



УКРАЇНА

(19) UA (11) 94846 (13) C2
(51) МПК (2011.01)
G01R 35/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) СПОСІБ ПОВІРКИ МАСШТАБНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА НАПРУГИ БУТЕНКА ОЛЕГА ГРИГОРОВИЧА

1

(21) а201002848

(22) 15.03.2010

(24) 10.06.2011

(46) 10.06.2011, Бюл.№ 11, 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 85749 C2; 10.10.2008

UA 83909 C2; 26.08.2008

SU 1318949 A1; 23.06.1987

SU 1273858 A1; 30.11.1986

SU 935844; 15.06.1982

GB 1428795; 17.03.1976

US 3377555; 09.04.1968

JP 2003021671 A; 24.01.2003

(57) 1. Спосіб повірки масштабного перетворювача напруги, що включає вирівнювання потенціалів виводів масштабного перетворювача напруги, що повіряють, та допоміжного масштабного перетворювача напруги шляхом змінювання напруги джерела живлення низької напруги масштабного перетворювача напруги, що повіряють, при рівності потенціалів на їх високовольтних виводах, після чого проводять вимірювання значення напруги, причому вимірювання значення напруги проводять двічі, принаймні між нульовими виводами масштабних перетворювачів напруги при рівності потенціалів на низьковольтних виводах масштабних перетворювачів напруги та між низьковольтними виводами масштабних перетворювачів напруги при рівності потенціалів на нульових виводах масштабних перетворювачів напруги, а за результатами вимірювань оцінюють метрологічні характе-

2

ристики масштабного перетворювача напруги, що повіряють, який **відрізняється** тим, що при рівності значень високих напруг масштабних перетворювачів напруги додатково вимірюють значення напруги на низьковольтному виводі допоміжного масштабного перетворювача напруги, а при рівності потенціалів на низьковольтних виводах масштабних перетворювачів напруги вимірюють повторно значення напруги на низьковольтному виводі допоміжного масштабного перетворювача напруги та визначають коефіцієнт масштабного перетворення масштабного перетворювача, що повіряють. 2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що коефіцієнт масштабного перетворення масштабного перетворювача, що повіряють, визначають за формулою:

$$K = U_{C2O} / (U_{C2O} - U_{B1D1} \times (U_{B2O} / U_{B1O}))$$
, де

U_{B1D1} - значення напруги між низьковольтними вихідними виводами масштабних перетворювачів напруги при рівності значень високих напруг;

U_{C2O} - значення напруги між нульовим виводом масштабного перетворювача, що повіряють, та нульовим виводом допоміжного масштабного перетворювача напруги при рівності потенціалів їх вихідних низьковольтних та високовольтних виводів;

U_{B1O} - значення вихідної напруги допоміжного масштабного перетворювача напруги при рівності значень високих напруг;

U_{B2O} - значення вихідної напруги допоміжного масштабного перетворювача напруги при рівності потенціалів низьковольтних виводів масштабних перетворювачів напруги.

Винахід належить до галузі електровимірювальної техніки та може застосовуватись для повірки масштабних перетворювачів електричної напруги.

Відомий спосіб повірки масштабного перетворювача (а.с. СРСР №1273858, кл. МПК: G01R 35/00), оснований на досягненні рівності вихідних напруг масштабного перетворювача, що повіряється, і еталонного масштабного перетворювача, та вимірюванні різниці їх напруг живлення, причо-

му для розширення функціональних можливостей шляхом врахування кутової похибки перетворювача, що повіряється, при живленні напругою змінного струму, змінюють напругу живлення одного з перетворювачів по амплітуді і фазі, вимірюють кут зсуву фаз між напругами живлення обох перетворювачів і за результатами вимірів визначають амплітудну і кутову похибки за формулою.

(19) UA (11) 94846 (13) C2

Зазначений спосіб дозволяє проводити вимірювання амплітудної і кутової похибок масштабних перетворювачів та може бути застосований для перевірки масштабних перетворювачів напруги.

Недоліком відомого способу перевірки масштабного перетворювача є необхідність використання еталонного масштабного перетворювача напруги, що не завжди є можливим.

Відомий спосіб перевірки масштабного перетворювача (а.с. СРСР №1318949 А1, кл. МПК: G01R 35/00), в якому вирівнюють потенціали виходів еталонного масштабного перетворювача та масштабного перетворювача, що перевіряють. При цьому для визначення амплітудної та кутової похибок масштабного перетворювача напруги, що перевіряють, при живленні напругою змінного струму, змінюють напругу живлення одного із перетворювачів по амплітуді та фазі при рівності потенціалів їх входів, визначають різницю їх напруг живлення, порівнюють з вхідною або вихідною напругою одного із перетворювачів та за результатами судять про амплітудну і кутову похибки масштабного перетворювача, що перевіряють.

Недоліком відомого способу перевірки масштабного перетворювача напруги є необхідність використання еталонного масштабного перетворювача напруги, що не завжди є можливим.

Відомий спосіб перевірки масштабного перетворювача (а.с. СРСР №935844, кл. МПК: G01R 35/00) шляхом порівняння при високій напрузі масштабного перетворювача, що перевіряють, з допоміжним масштабним перетворювачем за допомогою вимірювального приладу, приєднаного до низьковольтних виводів вказаних масштабних перетворювачів. Причому при фіксованій напрузі на високовольтних виводах масштабних перетворювачів вимірювальним приладом заміряють величину напруги між низьковольтними виводами перетворювачів і величину напруги на низьковольтних плечах перетворювача, що перевіряється, та допоміжного перетворювача, а потім визначають коефіцієнт масштабного перетворення за формулою.

Зазначений спосіб дозволяє проводити перевірку масштабного перетворювача з використанням допоміжного масштабного перетворювача, який повинен бути еталонним, що не завжди є можливим. Відповідно до способу на визначення значення коефіцієнта масштабного перетворення масштабного перетворювача, що перевіряється, впливає значення коефіцієнта масштабного перетворення допоміжного масштабного перетворювача. Значення коефіцієнта масштабного перетворення допоміжного масштабного перетворювача присутнє у розрахунковій формулі для визначення значення коефіцієнта масштабного перетворення масштабного перетворювача, що перевіряється. Крім того, на визначення значення коефіцієнта масштабного перетворення масштабного перетворювача, що перевіряють, впливає значення високої напруги масштабних перетворювачів, що присутнє у розрахунковій формулі.

Найбільш близьким до способу перевірки масштабного перетворювача напруги, що заявляється, є спосіб перевірки масштабних перетворювачів на-

пруг (патент України на винахід №85749, дата публікації - 25.02.2009 р., кл. МПК: G01R 35/00), при якому вирівнюють потенціали виводів допоміжного масштабного перетворювача напруги та масштабного перетворювача, що перевіряють, шляхом змінування напруги джерела живлення низької напруги масштабного перетворювача напруги, що перевіряють, при рівності потенціалів на їх високовольтних виводах, проводять вимірювання значення напруг, а за результатами вимірювань оцінюють метрологічні характеристики масштабного перетворювача, що перевіряють. Причому вимірювання значення напруг проводять принаймні між нульовими виходами масштабних перетворювачів напруги при рівності потенціалів на низьковольтних виводах та між низьковольтними виводами масштабних перетворювачів напруги при рівності потенціалів на нульових виводах.

Зазначений спосіб дозволяє проводити перевірку масштабного перетворювача напруги при наявності допоміжного масштабного перетворювача напруги. При цьому визначення значення коефіцієнта масштабного перетворення масштабного перетворювача напруги, що перевіряють, можливо лише при фіксованій напрузі на високовольтному виводі допоміжного масштабного перетворювача протягом проведення вказаних двох вимірювань та зміни вхідної напруги масштабного перетворювача напруги, що перевіряють, для зрівняння значень низьких напруг масштабних перетворювачів напруги між цими вимірюваннями.

Недоліком відомого способу є те, що фіксоване значення напруги на допоміжному масштабному перетворювачі напруги повинно залишатися однаковим як при першому вимірюванні значення різниці вихідних напруг при рівності вхідних напруг, так і при другому вимірюванні значення напруги між нульовим виводом масштабного перетворювача напруги, що перевіряють, та нульовим виводом допоміжного масштабного перетворювача напруги при рівності потенціалів їх вихідних низьковольтних та високовольтних виводів та при незмінній високій напрузі допоміжного масштабного перетворювача напруги. При цьому забезпечити необхідну стабільність фіксованого значення високої напруги на допоміжному масштабному перетворювачі напруги протягом виконання обох вимірювань практично неможливо як у лабораторних умовах, так і на місці експлуатації високовольтних масштабних перетворювачів напруги, зокрема, вимірювальних трансформаторів напруги, що стоять на обліку електричної енергії.

В основу винаходу поставлена задача удосконалення способу перевірки масштабного перетворювача напруги, в якому за рахунок запропонованої послідовності перевірки масштабного перетворювача напруги виключається вплив змінення значення високої напруги на допоміжному масштабному перетворювачі напруги на результат визначення коефіцієнта масштабного перетворення масштабного перетворювача, що перевіряють.

Поставлена задача вирішується запропонованим способом перевірки масштабного перетворювача напруги, що включає вирівнювання потенціалів виводів масштабного перетворювача напруги, що

повіряють, та допоміжного масштабного перетворювача напруги шляхом змінювання напруги джерела живлення низької напруги масштабного перетворювача напруги, що повіряють, при рівності потенціалів на їх високовольтних виводах, після чого проводять вимірювання значення напруги, причому вимірювання значення напруги проводять двічі, принаймні між нульовими виводами масштабних перетворювачів напруги при рівності потенціалів на низьковольтних виводах масштабних перетворювачів напруги при рівності потенціалів на нульових виводах масштабних перетворювачів напруги, а за результатами вимірювань оцінюють метрологічні характеристики масштабного перетворювача напруги, що повіряють, в якому при рівності значень високих напруг масштабних перетворювачів напруги додатково вимірюють значення напруги на низьковольтному виводі допоміжного масштабного перетворювача напруги, а при рівності потенціалів на низьковольтних виводах масштабних перетворювачів напруги вимірюють повторно значення напруги на низьковольтному виводі допоміжного масштабного перетворювача напруги.

Визначають коефіцієнт масштабного перетворення масштабного перетворювача, що повіряють, за формулою:

$$K = U_{C20} / (U_{C20} - U_{B1D1} \times (U_{B20} / U_{B10})), \text{ де}$$

U_{B1D1} - значення напруги між низьковольтними вихідними виводами масштабних перетворювачів напруги при рівності значень високих напруг;

U_{C20} - значення напруги між нульовим виводом масштабного перетворювача, що повіряють, та нульовим виводом допоміжного масштабного перетворювача напруги при рівності потенціалів їх вихідних низьковольтних та високовольтних виводів;

U_{B10} - значення вихідної напруги допоміжного масштабного перетворювача напруги при рівності значень високих напруг;

U_{B20} - значення вихідної напруги допоміжного масштабного перетворювача напруги при рівності потенціалів низьковольтних виводів масштабних перетворювачів напруги.

При цьому при живленні напругою змінної сили струму змінюють, зрівнюють, порівнюють та вимірюють значення напруги за амплітудою та фазою.

Підключення джерела високої напруги до масштабних перетворювачів напруги забезпечує можливість подачі стабільної високої напруги до кожного з них.

Підключення джерела низької напруги до масштабного перетворювача напруги, що повіряють, забезпечує можливість зміни його високої напруги без зміни високої напруги допоміжного масштабного перетворювача напруги.

Проведення порівняння шляхом вимірювання напруги між низьковольтними вихідними виводами масштабних перетворювачів напруги при рівності потенціалів на нульових виводах масштабних пе-

ретворювачів напруги дозволяє отримати різницю низьковольтних вихідних електричних напруг.

Зміна напруги джерела живлення низької напруги, що підключене між нульовим виводом масштабного перетворювача напруги, що повіряють, та нульовим виводом допоміжного масштабного перетворювача напруги, дозволяє зрівняти потенціали їх низьковольтних вихідних виводів при рівності потенціалів їх високовольтних виводів.

Проведення вимірювання напруги між нульовим виводом масштабного перетворювача напруги, що повіряють, та нульовим виводом допоміжного масштабного перетворювача напруги при рівності потенціалів їх вихідних низьковольтних виводів дозволяє отримати значення електричної напруги на джерелі живлення низької напруги.

Вимірювання напруги на низьковольтному виводі допоміжного масштабного перетворювача напруги при рівності високих напруг масштабних перетворювачів напруги та при рівності потенціалів їх вихідних низьковольтних виводів дозволяє виключити вплив змінення значення напруги на допоміжному масштабному перетворювачі напруги на результат визначення коефіцієнта масштабного перетворення масштабного перетворювача напруги, що повіряють.

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

Запропонована послідовність повірки масштабного перетворювача напруги дозволяє виключити вплив змінення значення високої напруги на допоміжному масштабному перетворювачі напруги на результат визначення коефіцієнта масштабного перетворення масштабного перетворювача напруги, що повіряють.

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 - джерело живлення високої напруги;

2 - джерело живлення низької напруги;

3 - масштабний перетворювач напруги, що повіряють;

4 - допоміжний масштабний перетворювач напруги;

5 - вимірювальний прилад;

6 - вимірювальний прилад.

Фіг.3 - векторна діаграма напруг при масштабному перетворенні електричних напруг змінної сили струму.

Де:

U_{A0} - висока напруга джерела живлення високої напруги 1;

U_{A1C1} - висока напруга масштабного перетворювача напруги 3, що повіряють, при рівності високих напруг обох масштабних перетворювачів напруги;

U_{A2C2} - висока напруга масштабного перетворювача напруги 3, що повіряють, при рівності потенціалів вихідних високовольтних та низьково-

льтних виводів обох масштабних перетворювачів напруги;

U_{CO} - напруга джерела живлення низької напруги 2;

U_{BO} - низька напруга допоміжного масштабного перетворювача напруги 4;

U_{D1C1} - низька напруга масштабного перетворювача напруги 3, що повіряють, при рівності високих напруг обох масштабних перетворювачів напруги;

U_{D2C2} - низька напруга масштабного перетворювача напруги 3, що повіряють, при рівності потенціалів вихідних високовольтних та низьковольтних виводів обох масштабних перетворювачів напруги;

U_{B1D1} - напруга між низьковольтними виводами масштабних перетворювачів 3 та 4 при рівності їх високих напруг;

U_{C2O} - напруга між нульовим виводом масштабного перетворювача напруги 3, що повіряють, та нульовим виводом допоміжного масштабного перетворювача напруги при рівності потенціалів їх вихідних високовольтних та низьковольтних виводів.

Запропонований спосіб здійснюють наступним чином.

Підключають джерело високої напруги 1 до масштабного перетворювача напруги 3, що повіряють, і допоміжного масштабного перетворювача напруги 4 та джерело низької напруги 2 між нульовим виводом масштабного перетворювача напруги 3, що повіряють, та нульовим виводом допоміжного масштабного перетворювача напруги 4. Вимірювальні прилади 5 і 6 приєднують до виводів кожного з масштабних перетворювачів напруги 3 і 4.

Вхідні напруги U_{A1O} та U_{A1C1} відповідних масштабних перетворювачів напруги 3 і 4 встановлюють рівними номінальному значенню вхідної напруги масштабного перетворювача 3, що повіряють (Фіг.1). Це фіксують за допомогою вимірювального приладу 5 ($U_{C1O} = 0$). Після чого за допомогою вимірювального приладу 6 вимірюють значення низьких вихідних напруг між низьковольтними виводами допоміжного масштабного перетворювача напруги 4 (U_{C1O}) та масштабного перетворювача напруги 3, що повіряють (U_{D1C1}). Далі змінюють значення напруги U_{CO} джерела живлення низької напруги 2 до досягнення рівності потенціалів вихідних низьковольтних виводів В та D відповідно допоміжного масштабного перетворювача напруги 4 та масштабного перетворювача напруги 3, що повіряють. Це фіксують за допомогою вимірювального приладу 6 ($U_{B2D2} = 0$). Далі за допомогою вимірювального приладу 5 визначають значення напруги між нульовим виводом С масштабного перетворювача напруги 3, що повіряють, та нульовим виводом О допоміжного масштабного перетворювача 4 при рівності потенціалів на вихідних високовольтних та низьковольтних

виводах ($U_{B2} = U_{D2}$). За результатами вимірювань визначають коефіцієнт масштабного перетворення масштабного перетворювача напруги 3, що повіряють, за наведеною формулою.

Крім того, при рівності значень високих напруг масштабних перетворювачів напруги 3 і 4 (U_{A1O} та U_{A1C1}) додатково вимірюють значення напруги U_{B1O} на низьковольтному виводі допоміжного масштабного перетворювача напруги 4, а при рівності потенціалів ($U_{B2} = U_{D2}$) на низьковольтних виводах масштабних перетворювачів напруги 3 і 4 вимірюють повторно значення напруги U_{B2} на низьковольтному виводі допоміжного масштабного перетворювача напруги 4.

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

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

Значення номінальної високої напруги - $U_{BH} = 360$ В.

Значення коефіцієнта масштабного перетворення масштабного перетворювача напруги, що повіряють - $K_2 = 4$.

Значення коефіцієнта масштабного перетворення допоміжного масштабного перетворювача напруги - $K_1 = 3$.

Традиційний спосіб.

До масштабних перетворювачів напруги 3 та 4 (Фіг.2) підключають джерело живлення високої напруги 1 постійної сили струму, значення напруги якого дорівнює значенню номінальної напруги масштабних перетворювачів напруги 3 і 4 - 360 В ($U_{AO} = U_{AC}$).

Тоді значення вихідних напруг масштабних перетворювачів напруги 3 і 4 відповідно:

$$U_{BO} = U_{AO} / K_1 = 360 / 3 = 120(\text{В});$$

$$U_{DC} = U_{AC} / K_2 = 360 / 4 = 90(\text{В}).$$

Після цього проводять порівняння шляхом вимірювання напруги між низьковольтними виводами масштабних перетворювачів напруги 3 та 4 за допомогою вимірювального приладу 6:

$$U_{BD} = U_{DC} - U_{DO} = -30(\text{В}) (\text{В}).$$

Значення напруги між високовольтними виводами масштабних перетворювачів напруги 3 і 4:

$$U_{AO} = U_{AC} = U_{BO} \times K_1 = U_{DC} \times K_2.$$

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

$$K_2 = U_{BO} \times K_1 / U_{DC} = (U_{DC} - U_{BD}) \times K_1 / U_{DC} = (1 - U_{BD} / U_{DC}) \times K_1 = (1 + 30 / 90) \times 3 = 4.$$

Спосіб, що заявляють.

До кожного з масштабних перетворювачів напруги 3 та 4 підключають джерело живлення високої напруги 1, значення напруги якого дорівнює

номінальному значенню напруги масштабних перетворювачів напруги 3 і 4 - 360 В (Фіг.1).

При рівності значень напруги між нульовими виводами масштабного перетворювача 3, що повіряють, та допоміжного масштабного перетворювача 4, значення вихідних напруг відповідно:

$$U_{B10} = U_{A10} / K_1 = 360 / 3 = 120(\text{В}) ;$$

$$U_{D1C1} = U_{A1C1} / K_2 = 360 / 4 = 90(\text{В}) .$$

Після цього проводять порівняння шляхом вимірювання напруги між низьковольтними виводами масштабних перетворювачів напруги 3 і 4 за допомогою вимірювального приладу 6:

$$U_{B1D1} = U_{B10} - U_{D1C1} = 30(\text{В}) .$$

Нехай при цьому напруга джерела живлення високої напруги 1 - U_{A20} , що підключене до масштабного перетворювача напруги 4, змінилася на 60 В і дорівнює 300 В.

Тоді значення напруги на низьковольтних виводах допоміжного масштабного перетворювача напруги 4:

$$U_{B20} = U_{A20} / K_1 = 360 / 3 = 100 (\text{В}).$$

Далі змінюють напругу U_{C0} джерела живлення низької напруги 2, яке підключене до масштабного перетворювача напруги 3, що повіряють, таким чином, щоб зрівняти потенціали вихідних низьковольтних виводів масштабних перетворювачів напруги 3 та 4:

$U_{B20} = U_{D20} = 100(\text{В})$, що фіксують за допомогою вимірювального приладу 6 ($U_{B2D2} = 0$).

При цьому,

$$\begin{aligned} U_{A2C2} &= (U_{A20} - U_{A20} / K_1) / (1 - 1 / K_2) = \\ &= U_{A20} \times (1 - 1 / K_1) / (1 - 1 / K_2) = \\ &= 300 \times (1 - 1 / 3) / (1 - 1 / 4) = \\ &= 300 \times (2 / 3) / 3 / 4 = 266,7(\text{В}). \end{aligned}$$

Після цього проводять порівняння шляхом вимірювання значення напруги між нульовим виводом С масштабного перетворювача 3, що повіряють, та нульовим виводом О допоміжного масштабного перетворювача 4 при рівності потенціалів їх вихідних високовольтних та низьковольтних виводів ($U_{B2} = U_{D2}$) за допомогою вимірювального приладу 5:

$$U_{C20} = U_{A20} - U_{A2C2} = 300 - 266,7 = 33,3 (\text{В}).$$

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

$$\begin{aligned} K_2 U_{C20} / (U_{C20} - U_{B1D1} \times U_{B20} / U_{B10}) &= \\ = 33,3 / (33,3 - 30 \times 100 / 20) &= \\ = 33,3 / (33,3 - 25) &= 4. \end{aligned}$$

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

2. Була проведена перевірка масштабного перетворювача напруги постійної сили струму при настанні умов.

Значення номінальної високої напруги - $U_{BН} = 120 \text{ В}$.

Значення коефіцієнта масштабного перетворення масштабного перетворювача напруги, що повіряють - $K_2 = 4$.

Значення коефіцієнта масштабного перетворення допоміжного масштабного перетворювача напруги - $K_1 = 3$.

Традиційний спосіб.

До масштабних перетворювачів напруги 3 та 4 (Фіг.2) підключають джерело живлення високої напруги 1, значення напруги якого дорівнює їх номінальній напрузі - 120 В, ($U_{A0} = U_{AC}$)

Тоді значення вихідних напруг масштабних перетворювачів напруги 3 та 4 відповідно:

$$U_{B0} = U_{A0} / K_1 = 120 / 3 = 40(\text{В}) ;$$

$$U_{D0} = U_{AC} / K_2 = 120 / 4 = 30(\text{В}) .$$

При цьому порівняння проводять шляхом вимірювання напруги між низьковольтними виводами масштабних перетворювачів напруги 3 та 4 за допомогою вимірювального приладу 6:

$$U_{BD} = U_{D0} - U_{B0} = -10(\text{В}) .$$

Значення напруги між високовольтними виводами масштабних перетворювачів напруги 3 та 4 відповідно:

$$U_{AO} = U_{AC} = U_{B0} \times K_1 = U_{D0} \times K_2 .$$

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

$$\begin{aligned} K_2 &= U_{B0} \times K_1 / U_{D0} = (U_{D0} - U_{BD}) \times K_1 / U_{D0} = \\ &= (1 - U_{BD} / U_{D0}) \times K_1 = (1 + 10 / 30) \times 3 = 4. \end{aligned}$$

Спосіб, що заявляють.

До кожного з масштабних перетворювачів напруги 3 та 4 (Фіг.1) підключають джерело живлення високої напруги 1, значення напруги якого дорівнює їх номінальній напрузі - 120 В.

При рівності значень напруг на масштабному перетворювачі 3, що повіряють, та допоміжному масштабному перетворювачі 4 значення напруги між вихідними низьковольтними виводами масштабних перетворювачів 3 і 4 відповідно:

$$U_{B10} = U_{A10} / K_1 = 120 / 3 = 40(\text{В}) ;$$

$$U_{D1C1} = U_{A1C1} / K_2 = 120 / 4 = 30(\text{В}) .$$

При цьому порівняння проводять шляхом вимірювання напруги між низьковольтними виводами масштабних перетворювачів напруги 3 та 4 за допомогою вимірювального приладу 6:

$$U_{B1D1} = U_{B10} - U_{D1C1} = 10 (\text{В}).$$

Нехай при цьому значення напруги U_{A20} джерела живлення високої напруги 1, що підключене до допоміжного масштабного перетворювача напруги 4, змінилося на 30 В і дорівнює 90 В.

Тоді значення напруги між низьковольтними виводами допоміжного масштабного перетворювача напруги 4:

$$U_{B20} = U_{A20} / K_1 = 90 / 3 = 30 .$$

Далі змінюють напругу джерела живлення низької напруги 2 - U_{C0} , що підключене до масшта-

бного перетворювача напруги 3, що повіряють, таким чином, щоб зрівняти потенціали вихідних низьковольтних виводів масштабних перетворювачів напруги 3 та 4, що фіксують за допомогою вимірювального приладу 6 ($U_{B2D2} = 0$):

$$U_{B2O} = U_{D2O} = 30(\text{В}).$$

При цьому

$$\begin{aligned} U_{A2C2} &= (U_{A2O} - U_{A2O}/K_1)/(1 - 1/K_2) = \\ &= U_{A2O} \times (1 - 1/K_1)/(1 - 1/K_2) = \\ &= 90 \times (1 - 1/3)/(1 - 1/4) = \\ &= 90 \times (2/3)/(3/4) = 80(\text{В}). \end{aligned}$$

Далі проводять порівняння шляхом вимірювання значення напруги між нульовим виводом С масштабного перетворювача напруги 3, що повіряють, та нульовим виводом О допоміжного масштабного перетворювача напруги 4 при рівності потенціалів їх вихідних високовольтних та низьковольтних виводів ($U_{B2} = U_{D2}$) за допомогою вимірювального приладу 5:

$$U_{C2O} = U_{A2O} - U_{A2C2} = 10(\text{В}).$$

Після чого визначають значення коефіцієнта масштабного перетворення масштабного перетворювача напруги 3, що повіряють, за формулою:

$$\begin{aligned} K_2 &= U_{C2O} / (U_{C2O} - U_{B1D1} \times U_{B2O} / U_{B1O}) = \\ &= (10) / (10 - 10 \times 30 / 40) = 4. \end{aligned}$$

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

3. Була проведена повірка масштабного перетворювача напруги змінної сили струму.

Значення номінальної змінної високої напруги - $U_{BH} = 360\text{В}$.

Коефіцієнт масштабного перетворення масштабного перетворювача напруги, що повіряють - $K_2 = 4 \angle 30^\circ = 4 \cos 30^\circ + j 4 \sin 30^\circ$.

Коефіцієнт масштабного перетворення допоміжного масштабного перетворювача напруги - $K_1 = 3 \angle 45^\circ = 3 \cos 45^\circ + j 3 \sin 45^\circ$.

Значення напруги допоміжного масштабного перетворювача напруги - $U_{AO} = 360\text{В}$.

Традиційний спосіб.

До масштабних перетворювачів напруги 3 та 4 (Фіг.2) підключають джерело живлення високої напруги 1, значення напруги якого дорівнює їх номінальній напрузі - 360 В, ($U_{AO} = U_{AC}$).

Тоді значення вихідних напруг масштабних перетворювачів напруги 3 та 4 відповідно:

$$\begin{aligned} U_{BO} &= U_{AO} / K_1 = 360 / 3 \angle 45^\circ = 120 \angle -45^\circ = \\ &= 84,853 - j 84,853(\text{В}); \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} U_{DC} &= U_{AC} / K_2 = 360 / 4 \angle 30^\circ = 90 \angle -30^\circ = \\ &= 77,942 - j 45(\text{В}). \end{aligned}$$

Далі проводять порівняння шляхом вимірювання напруги між вихідними виводами масштабних перетворювачів напруги 3 і 4 за допомогою вимірювального приладу 6:

$$\begin{aligned} U_{BD} &= U_{DC} - U_{BO} = 90 \angle -30^\circ - 120 \angle -45^\circ = \\ &= 30 \angle -30^\circ \times (3 - 4 \angle -15^\circ) = \\ &= +6,9105 - j 39,8528 = 40,4475 \angle -80,163^\circ(\text{В}). \end{aligned}$$

Значення напруги між високовольтними виводами масштабних перетворювачів напруги 3 і 4 відповідно:

$$U_{AO} = U_{AC} = U_{BO} \times K_1 = U_{DC} \times K_2.$$

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

$$\begin{aligned} K_2 &= U_{BO} \times K_1 / U_{DC} = (U_{DC} - U_{BD}) \times K_1 / U_{DC} = \\ &= (1 - U_{BD} / U_{DC}) \times K_1 = (1 - 30 \angle -30^\circ \times (3 - 4 \angle -15^\circ) / 90 \angle -30^\circ) \times 3 \angle 45^\circ = \\ &= (1 - (3 - 4 \angle -15^\circ) / 3) \times 3 \angle 45^\circ = \\ &= (3 \angle 45^\circ - (3 \angle 45^\circ - 4 \angle 30^\circ)) = 4 \angle 30^\circ. \end{aligned}$$

Спосіб, що заявляють.

До кожного з масштабних перетворювачів напруги 3 та 4 (Фіг.1) підключають джерело живлення високої напруги 1, значення напруги якого дорівнює їх номінальній напрузі - 360 В.

При рівності значень напруги масштабного перетворювача напруги 3, що повіряють, та допоміжного масштабного перетворювача 4 значення напруги між вихідними низьковольтними виводами цих масштабних перетворювачів напруги 3 і 4 відповідно:

$$\begin{aligned} U_{B1O} &= U_{A1O} / K_1 = 360 / 3 \angle 45^\circ = \\ &= 120 \angle -45^\circ = 84,853 - j 84,853(\text{В}); \\ U_{A1B1} &= U_{A1O} - U_{B1O} = 360 - 84,853 + j 84,853 = \\ &= 275,147 + j 84,853 = 287,934 \angle 17,139^\circ(\text{В}); \\ U_{D1C1} &= U_{A1C1} / K_2 = 360 / 4 \angle 30^\circ = \\ &= 90 \angle -30^\circ = 77,942 - j 45(\text{В}); \\ U_{A1D1} &= U_{A1O} - U_{D1C1} = 360 - 77,942 + j 45 = \\ &= 282,058 + j 45 = 285,625 \angle 9,065^\circ(\text{В}). \end{aligned}$$

Далі проводять порівняння шляхом вимірювання значення напруги між вихідними низьковольтними виводами масштабних перетворювачів напруги 3 та 4 за допомогою вимірювального приладу 6:

$$\begin{aligned} U_{B1D1} &= U_{D1C1} - U_{B1O} = 90 \angle -30^\circ - 120 \angle -45^\circ = \\ &= 30 \angle -30^\circ \times (3 - 4 \angle -15^\circ) = +6,9105 - j 39,8528 = \\ &= 40,4475 \angle -80,163^\circ(\text{В}). \end{aligned}$$

Нехай при цьому значення напруги U_{A2O} джерела живлення високої напруги 1, що підключене до допоміжного масштабного перетворювача 4, змінилося та дорівнює $300 \angle -20^\circ \text{В}$:

$$U_{A2O} = 300 \angle -20^\circ = 281,908 - j 102,606(\text{В}).$$

Тоді значення напруги між низьковольтними виводами допоміжного масштабного перетворювача напруги 4:

$$U_{B2O} = U_{A2O} / K_1 = 300 \angle -20^\circ / 3 \angle 45^\circ = 100 \angle -65^\circ(\text{В}).$$

Далі змінюють напругу U_{CO} джерела живлення низької напруги 2, що підключене до масштабного перетворювача напруги 3, що повіряють, таким чином, щоб зрівняти потенціали вихідних низьковольтних виводів масштабних перетворюю-

вачів напруги 3 та 4, що фіксують за допомогою вимірювального приладу 6 ($U_{B2D2} = 0$):

$$U_{B2O} = U_{D2O} = 100\angle -65^\circ = 42,2618 - j90,6308(B).$$

При цьому

$$\begin{aligned} U_{A2C2} &= (U_{A2O} - U_{A2O}/K_1)/(1 - 1/K_2) = U_{A2O} \times (1 - 1/K_1)/(1 - 1/K_2) = \\ &= 300\angle -20^\circ \times (1 - 1/3\angle 45^\circ)/(1 - 1/4\angle 30^\circ) = 300\angle -20^\circ \times ((3\angle 45^\circ - 1)/ \\ &/((4\angle 30^\circ - 1) \times 3\angle 45^\circ)) = 300\angle -20^\circ \times ((3\angle 45^\circ - 1) \times 4\angle 30^\circ)/ \\ &/((4\angle 30^\circ - 1) \times 3\angle 45^\circ) = 300\angle -20^\circ \times (12\angle 75^\circ - 4\angle 30^\circ)/(12\angle 75^\circ - \\ &- 3\angle 45^\circ) = 400\angle -20^\circ \times (3\angle 45^\circ - 1)/(4\angle 45^\circ - 1\angle 15^\circ) = 400\angle -20^\circ \times \\ &\times (2,1213 + j2,1213 - 1)/(2,8284 + j2,8284 - 0,9659 - j0,2588) = \\ &= 400\angle -20^\circ \times (1,1213 + j2,1213)/(1,8625 + j2,5696) = 400\angle -20^\circ \times \\ &\times 2,3994\angle 62,139^\circ / 3,1736\angle 54,065^\circ = 295,898 - j62,493 = 302,425\angle 11,925^\circ (B). \end{aligned}$$

Після цього проводять порівняння шляхом вимірювання значення напруги між нульовим виводом С масштабного перетворювача напруги 3, що повіряють, та нульовим виводом О допоміжного масштабного перетворювача 4 при рівності потенціалів їх вихідних високовольтних та низьковольтних виводів ($U_{B2}=U_{D2}$) за допомогою вимірювального приладу 5:

$$\begin{aligned} U_{C2O} &= U_{A2O} - U_{A2C2} = 281,908 - j102,606 - \\ &- 295,898 + j62,49 = -13,990 - \\ &- j40,113 = 42,483\angle -109,227^\circ (B). \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} K_2 &= U_{C2O} / (U_{C2O} - U_{B1D1} \times U_{D2O} / U_{D1O}) = \\ &= 42,483\angle -109,227^\circ / (-13,990 - j40,113 - \\ &- 40,448\angle -80,163^\circ \times 100\angle -65^\circ / 120\angle -45^\circ) = \\ &= 42,483\angle -109,227^\circ / (-13,990 - j40,113 - \\ &- 33,706\angle -100,163^\circ) = 42,483\angle - \\ &- 109,227^\circ / (-13,990 - j40,113 + 5,947 + j33,177) = \\ &= 42,483\angle -109,227^\circ / (-8,043 - j6,936) = \\ &= 42,483\angle -109,227^\circ / 10,621\angle -139,2279^\circ = \\ &= 4,00000\angle 30,0000^\circ = 4\angle 30^\circ. \end{aligned}$$

Отже, значення коефіцієнта масштабного перетворення масштабного перетворювача напруги 3, що повіряють, визначені традиційним способом та способом, що заявляється, співпадають за амплітудою і фазою. При цьому виключений вплив змінення значення напруги на допоміжному масштабному перетворювачі напруги на результат визначення коефіцієнта масштабного перетворення масштабного перетворювача напруги, що повіряють.

Таким чином, був удосконалений спосіб перевірки масштабного перетворювача напруги, який дозволяє виключити вплив змінення значення напруги на допоміжному масштабному перетворювачі на результат визначення коефіцієнта масштабного перетворення масштабного перетворювача, що повіряють. Крім того, запропонований спосіб дозволяє прискорити процес перевірки масштабного перетворювача напруги та робить його значно ефективнішим і дешевшим.

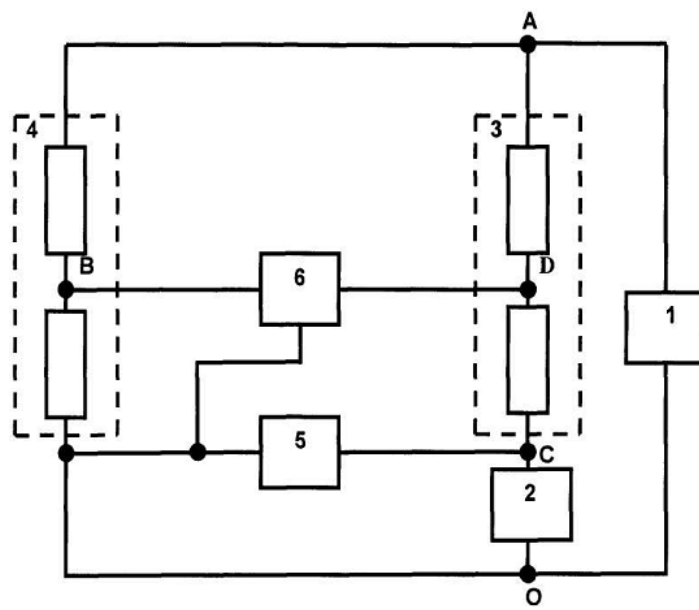


Fig. 1

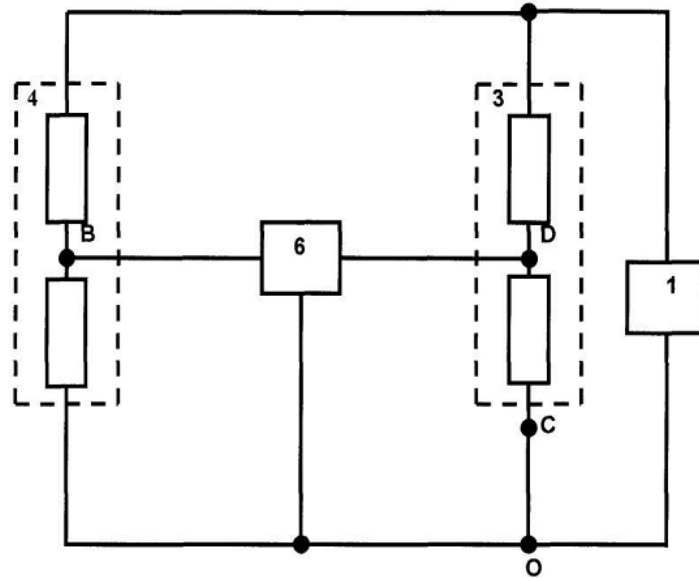
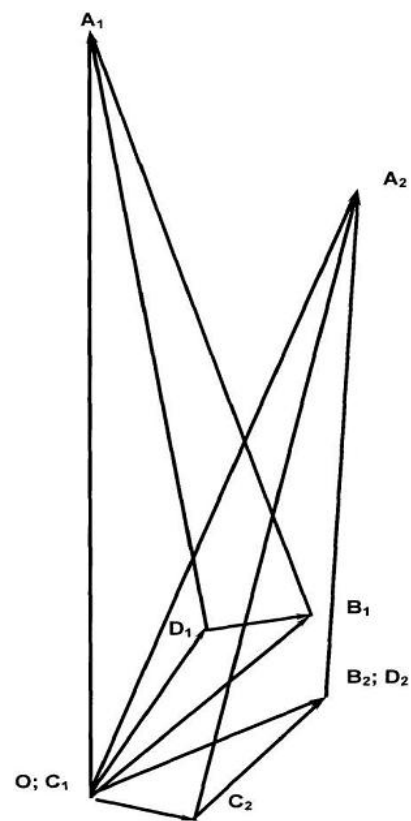


Fig. 2



Фіг. 3