



ORDIN

Nr. 61 din 20 iunie 2022

mun. Chișinău

Cu privire la aprobarea

NML 08-11:2022 „Transformatoare pentru

măsurare de tensiune. Cerințe tehnice și

metrologice. Procedura de verificare metrologică”

În temeiul art. 5 alin. (3) lit. f), art. 6 alin. (3), art. 13 alin. (3) din Legea metrologiei nr.19/2016 și art. 56 alin. (3) din Legea nr.100/2017 cu privire la actele normative, pentru asigurarea uniformității și exactității măsurărilor în domeniile de interes public pe teritoriul Republicii Moldova,

ORDON:

1. Se aprobă norma de metrologie legală NML 08-11:2022 „Transformatoare pentru măsurare de tensiune. Cerințe tehnice și metrologice. Procedura de verificare metrologică”, conform anexei la prezentul ordin.

2. Prezentul ordin se publică în Monitorul Oficial al Republicii Moldova și se plasează pe pagina web a ministerului.

3. Se pune în sarcina IP „Institutul Național de Metrologie” plasarea pe pagina sa web a prezentului ordin și publicarea acestuia în revista de specialitate “Metrologie”.

4. Prezentul ordin intră în vigoare la expirarea a 2 luni de la data publicării în Monitorul Oficial al Republicii Moldova.

Ministru

Sergiu GAIBU

NORMĂ DE METROLOGIE LEGALĂ
NML 08-11:2022,,Transformatoare pentru măsurare de tensiune. Cerințe tehnice și metrologice.
Procedura de verificare metrologică.”

I. OBIECT ȘI DOMENIU DE APLICARE

1. Prezenta normă de metrologie legală (în continuare - normă) stabilește cerințe tehnice și metrologice pentru transformatoare pentru măsurare de tensiune (în continuare – transformatoare), destinate măsurărilor în domeniul de interes public. Norma se utilizează la efectuarea încercărilor metrologice în scopul aprobării de model, verificărilor metrologice inițiale, periodice și după reparare în condițiile Hotărârii Guvernului nr. 1042/2016 cu privire la aprobarea Listei oficiale a mijloacelor de măsurare și a măsurărilor supuse controlului metrologic legal.

II. REFERINȚE

Legea metrologiei nr. 19/2016;

Hotărârea Guvernului nr. 1042/2016 cu privire la aprobarea Listei oficiale a mijloacelor de măsurare și a măsurărilor supuse controlului metrologic legal;

SM SR EN 61869-1:2014 Transformatoare de măsură. Partea 1: Cerințe generale;

SM SR EN 61869-3:2014 Transformatoare de măsură. Partea 3: Cerințe suplimentare pentru transformatoare de tensiune inductive.

SM ISO/IEC Ghid 99:2017 Vocabular internațional de metrologie. Concepte fundamentale și generale și termeni asociați (VIM);

III. TERMINOLOGIE ȘI ABREVIERI

2. Pentru interpretarea corectă a prezentei norme se aplică termenii în conformitate cu Legea metrologiei nr. 19/2016; SM SR EN 61869-1:2014; SM SR EN 61869-3:2014.

IV. CERINȚE TEHNICE ȘI METROLOGICE

3. Transformatoarele trebuie să corespundă cerințelor SM SR EN 61869-1:2014, SM SR EN 61869-3:2014 și prezentei norme.

Limitele erorii tensiunii și erorii unghiulare ale transformatoarelor de tensiune sunt prezentate în tabelul 1.

Tabelul 1

Clasa de exactitate	Limitele erorilor tensiunii (coeficientul de transformare) (coeficientul de transformare), ε_u $\pm \%$	Limitele erorii unghiulare $\Delta\varphi$	
		$\pm$ minute (')	$\pm$ srad
0,1	0,1	5	0,15
0,2	0,2	10	0,3
0,5	0,5	20	0,6
1,0	1,0	40	1,2
3,0	3,0	Nu se normează	

Notă - La verificarea transformatoarelor cu două înfășurări secundare separate, trebuie verificate ambele intervale de sarcină de ieșire (câte una pentru fiecare înfășurare secundară). Fiecare ieșire trebuie să îndeplinească cerințele clasei de exactitate corespunzătoare în intervalul de ieșire de la 1% la 100% din sarcina nominală.

Dacă intervalele de sarcină de ieșire nu sunt specificate, acestea sunt luate ca valori de la 25% la 100% din sarcina nominală pentru fiecare înfășurare secundară.

V. MODALITĂȚI DE CONTROL METROLOGIC LEGAL

4. Volumul și consecutivitatea efectuării operațiilor în cadrul procedurii de aprobare de model, verificărilor metrologice inițiale, periodice și după reparare trebuie să corespundă tabelului 2.

Programul de încercări în scopul aprobării de model se elaborează luând în considerație cerințele standardelor aplicabile.

Tabelul 2

Denumirea operațiilor	Operația/nr. punctului din capitolul XI „Efectuarea verificării”	Modalități de control metrologic legal			
		Aprobare de model	Verificare inițială	Verificare periodică	Verificare după reparare
Examinarea aspectului exterior	12	da	da	da	da
Verificarea corectitudinii marcării ieșirilor și grupelor de cuplări a înfășurărilor	13	da	da	da	da
Determinarea erorilor	14	da	da	da	da

5. Verificarea metrologică a transformatoarelor se efectuează de către laboratoarele acreditate și desemnate pentru domeniul respectiv, conform Legii metrologiei nr. 19/2016.

6. În cazul în care transformatoarele nu corespund cel puțin uneia din cerințele specificate în tabelul 2, verificarea metrologică se întrerupe și se consideră că acestea nu corespund cerințelor prezentei norme și nu pot fi utilizate în domeniul de interes public.

VI. ETALOANE ȘI ECHIPAMENTE

7. La efectuarea verificării metrologice se utilizeze etaloane de lucru specificate în tabelele 3-6

Tabelul 3 (Instalația 1)

Numărul punctului din capitolul XI „Efectuarea verificării metrologice”	Denumirea etalonului de lucru sau dispozitivul auxiliar de măsurare	Caracteristicile metrologice și tehnice de bază	Indicativul documentului, care reglementează cerințele tehnice
13-14	Punte de înaltă tensiune (în continuare - PT)	intervalul de valori ale curenților comparați de la $10.0E-6$ la $50.0E-3$ A, cu frecvențe de operare de 50 și / sau 60 Hz, ce măsoară coeficienții de transformare K_u de la 0,1 la 10000, unghiurile de defazaj a tensiunii φ_u în intervalul de la 0 la 0,1 rad. și, de asemenea, care include în sine (sau oferă cu ajutorul dispozitivelor suplimentare) funcții de măsurare a tensiunii secundare cu incertitudinea de $\pm 3 \%$, frecvența acesteia cu o incertitudine de $\pm 0,05$ Hz și coeficientul de nesinusoidalitate a curbei tensiunii secundare	
14	Condensator electric de joasă tensiune (de referință/reper) pentru tensiune	până la $10U_{2nom}$, care este un condensator electric cu trei electrozi, maximal liniar și foarte stabil, ecranat, cu o valoare nominală a capacității C_o (pF), selectată din intervalul de la 1000 la 5000 pF, în funcție de sensibilitatea punții de înaltă tensiune. Valoarea $tg\delta$ în intervalul tensiunii de funcționare nu mai mult de 10^{-4}	
14	Condensator electric de înaltă tensiune (de măsurare) pentru tensiune	până la $1,2U_{1nom}$, care este un condensator electric cu trei electrozi, ecranat, de liniaritate înaltă și foarte stabil, format din electrozi coaxiali așezați într-o carcasă cu un dielectric ELEGAZ, cu o valoare nominală a capacității de măsurare C_u (pF), selectată în intervalul de la 40 la 150 pF, în funcție de sensibilitatea punții de înaltă tensiune. Valoarea $tg\delta$ în intervalul tensiunii de funcționare nu este mai mare de 10^{-4}	

Incertitudinea instalației 1 trebuie să îndeplinească cerințele din tabelele B.1 și B.2 (anexa B).

Tabelul 4 (Instalația 2)

Numărul punctului din capitolul XI „Efectuarea verificării metrologice”	Denumirea etalonului de lucru sau dispozitivul auxiliar de măsurare:	Caracteristicile Intervalul de măsurare	Indicativul documentului, care reglementează cerințele tehnice
14	Dispozitivul pentru comparare (DC)	cu intervalul de valori a tensiunilor comparate de la $0,2U_{2nom}$ la $1,2U_{2nom}$, cu o frecvență de funcționare de 50 și / sau 60 Hz și cu măsurarea unghiurilor de defazaj a tensiunii (φ_u) în intervalul de la 0 la 0,1 rad, precum și includerea (sau furnizarea cu ajutorul dispozitivelor suplimentare) a funcției de măsurare a tensiunii secundare cu incertitudinea de $\pm 3 \%$, frecvența acesteia cu o incertitudine de $\pm 0,05$ Hz și coeficientul de nesinusoidalitate al curbei de tensiune secundară	
14	Măsură de referință de înaltă tensiune a	cu un interval de tensiune primară de la $0,2U_{1nom}$ la $1,2U_{1nom}$, în timp ce valorile nominale ale tensiunii	

	valorilor $K_{u(et)}$ și $\varphi_{u(et)}$ (transformator de tensiune etalon sau etalon) divizor de tensiune	primare și coeficientul de transformare a măsurii de înaltă tensiune trebuie să corespundă valorilor nominale ale tensiunii primare și coeficientului de transformare ale transformatorului supus verificării	
--	---	---	--

Incertitudinea instalației 2 trebuie să îndeplinească cerințele din tabelele B.1 și B.2 (anexa B).

Tabelul 5 (Instalația 3)

Numărul punctului din capitolul XI „Efectuarea verificării metrologice”	Denumirea etalonului de lucru sau dispozitivul auxiliar de măsurare:	Caracteristicile Intervalul de măsurare	Indicativul documentului, care reglementează cerințele tehnice
13-14	Voltfazămetru (VF) (dispozitiv sincronizat cu două canale pentru măsurarea valorilor K_u și φ_u)	cu intervalul de valori ale tensiunilor secundare măsurate în canalul 1, conectate la măsura etalon de înaltă tensiune K_u și φ_u , de la $0,2U_{12nom}$ la $1,2 U_{12nom}$ din valoarea nominală a tensiunii secundare și în canalului 2, conectat la transformator supus verificării, de la $0,2U_{22nom}$ la $1,2U_{22nom}$ din valoarea nominală a tensiunii secundare, cu o frecvență de funcționare de 50 și / sau 60 Hz și măsurând unghiurile de defazaj a tensiunii (φ_u) în intervalul de la 0 la $0,1 \text{ rad}$ și, de asemenea, incluzând (sau oferind cu ajutorul dispozitivelor suplimentare) funcțiile de măsurare a tensiunii secundare cu o incertitudine de $\pm 3\%$, frecvența acestora cu o incertitudine $\pm 0,05 \text{ Hz}$ și coeficientul de nesinusoidalitate a curbei tensiunii secundare	
14	Măsură etalon de înaltă tensiune a valorilor $K_{u(\gamma T)}$ și $\varphi_{u(\gamma T)}$	cu un interval de tensiune primară de la $0,2U_{1nom}$ la $1,2U_{1nom}$ în timp ce valoarea nominală a coeficientului de transformare a măsurii de înaltă tensiune poate să nu corespundă cu valoarea nominală a coeficientului de transformare a transformatorului supus verificării	

Incertitudinea instalației 2 trebuie să îndeplinească cerințele din tabelele B.1 și B.2 (anexa B).

La verificarea transformatoarelor pot fi utilizate mijloace de măsurare suplimentare prezentate în tabelul 6:

Tabelul 6

Numărul punctului din capitolul XI „Efectuarea verificării metrologice”	Denumirea etalonului de lucru sau dispozitivul auxiliar de măsurare	Caracteristicile Intervalul de măsurare	Indicativul documentului, care reglementează cerințele tehnice
14	milivoltmetru	clasa de precizie 2,5, intervalul de măsurare $\pm 500 \text{ mV}$	
14	dispozitive de sarcină (cutii de conductivitate sau cutii de rezistență)	în intervalul de la 25 % la 100 % din puterea sa nominală, cu limita incertitudinii a componentelor puterii active și reactive nu mai mult de $\pm 4 \%$	

	care asigură sarcina transformatorului supus verificării		
	indicatorul de fază	intervalul de tensiune de la 50 până la 150 V, intervalul de frecvență 50 sau 60 Hz	
	indicatorul de distorsiune armonică	asigură măsurarea coeficienților armonicilor în limitele de la 1 până la 10 %, în intervalul de tensiuni de la 1 până la 100 V, la frecvență de 50 sau 60 Hz, cu incertitudinea de 1 %	
	măsurător de dezechilibru	asigură măsurarea coeficientului de consecutivității inverse a tensiunilor în limitele de la 0 până la 10 % cu incertitudinea de 10 %	
	frecvențmetru	intervalul de frecvență de la 30 până la 100 Hz cu incertitudine de 0,05 Hz	
	sarcină de tensiune înaltă	asigură sarcina transformatorului în intervalul de la 25 % până la 100 % de la P_{nom} cu incertitudine de ± 4 %	

VII. CERINȚE PRIVIND CALIFICAREA PERSONALULUI

8. La efectuarea verificării metrologice se admit persoane cu competența demonstrată în domeniul respectiv.

VIII. CERINȚE PRIVIND SECURITATEA

9. La efectuarea verificării metrologice este necesar de a respecta următoarele cerințe:

- 1) normele de siguranță referitoare la instalațiile electrice și cerințele de siguranță prescrise în documentația tehnică;
- 2) înainte de efectuarea operațiunilor de verificare mijloacele de măsurare se supun împământării, conform documentației tehnice.

IX. CONDIȚII DE VERIFICĂRE

10. În timpul efectuării verificării metrologice trebuie să se respecte următoarele condiții:

- 1) temperatura mediului ambiant, $(15 \div 35) ^\circ\text{C}$;

Devierile admisibile ale temperaturii aerului în timpul verificării, nu trebuie să depășească mai mult de $\pm 2 ^\circ\text{C}$;

- 2) umiditatea relativă a aerului, $(30 \div 80) \%$;

- 3) presiunea atmosferică, $84 \div 106 \text{ kPa}$;

4) abaterea de frecvență a sursei de înaltă tensiune și a rețelei de alimentare cu energie a mijloacelor de măsurare de joasă tensiune de la valoarea nominală, maxim de $\pm 0,5 \text{ Hz}$;

5) la verificarea transformatoarelor de mare capacitate, abaterea de frecvență a sursei de înaltă tensiune de la valoarea nominală, maxim de $\pm 0,1 \text{ Hz}$;

6) fluctuațiile de tensiune ale sursei de înaltă tensiune și ale rețelei de alimentare cu energie a mijloacelor de măsurare de joasă tensiune, maxim de $\pm 5 \%$;

7) coeficientul armonic al curbei de tensiune alternativă și a sursei de înaltă tensiune și a rețelei de alimentare cu energie a mijloacelor de măsurare de joasă tensiune, maxim de 5% ;

8) coeficientul consecutivității inverse a tensiunilor sursei a sistemului de tensiune trifazat (la verificarea transformatoarelor trifazate), maxim de 2% .

Verificarea transformatoarelor cu clase de exactitate 0,2 și mai puțin exacte, la locul de exploatare, este permisă să se efectueze la o temperatură ambiantă care nu depășește cerințele climatice pentru condițiile de verificare și în absența precipitațiilor.

X. PREGĂTIREA PENTRU VERIFICARE

11. Înainte de efectuarea verificării metrologice transformatoarele se mențin în condițiile de laborator nu mai puțin de 3 h.

Etaloanele de lucru și echipamentele auxiliare trebuie să fie pregătite pentru funcționare în conformitate cu documentația de exploatare a acestora.

XI. EFECTUREA VERIFICĂRII

12. Examinarea aspectului exterior

1) La examinarea aspectului exterior se stabilește corespunderea transformatorului la următoarele cerințe:

a) bornele înfășurărilor primare și secundare trebuie să fie funcționale și să fie marcate conform documentației tehnice. Literele majuscule A, B, C și N denotă intrările circuitului primar, literele minuscule *a*, *b*, *c* și *n* denotă ieșirile corespunzătoare ale circuitului secundar;

b) pe plăcuța de identificare trebuie să fie indicate cel puțin următoarele date:

- denumirea producătorului;
- tipul (modificația);
- nr. de fabricație;
- frecvența de lucru;
- documentul normativ (standard) cărui corespunde transformatorul;
- tensiunea primară nominală și tensiunea secundară nominală;
- intervalul de sarcină (puterea nominală de ieșire) și clasa de exactitate corespunzătoare;
- coeficientul de tensiune nominal și constanta de timp nominală corespunzătoare a circuitului secundar (opțional);

c) clema de împământare (dacă este prevăzută) trebuie să aibă marcarea corespunzătoare;

d) părțile separate ale transformatoarelor trebuie să fie bine fixate;

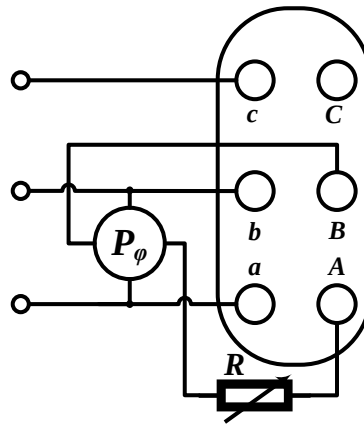
e) trebuie să fie prevăzută suprafața pentru marca și sigiliul metrologic.

Rezultatele examinării aspectului exterior se consideră corespunzătoare, dacă sunt îndeplinite cerințele menționate la pct.12.

13. Verificarea corectitudinii marcării ieșirilor și grupei de conexiuni ale înfășurărilor

Grupa de conexiuni ale înfășurărilor transformatorului se verifică prin următoarele metode: metoda directă, utilizând un fazometru; prin utilizarea punții; prin utilizarea a două voltmetre; prin utilizarea curentului continuu.

1) La efectuarea măsurărilor, utilizând metoda directă, înfășurarea în serie a fazometrului monofazat se conectează printr-un rezistor la bornele unei înfășurări, iar înfășurarea paralelă se conectează la bornele similare ale altei înfășurări a transformatorului supus verificării în conformitate cu figura 1.



R —rezistor reglabil; P_φ - fazometru;
 A, B, C, a, b, c —bornele transformatorului verificat

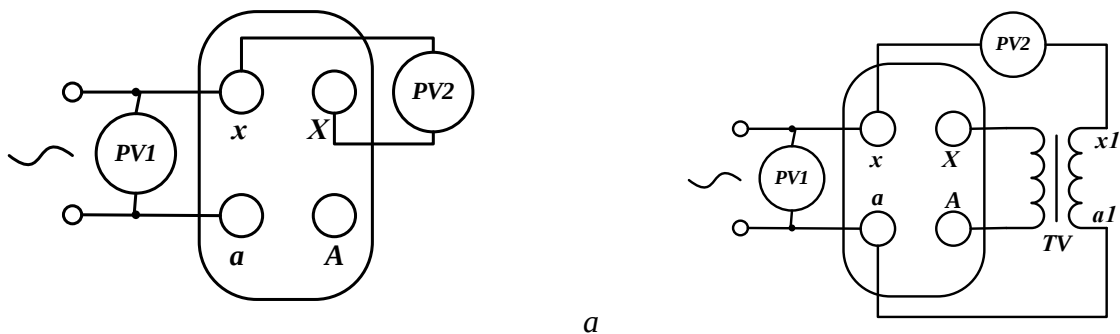
Figura 1

Se aplică tensiunea trifazată, suficientă pentru funcționarea normală a fazometrului, la o înfășurare a transformatorului supus verificării. Se recomandă utilizarea unui fazometru cu patru cadrane. După unghiul de faza măsurat al FEM, în conformitate cu tabelul, se determină grupa de conexiuni. E necesar de efectuat cel puțin 2 măsurări. Schema completă (cu fazometru), până la efectuarea măsurărilor, se verifică la grupa cunoscută de conexiuni care corespunde cu cea supusă verificării. La determinarea grupei de conexiuni, se recomandă utilizarea unui dispozitiv special - grupmetru, care prezintă un fazometru electronic sau logometric, gradat numeric ce caracterizează grupa de conexiuni în ore.

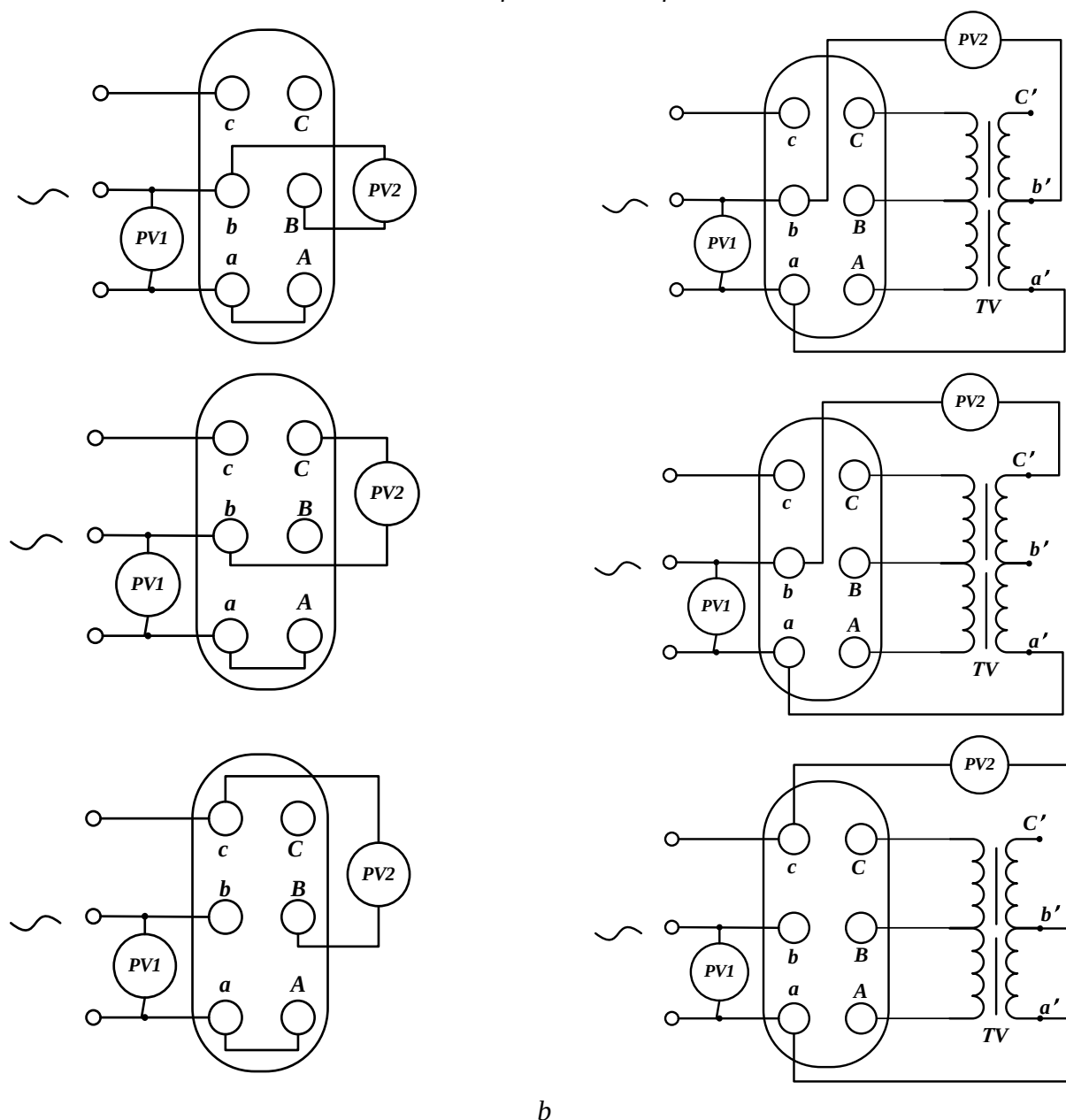
2) Grupa de conexiuni, prin utilizarea punții, se verifică simultan cu măsurarea coeficientului de transformare utilizând aceeași punte de măsurare trifazată sau monofazată.

3) Pentru verificarea grupei de conexiuni ale transformatorului prin utilizarea a două voltmetre, se cuplează bornele A și a (vezi figura 2) ale transformatorului supus verificării. La o înfășurare se aplică tensiune și se măsoară tensiunea între bornele $x - X$ - la verificarea transformatoarelor monofazate în corespundere cu schema a din figura 2, și între bornele $\epsilon - B, \epsilon - C, c - B$ - la verificarea transformatoarelor trifazate în corespundere cu schema b din figura 2. Tensiunile măsurate $U_{b-B}, U_{c-B}, U_{c-C}$ sau U_{x-X} se compară cu tensiunile corespunzătoare calculate după formule în conformitate cu tabelul 8 (în formulă se înlocuiește valoarea măsurată a coeficientului liniar de transformare $K_l = \frac{U_{TMax}}{U_{TMin}}$, unde: U_{TMax} - tensiunea pe înfășurare de tensiune maximă, U_{TMin} - tensiunea pe înfășurare de tensiune minimă).

Pentru transformatoare monofazate



Pentru transformatoare trifazate



PV1, PV2 - voltmetre; A, B, C, a, b, c, a', b', c' - cleme; TV—transformatoare de tensiune

Figura 2

La determinarea grupei de conexiuni ale transformatoarelor cu $K_i > 20$, utilizarea transformatoarelor pentru măsurare de tensiune este obligatorie, atunci în formulele din tabelul 7, K_i , se înlocuiește cu $K'_i = \frac{K_\Delta}{K_{TV}}$, unde K_{TV} - coeficientul de transformare al transformatorului de tensiune. Grupa de conexiuni se consideră corectă, dacă abaterile tensiunilor măsurate în conformitate cu figura 2, nu depășesc $\pm 3\%$ din cele calculate conform formulelor din tabelul 7.

4) Cu ajutorul curentului continuu, se determină grupa de conexiuni ale transformatoarelor monofazate, transformatoarelor trifazate, cu schema de conexiune a înfășurărilor Y_0/Y_0 și cu schema de conexiune a înfășurărilor Δ/Δ , când se realizează conexiunea "în triunghi" în afara rezervorului transformatorului.

Grupa de conexiuni se determină conform figurii 3 verificând consecutiv polaritatea bornelor $A - X$ și $a - x$ cu un voltmetru PV , având limitele de măsurare corespunzătoare (la bornele $A - X$ se aplică tensiunea continuă de la 2 la 12 V). Polaritatea bornelor $A - X$ se identifică la alimentare cu curent, apoi voltmetrul se decuplează, fără a decupla firele de alimentare și se cuplează la bornele $a - x$. Polaritatea bornelor $a - x$ se identifică în momentul conectării și deconectării curentului. Dacă polaritatea bornelor $a - x$, la alimentarea cu curent va fi aceeași ca polaritatea clemelor $A - X$, iar la deconectarea alimentării va fi diferită, atunci transformatorului i se atribuie grupa de conexiuni 0, în caz contrar - grupa de conexiuni 6.

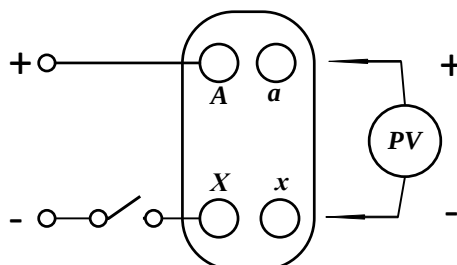


Figura 3

Tabelul 7

Grupa de conexiune	Deplasarea de unghi FEM	Conexiunea înfășurărilor	Diagrama vectorilor lineari PEM	U_{b-B} $(U_{x-x})^*$	U_{b-c}	U_{c-B}
0	0°	$YY, \mathcal{D}\mathcal{D}$		$U_l(K_l-1)$	$U_l \cdot \sqrt{1 - K_l + K_l^2}$	
6	180°	$YY, \mathcal{D}\mathcal{D}$		$U_l(1+K_l)$	$U_l \cdot \sqrt{1 - K_l + K_l^2}$	

*Pentru transformatoare monofazate

14. Determinarea erorilor

1) Eroarea transformatoarelor se determină:

- la valori ale tensiunii primare egale cu 80, 100 și 120 % din valoarea nominală;
- la valorile puterii totale, emise de transformatorul verificat în circuitul de sarcină a înfășurărilor

secundare, egale cu $0.25S_{nom}\left(\frac{U_1}{U_{1nom}}\right)^2$ и $S_{nom}\left(\frac{U_1}{U_{1nom}}\right)^2$ (la coeficientul de putere nominal), pentru fiecare valoare de tensiune.

2) Erorile transformatoarelor electromagnetice se determină la valoarea frecvenței nominale pentru tipul concret de transformator verificat.

3) Erorile transformatoarelor capacitive și electromagnetice destinate funcționării în circuite de tensiune alternativă cu o frecvență de 50 Hz se determină la frecvențe de 49,5 și 50,5 Hz. Erorile transformatoarelor capacitive și electromagnetice destinate funcționării în circuite de tensiune alternativă cu o frecvență de 60 Hz se determină la frecvențe de 59,5 și 60,5 Hz.

4) Erorile transformatoarelor trifazate se determină prin schimbarea consecutivă a fazelor la valorile de tensiune specificate la alin. 1) și la frecvența nominală.

Erorile transformatoarelor trifazate se determină separat pentru fiecare dintre înfășurări secundare principale la valorile puterii maxime, emise de transformator supus verificării în circuitul de sarcină al înfășurărilor secundare, specificate la alin. 1) (la coeficientul nominal a puterii).

Pentru transformatoarele trifazate, odată cu eroarea înfășurărilor principale, se determină și tensiunea la bornele triunghiului deschis, format din înfășurările secundare suplimentare, la valoarea nominală a puterii, emise de transformator în circuitul de sarcină al înfășurărilor secundare suplimentare și la tensiunea nominală primară.

5) Erorile transformatoarelor cu limite multiple se determină pentru toate valorile ale coeficienților de transformare.

6) Erorile transformatoarelor monofazate sunt determinate separat pentru înfășurările primare și secundare. În acest caz, sarcina, cu valoarea puterilor indicate la alin. 1), se cuplează la înfășurarea (principală sau suplimentară) care este utilizată la măsurări. Înfășurarea liberă în timpul măsurărilor trebuie să fie decuplată. Eroarea de unghi a înfășurării suplimentare, pentru transformatoarele cu clasa de exactitate 3, nu se determină.

7) Erorile transformatoarelor electromagnetice, care au mai multe clase de exactitate, în funcție de puterea nominală, pot fi determinate la o sarcină, corespunzătoare celei mai înalte clase de exactitate. Erorile transformatoarelor capacitive sunt determinate la sarcini, corespunzătoare la fiecare clasă de exactitate.

8) Erorile transformatoarelor sunt determinate fie la micșorarea, fie la majorarea tensiunii. Erorile transformatoarelor cu clasele de exactitate 0,2 și mai exacte se determină de două ori: la micșorarea și la majorarea tensiunii. În acest caz, diferența dintre valorile erorii nu trebuie să depășească 0,1 din limitele erorilor admisibile ale transformatorului supus verificării.

9) Verificarea transformatoarelor electromagnetice, destinate funcționării la o frecvență de 60 Hz, poate fi efectuată la o frecvență de 50 Hz, la necesitate.

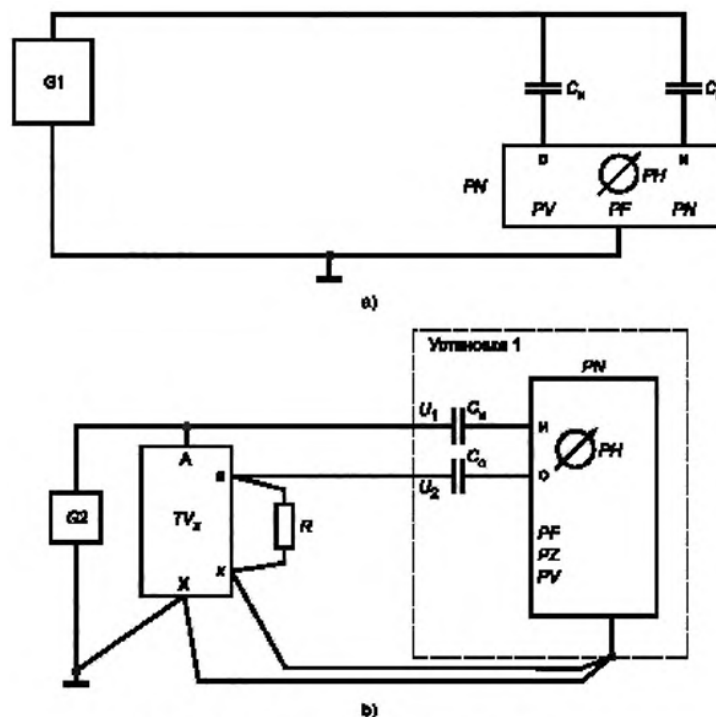
10) Determinarea erorilor transformatorului supus verificării se efectuează utilizând una dintre instalațiile și echipamentele auxiliare prezentate în capitolul VI.

a) *Determinarea erorilor transformatorului supus verificării cu utilizarea instalației 1.*

Eroarea se determină după rezultatele a două etape de măsurare.

Măsurările în prima etapă se efectuează în următoarea succesiune:

- se assemblează schema conform figurii 4a;
- se pregătesc mijloacele etalon în conformitate cu documentația de exploatare;
- se pornește sursa de tensiune $G1$, și se mărește tensiunea la ieșire până la 1000 V, urmărind voltmetrul $PV1$;
- dispozitivul VM se echilibrează în conformitate cu documentația de exploatare. Ca urmare se măsoară coeficientul de scală al raportului de curenți $M_{K1} = M_{o/n}$ (unde $M_{o/n}$ este coeficientul de scală al raportului curenților I_o/I_n , care curge prin condensatoarele de măsurare electrice) și se determină valoarea unghiului de defazaj $\varphi_1 = \varphi_{1o/n}$;
- se micșorează tensiunea la ieșirea $G1$ până la valoarea minimă și se deconectează.



$G1$ —sursa de tensiune (1000 V, 20 VA); C_o —condensator etalon de reper cu tensiune de lucru nu mai mică de 1000 V; C_i —condensator etalon de măsurare cu tensiunea de lucru nu mai mică de $1,2U_1$; PH —indicator-zero. PN —punte de înaltă tensiune; $G2$ —sursa de înaltă tensiune; TVI —transformatorul supus verificării; R — dispozitivul de sarcină al transformatorului supus verificării; PV —funcția de măsurare a tensiunii de intrare; PF —funcția de măsurare a frecvenței tensiunii de intrare; PZ — funcția de măsurare a devierilor neliniare

Figura 4

Măsurările la etapa a doua se efectuează în următoarea succesiune:

- se assemblează schema conform figurii 4b;
- pe dispozitivul de sarcină R se setează valoarea puterii sarcinii egale cu $0,25S_{nom}$;
- se pornește sursa de înaltă tensiune $G2$ și se setează la ieșire valoarea tensiunii U , conform pct.1);
- tensiunea U se verifică cu voltmetrul PV ;
- controlul frecvenței se efectuează cu frecvențmetrul PF ;
- controlul formei curbei se efectuează cu dispozitivul de măsurare a distorsiunilor neliniare PZ ;
- la fiecare dintre valorile tensiunilor setate, dispozitivul BM se echilibrează, ca urmare se determină valorile rapoartelor de curenți $M_{K2} = M_{u/o} \cdot K_{u(Tp)}$, (unde $M_{u/o}$ este coeficientul raportului curenților I_u/I_o care curg prin condensatoarele electrice etalon și de măsurare), de asemenea se determină valoarea unghiului de defazaj $\varphi_2 = \varphi_{1u/o} + \varphi_{u(trans)}$;
- se micșorează tensiunea la ieșirea sursei de înaltă tensiune până la valoarea minimă și se deconectează;
- se determină eroarea coeficientului de conversie a tensiunii (eroare de tensiune) a transformatorului supus verificării ($\delta_{K_{u(trans)}}$), în procente și eroarea unghiului de defazaj a tensiunii (eroare de unghi) a transformatorului ($\Delta\varphi_{u(trans)}$), în radiani (srad) sau minute, pentru fiecare dintre valorile setate a tensiunii și sarcinilor conform formulelor:

$$\delta_{K_{u(trans)}} = \left(1 - \frac{M_{K1} \cdot M_{K2}}{K_{u nom(trans)}}\right) \cdot 100, \quad (1)$$

$$\Delta\varphi_{u(trans)} = \varphi_1 + \varphi_2 \quad (2)$$

La verificarea transformatoarelor cu clasa de precizie 0,2 și mai precise, valorile $\delta_{Ku(trans)}$ și $\Delta\varphi_{u(trans)}$ se determină de două ori după formulele (1) și (2): la majorarea și micșorarea tensiunii se calculează valorile medii aritmetice ale erorilor:

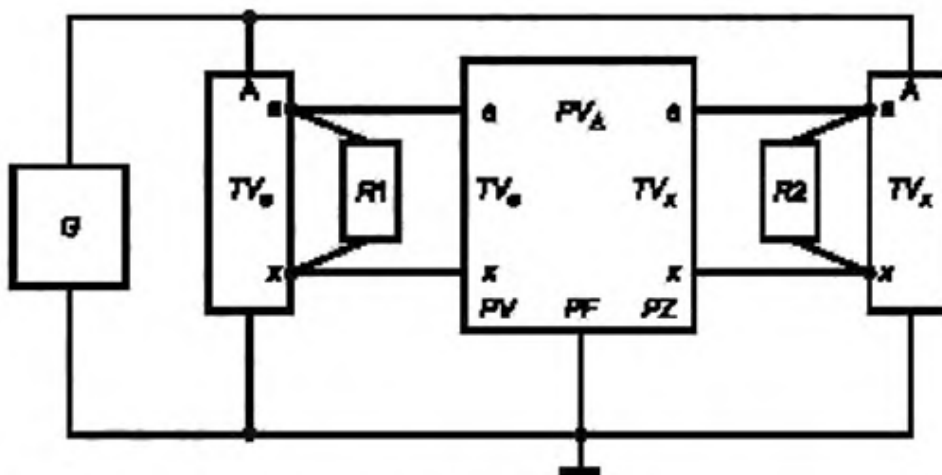
- se setează pe dispozitivul de sarcină R valoarea puterii sarcinii egală cu S_{nom} și se repetă toate operațiunile din a doua etapă a măsurărilor.

b) *Determinarea erorilor transformatorului supus verificării utilizând instalația 2.*

Verificarea se efectuează în următoare succesiune:

- se pregătesc mijloacele etalon pentru verificare în conformitate cu cerințele documentelor tehnice;
- se assemblează schema conform figurii 5;
- transformatorul (divizor) de tensiune etalon se conectează la dispozitivul de comparație cu conductoare cu o rezistență maximă de 0,015 Ohm la verificarea transformatoarelor cu clasa de exactitate 0,05 și 0,1; și cu o rezistență maximă de 0,06 Ohm - la verificarea transformatoarelor cu clasa de exactitate 0,2 și mai puțin exacte;

- se verifică corectitudinea conexiunii comparatorului în conformitate cu documentele normative. Dacă circuitul se echilibrează - conexiunea este corectă și respectiv, indicarea corectă a bornelor și grupei de conexiuni ale înfășurărilor transformatorului supus verificării. Dacă este declanșată semnalizarea unei conectări incorecte, atunci este necesar de verificat polaritatea de conectare într-un alt mod. În cazul confirmării marcării incorecte a bornelor și grupei de conexiune ale înfășurărilor transformatorului, verificarea se stopează.



G – sursă de înaltă tensiune; TV_0 – transformator etalon; $R1$ – dispozitivul de sarcină a transformatorului etalon; TV_x – transformatorul supus verificării; $R2$ – dispozitivul de sarcină a transformatorului supus verificării; PV – funcția de măsurare a tensiunii de intrare; PF – funcția de măsurare a frecvenței tensiunii de intrare; PZ – funcția de măsurare a distorsiunilor neliniare

Figura 5

- se încarcă transformatorul (divizor) etalon de tensiune pe dispozitivul de sarcină $R1$, pe care se setează valoarea puterii sarcinii necesare din pașaport;
- se setează pe dispozitivul de sarcină $R2$ a transformatorului supus verificării valoarea puterii egală cu $0,25S_{nom}$;
- se pornește sursa de înaltă tensiune G , se setează valoarea tensiunii U_1 la ieșirea acesteia în conformitate cu pct. 1);
- tensiunea U_1 , se verifică cu voltmetrul PV :

- controlul frecvenței se efectuează cu frecvențmetrul PF ;
- controlul formei curbei se efectuează cu dispozitivul de măsurare a distorsiunilor neliniare PZ ;
- se efectuează măsurări în conformitate cu documentația tehnică a comparatorului;
- se setează valoarea puterii sarcinii egală cu S_{nom} pe dispozitivul de sarcină al transformatorului

supus verificării și se efectuează toate operațiunile de mai sus;

- luând în considerare valorile erorilor instalației 2, se determin erorile transformatorului supus verificării $\delta_{K_u(trans)}$, în procente, și $\Delta\varphi_{u(trans)}$, în radiani (srad) sau minute, pentru fiecare dintre valorile setate ale tensiunilor și sarcinilor, conform formulelor:

$$\delta_{K_u(trans)} = \delta_{K_u(măs)} + \delta_{K_u(IV2)}, \quad (3)$$

$$\Delta\varphi_{u(trans)} = \Delta\varphi_{u(măs)} + \Delta\varphi_{u(IV2)}. \quad (4)$$

unde: $\delta_{K_u(măs)}$ – eroarea coeficientului de transformare a tensiunii (erorile tensiunii) a comparatorului, în procente, obținută numai la majorarea sau numai la micșorarea tensiunii, sau valoarea medie aritmetică a citirilor obținute la majorarea și micșorarea tensiunii;

$\Delta\varphi_{u(măs)}$ – eroarea unghiului de defazaj a tensiunii (erorii de unghi) a comparatorului, în radiani (srad) sau minute, obținută numai la majorarea sau numai la micșorarea tensiunii, sau valoarea medie aritmetică a citirilor obținute la majorarea și micșorarea tensiunii;

$\delta_{K_u(IV2)}$ – valoarea erorii coeficientului de transformare a tensiunii (erorile tensiunii), în procente, a instalației 2, indicată în certificatul de etalonare;

$\Delta\varphi_{u(IV2)}$ – valorile erorii unghiului de defazaj (eroarea de unghi), în radiani (srad) sau minute, a instalației 2, specificate în certificatul de etalonare:

- fără a lua în considerare erorile instalației 2, erorile transformatorului supus verificării trebuie să corespundă cu următoarele valori:

$$\delta_{K_u(trans)} = \delta_{K_u(măs)}, \quad (5)$$

$$\Delta\varphi_{u(trans)} = \Delta\varphi_{u(măs)}. \quad (6)$$

c) Determinarea erorilor transformatorului supus verificării utilizând instalația 3

Verificarea se efectuează în următoarea succesiune:

- se assemblează schema conform figurii 6;

- se pregătesc mijloacele etalon pentru verificare în conformitate cu cerințele documentelor tehnice;

- transformatorul (divizor) de tensiune etalon se conectează la dispozitivul de comparație cu conductoare cu o rezistență maximă de 0,015 Ohm la verificarea transformatoarelor cu clasa de exactitate 0,05 și 0,1; și cu o rezistență maximă de 0,06 Ohm - la verificarea transformatoarelor cu clasa de exactitate 0,2 și mai puțin exacte;

- se încarcă transformatorul (divizor) etalon de tensiune pe dispozitivul de sarcină $R1$, pe care se setează valoarea puterii sarcinii necesare din pașaport;

- se setează pe dispozitivul de sarcină $R2$ a transformatorului supus verificării valoarea puterii egală cu $0,25S_{nom}$;

- se pornește sursa de înaltă tensiune G , se setează valoarea tensiunii U_1 la ieșirea acestuia în conformitate cu pct. 2);

- tensiunea $U1$, se verifică cu voltmetrul PV ;
- controlul frecvenței se efectuează cu frecvențmetrul PF ;
- controlul formei curbei se efectuează cu dispozitivul de măsurare a distorsiunilor neliniare PZ ;
- se efectuează măsurări în conformitate cu documentația tehnică a voltfazometrului;

- se setează valoarea puterii sarcinii egală cu S_{nom} pe dispozitivul de sarcină al transformatorului supus verificării și se efectuează toate operațiunile de mai sus;

- luând în considerare valorile erorilor instalației 2, se calculează erorile transformatorului supus verificării $\delta_{K_u(trans)}$, în procente, și $\Delta\varphi_{u(trans)}$, în radiani (srad) sau minute, pentru fiecare dintre valorile setate ale tensiunilor și sarcinilor, după formulele:

$$\delta_{K_u(trans)} = \delta_{K_u(măs)} + \delta_{K_u(IV3)}, \quad (7)$$

$$\Delta\varphi_{u(trans)} = \Delta\varphi_{u(măs)} + \Delta\varphi_{u(IV3)}, \quad (8)$$

unde: $\delta_{K_u(măs)}$ – valoarea măsurată a erorii coeficientului de transformare a tensiunii (erorii tensiunii) a transformatorului supus verificării, în procente;

$\Delta\varphi_{u(trans)}$ – valoarea măsurată a erorii unghiului de defazaj a tensiunii (eroare de unghi) a transformatorului supus verificării, în radiani (srad) sau minute;

$\delta_{K_u(IV3)}$ – valoarea erorii de măsurare a transformării tensiunii (eroarea de tensiune), în procente, a instalației 3, indicată în certificatul de etalonare;

$\Delta\varphi_{u(IV3)}$ – valorile erorii de măsurare al unghiului de defazaj a tensiunii (eroarea de unghi) în radiani (srad) sau minute, a instalației 3, specificate în certificatul de etalonare.

La rândul său, valoarea $\delta_{K_u(măs)}$ este calculată după formula:

$$\delta_{K_u(măs)} = \left(\frac{K_{U_{nom(trans)}} \cdot U_{22} - K_{U_{nom(et)}} \cdot U_{12}}{K_{U_{nom(et)}} \cdot U_{12}} \right) \cdot 100 \quad (9)$$

unde: U_{12} – valoarea tensiunii secundare măsurată de canalul 1 al VF, în volți;

U_{22} – valoarea tensiunii secundare măsurată de canalul 2 al VF, în volți;

$K_{U_{nom(trans)}}$ – coeficientul nominal a conversiei TT supus verificării;

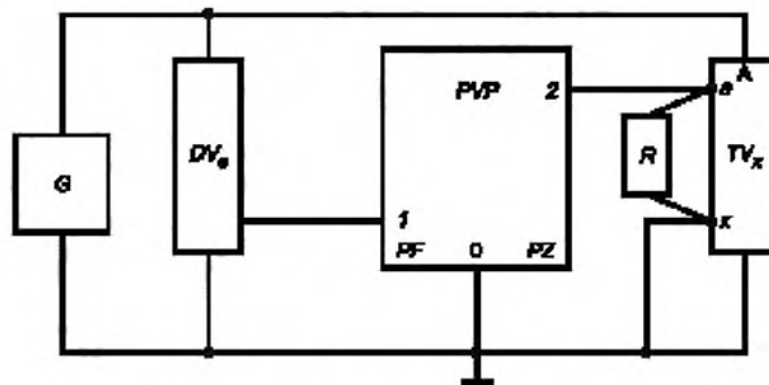
$K_{U_{nom(et)}}$ – coeficientul nominal de transformare al transformatorului etalon (sau divizorului);

- fără a lua în considerare erorile instalației 3, erorile transformatorului supus verificării trebuie să corespundă cu următoarele valori:

$$\delta_{K_u(trans)} = \delta_{K_u(măs)}, \quad (10)$$

$$\Delta\varphi_{u(trans)} = \Delta\varphi_{u(măs)}. \quad (11)$$

Notă – Se permite să nu se utilizeze un transformator etalon sau un divizor etalon de tensiune dacă intervalul tensiunii primare a transformatorului supus verificării nu depășește intervalul canalului de intrare al voltfazometrului, adică se folosește conectarea directă.



G – sursă de înaltă tensiune; DV_e – divizor etalon; R – dispozitiv de sarcină a transformatorului supus verificării; TV_x – transformatorul supus verificării; PVP – voltfazometru; PF – funcția de măsurare a frecvenței tensiunii de intrare; PZ – funcția de măsurare a distorsiunilor neliniare

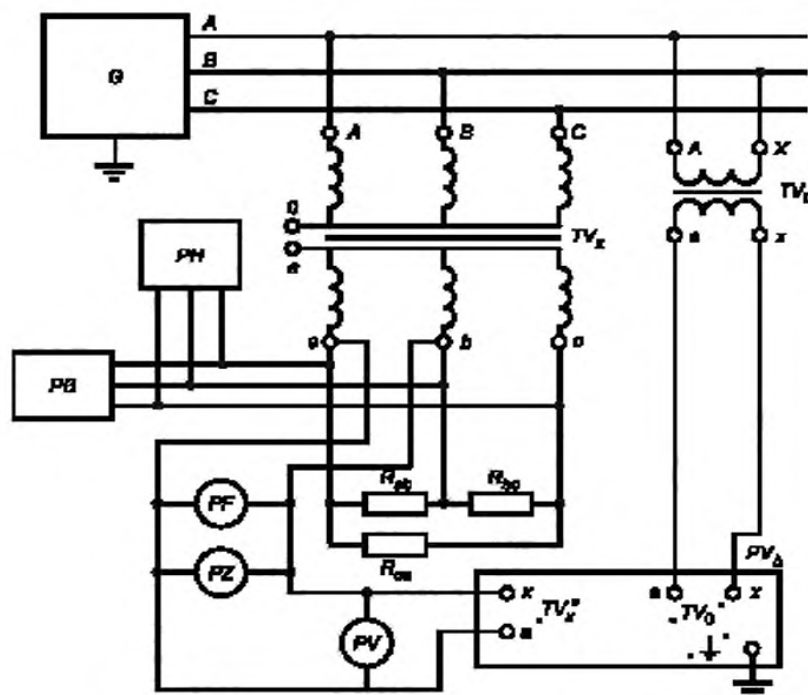
Figura 6

d) *Determinarea erorilor transformatorului trifazat supus verificării folosind instalația 2*

Verificarea se efectuează în următoarea succesiune:

- se assemblează schema conform figurii 7;
- se setează pe dispozitivele de sarcină R_{ab} , R_{bc} și R_{ca} valorile puterii de sarcină $0,25S_{nom_{ab}}$, $0,25S_{nom_{bc}}$ și $0,25S_{nom_{ca}}$ respectiv, unde $S_{nom_{ab}}$, $S_{nom_{bc}}$, $S_{nom_{ca}}$ – valorile nominale ale puterii sarcinilor înfășurărilor secundare principale la ieșirile a și b , b și c , c și a ;
- se pregătesc mijloacele etalon pentru verificare în conformitate cu cerințele documentelor tehnice;
- se conectează sursa sistemului trifazat de tensiune. La semnalizarea conectării incorecte de către dispozitivului de comparare, se verifică corectitudinea marcării bornelor și a grupei de conexiuni ale înfășurărilor transformatorului supus verificării, se măsoară coeficientul succesiunii inverse a tensiunilor sursei cu dispozitivul pentru măsurare a nesimetriei PB ;
- se verifică ordinea secvenței fazelor cu indicatorul de faze PH și-l deconectează;
- se majorează tensiunea la ieșirea sursei până la valoarea $0,8U_{1nom}$;
- tensiunea U_1 , se verifică cu voltmetrul PV ;
- controlul frecvenței se efectuează prin frecvențmetrul PF ;
- controlul formei curbei se efectuează cu dispozitivul de măsurare a distorsiunilor neliniare PZ ;
- se efectuează măsurări în conformitate cu documentația tehnică a comparatorului;
- se setează valorile tensiunii U_{1nom} și $1,2U_1$ la sursa sistemului simetric de tensiuni trifazate și se efectuează măsurări;
- se setează pe dispozitivele de sarcină Z_{ab} , Z_{bc} , Z_{ca} valorile puterii sarcinilor $S_{nom_{ab}}$, $S_{nom_{bc}}$, $S_{nom_{ca}}$ respectiv și se repet toate operațiunile anterioare;
- se mută comparatorul de la bornele a și b la bornele b și c ale transformatorului, iar transformatorul etalon - de la tensiunea liniară U_{ab} la tensiunea liniară U_{bc} și se repet măsurările;
- se mută comparatorul de la bornele b și c la bornele c și a ale transformatorului, iar transformatorul etalon - de la tensiunea liniară U_{bc} la tensiunea liniară U_{ca} și se repet măsurările
- se acceptă că, erorile transformatorului supus verificării sunt egale cu valorile conform formulelor (3) și (4).

Notă - Este permisă determinarea erorilor transformatorului trifazat supus verificării folosind instalațiile 1 și 3, cu respectarea regulilor de mai sus și a regulilor de la pct. 14, a) și c) respectiv.



G -sursa sistemului trifazat de tensiune; TV_x -transformatorul supus verificării; TV_0 -transformatorul etalon; PH -indicator de fază; PB -aparatură de măsurare a nesimetriei; PZ -dispozitiv de măsurare a distorsiunii neliniare, PF -frecvențmetru; PV -voltmetru cu o limită de măsurare de 160 V (se conectează dacă nu există un voltmetru încorporat în comparator); ~ dispozitivele de sarcină a transformatorului supus verificării; PV_A - comparator

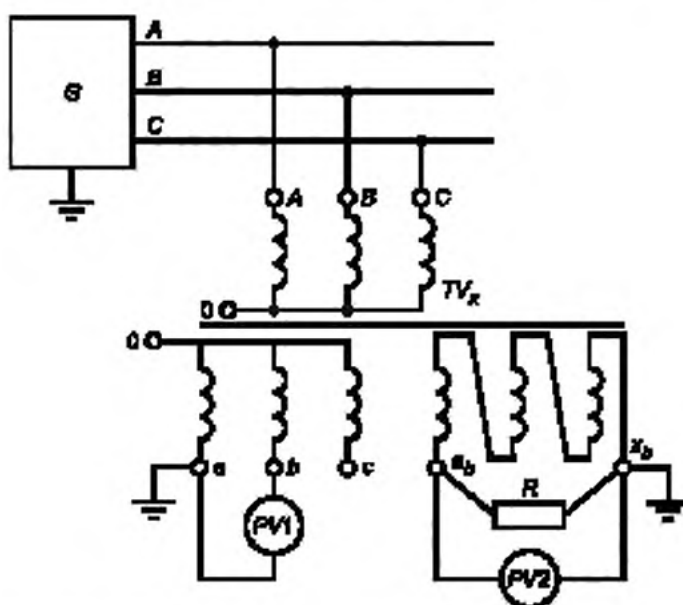
Figura 7

e) *Determinarea tensiunii pe înfășurarea secundară a transformatoarelor trifazate:*

- se assemblează schema conform figurii 8;
- se setează valoarea necesară a puterii sarcinii;
- se setează valoarea nominală a tensiunii primare a transformatorului supus verificării,

verificând cu voltmetrul $PV1$;

- după voltmetrul $PV2$, se determină tensiunea la bornele unui triunghi deschis format din înfășurări secundare suplimentare, valoare care nu trebuie să depășească 3 V.



TV_x -transformatorul supus verificării; G -sursa sistemului trifazat de tensiune; $PV1$ -voltmetru cu limita de măsurare 150 V; $PV2$ -voltmetru cu limita de măsurare 5-7 V; R -dispozitivul de sarcină a înfășurării suplimentare

Figura 8

- 11) Erorile transformatoarelor nu trebuie să depășească limitele erorilor tolerate, indicate în prezenta normă și standardele SM SR EN 61869-1:2014, SM SR EN 61869-3:2014.

XII. ÎNTOCMIREA REZULTATELOR CONTROLULUI METROLOGICLEGAL

15. Rezultatele verificării metrologice se înregistrează într-un proces-verbal, forma căruia este prezentată în anexa A.

16. În cazul rezultatelor satisfăcătoare ale verificării metrologice se eliberează buletin de verificare metrologică conform Hotărârii Guvernului nr. 1042/2016, Anexa 2.

17. În cazul, rezultatelor nesatisfăcătoare ale verificării metrologice se eliberează buletin de inutilizabilitate conform Hotărârii Guvernului 1042/2016, Anexa 2.

Anexa A (obligatorie)

Formularul procesului-verbal de verificare metrologică

(denumirea organizației care efectuează verificarea)

Proces verbal de verificare **Nr.** _____

din _____ 20 _____

Denumirea organizației (solicitant) _____

(denumirea organizației, adresa juridică, telefon)

Transformator de tensiune _____

Tensiunea secundară nominală _____

Nr. de fabricare _____

Puterea nominală a sarcinii _____

Clasa de exactitate _____

Frecvența nominală _____

Tensiunea primară nominală _____

Întreprinderea-productor _____

Locul instalației _____

Etaloane de lucru

Denumirea	Tipul	Nr. de fabricare	Clasa de exactitate	Data etalonării

Condiții de verificare:

Temperatura mediului ambiant, °C: _____

Tensiunea de alimentare din rețea, B: _____

Umiditatea aerului, %: _____

Frecvența de alimentare în rețea, Hz: _____

Presiunea atmosferică, kPa sau mmHg.: _____

Coeficientul de distorsiune a curbei sinusoidale a tensiunii, %: _____

1. Examinarea aspectului exterior

corespunde:

da

☐

nu

☐

2. Verificarea corectitudinii indicațiilor bornelor de ieșire și grupurilor de cuplare a înfășurărilor

corespunde:

da

☐

nu

☐

3. Determinarea erorilor

Tabelul 1 – La utilizarea instalației 1 (IV1)

Faza	U_1/U_{HOM} %	S, BA	Citirea indicilor punții de înaltă tensiune (PT)				Eroarea instalației 1		Eroarea transformatorului cu estimarea (fără estimarea) instalației 1	
			La prima echilibrare (etapa 1)		La a doua echilibrare (etapa2)					
			M_{K_1}	φ_1	M_{K_2}	φ_2	$\delta'_{K_{u(IV)}}$	$\Delta\varphi'_{u(IV)}$	$\delta'_{K_{u(Tp)}}$	$\Delta\varphi'_{u(Tp)}$
				srad (min)		srad (min)		srad (min)		srad (min)

Anexa A
(obligatorie)
(continuare)

Tabelul 2 – La utilizarea instalației 2 (IV2)

Faza	$U_1/U_{\text{HOM}}\%$	S, BA	Citirea indicilor dispozitivului de comparare (DC)		Incertitudinea instalației 2		Eroarea transformatorului cu estimarea (fără estimarea) instalației 2	
			$\delta_{K_{u(\text{PC})}}$	$\Delta\varphi_{u(\text{PC})}$	$\delta'_{K_{u(IV)}}$	$\Delta\varphi'_{u(IV)}$	$\delta'_{K_{u(Tp)}}$	$\Delta\varphi'_{u(Tp)}$
			%	срад (min)	%	срад (min)	%	срад (min)

Tabelul 3 – La utilizarea instalației 3 (IV3)

Faza	$U_1/U_{\text{nom}}\%$	S, BA	Citirea indicilor dispozitivului de comparare (DC)				Incertitudinea instalației 3		Eroarea transformatorului cu estimarea (fără estimarea) instalației 3	
			Canal 1		Canal 2					
			U_{12}	$\varphi_{1/2}$	U_{22}	$\varphi_{2/1}$	$\delta'_{K_{u(IV)}}$	$\Delta\varphi'_{u(IV)}$	$\delta'_{K_{u(Tp)}}$	$\Delta\varphi'_{u(Tp)}$
			B	срад (min)	B	срад (min)	%	срад (min)	%	срад (min)

Tabelul 4 – Forma Procesului-Verbal pentru transformatorului cu trei sau patru înfășurări

Faza	$U_1/U_{\text{nom}}\%$	S, BA	Citirea indicilor dispozitivului de comparare (DC)		Incertitudinea instalației 2		Eroarea transformatorului cu estimarea (fără estimarea) instalației 2	
			$\delta'_{K_{u(\text{PC})}}$	$\Delta\varphi'_{u(\text{PC})}$	$\delta'_{K_{u(IV)}}$	$\Delta\varphi'_{u(IV)}$	$\delta'_{K_{u(Tp)}}$	$\Delta\varphi'_{u(Tp)}$
			%	срад (min)	%	срад (min)	%	срад (min)

Concluzii:

corespunde:

da

☐

nu

☐

Verificator:

_____ (prenume, nume)

_____ (semnătura)

Anexa B
(obligatorie)

Incertitudinea instalațiilor etalon 1, 2, 3

Tabelul B.1

Incertitudinea instalațiilor cu estimarea valorilor erorii acestora

Incertitudinea transformatorului supus verificării			Incertitudinea instalației cu estimarea valorilor sistematice			Incertitudinea la transferul unităților de măsură la instalație		
tensiunii, $\delta_{K_u(Tp)}$	unghiului de defazaj, $\Delta\varphi_{u(Tp)}$		tensiunii, $\delta_{K_u(IV)}$	unghiului de defazaj, $\Delta\varphi_{u(IV)}$		tensiunii, $\delta_{K_u(et)}$	unghiului de defazaj, $\Delta\varphi_{u(et)}$	
%	srad	min	%	srad	min	%	srad	min
±0,005	±0,009	±0,3	±0,0025	±0,0045	±0,15	±0,0008	±0,0015	±0,03
±0,01	±0,015	±0,5	±0,005	±0,0075	±0,25	±0,0016	±0,0025	±0,1
±0,02	±0,03	±1,0	±0,01	±0,015	±0,5	±0,003	±0,005	±0,15
±0,05	±0,09	±3,0	±0,025	±0,045	±1,5	±0,008	±0,015	±0,3
±0,1	±0,15	±5,0	±0,05	±0,09	±3,0	±0,015	±0,03	±1,0
±0,2	±0,3	±10,0	±0,1	±0,15	±5,0	±0,03	±0,05	±1,5

Tabelul B.2

Incertitudinea instalațiilor fără a lua în considerare valorile sistematice ale erorii sale, în funcție de clasa de exactitate a transformatorului supus verificării

Clasa de exactitate a transformatorului supus verificării	Incertitudinea instalației fără a lua în considerare valorile sistematice		
	tensiunii, $\delta_{K_u(IV)}$	unghiului de defazaj, $\Delta\varphi_{u(IV)}$	
	%	srad	min
0,05	±0,015	±0,03	±1,0
0,1	±0,025	±0,045	±1,5
0,2	±0,05	±0,09	±3,0
0,5	±0,15	±0,15	±5,0
1,0	±0,25	±0,30	±10,0
3,0	±0,50	±0,60	±20,0