



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) UA (11) 96679 (13) C2
(51) МПК (2011.01)
G01R 35/00

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) СПОСІБ ПОВІРКИ МАСШТАБНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА СТРУМУ БУТЕНКА ОЛЕГА ГРИГОРОВИЧА

1

(21) а201007230

(22) 11.06.2010

(24) 25.11.2011

(46) 25.11.2011, Бюл.№ 22, 2011 р.

(72) БУТЕНКО ОЛЕГ ГРИГОРОВИЧ

(73) ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО ВСЕУКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ НАУКОВО-ВИРОБНИЧИЙ ЦЕНТР СТАНДАРТИЗАЦІЇ, МЕТРОЛОГІЇ, СЕРТИФІКАЦІЇ ТА ЗАХИСТУ ПРАВ СПОЖИВАЧІВ (ДП "УКРМЕТРТЕСТСТАНДАРТ")

(56) UA 80278 C2; 10.09.2007

UA 80424 C2; 25.09.2007

SU 1322212 A1; 07.07.1987

SU 1171725 A; 07.08.1985

SU 1334099 A1; 30.08.1987

US 3377555; 09.04.1968

GB 1428795; 17.03.1976

(57) 1. Спосіб повірки масштабного перетворювача струму, що включає порівняння струмів послідовно з'єднаних масштабного перетворювача струму, що повіряють, та допоміжного масштабного перетворювача струму принаймні одним вимірювальним приладом, який приєднують до виходів кожного із масштабних перетворювачів струму, при цьому струм від первинного джерела струму подають на обидва масштабні перетворювачі струму, а повірку здійснюють при рівності значень первинних струмів масштабних перетворювачів струму, який **відрізняється**

2

різняється тим, що до масштабного перетворювача струму, що повіряють, підключають додаткове джерело струму, після чого змінюють значення струму додаткового джерела струму таким чином, щоб зрівняти значення вторинних струмів вказаних масштабних перетворювачів струму, та проводять порівняння шляхом вимірювання різниці первинних струмів між масштабними перетворювачами струму, а коефіцієнт К масштабного перетворення масштабного перетворювача струму, що повіряють, визначають за формулою:

$$K = I_{A2B}/I_{D1E},$$

де

I_{D1E} - значення різниці вторинних струмів масштабних перетворювачів струму при рівності значень первинних струмів;

I_{A2B} - значення різниці первинних струмів масштабних перетворювачів струму при рівності значень вторинних струмів.

2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що значення струму додаткового джерела струму, підключеного до масштабного перетворювача струму, що повіряють, змінюють по амплітуді та фазі при змінному струмі.

3. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що первинні та вторинні струми масштабних перетворювачів струму зрівнюють та порівнюють по амплітуді та фазі при змінному струмі.

Винахід належить до електровимірювальної техніки та може застосовуватись для повірки масштабних перетворювачів електричного струму, зокрема вимірювальних трансформаторів струму (ТС).

Відомий спосіб повірки масштабного перетворювача електричного струму з використанням пристрою для вимірювання похибок масштабного перетворювача струму [а.с. СРСР №1322212, дата публікації - 07.07.1987 р., кл. МПК: G01R35/02], в якому джерело змінного струму генерує струм, значення якого дорівнює номінальному значенню первинного струму. Напряга з додаткового резистора надходить на вхід блока слідування. Вихідна напряга цього блока прикладається між другою

клемою вторинної обмотки масштабного перетворювача струму і загальною точкою так, що через додатковий резистор і вторинну обмотку масштабного перетворювача струму протікають струми, що відповідають вторинному струму та струму намагнічування. Значення величин струмів джерела і навантаження з датчиків струму надходять на блок реєстрації.

Зазначений спосіб дозволяє проводити вимірювання похибок масштабного перетворювача струму.

Недоліком відомого способу є неможливість його застосування для повірки масштабних перетворювачів постійної сили струму та необхідність використання еталонів, що не завжди є можливим.

(13) C2
(11) 96679
(19) UA

Крім того, недоліком способу є його складність при вимірюванні похибок масштабних перетворювачів струму та наявність у пристрої для вимірювання похибок масштабного перетворювача струму власних похибок. Також спосіб не забезпечує прямого вимірювання похибок масштабних перетворювачів струму, а їх значення опосередковано і приблизно визначається за вимірюваннями параметрів схеми заміщення масштабного перетворювача струму.

Відомий масштабний перетворювач струму з функцією вимірювання його похибок, (патент України на винахід № 80424, дата публікації - 25.09.2007 р., кл. МПК: G01R35/00), активна частина якого складається з одного магнітопроводу, первинної та вторинної обмоток. Вторинні обмотки виконують подвійним ізолюванням дротом, створюючи дві незалежні вторинні обмотки, а чотири виводи цих вторинних обмоток ізолювані один від одного. Одну з вторинних обмоток використовують як первинну, а іншу - як вторинну. Повірку масштабного перетворювача струму виконують за відомим методом згідно з ГОСТ 8.217-87.

Зазначений масштабний перетворювач струму за рахунок виконання вторинної обмотки подвійним дротом дозволяє проводити його повірку при підвищеній точності та зменшенні енерговитрат при повірці масштабного перетворювача струму.

Недоліком відомого масштабного перетворювача струму є неможливість його застосування для повірки масштабних перетворювачів постійної сили струму та масштабних перетворювачів струму з однією вторинною обмоткою. Крім того, при реалізації такого способу повірки необхідне використання еталонів, що не завжди є можливим.

Відомий спосіб повірки масштабних перетворювачів електричного струму з двома магнітопроводами [патент України на винахід № 80278, дата публікації - 10.09.2007р., кл. МПК: G01R35/00], згідно з яким порівнюються струми еталонного масштабного перетворювача та масштабного перетворювача, що повіряється. Первинні обмотки еталонного масштабного перетворювача та масштабного перетворювача, що повіряється, послідовно з'єднують в коло. На одну із вторинних обмоток масштабного перетворювача, що повіряється, подають струм від джерела струму. Після чого струм другої вторинної обмотки масштабного перетворювача, що повіряється, та струм вторинної обмотки еталонного масштабного перетворювача подаються на прилад реєстрації. Одну з вторинних обмоток масштабного перетворювача, що повіряється, використовують для живлення як первинну, а іншу - як вторинну. При з'єднанні в коло первинних обмоток масштабного перетворювача, що повіряється, та еталонного масштабного перетворювача виконують повірку.

При цьому, при подачі в одну із вторинних обмоток масштабного перетворювача, що повіряється, номінального вторинного струму від джерела струму, у первинних обмотках еталонного масштабного перетворювача та масштабного перетворювача, що повіряється, з'являється номінальний первинний струм, який трансформується у вторинну обмотку еталонного масштабного перетворювача та другу вторинну обмотку масштабного

перетворювача, що повіряється. Прилад реєстрації показує різницю цих струмів.

Відомий спосіб повірки масштабних перетворювачів електричного струму з двома магнітопроводами дозволяє проводити вимірювання похибок масштабного перетворювача струму.

Недоліком відомого способу є неможливість його застосування для повірки масштабних перетворювачів постійної сили струму та масштабних перетворювачів струму з однією вторинною обмоткою. Крім того, спосіб потребує використання еталонів, що не завжди є можливим.

Найбільш близьким до способу повірки масштабного перетворювача струму, що заявляється, є спосіб повірки масштабного перетворювача електричного струму, що включає порівняння масштабного перетворювача струму, що повіряють, та допоміжного масштабного перетворювача струму із використанням вимірювального приладу, який приєднують до вторинних виводів масштабних перетворювачів струму. Джерело струму підключають до обох масштабних перетворювачів струму. Повірку здійснюють при рівності значень первинних струмів масштабних перетворювачів [Трансформаторы тока. Методика поверки. ГОСТ 8.217-87 (СТ СЭВ 5644-86), Издательство стандартов. - 1988 г.].

Зазначений спосіб дозволяє проводити вимірювання струмової та кутової похибок масштабного перетворювача струму, що повіряють.

Недоліком відомого способу є неможливість його застосування для повірки масштабних перетворювачів постійної сили струму. Крім того, при здійсненні способу необхідно використовувати еталони, що не завжди є можливим.

В основу винаходу поставлена задача удосконалення способу повірки масштабного перетворювача струму, в якому за рахунок запропонованої послідовності виконання повірки масштабного перетворювача струму виключається необхідність використання еталонного масштабного перетворювача струму з відомими метрологічними характеристиками та виключається вплив значення коефіцієнта масштабного перетворення допоміжного масштабного перетворювача струму на визначення значення коефіцієнта масштабного перетворення масштабного перетворювача струму, що повіряють, що підвищує ефективність та прискорює процес повірки.

Поставлена задача вирішується запропонованим способом повірки масштабного перетворювача струму, що включає порівняння масштабного перетворювача струму, що повіряють, та допоміжного масштабного перетворювача струму із використанням принаймні одного вимірювального приладу, який приєднують до виходів кожного із масштабних перетворювачів струму. При цьому вказані масштабні перетворювачі струму з'єднують послідовно. Попередньо підключають джерело струму до обох масштабних перетворювачів струму та додаткове джерело струму до масштабного перетворювача струму, що повіряють. А повірку здійснюють при рівності значень первинних струмів масштабного перетворювача струму, що повіряють, та допоміжного масштабного перетво-

рювача струму. Після чого змінюють значення струму додаткового джерела струму таким чином, щоб зрівняти значення вторинних струмів вказаних масштабних перетворювачів струму. Далі проводять порівняння шляхом вимірювання різниці первинних струмів між масштабними перетворювачами струму, а коефіцієнт масштабного перетворення масштабного перетворювача струму, що повіряють, визначають за формулою:

$$K = I_{A2B}/I_{D1E}, \text{ де}$$

I_{D1E} - значення різниці вторинних струмів масштабних перетворювачів струму при рівності значень первинних струмів;

I_{A2B} - значення різниці первинних струмів масштабних перетворювачів струму при рівності значень вторинних струмів.

Краще, коли значення струму додаткового джерела струму, підключеного до масштабного перетворювача струму, що повіряють, змінюють по амплітуді та фазі при змінному струмі.

Краще, коли первинні та вторинні струми масштабних перетворювачів струму зрівнюють та порівнюють по амплітуді та фазі при змінному струмі.

Підключення джерел струму до масштабних перетворювачів струму забезпечує можливість змінення значення первинного струму одного з масштабних перетворювачів незалежно від іншого.

Проведення порівняння шляхом вимірювання значення різниці вторинних струмів масштабних перетворювачів струму при рівності значень їх первинних струмів дозволяє отримати значення різниці вторинних струмів.

Зміна значення сили струму додаткового джерела живлення, що підключене до масштабного перетворювача струму, що повіряють, дозволяє зрівняти значення вторинних струмів масштабних перетворювачів струму при незмінному значенні первинного струму допоміжного масштабного перетворювача струму.

Проведення вимірювання шляхом порівняння значень вхідних сил струму масштабних перетворювачів струму дозволяє отримати їх різницю при рівності значень їх вихідних сил струму.

Обчислення дозволяють визначити значення коефіцієнта масштабного перетворення масштабного перетворювача струму, що повіряють.

Запропонована послідовність повірки масштабного перетворювача струму дозволяє виключити вплив значення коефіцієнта масштабного перетворення допоміжного масштабного перетворювача струму на визначення коефіцієнта масштабного перетворення масштабного перетворювача, що повіряють. Крім того, виключається необхідність використання еталонного масштабного перетворювача струму з відомими метрологічними характеристиками.

Запропонований винахід пояснюється кресленнями, де зображено на:

Фіг.1 - принципова блок-схема, що реалізує спосіб, який заявляють.

Фіг.2 - принципова блок-схема, що реалізує традиційний спосіб,

де:

1 - додаткове джерело струму;

2 - джерело струму;

3 - масштабний перетворювач струму, що повіряють;

4 - допоміжний масштабний перетворювач струму,

5 - вимірювальний прилад;

6 - вимірювальний прилад.

Фіг.3 - векторна діаграма струмів при масштабному перетворенні струму змінної сили,

де:

I_{OA} - струм додаткового джерела струму 1;

I_{OA1} - струм додаткового джерела струму 1 при рівності вхідних струмів масштабних перетворювачів струму 3 і 4;

I_{OA2} - струм додаткового джерела струму 1 при рівності вихідних струмів масштабних перетворювачів струму 3 і 4;

I_{OB} - струм джерела струму 2;

I_{A2B} - значення різниці первинних струмів масштабних перетворювачів струму 3 і 4 при рівності значень вторинних струмів;

I_{CE} - вихідний струм допоміжного масштабного перетворювача струму 4;

I_{CD1} - вихідний струм масштабного перетворювача струму 3, що повіряють, при рівності вхідних струмів;

I_{CD2} - вихідний струм масштабного перетворювача струму 3, що повіряють, при рівності вихідних струмів;

I_{D1E} - різниця вихідних струмів масштабних перетворювачів струму 3 і 4 при рівності вхідних струмів масштабних перетворювачів струму 3 і 4;

I_{D2E} - різниця вихідних струмів масштабних перетворювачів струму 3 і 4 при рівності вихідних струмів масштабних перетворювачів струму 3 і 4 ($I_{D2E}=0$).

Запропонований спосіб здійснюють наступним чином.

Підключають додаткове джерело струму 1 та джерело струму 2 до масштабних перетворювачів струму 3 і 4. При цьому попередньо масштабні перетворювачі струму 3 і 4 з'єднують послідовно. Далі приєднують вимірювальні прилади 5 та 6 до виходів кожного із масштабних перетворювачів струму 3 і 4.

Значення вихідного струму додаткового джерела струму 1 (фіг.1) I_{OA} встановлюють рівним нулю. Значення вихідного струму джерела струму 2 (фіг.1) I_{OB} встановлюють рівним номінальному значенню вхідного струму масштабного перетворювача струму 3, що повіряють, та допоміжного масштабного перетворювача струму 4. Після чого, за допомогою вимірювального приладу 5 порівнюють вихідні струми допоміжного масштабного перетворювача 4 I_{CE} та масштабного перетворювача 3, що повіряють, I_{CD1} . Далі при фіксованому значенні струму I_{OB} джерела струму 2 змінюють значення струму I_{OA2} додаткового джерела струму 1 до досягнення рівності вихідних струмів I_{CE} та I_{CD2} допоміжного масштабного перетворювача струму 4 та масштабного перетворювача струму 3, що повіряють. Це фіксують за допомогою вимірювального приладу 5 ($I_{D2E}=0$).

Після чого, за допомогою вимірювального приладу 6 порівнюють значення вхідного струму

допоміжного масштабного перетворювача 4 ($I_{ОНВ}$), що дорівнює значенню вихідного струму джерела струму 2 $I_{ОНВ}$ та значення вихідного струму додаткового джерела струму 1 $I_{ОГА2}$. За результатами вимірювань визначають коефіцієнт масштабного перетворення масштабного перетворювача, що перевіряють, за наведеною формулою.

Були проведені експерименти з перевірки масштабних перетворювачів струму, для яких відомі значення коефіцієнтів масштабного перетворення, традиційним способом та способом, що заявляють.

1. Була проведена перевірка масштабного перетворювача постійної сили струму при наступних умовах.

Значення номінальної сили первинного струму - $I_{пн}=10000$ А.

Значення коефіцієнта масштабного перетворення масштабного перетворювача струму, що перевіряють - $K_1=99$.

Значення коефіцієнта масштабного перетворення допоміжного масштабного перетворювача струму - $K_2=100$.

Традиційний спосіб.

До масштабних перетворювачів струму 3 та 4 (фіг.2) підключають джерело постійної сили струму 2, сила струму якого дорівнює номінальній силі струму масштабних перетворювачів струму 3 і 4 - 10000 А ($I_{ОА}=I_{АВ}$).

Тоді вихідні струми масштабних перетворювачів 3 та 4 - відповідно:

$$I_{DC}=I_{ОА}/K_1=10000/99=101,01 \text{ (А)};$$

$$I_{EC}=I_{АВ}/K_2=10000/100=100 \text{ (А)}.$$

Після цього проводять порівняння шляхом вимірювання струму між масштабними перетворювачами струму 3 та 4 на вихідних виводах за допомогою вимірювального приладу 5:

$$I_{DE}=I_{DC}-I_{EC}=1,01 \text{ (А)}.$$

$$\text{Первинний струм: } I_{ОА}=I_{АВ}=I_{DC}\times K_1=I_{EC}\times K_2.$$

Визначають значення коефіцієнта масштабного перетворення масштабного перетворювача струму 3, що перевіряють, за формулою:

$$K_1=I_{EC}/I_{DC}\times K_2=(I_{DC}-I_{DE})/I_{DC}\times K_2=(1-I_{DE}/I_{DC})\times K_2=(1-1,01/101,01)\times 100=99.$$

Спосіб, що заявляють.

До масштабних перетворювачів струму 3 та 4 (фіг.1) підключають додаткове джерело постійної сили струму 1 - $I_{ОГА1}=0$ А та джерело постійної сили струму 2 - $I_{ОНВ}=10000$ А.

При рівності сил струму на масштабному перетворювачі струму 3, що перевіряють, та допоміжному масштабному перетворювачі струму 4 струм на вихідних виводах відповідно:

$$I_{CD1}=I_{ОА}/K_1=10000/99=101,01 \text{ (А)};$$

$$I_{CE}=I_{АВ}/K_2=10000/100=100 \text{ (А)}.$$

Після цього проводять порівняння шляхом вимірювання струму між вихідними виводами масштабних перетворювачів струму 3 та 4:

$I_{D1E}=I_{CD1}-I_{CE}=1,01$ (А). Це вимірюють за допомогою вимірювального приладу 5.

Змінюють струм додаткового джерела струму 1 - $I_{ОГА2}$, що підключене до масштабного перетворювача струму 3, що перевіряють, таким чином, щоб зрівняти вихідні струми масштабних перетворювачів

струму 3 та 4, що фіксують за допомогою вимірювального приладу 5 ($I_{D2E}=0$):

$$I_{CD2}=I_{CE}=100 \text{ (А)}.$$

$$\text{При цьому } I_{ОА2}=I_{CE}\times K_1=100\times 99=9900 \text{ (А)}.$$

Після цього проводять порівняння шляхом вимірювання різниці струмів між масштабними перетворювачами струму 3 та 4 на вхідних виводах при рівності струмів на вихідних виводах, що вимірюють за допомогою вимірювального приладу 6.

$$I_{A2B}=I_{ОНВ}-I_{ОА2}=100 \text{ (А)}.$$

При цьому рівність струмів на вихідних виводах фіксують за допомогою вимірювального приладу 5.

Далі визначають значення коефіцієнта масштабного перетворення масштабного перетворювача, що перевіряється, за формулою:

$$K_1=I_{A2B}/I_{D1E}=100/(1,01)=99.$$

Таким чином, значення коефіцієнта масштабного перетворення масштабного перетворювача струму 3, що перевіряють, визначені традиційним способом та способом, що заявляється, співпадають.

2. Була проведена перевірка вимірювальних систем великих струмів, призначених для масштабного перетворення і вимірювання струму постійної сили до 10 кА при наступних умовах.

Значення номінального коефіцієнта масштабного перетворення - $K_n=1000$.

Значення номінальної сили первинного постійного струму - $I_{пн}=10000$ А.

Значення номінальної сили вторинного постійного струму - $I_{вн}=10$ А.

Коефіцієнт масштабного перетворення масштабного перетворювача струму, що перевіряють, - $K_1=999$.

Коефіцієнт масштабного перетворення допоміжного масштабного перетворювача струму - $K_2=1001$.

Традиційний спосіб.

До масштабних перетворювачів струму 3 та 4 (фіг.2) підключають джерело постійної сили струму 2, сила струму якого дорівнює номінальній силі струму масштабних перетворювачів струму 3 і 4 - 10000 А ($I_{ОА}=I_{АВ}$).

Тоді вихідні струми масштабних перетворювачів струму 3 та 4 відповідно:

$$I_{DC}=I_{ОА}/K_1=10000/999=10,01 \text{ (А)};$$

$$I_{EC}=I_{АВ}/K_2=10000/1001=9,99 \text{ (А)}.$$

Після цього проводять порівняння шляхом вимірювання струму між масштабними перетворювачами струму 3 та 4 на вихідних виводах за допомогою вимірювального приладу 5:

$$I_{DE}=I_{DC}-I_{EC}=0,02 \text{ (А)}.$$

Первинний струм:

$$I_{ОА}=I_{АВ}=I_{DC}\times K_1=I_{EC}\times K_2.$$

Далі визначають значення коефіцієнта масштабного перетворення масштабного перетворювача струму 3, що перевіряють, за формулою:

$$K_1=I_{EC}/I_{DC}\times K_2=(I_{DC}-I_{DE})/I_{DC}\times K_2=(1-I_{DE}/I_{DC})\times K_2=(1-0,02/10,01)\times 1001=999.$$

Спосіб, що заявляють.

До масштабних перетворювачів струму 3 та 4 (фіг.1) підключають додаткове джерело постійної сили струму 1 - $I_{ОГА1}=0$ А та джерело постійної сили струму 2 - $I_{ОНВ}=10000$ А.

При рівних силах струму на масштабному перетворювачі струму 3, що повіряють, та допоміжному масштабному перетворювачі струму 4 струм на вихідних виводах відповідно:

$$I_{CD1}=I_{OA}/K_1=10000/999=10,01 \text{ (A)};$$

$$I_{CE}=I_{AB}/K_2=10000/1001=9,99 \text{ (A)}.$$

Після цього проводять порівняння шляхом вимірювання струму між вихідними виводами масштабних перетворювачів струму 3 та 4, що вимірюють за допомогою вимірювального приладу 5:

$$I_{D1E}=I_{CD1}-I_{CE}=10000/999-10000/1001=10,01-9,99=0,02 \text{ (A)}.$$

Далі змінюють струм додаткового джерела струму 1 - I_{OGA2} , що підключене до масштабного перетворювача струму 3, що повіряють, таким чином, щоб зрівняти вихідні струми масштабних перетворювачів струму 3 та 4, що фіксують за допомогою приладу 5 ($I_{D2E}=0$):

$$I_{CD2}=I_{CE}=10000/1001=9,99 \text{ (A)}.$$

При цьому, $I_{OA2}=I_{CE} \times K_1=10000/1001 \times 999=9980,02 \text{ (A)}.$

Після цього проводять порівняння шляхом вимірювання різниці струмів між масштабними перетворювачами струму 3 та 4 на вхідних виводах при рівності струмів на вихідних виводах за допомогою вимірювального приладу 6:

$$I_{A2B}=I_{OHB}-I_{OA2}=10000-(10000/1001) \times 999=20000/1001=10000-9980,02=19,98 \text{ (A)}.$$

При цьому рівність струмів на вихідних виводах фіксують за допомогою вимірювального приладу 5.

Далі визначають значення коефіцієнта масштабного перетворення масштабного перетворювача струму 3, що повіряють, за формулою:

$$K_1=I_{A2B}/I_{D1E}=(20000/1001)/(20000/(999 \times 1001))=19,98/0,02=999.$$

Таким чином, значення коефіцієнта масштабного перетворення масштабного перетворювача струму 3, що повіряють, визначені традиційним способом та способом, що заявляється, співпадають.

3. Була проведена повірка масштабного перетворювача струму змінної сили при наступних умовах.

Значення номінального коефіцієнта масштабного перетворення - $K_H=4$.

Значення номінальної первинної сили струму - $I_{PH}=100 \text{ A}$.

Значення номінальної вторинної сили струму - $I_{BH}=25 \text{ A}$.

Коефіцієнт масштабного перетворення масштабного перетворювача струму 3, що повіряють, - $K_1=3,9 \angle 30^\circ=3,9 \cos 30^\circ + j 3,9 \sin 30^\circ$.

Коефіцієнт масштабного перетворення допоміжного масштабного перетворювача струму - $K_2=4,1 \angle 45^\circ=4,1 \cos 45^\circ + j 4,1 \sin 45^\circ$.

Значення первинної сили струму допоміжного масштабного перетворювача - $I_{OB}=I_{PH}=100 \text{ A}$.

Традиційний спосіб.

До масштабних перетворювачів струму 3 та 4 (фіг.2) підключають джерело змінної сили струму 2, сила струму якого дорівнює їх номінальній силі струму масштабних перетворювачів 3 і 4 - 10000 A , ($I_{OA}=I_{AB}$).

Тоді вихідні струми масштабних перетворювачів струму 3 та 4 відповідно:

$$I_{DC}=I_{OA}/K_1=100/3,9 \angle 30^\circ=25,641025641 \angle -30^\circ=22,205779584216-j12,8205128205 \text{ (A)};$$

$$I_{EC}=I_{AB}/K_2=100/4,1 \angle 45^\circ=24,3902439024 \angle -45^\circ=17,2465068582-j17,2465068582 \text{ (A)}.$$

Після цього проводять порівняння шляхом вимірювання струму між масштабними перетворювачами струму 3 та 4 на вихідних виводах за допомогою вимірювального приладу 5:

$$I_{DE}=I_{DC}-I_{EC}=(22,205779584216-17,2465068582)+j(17,2465068582-12,8205128205)=(4,9592727222+j4,4259904377) \text{ (A)}.$$

Первинний струм: $I_{OA}=I_{AB}=I_{DC} \times K_1=I_{EC} \times K_2$.

Далі визначають значення коефіцієнта масштабного перетворення масштабного перетворювача струму 3, що повіряють, за формулою:

$$K_1=I_{EC}/I_{DC} \times K_2=(I_{DC}-I_{DE})/I_{DC} \times K_2=(1-I_{DE}/I_{DC}) \times K_2=(1-(((4,9592727222)+j(4,4259904377))/25,641025641 \angle -30^\circ)) \times 4,1 \angle 45^\circ=3,9 \angle 30^\circ.$$

Спосіб, що заявляють.

До масштабних перетворювачів струму 3 та 4 (фіг.1) підключають додаткове джерело змінної сили струму 1 - $I_{OGA1}=0 \text{ A}$, та джерело змінної сили струму 2 - $I_{OHB}=100 \text{ A}$.

При рівності сил струму на масштабному перетворювачі струму 3, що повіряють, та на допоміжному масштабному перетворювачі 4 струм на вихідних виводах відповідно:

$$I_{CD1}=I_{OA1}/K_1=100/3,9 \angle 30^\circ=25,641025641 \angle -30^\circ=22,205779584216-j12,8205128205 \text{ (A)};$$

$$I_{CE}=I_{AB}/K_2=100/4,1 \angle 45^\circ=24,3902439024 \angle -45^\circ=17,2465068582-j17,2465068582 \text{ (A)}.$$

Після цього проводять порівняння шляхом вимірювання струму між вихідними виводами масштабних перетворювачів струму 3 та 4, що вимірюють за допомогою вимірювального приладу 5:

$$I_{D1E}=I_{CD1}-I_{CE}=(22,205779584216-17,2465068582)+j(17,2465068582-12,8205128205)=(4,9592727222+j4,4259904377)=6,64708788025 \angle 41,7478797789^\circ \text{ (A)}.$$

Далі змінюють струм додаткового джерела струму 1- I_{OGA2} , яке підключене до масштабного перетворювача струму 3, що повіряють, таким чином, щоб зрівняти вихідні струми масштабних перетворювачів 3 та 4, що фіксують за допомогою вимірювального приладу 5 ($I_{D2E}=0$):

$$I_{CD2}=I_{CE}=24,3902439024 \angle -45^\circ \text{ (A)}.$$

При цьому, $I_{OA2}=I_{CE} \times K_1=(24,3902439024 \angle -45^\circ) \times 3,9 \angle 30^\circ=95,121936 \angle -15^\circ \text{ (A)}.$

Після цього проводять порівняння шляхом вимірювання різниці струмів між масштабними перетворювачами струму 3 та 4 на вхідних виводах при рівності струмів на вихідних виводах за допомогою вимірювального приладу 6:

$$I_{A2B}=I_{OHB}-I_{OA2}=100-(24,3902439024 \angle -45^\circ) \times 3,9 \angle 30^\circ=100-95,121936 \angle -15^\circ=100-91,8807346290+j24,6193686438=8,11926537098+j24,6193686438=25,923652956 \angle 71,747869325^\circ \text{ (A)}.$$

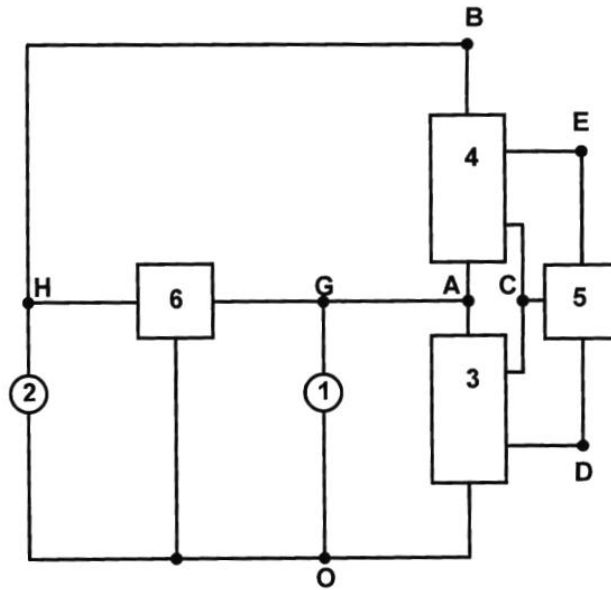
При цьому рівність струмів на вихідних виводах фіксують за допомогою вимірювального приладу 5.

Далі визначають значення коефіцієнта масштабного перетворення масштабного перетворювача струму 3, що повіряють, за формулою:

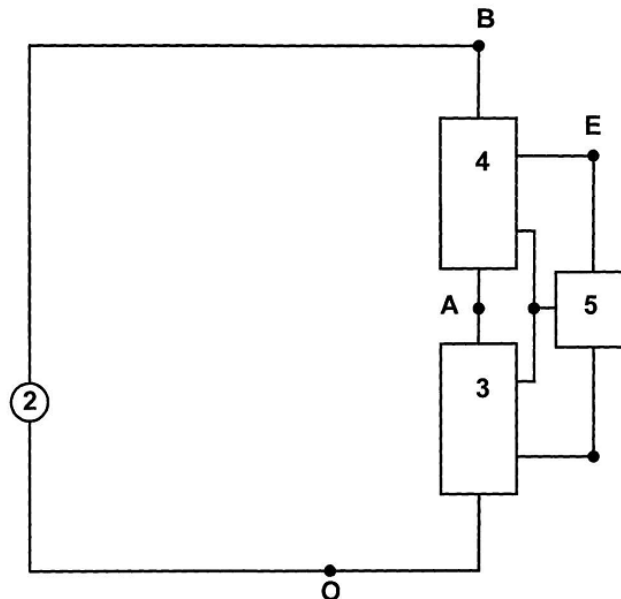
$$K_1 = I_{A2B} / I_{D1E} = 25,92365 \angle 71,7478^\circ / 6,64709 \angle 41,7478^\circ = 3,9 \angle 30^\circ.$$

Таким чином, значення коефіцієнта масштабного перетворення масштабного перетворювача струму 3, що повіряють, визначені традиційним способом та способом, що заявляється, співпадають за амплітудою та фазою.

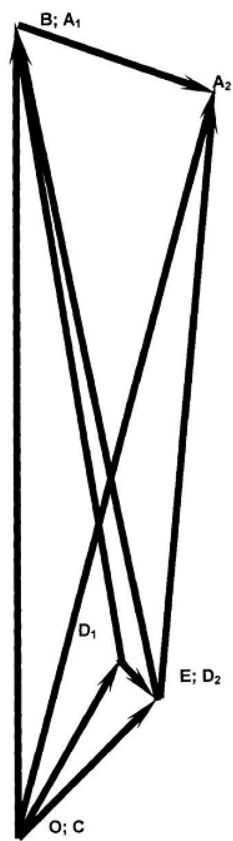
Таким чином, був удосконалений спосіб повірки масштабного перетворювача струму, який дозволяє виключити вплив значення коефіцієнта масштабного перетворення допоміжного масштабного перетворювача на визначення значення коефіцієнта масштабного перетворення масштабного перетворювача, що повіряють, та дозволяє проводити повірку масштабного перетворювача струму без використання еталонних масштабних перетворювачів струму. Це також прискорює процес повірки і робить його значно ефективнішим та дешевшим.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фіг. 3