

# REPUBLICA MOLDOVA

(19) Agenția de Stat  
pentru Proprietatea Intelectuală

(11) **3784** <sup>(13)</sup> **C2**  
(51) Int. Cl.: *G01R 15/04* (2006.01)  
*G01R 17/02* (2006.01)  
*G01R 35/02* (2006.01)

## (12) BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. depozit: a 2006 0292 (22) Data depozit: 2006.12.25	(45) Data publicării hotărârii de acordare a brevetului: 2008.12.31, BOPI nr. 12/2008
(71) Solicitant: SOCIETATEA PE ACȚIUNI INSTITUTUL DE CERCETĂRI ȘTIINȚIFICE "ELIRI", MD (72) Inventatori: COLPACOVICI Iulian, MD; BADINTER Efim, MD; COJOCARU Dumitru, MD; VASILICIUC Victor, MD (73) Titular: SOCIETATEA PE ACȚIUNI INSTITUTUL DE CERCETĂRI ȘTIINȚIFICE "ELIRI", MD	

(54) **Metodă de verificare a transformatoarelor monofazate de tensiune și instalație pentru realizarea ei**

(57) **Rezumat:**

1

Invenția se referă la electrotehnică, în special la construcția de transformatoare, și poate fi aplicată la încercările transformatoarelor de înaltă tensiune monofazate.

Metoda de verificare a transformatoarelor monofazate de tensiune constă în aceea că tensiunile secundare a transformatorului de verificat și a mijlocului de măsurare etalon se divizează și apoi se compară, totodată coeficienții nominali de divizare ai tensiunii etalon și celei de ieșire se aleg egali cu coeficientul de divizare nominal al mijlocului de măsurare etalon.

Instalația pentru verificarea transformatoarelor de tensiune monofazate conține transformatorul de verificat și un mijloc de măsurare etalon, conectate

2

la tensiunea de încercare, și un comparator. În calitate de mijloc de măsurare etalon este utilizat un bloc de divizare, care include un braț de înaltă tensiune, format dintr-un rezistor, și un braț de joasă tensiune, format din două divizoare de joasă tensiune nereactive identice cu coeficienții de divizare reglabili, fiecare constând din două rezistoare. Înfașurarea de ieșire a transformatorului de verificat este conectată la cel de-al doilea divizor de joasă tensiune nereactiv, iar comparator este conectat între rezistoarele divizoarelor de joasă tensiune nereactive.

Revendicări: 4

Figuri: 1

# MD 3784 C2 2008.12.31

## Descriere:

Invenția se referă la electrotehnică, în special la construcția de transformatoare, și poate fi aplicată la încercările transformatoarelor de înaltă tensiune monofazate.

5 Este cunoscut un procedeu de verificare a transformatoarelor de tensiune monofazate prin compararea tensiunilor mijlocului de măsurare etalon (transformatorului sau divizorului de tensiune) și ale transformatorului de verificat, la ambele aplicandu-se o tensiune de încercare egală, iar verificarea se realizează prin metoda diferențială de zero [1].

10 Este cunoscută de asemenea instalația pentru verificarea transformatoarelor de tensiune monofazate, care conține transformatorul de verificat, mijlocul de măsurare etalon (un transformator, un divizor de tensiune capacitiv, rezistiv sau inductiv), conectate la tensiunea de încercare, precum și blocul de comparație (aparatură de comparație) a tensiunii verificate cu cea etalon [1].

15 Dezavantajele acestui procedeu constau în posibilitățile funcționale limitate, care se manifestă în faptul că verificarea transformatoarelor de tensiune se poate realiza numai în cazul existenței unui mijloc de măsurare etalon – a unui transformator calculat pentru tensiunea de regim similară și dotat cu tensiunea de ieșire etalon, egală sau apropiată ca valoare cu tensiunea secundară a transformatorului de verificat, adică procedeu este inaplicabil pentru verificarea transformatoarelor calculate pentru tensiunea pentru care lipsește un transformator etalon testat, precum și pentru cazurile în care coeficienții de transformare ai transformatoarelor de verificat și ai celui etalon nu coincid sau au o gamă de încercări la frecvență limitată. În afară de aceasta, transformatoarele etalon de înaltă tensiune (divizoarele de tensiune 20 capacitive sau inductive) au o masă considerabilă, nu sunt transportabile, din care cauză nu permit efectuarea verificării transformatoarelor la locul de exploatare.

De asemenea este cunoscut un procedeu și instalație pentru verificarea transformatoarelor de tensiune monofazate, în care pentru verificare se utilizează două transformatoare etalon, calculate pentru tensiunea de regim de două ori mai mică decât cea a transformatorului de verificat [2].

25 Mai este cunoscută o instalație pentru verificarea transformatoarelor de tensiune de măsurare, care conține un divizor de tensiune capacitiv, un divizor de tensiune inductiv, un comparator electromagnetic de curent și un indicator de nul, în care pentru extinderea gamei de încercări de frecvență sunt introduse suplimentar potențioetre, blocuri de măsurare pentru compensare și divizoare de tensiune continuă [3].

30 Dezavantajul procedeelor și instalațiilor menționate se reduce la faptul că ele nu sunt pe deplin utilizabile pentru verificarea transformatoarelor care posedă tensiuni de regim normale și secundare, deosebite de tensiunea de regim și de tensiunea de ieșire a mijlocului de măsurare etalon, precum și în complexitatea realizării etalonării independente (autonome) înainte de demararea realizării verificării transformatoarelor de tensiune din cauza unor numeroase elemente componente ale instalației, ceea ce se resimte asupra preciziei rezultante a verificării și nu rezolvă problema transportabilității instalațiilor.

35 Problema pe care o rezolvă invenția este sporirea preciziei verificării transformatoarelor de tensiune, simplificarea efectuării etalonării elementelor componente ale instalației într-o gamă extinsă de frecvență a încercărilor, extinderea posibilității funcționale pentru verificarea transformatoarelor de tensiune, care posedă tensiunile de regim nominale și secundare, diferite de tensiunea de regim și de tensiunea de ieșire ale mijlocului de măsurare etalon, precum și sporirea transportabilității.

40 Metoda înlătură dezavantajele menționate mai sus prin aceea că constă în compararea tensiunilor secundară a transformatorului de verificat și mijlocului de măsurare etalon, unde la ambele se aplică tensiune de încercare. Noutatea invenției constă în aceea că tensiunile secundară a transformatorului de verificat și mijlocului de măsurare etalon se divizează și apoi se compară, totodată coeficienții nominali de divizare ai tensiunii etalon și ai celei de ieșire se aleg egali cu coeficientului de divizare nominal al mijlocului de măsurare etalon. Înainte de verificare se efectuează etalonarea coeficientului de divizare a 45 mijlocului de măsurare etalon după modul, fază și în gama de frecvențe necesară, totodată tensiunea de încercare la etalonare este tensiunea secundară a transformatorului de verificat. La verificarea transformatorului de verificat la care tensiunea de regim normală și tensiunea secundară diferă de tensiunea de regim și de tensiunea de ieșire a mijlocului de măsurare etalon, coeficientul nominal de divizare a tensiunii secundare a transformatorului de verificat se stabilește egal cu valoarea nominală a tensiunii secundare a transformatorului de verificat.

50 Instalația conform invenției înlătură dezavantajele menționate mai sus prin aceea că conține un mijloc de măsurare etalon și mijloace de conectare a transformatorului de verificat, conectate la un dispozitiv de tensiune de încercare, și un comparator. Noutatea constă în aceea că în calitate de mijloc de măsurare etalon este utilizat un bloc de divizare, care include un braț de înaltă tensiune, format dintr-un rezistor, și un braț de joasă tensiune, format din două divizoare de joasă tensiune nereactive identice cu coeficienții de divizare reglabili, fiecare constând din două rezistoare; cel de-al doilea divizor de joasă tensiune nereactiv este dotat cu borne de conectare a înfășurării de ieșire a transformatorului de verificat, totodată comparatorul este conectat între rezistoarele divizoarelor de joasă tensiune nereactive.

## MD 3784 C2 2008.12.31

4

Invenția se explică prin desenul din figură, care reprezintă schema funcțională a instalației pentru verificarea transformatoarelor.

Instalația pentru verificarea transformatoarelor de tensiune monofazate conține blocul de divizare 1 și transformatorul de verificat 2, care sunt cuplate la tensiunea de încercare. În calitate de sursă a tensiunii de încercare servește transformatorul de încercare 3 și regulatorul de tensiune 4.

Blocul de divizare 1 constă din brațul de înaltă tensiune 5 și brațul de joasă tensiune, format din primul divizor de joasă tensiune nereactiv, ale cărui brațe sunt formate din rezistoarele 6 și 7. Al doilea divizor de joasă tensiune nereactiv este identic cu primul divizor și este format din rezistoarele 8 și 9. În calitate de ieșire a blocului de divizare este punctul 10 de conexiune a rezistoarelor 5 și 6.

Ieșirea 11 primului divizor de joasă tensiune (punctul de conexiune a rezistoarelor 6 și 7) este conectată la ieșirea comparatorului 12, conectat la tensiunea etalon, iar ieșirea 13 celui de-al doilea divizor de joasă tensiune (punctul de conexiune a rezistoarelor 8 și 9) este conectată la intrarea comparatorului 12, conectat la tensiunea verificată.

Instalația funcționează în felul următor.

Tensiunea înaltă de încercare  $U_H$  în punctul 10 se divizează cu coeficientul de divizare  $K_1$  al blocului de divizare 1.

$$\dot{U}_1 = \frac{\dot{U}_H}{K_1} \quad (1)$$

La ieșirea 11 primului divizor de joasă tensiune și la intrarea comparatorului 12 va fi tensiunea  $U_2$ :

$$\dot{U}_2 = \frac{\dot{U}_1}{K_2} = \frac{\dot{U}_H}{K_1 K_2} \quad (2)$$

În vederea posibilității etalonării și comparării erorilor divizoarelor de tensiune se stabilește egalitatea coeficienților de divizare nominali  $K_1=K_2$ .

La verificarea transformatoarelor al căror coeficient de divizare nominal este egal cu valoarea nominală a coeficientului de divizare al blocului de divizare, eroarea tensiunii se va determina prin compararea tensiunilor aplicate la intrarea comparatorului 12, deoarece în acest caz coeficientul de divizare al celui de-al doilea divizor de joasă tensiune va fi  $K_3=K_2$ . În cazul în care valoarea coeficientului de divizare al transformatorului de verificat nu este egală cu coeficientul de divizare al blocului de divizare, se stabilește valoarea nominală a coeficientului de divizare  $K_3$  egală cu:

$$K_3 = \frac{K_2^2}{K_T} \quad (3)$$

în care  $K_T$  este coeficientul de divizare nominal al transformatorului de verificat.

În felul acesta, indicațiile aparatului de comparație pentru eroarea tensiunii transformatorului de verificat după modul va fi:

$$\Delta f = \frac{\left| \frac{\dot{U}_1}{K_T \cdot K_3} \right| - \left| \frac{\dot{U}_1}{K_2^2} \right|}{\left| \frac{\dot{U}_1}{K_2^2} \right|} \quad (4)$$

Indicațiile comparatorului referitoare la eroarea transformatorului de verificat de fază:

$$\Delta \delta = (\varphi_T - \varphi_3) - (\varphi_1 - \varphi_2) \quad (5)$$

în care,  $\varphi_T$  este eroarea transformatorului de verificat de fază;

$\varphi_1$  - eroarea de fază a blocului de divizare;

$\varphi_2$  - eroarea de fază a primului divizor de joasă tensiune;

$\varphi_3$  - eroarea de fază a celui de-al doilea divizor de joasă tensiune.

Asigurarea preciziei de verificare necesară se efectuează prin realizarea etalonării autonome a instalației înainte de efectuarea verificării și cu ajutorul factorilor de mai jos:

Eroarea de frecvență a divizorilor de joasă tensiune în raport cu blocul de divizare este neglijabil de mică. Acest lucru se explică prin faptul că eroarea atât după modul, cât și cea de fază se determină prin constanta de timp a circuitului rezistiv – prin produsul RC, în care R este rezistența circuitului, C – capacitatea lui. Deoarece rezistența divizoarelor de joasă tensiune este de  $K_1$  ori mai mică decât rezistența brațului de înaltă tensiune 5 al blocului de divizare, iar  $K_1=350 \dots 3300$  (pentru transformatoare de înaltă tensiune de 35...330 kV), atunci eroarea de frecvență a divizoarelor de joasă tensiune este de  $K_1=350 \dots 3300$  mai mică decât eroarea blocului de divizare.

Eroarea divizoarelor de joasă tensiune la curent alternativ practic nu se deosebește de eroarea la curent continuu. Acest fapt este condiționat de constanta mică de timp a circuitului rezistiv al brațelor 6 și 7, precum și al brațelor 8 și 9 divizoarelor de joasă tensiune. De exemplu, pentru rezistența  $R=300 \text{ k}\Omega$  și capacitatea  $C=2 \text{ pF}$ , eroarea relativă după modul va fi:

$$\delta_M = \frac{1}{2} (\omega RC)^2 = 1,8 \cdot 10^{-8}, \quad (6)$$

## MD 3784 C2 2008.12.31

5

iar eroarea de fază

$$\varphi_R = \omega RC = 0,00018 \text{ rad sau } 0,6 \text{ min.} \quad (7)$$

5 Din această cauză verificarea și etalonarea coeficientului de divizare al divizoarelor de joasă tensiune se poate realiza la curent continuu cu o foarte înaltă precizie, iar aceasta se va menține și la curent alternativ. Ținând cont de cele menționate coeficienții K2 și K3 în relațiile (1)...(4) se pot considera mărimi reale (dar nu complexe).

Deoarece primul și cel de-al doilea divizor de joasă tensiune sunt identice, prin urmare  $\varphi_2 = \varphi_3$ , și sunt mărimi mici, atunci în relația (5) acestea pot fi neglijate.

10 Pentru micșorarea erorii de frecvență a blocului de divizare după modul și fază se efectuează verificarea lui și în caz de necesitate etalonarea, folosind metoda comparației cu al doilea divizor de joasă tensiune. Pentru realizarea acestui lucru, în schema din figură comparatorul 12 se conectează între ieșirea blocului de divizare (punctul 10) și ieșirea celui de-al doilea divizor de joasă tensiune (punctul 13). Tensiunea de încercare la înaltă tensiune se deconectează de la blocul de divizare. La blocul de divizare 1 și la intrarea celui de-al doilea divizor de joasă tensiune (la punctul 14) se aplică o tensiune nouă de 15 încercare având mărimea egală cu tensiunea de ieșire a blocului de divizare. Această tensiune poate fi tensiunea de ieșire a transformatorului de verificat. După indicațiile comparatorului se determină eroarea blocului de divizare în raport cu cel de-al doilea divizor de joasă tensiune. În acest caz pot fi determinate rectificările pentru coeficientul de divizare K1 după modul  $\Delta f_0$  și după fază  $\Delta \delta_0$ . De asemenea poate fi 20 executată etalonarea coeficientului de divizare K1 în scopul stabilirii egalității K1=K3 după modul și  $\varphi_1 = \varphi_3$  după fază. În acest caz, blocul de divizare va deveni divizorul etalon, care formează tensiunea etalon pentru aparatul de comparație. În felul acesta, la verificarea transformatorului, indicațiile comparatorului 12 în conformitate cu relațiile (4) și (5) vor determina în totalitate eroarea transformatorului verificat după modul și după fază.

25 Pentru extinderea gamei de frecvențe ale încercărilor, în calitate de sursă a tensiunii de încercare poate fi utilizat un generator de tensiune alternativă relativ joasă (până la 100 V) cu efectuarea verificării și etalonării după cum s-a menționat anterior.

Avantajul acestui procedeu de verificare a transformatoarelor este sporirea preciziei de verificare, posibilitatea verificării transformatoarelor cu tensiunea de regim diferită de tensiunea de regim a divizorului etalon de înaltă tensiune – blocului de divizare sau cu coeficientul de divizare diferit de 30 coeficientul de divizare al divizorului etalon de înaltă tensiune, precum și posibilitatea extinderii gamei de frecvențe cu ajutorul verificării și etalonării blocului de divizare la tensiune scăzută.

Avantajele instalației pentru verificarea transformatoarelor se reduce la un număr considerabil mai mic de elemente componente, o masă cu mult mai mică a blocului de divizare în raport cu transforma- 35 toarele etalon, posibilitatea utilizării aceleiași instalații pentru verificarea transformatoarelor la diferite tensiuni de regim, posibilitatea executării verificării și etalonării autonome a elementelor componente ale instalației și posibilitatea efectuării etalonării de divizare pentru utilizarea tensiunii secundare a transformatorului verificat.

Procedeu indicat a fost realizat în calitate de model experimental al instalației pentru verificarea metrologică a transformatorului la tensiunea de 35 și 110  $\sqrt{3}$  kV. În special, modelul experimental al 40 blocului de divizare pentru tensiunea de 35 kV cu coeficientul de divizare etalon  $k=350$  consta din brațul de înaltă tensiune 5 cu rezistența 100 M $\Omega$  (pentru rezistoare de înaltă tensiune fiecare câte 25 M $\Omega$ , legate în serie), din două divizoare de tensiune nereactive identice, brațele 6 și 8 sunt formate din rezistoare cu rezistență reglabilă a câte 285714 $\Omega$ , brațele 7 și 9 sunt formate din rezistoare cu rezistență reglabilă a câte 821,01 $\Omega$ . În calitate de comparator a fost utilizat un convertor analogic-numeric de ordinul 14 cu două 45 canale, reglarea erorii coeficientului de divizare al blocului de divizare se realizează prin reglarea rezistenței brațelor 6 și 7, precum și prin reglarea reactanței brațului 5.

Încercările instalației au demonstrat că cu ajutorul acestui procedeu se poate realiza verificarea metrologică a transformatoarelor de înaltă tensiune cu o eroare de cel mult 0,05% după tensiune și de cel puțin 3% după fază. 50

# MD 3784 C2 2008.12.31

6

## (57) Revendicări:

5 1. Metodă de verificare a transformatoarelor monofazate de tensiune, care constă în compararea tensiunilor secundare a transformatorului de verificat și a mijlocului de măsurare etalon, unde la ambele se aplică tensiune de încercare, **caracterizată prin aceea că** tensiunile secundară a transformatorului de verificat și a mijlocului de măsurare etalon se divizează și apoi se compară, totodată coeficienții nominali de divizare ai tensiunii etalon și celei de ieșire se aleg egali cu coeficientul de divizare nominal al mijlocului de măsurare etalon.

10 2. Metodă, conform revendicării 1, **caracterizată prin aceea că** înainte de verificare se efectuează etalonarea coeficientului de divizare a mijlocului de măsurare etalon după modul, fază și în gama de frecvențe necesară, totodată tensiunea de încercare la etalonare este tensiunea secundară a transformatorului de verificat.

15 3. Metodă, conform revendicării 1, **caracterizată prin aceea că** la verificarea transformatorului de verificat la care tensiunea de regim normală și tensiunea secundară diferă de tensiunea de regim și de tensiunea de ieșire a mijlocului de măsurare etalon, coeficientul nominal de divizare a tensiunii secundare a transformatorului de verificat se stabilește egal cu valoarea nominală a tensiunii secundare a transformatorului de verificat.

20 4. Instalație pentru verificarea transformatoarelor de tensiune monofazate, care conține un mijloc de măsurare etalon și mijloace de conectare a transformatorului de verificat, conectate la un dispozitiv de tensiune de încercare, și un comparator, **caracterizată prin aceea că** în calitate de mijloc de măsurare etalon este utilizat un bloc de divizare, care include un braț de înaltă tensiune, format dintr-un rezistor, și un braț de joasă tensiune, format din două divizoare de joasă tensiune nereactive identice cu coeficienții de divizare reglabili, fiecare constând din două rezistoare; cel de-al doilea divizor de joasă tensiune nereactiv este dotat cu borne de conectare a înfășurării de ieșire a transformatorului de verificat, totodată comparatorul este conectat între rezistoarele divizoarelor de joasă tensiune nereactive.

30

## (56) Referințe bibliografice:

1. GOST 8.216-88. Transformatoare de tensiune. Metode și mijloace de verificare. Moscova, Comitetul de stat al URSS pentru standarde
2. RU 2248002 C2 2005.03.10
3. RU 2208807 C2 2003.07.20

# MD 3784 C2 2008.12.31

7

