не менше кількості піддіапазонів вимірювання [1, 2].

Взірцеві, а тим більше еталонні, міри є дуже дорогими і складними пристроями, тому при розробленні багатодіапазонних приладів для вимірювання параметрів імпедансу задача зменшення кількості застосованих мір є важливою.

Відомий спосіб багатодіапазонного вимірювання параметрів імпедансу із застосуванням взірцевих мір (далі за текстом - мір), в якому кожну міру підключають для вимірювань в межах одного піддіапазону, а для переходу на інший піддіапазон підключають міру з іншим значенням відтворюваної величини. Цей спосіб застосовується у всій багатодіапазонній вимірювальній апаратурі; приклади реалізації відомого способу наведено в [3].

Недоліком такого способу є недостатня надійність і довговічність, великі габарити і вага реалізуючих способів приладів внаслідок використання

значної кількості мір (не менш, ніж піддіапазонів вимірювань), комутаторів для їх переключення, та відповідних конструктивних елементів.

Задачею винаходу є створення способу багатодіапазонного вимірювання параметрів імпедансу, який за рахунок зменшення кількості застосованих мір, комутаторів для їх переключення, та відповідних конструктивних елементів дозволив би підвищити надійність, довговічність, зменшити габарити і вагу реалізуючих запропонований спосіб приладів.

Ця задача вирішується тим, що кожну взірцеву міру застосовують для вимірювань на двох суміжних піддіапазонах, причому на одному з них на об'єкті вимірювання встановлюють режим заданого струму (ЗС), а на другому - режим заданої напруги (ЗН).

Можливість такого рішення полягає в тому, що для режиму ЗС на об'єкті вимірювання, рівняння, яке описує результат вимірювання, має вид:

$$Z_x = k \cdot Z_0 \quad (1)$$

а при режимі ЗН на об'єкті вимірювання, рівняння, яке описує результат вимірювання, має вид:

$$Y_x = k \cdot Y_0 \quad (2)$$

тобто, враховуючи, що $Y_x = 1/Z_x$, а $Y_0 = 1/Z_0$,

(13) C2

(11) 90787

(19) UA

$$Z_x = \frac{1}{k} \cdot Z_0 \quad (3)$$

У рівняннях (1), (2), (3):

Z_x - імпеданс (опір) об'єкту вимірювань;

Y_x - адмітанс (проводінність) об'єкту вимірювань;

Z_0 - імпеданс (опір) міри;

Y_0 - адмітанс (проводінність) міри;

k - коефіцієнт пропорційності, значення якого в процесі вимірювань змінюється.

Якщо k змінюється від 0 до 1 при застосуванні однієї міри, то згідно (1), при режимі ЗС на об'єкті вимірювання, можна визначити невідомий імпеданс Z_x у піддіапазоні $0 \leq Z_x \leq Z_0$, а при режимі ЗН на об'єкті вимірювання, згідно (3) можна визначити невідомий імпеданс Z_x у піддіапазоні $Z_0 \leq Z_x < \infty$.

Отже, при застосуванні лише однієї міри можливо здійснити вимірювання в діапазоні $0 \leq Z_x < \infty$.

У конкретному випадку діапазон значень коефіцієнта k визначається допустимою похибкою від дискретності.

Так, наприклад, при подекадному розподілі на піддіапазони, коли k змінюється від 0,1 до 1, шляхом почергового вимірювання як при режимі ЗС так і при режимі ЗН на об'єкті вимірювання, згідно (1), (3), використовуючи одну міру Z_0 можна визначити невідомий імпеданс Z_x на двох суміжних десятивих піддіапазонах: $0,1Z_0 \leq Z_x \leq 10Z_0$. Слід зазувати, що для досягнення очікуваного технічного результату, послідовність встановлення режимів на об'єкті вимірювання на цих піддіапазонах не має значення.

Суть способу пояснюється на прикладі роботи електричних схем, зображеніх на Фіг.1 та Фіг.2, які реалізують запропонованій спосіб:

- Фіг.1 - структурна схема приладу на основі вимірювального кола трансформаторного мосту із порівнянням струмів;

- Фіг.2 - структурна схема приладу на основі вимірювального кола прямого перетворення імпедансу.

На фігурах прийняті умовні позначення:

1 - трансформатор напруги з вторинними обмотками 2 і 3, які є плечовими обмотками моста, 4 - детектор рівноваги, 5 - міра, 6 - об'єкт вимірювання, 7 - комутатор, 8 - перемикач, 9 - операційний підсилювач, 10 - генератор напруги, 11 - векторний аналогово-цифровий перетворювач (ВАЦП).

Приклад 1 (схема Фіг.1).

Приклад 1 ілюструє мостовий метод вимірювання, в якому об'єкт вимірювання підключають в одне з пліч моста, і, після зрівноважування моста, величину невідомого імпедансу об'єкта вимірювання визначають за відомими значеннями параметрів зрівноважених вимірювальних кіл.

Схема Фіг.1 реалізує мостовий метод вимірювання імпедансу з зрівноважуванням шляхом комутації числа витків плечової обмотки 2 трансформатору 1 за показами детектора рівноваги 4. Процес вимірювання запропонованім способом відбувається наступним чином.

1. Нехай у вихідному стані імпеданс Z_0 міри 5 дорівнює Z_{01} , а об'єкт вимірювань 6 відповідно до

Фіг.1 знаходиться у режимі ЗН. Для цього стану N виконується умова (3) при $k=N_2/N_3$: $Z_x = \frac{N_3}{N_2} \cdot Z_0$,

де N_2 і N_3 - число витків плечових обмоток 2 і 3 відповідно, відношення яких може змінюватись у 10 разів ($0,1 \leq k \leq 1,0$).

Змінюючи комутатором 7 відношення N_2/N_3 від 1,0 до 0,1 на даному піддіапазоні вимірюють невідомий імпеданс від Z_{01} до $10Z_{01}$.

2. За допомогою перемикача 8 переводять об'єкт вимірювання у режим ЗС. Для цього стану умова врівноважування моста описується рівнянням (1) при $k=N_2/N_3$: $Z_x = \frac{N_2}{N_3} \cdot Z_0$.

Змінюючи комутатором 7 відношення N_2/N_3 від 0,1 до 1,0 на даному піддіапазоні вимірюють невідомий імпеданс від $0,1Z_{01}$ до Z_{01} .

3. Підключають іншу міру 5 із імпедансом Z_{02} .

Для переходу на сусідню пару піддіапазонів величина імпедансу Z_{02} повинна відрізнятись від Z_0 в число разів n :

$$n = \left(\frac{k_{\max}}{k_{\min}} \right)^2 \quad (4)$$

де k_{\max} , k_{\min} - максимальне і мінімальне значення коефіцієнта k .

У даному прикладі при десятковому розподілі на піддіапазони $Z_{02}=0,01Z_{01}$, або $Z_{02}=100Z_{01}$.

4. Переводять об'єкт вимірювання 6 у режим ЗН і повторюють процес аналогічно пп.1-3.

Примітка: якщо одночасно з переключенням міри 5 не інвертувати режим на об'єкті вимірювання 6, то спочатку вимірюють імпеданс у піддіапазоні від Z_{02} до $10Z_{02}$ за п.2, а потім у піддіапазоні від $0,1Z_{02}$ до Z_{02} відповідно п.1.

Приклад 2 (схема Фіг.2).

Приклад 2 ілюструє методи вимірювання імпедансу, в яких на об'єкт вимірювання і міру подають однакові або у відомих співвідношеннях електричні сигнали, вимірюють відповідні зміни струму або напруги у колах об'єкту вимірювання і міри, і за цими даними визначають параметри невідомого імпедансу.

Схема Фіг.2 реалізує метод прямого перетворення імпедансу в напругу. Процес вимірювання запропонованим способом за такою схемою відбувається наступним чином.

1. Нехай у вихідному стані відповідно до Фіг.2 об'єкт вимірювань 6 знаходиться у режимі ЗН, а міра 5 в режимі ЗС. Для такого стану схеми справедлива умова (3) при $k=U_x/U_0$: $Z_x = \frac{U_0}{U_x} \cdot Z_0$.

де U_x - вихідна напруга операційного підсилювача 9;

U_0 - вихідна напруга генератора 10;

а відношення напруг U_x/U_0 визначається векторним аналогово-цифровим перетворювачем 11.

Якщо прийняти, що параметри об'єкта вимірювання 6 всередині піддіапазону змінюються у 8 разів ($1/8 \leq k \leq 1$), то при даному стані схеми вимірюють імпеданс від Z_0 до $8Z_0$.

2. Перемикачем 8 переводять об'єкт вимірювань 6 у режим ЗС, а міру 5 в режим ЗН. Такий стан описується рівнянням (1) при $k=U_x/U_0$:

$$Z_x = \frac{U_x}{U_0} \cdot Z_0.$$

У такому стані схеми вимірюють невідомий імпеданс від $Z_0/8$ до Z_0 .

3. Підключають міру 5 з іншим значенням відтворюваної величини (наприклад, згідно з (4) - $Z_0/64$ або $64Z_0$).

4. Перемикачем 8 переводять об'єкт вимірювань 6 у режим ЗН, а міру 5 в режим ЗС.

5. Повторюють процес за пп.1-4.

З наведених прикладів видно, що запропонований спосіб багатодіапазонного вимірювання параметрів імпедансу забезпечує вимірювання на двох суміжних піддіапазонах при використанні лише однієї міри.

Як правило, у вимірювальних приладах діапазон вимірювань поділяється на десяткові піддіапазони, так, що параметри об'єкта вимірювання все-редині піддіапазону змінюються у 10 разів. Тоді, наприклад, для вимірювання запропонованим способом активного опору в діапазоні $(1 \cdot 10^6)$ Ом достатньо трьох зразкових опорів номіналами 10Ом , $1\text{k}\Omega$, $100\text{k}\Omega$ (10Ом , 10^3Ом , 10^5Ом). Спосіб дозволяє використовуючи три міри здійснювати вимірювання в шести десяткових піддіапазонах, наведених у таблиці:

Таблиця

| Z_0 | Режим ЗС (режим вимірювання Z_x) | | Режим ЗН (режим вимірювання Y_x) | |
|---------------------|-------------------------------------|------------------|-------------------------------------|------------------|
| | $Z_x, \text{Ом}$ | $Z_x, \text{Ом}$ | $Z_x, \text{Ом}$ | $Z_x, \text{Ом}$ |
| 10Ом | $1 < Z_x < 10$ | | $10 < Z_x < 10^2$ | |
| $1\text{k}\Omega$ | $10^2 < Z_x < 10^3$ | | $10^3 < Z_x < 10^4$ | |
| $100\text{k}\Omega$ | $10^4 < Z_x < 10^5$ | | $10^5 < Z_x < 10^6$ | |

Таким чином, у наведених прикладах реалізації запропонованого способу весь діапазон вимірювань складається з пар суміжних піддіапазонів. Переключення піддіапазонів в межах пари здійснюють шляхом інвертування режиму вимірювань на об'єкті вимірювання, а при переході до іншої пари піддіапазонів підключають міру з іншим значенням відтворюваної величини і змінюють режим на об'єкті вимірювання.

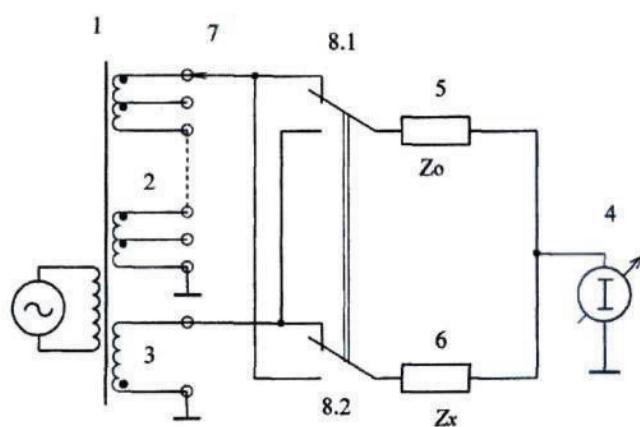
Схемні рішення, наведені на Фіг.1 та Фіг.2, дозволяють ввести лише один додатковий комутатор для інвертування режиму на об'єкті вимірювань на всіх піддіапазонах.

Запропонований спосіб дозволяє удвічі скоротити кількість використовуваних мір, комутаторів для їх переключення та відповідних конструктивних елементів, що дає можливість підвищити надійність, зменшити габарити і вагу реалізуючих даний спосіб приладів. Крім того, внаслідок більш високої надійності збільшується їх довговічність.

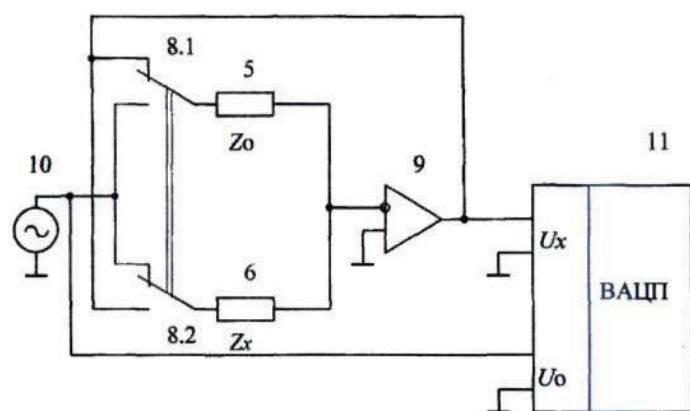
Зменшення кількості застосованих дорогих мір та інших елементів дозволяє значно знизити ціну приладів, реалізуючих запропонований спосіб.

Джерела інформації:

1. Орнатский П.П. Автоматические измерения и приборы (аналоговые и цифровые). - Киев: Вища школа, 1980. - с. 372, 408.
2. Трансформаторные измерительные мосты / Под ред. К.Б. Карапеева. - М.: Энергия, 1970. - с. 169-239.
3. Технические описания мостов переменного тока:
 - Р5016, Р5079, Р5083, Е7-8 ПО Точэлектроприбор ("РОСТОК");
 - АН2500 фирмы Andeen Hagerling;
 - 34401А фирмы Agilent;
 - HP3457 фирмы Hewlett Packard.



Фіг. 1



Фіг. 2