



REPUBLICA MOLDOVA



(19) Agenția de Stat pentru Proprietatea Intelectuală

(11) 3823 (13) F1 (51) Int. Cl.: H02M 5/257 (2006.01) H02M 5/12 (2006.01) H02J 3/06 (2006.01)

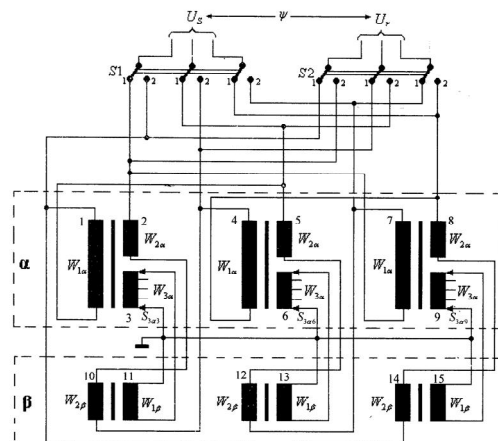
(12) BREVET DE INVENȚIE

Table with 2 columns: (21) Nr. depozit: a 2007 0138, (22) Data depozit: 2007.05.16, (45) Data publicării hotărârii de acordare a brevetului: 2009.01.31, BOPI nr. 12009, (71) Solicitant: INSTITUTUL DE ENERGETICĂ AL ACADEMIEI DE ȘTIINȚE A MOLDOVEI, MD, (72) Inventatori: CALININ Lev, MD; ZAIȚEV Dumitru, MD; BERZAN Vladimir, MD; TÎRȘU Mihai, MD, (73) Titular: INSTITUTUL DE ENERGETICĂ AL ACADEMIEI DE ȘTIINȚE A MOLDOVEI, MD

(54) Instalație de reglare a decalajului de fază cu două transformatoare (57) Rezumat:

Invenția se referă la energetică, și anume la echipamentele de reglare a unghiului de fază al tensiunilor de intrare și ieșire în sistemele de transfer de energie electrică trifazată. Instalația de reglare a decalajului de fază cu două transformatoare conține un transformator (α) trifazat de reglare, ce include înfășurări (1, 4, 7) de înaltă tensiune de excitare conectate la linia trifazată de înaltă tensiune și înfășurări (3, 6, 9) de joasă tensiune de reglare cu un mecanism de comutare sub sarcină, și un transformator (β) trifazat suplimentar, ce include înfășurări (10, 12, 14) de înaltă tensiune de decalare a fazei și înfășurări (11, 13, 15) de joasă tensiune, conectate la ramificările înfășurărilor (3, 6, 9) de joasă tensiune de reglare ale transformatorului trifazat (α) de reglare. Transformatorul (α) trifazat de reglare este dotat suplimentar cu înfășurări (2, 5, 8) de înaltă tensiune de decalare a fazei, cu un număr fix de spire, conectate la linia trifazată de înaltă tensiune, bornele de ieșire ale cărora sunt unite galvanic cu bornele de intrare ale înfășurărilor (10, 12, 14) de înaltă tensiune ale transformatorului (β) trifazat suplimentar. Bornele de ieșire ale înfășurărilor (10, 12, 14) de înaltă tensiune ale transformatorului (β) trifazat sunt unite suplimentar cu începutul următoarei înfășurări (1, 4, 7) de înaltă tensiune de excitație a transformatorului (α) de reglare în corespundere cu consecutivitatea alternanței fazelor sistemului de curent alternativ.

Revendicări: 1 Figuri: 6



MD 3823 F1 2009.01.31

# MD 3823 F1 2009.01.31

3

## Descriere:

Invenția se referă la energetică, și anume la echipamentele de reglare a unghiului de fază a tensiunilor de intrare și ieșire în sistemele de transfer de energie electrică trifazată.

5 Varianta clasică a instalației de reglare a decalajului de fază cu două transformatoare, ce asigură independența valorii tensiunii la ieșire la modificarea decalajului de fază (în lipsa sarcinii) constă din două elemente. Unul din aceste elemente este cel de reglare (Regulating Transformer), iar al doilea element (Series Transformer), care îndeplinește funcția transformatorului suplimentar.

10 Este cunoscută o instalație de reglare a decalajului de fază care conține un transformator de excitație, un transformator suplimentar și elemente de comutație la reglarea în trepte a tensiunii de alimentare a transformatorului suplimentar [1].

Dezavantajul acestei soluții constă în faptul că instalația este realizată în baza transformatoarelor cu două înfășurări, fiind amplasată fiecare în cuva sa, ca urmare crește consumul de fier și materialul conductor la confecționarea instalației, ceea ce conduce la majorarea greutateii și a costului instalației.

15 Se cunoaște de asemenea o instalație care conține un sistem trifazat de înfășurări de înaltă tensiune, precum și un sistem trifazat de înfășurări de joasă tensiune (de reglare), ce conțin puncte de conexiune intermediare pentru reglare și un șunt – înzestrate cu mecanisme de selectare a conexiunilor respective sub sarcină. Al doilea element (Series Transformer) îndeplinește funcția transformatorului suplimentar. El include sistemul trifazat de înfășurări de joasă tensiune alimentate de la ramificările reglabile ale înfășurărilor de joasă tensiune ale primului element, precum și sistemul trifazat de înfășurări de tensiune înaltă, fiecare având o ieșire intermediară de conexiune de la mijlocul ei. La punctele de mijloc ale înfășurărilor de înaltă tensiune ale elementului doi se conectează înfășurările de înaltă tensiune ale primului element (de reglare). Celelalte capete libere ale înfășurărilor de înaltă tensiune se cuplează împreună într-un punct neutru. Unul din capetele fiecărei înfășurări de înaltă tensiune ale elementului doi se alimentează cu tensiune (tensiunile de intrare), iar celelalte capete libere ale înfășurărilor respective ale acestui element formează sistemul trifazat al tensiunilor de ieșire a instalației cu reglarea unghiului de fază prin intermediul comutărilor ieșirilor de reglare ale primului element [2].

20 Dezavantajele acestei instalații constau în valoarea ridicată a tensiunii înfășurării transformatorului suplimentar, diapazonul limitat de reglare a decalajului de fază, indicii de calitate ai tensiunii de ieșire diminuați, costul și greutatea instalației majorate.

30 Pentru orice instalație destinată transmiterii energiei electrice, unul din cei mai importanți indici tehnici este puterea calculată (tipică), care determină dimensiunile, masa și, ca urmare, costul acestei instalații. Cu cât mai mare este puterea calculată a instalației, cu atât mai mare este costul ei. Pentru instalațiile de reglare a decalajului de fază este caracteristică dependența puterii calculate de valoarea limită prescrisă a decalajului de fază, care este determinată la etapă de proiectare a instalației, reieșind din condițiile concrete de funcționare a ei la stația de transformare. Odată cu majorarea decalajului de fază limită prescris, puterea calculată a regulatorului crește. Reducerea puterii calculate a instalației electrotehnice, păstrându-i capacitatea de transmitere, urmează a fi considerată rațională.

40 Puterea calculată a transformatorului de bază (de reglare) în funcție de valoarea maximă de reglare a decalajului de fază limită ( $\Psi_{max}$ ), ținând cont de variația inducției magnetice în coloane, în procesul de reglare, este determinată de relația:

$$S_{RT} = 2 \cdot tg \frac{\Psi_{max}}{2} \cdot S_R \cdot$$

Puterea calculată a transformatorului suplimentar este determinată de relația:

$$S_{ST} = 2 \cdot \sin \frac{\Psi_{max}}{2} \cdot S_f \cdot$$

45 Puterile calculate ale transformatoarelor de bază ( $S_{RT}$ ) și suplimentar ( $S_{ST}$ ) sunt exprimate prin puterea maximă de ieșire a instalației ( $S_f$ ). Pentru simplificarea analizei ulterioare se admite puterea maximă de ieșire a instalației egală  $S_f = 1$ .

50 Puterea calculată sumară a instalației de reglare a decalajului de fază cu două transformatoare, compusă din transformatoarele de bază și suplimentar care au fost alese în calitate de soluția cea mai apropiată a invenției propuse, se determină ca suma puterilor calculate ale acestor două elemente:

$$S_{\Sigma 1} = S_{RT} + S_{ST} \cdot$$

Diapazonul de variație a valorii decalajului de fază  $\Psi_{max}$  s-a limitat la nivelul  $\Psi_{max} = 60^\circ$ , deoarece în majoritatea cazurilor reale este valabilă inegalitatea  $\Psi_{max} < 60^\circ$ .

55 Problema pe care o rezolvă invenția este reducerea gabariturii, masei și a costului instalației. Reducerea gabaritelor și masei contribuie la soluționarea problemei de transportare și montare a instalației în stația de transformare.

Instalația, conform invenției, înlătură dezavantajele sus-menționate prin introducerea unui sistem trifazat suplimentar de înfășurări de tensiune înaltă la transformatorul de reglare, ceea ce asigură

# MD 3823 F1 2009.01.31

4

decalajul de fază inițial al tensiunii de ieșire în regim de autotransformator. Aceasta permite reducerea de 2 ori a valorii maxime a tensiunii înfășurării de tensiune înaltă a transformatorului suplimentar și, ca urmare, a puterii lui calculate. Totodată, se creează condiții favorabile pentru amplasarea transformatoarelor de reglare și suplimentar într-o singură cuvă.

5 Rezultatul invenției constă în îmbunătățirea indicilor tehnici privind masa, gabaritul, reducerea costului instalației, precum și în majorarea diapazonului de reglare a decalajului de fază, a calității tensiunii de ieșire.

Invenția se explică prin desenele din figurile 1...6, care reprezintă:

-fig. 1, schema de principiu a instalației;

10 -fig. 2, schema echivalentă a instalației;

-fig. 3, diagrama vectorială ce corespunde condiției  $U_{2\beta} = -U_{2\alpha}$ ,

-fig. 4, diagrama vectorială ce corespunde condiției  $U_{2\beta} = 0$ ,

-fig. 5, diagrama vectorială ce corespunde condiției  $U_{2\beta} = U_{2\alpha}$

15 -fig. 6, diagrama dependenței puterii calculate a instalației în comparație cu soluția cea mai apropiată  $S_{\Sigma 2}/S_{\Sigma 1}$ .

Instalația de reglare a decalajului de fază cu două transformatoare conține un transformator  $\alpha$  trifazat de reglare, ce include înfășurări 1, 4, 7 de înaltă tensiune de excitație, conectate la linia trifazată de înaltă tensiune și înfășurări 3, 6, 9 de joasă tensiune de reglare cu un mecanism de comutare S1 și S2, S<sub>3□3</sub>, S<sub>3□6</sub>, S<sub>3□9</sub> sub sarcină și un transformator  $\beta$  trifazat suplimentar ce include înfășurări 10, 12, 14 de înaltă tensiune de decalare a fazei și înfășurări 11, 13, 15 de joasă tensiune, conectate la ramificațiile înfășurărilor 3, 6, 9 de joasă tensiune de reglare ale transformatorului trifazat  $\alpha$  de reglare. Transformatorul  $\alpha$  trifazat de reglare este dotat suplimentar cu înfășurări 2, 5, 8 de înaltă tensiune de decalare a fazei, cu un număr fix de spire, conectate la linia trifazată de înaltă tensiune, bornele de ieșire ale cărora sunt unite galvanic cu bornele de intrare ale înfășurărilor 10, 12, 14 de înaltă tensiune ale transformatorului  $\beta$  trifazat suplimentar. Bornele de ieșire ale înfășurărilor 10, 12, 14 de înaltă tensiune ale transformatorului  $\beta$  trifazat sunt unite suplimentar cu începutul următoarei înfășurări 1, 4, 7 de înaltă tensiune de excitație a transformatorului  $\alpha$  trifazat de reglare în corespun-

dere cu consecutivitatea alternației fazelor sistemului de curent alternativ.

Instalația funcționează în modul următor.

30 La reglarea unghiului de fază, contactele S<sub>3□3</sub>, S<sub>3□6</sub>, S<sub>3□9</sub> se mișcă unul spre altul și procesul de reglare se efectuează prin conectarea consecutivă a bornelor de ieșire a ramurilor înfășurărilor 3, 6, 9. Tensiunea rezultantă de pe înfășurarea 3, 6, 9 este aplicată la înfășurările 11, 13, 15 de joasă tensiune a transformatorului  $\beta$  trifazat suplimentar. Condiția de bază pentru funcționarea normală a instalației

este asigurarea raportului numărului de spire  $\left(\frac{W_{2\alpha}}{W_{1\alpha}}\right)$  a înfășurărilor 2, 5, 8 de înaltă tensiune ale

35 transformatorului trifazat de reglare  $\alpha$ , care este determinat de relația:

$$\frac{W_{2\alpha}}{W_{1\alpha}} = \frac{\cos\psi_{\max} + \sqrt{3} \cdot \sin\psi_{\max} - 1}{2 \cdot (1 + 2 \cdot \cos\psi_{\max})}$$

unde:

$W_{1\alpha}$  - numărul de spire al înfășurării 1, 4, 7 de înaltă tensiune de excitație a transformatorului  $\alpha$  trifazat de reglare;

40  $W_{2\alpha}$  - numărul de spire al înfășurării 2, 5, 8 de înaltă tensiune de decalare a fazei transformatorului  $\alpha$  trifazat de reglare.

Tensiunea de lucru și, respectiv, numărul de spire al înfășurării 3, 6, 9 transformatorului trifazat de reglare  $\alpha$  se determină, reieșind din clasa de tensiune și numărul de trepte de reglare a mecanismului de comutație selectat. Racordarea totală a elementelor ce formează instalația este asigurată în cazul satisfacerii suplimentare a condiției obligatorii:

$$\frac{W_{2\alpha}}{W_{3\alpha}} = \frac{W_{2\beta}}{W_{1\beta}}$$

unde:

50  $W_{3\alpha}$  - numărul de spire al înfășurării 3, 6, 9 de joasă tensiune de reglare ale transformatorului trifazat  $\alpha$  de reglare;

$W_{1\beta}$  - numărul de spire al înfășurării 11, 13, 15 de joasă tensiune ale transformatorului  $\beta$  trifazat suplimentar ;

# MD 3823 F1 2009.01.31

5

$W_{2\beta}$  - numărul de spire al înfășurării 10, 12, 14 de înaltă tensiune ale transformatorului  $\beta$  trifazat. Comutatoarele S1 și S2 (fig. 1) sunt destinate pentru a schimba semnul unghiului reglat  $\Psi$  (depășirea sau întârzierea fazei tensiunii de ieșire față de cea aplicată). Punctele de conexiune ale contactelor mobile ale comutatorului S1 sunt cuplate cu sistemul trifazat al tensiunilor de alimentare  $U_s$ , iar punctele de conexiune ale contactelor mobile ale comutatorului S2 sunt cuplate cu sistemul trifazat al tensiunilor de ieșire  $U_r$ . Unghiul reglat  $\Psi$  se determină dintre doi vectori ai tensiunilor  $U_s$  și  $U_r$ . În dependență de semnul unghiului  $\Psi$ , ambele comutatoare S1 și S2 trebuie să se poziționeze identic (ambele în poziția 1 sau ambele în poziția 2). Schimbarea poziției comutatoarelor S1 și S2 (inversarea semnului unghiului  $\Psi$ ) se poate realiza numai la îndeplinirea condiției  $\Psi=0^\circ$ . În acest caz, operațiile de comutație vor fi absolut nepericuloase atât pentru instalație, cât și pentru rețeaua electrică.

În scopul ilustrării evidente a principiului de funcționare a instalației este prezentată schema ei echivalentă (fig. 2) pentru fiecare fază. În fig. 2 nu sunt indicate comutatoarele S1 și S2, care în cazul dat nu au o semnificație principală.

Conform schemei echivalente (fig. 2), decalajul de fază reglat  $\Psi$  dintre tensiunile  $U_r$  și  $U_s$  se formează prin sumarea tensiunilor celor două înfășurări de decalare ale fazei conectate consecutiv  $W_{2\alpha} - 2, 5, 8$  și  $W_{2\beta} - 10, 12, 14$ . Una dintre înfășurări aparține transformatorului  $\alpha$  trifazat de reglare, iar alta - transformatorului  $\beta$  trifazat suplimentar. Deplasarea contactelor de reglare unul spre altul a înfășurărilor sistemului trifazat  $W_{3\alpha} - 3, 6, 9$  asigură reglarea directă a tensiunii  $U_{2\beta}$  a înfășurării de înaltă tensiune  $W_{2\beta} - 10, 12, 14$  a transformatorului  $\beta$  trifazat suplimentar. Totodată, are loc și o anumită deviere a tensiunilor  $U_{1\alpha}$  (a înfășurării de înaltă tensiune  $W_{1\alpha} - 1, 4, 7$ ) și  $U_{2\alpha}$  (a înfășurării de înaltă tensiune  $W_{2\alpha} - 2, 5, 8$ ), în dependență de valoarea reglată a tensiunii  $U_{2\beta}$ . Devierile valorilor tensiunilor  $U_{1\alpha}$  și  $U_{2\alpha}$  sunt o funcție a variabilei  $\Psi$ , deci a decalajului de fază între tensiunile de intrare și ieșire a instalației. Devierea valorilor absolute ale acestor tensiuni se determină din relațiile:

$$U_{1\alpha} = \frac{1+2\cos\Psi}{\sqrt{2+\cos\Psi-\sqrt{3}\cdot\sin\Psi}} \cdot U_s ;$$

$$U_{2\alpha} = \frac{W_{2\alpha}}{W_{1\alpha}} \cdot \frac{1+2\cos\Psi}{\sqrt{2+\cos\Psi-\sqrt{3}\cdot\sin\Psi}} \cdot U_s ,$$

unde:

$U_s$  - modulul tensiunii sistemului de alimentare. Menționăm de asemenea că în procesul de reglare se satisface permanent condiția  $U_r = U_s$  în lipsa sarcinii la ieșirea instalației;

$W_{1\alpha}$  numărul de spire al înfășurării 1, 4, 7 de înaltă tensiune de excitare ale transformatorului trifazat  $\alpha$  de reglare.

Legea de reglare a tensiunii înfășurării de înaltă tensiune a transformatorului  $\beta$  trifazat suplimentar în funcție de valoarea unghiului prescris  $\Psi$  poate fi prezentată în modul următor.

$$U_{2\beta} = 2 \cdot \sin \frac{\Psi}{2} \cdot U_s - U_{2\alpha} = \left( 2 \sin \frac{\Psi}{2} - \frac{W_{2\alpha}}{W_{1\alpha}} \cdot \frac{1+2\cos\Psi}{\sqrt{2+\cos\Psi-\sqrt{3}\cdot\sin\Psi}} \right) \cdot U_s .$$

În varianta clasică a instalației de reglare a decalajului de fază cu două transformatoare, inducția magnetică în coloanele fierului transformatorului de reglare (TR) la reglarea unghiului  $\Psi$ , se modifică direct proporțional cu valoarea  $\cos \frac{\Psi}{2}$ . Aceasta înseamnă că cu majorarea unghiului  $\Psi$ , inducția magnetică în barele transformatorului (TR) se micșorează. Astfel, are loc micșorarea tensiunii treptelor de reglare a înfășurării lui de reglare, ceea ce conduce la necesitatea unei majorări a numărului de spire ale acestei înfășurări.

Pe când în varianta invenției propuse, inducția magnetică în barele conductorului magnetic a transformatorului  $\alpha$  de reglare, la reglarea unghiului  $\Psi$ , crește în corespundere cu relația:

$$k = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1+2\cos\Psi}{\sqrt{2+\cos\Psi-\sqrt{3}\cdot\sin\Psi}} .$$

Particularitatea dată a invenției propuse trebuie să fie luată în considerație la etapa de proiectare a instalațiilor în ceea ce privește coordonarea amplasării ramificărilor de reglare ale înfășurărilor  $W_{3\alpha}$  ale transformatorului de reglare.

Principiul de funcționare a instalației este redat de diagramele vectoriale (fig. 3, 4, 5), unde sunt prezentate trei stări fixate ale ei:

- diagrama vectorială (fig. 3) corespunde condiției  $U_{2\beta} = -U_{2\alpha}$ ,
- diagrama vectorială (fig. 4) corespunde condiției  $U_{2\beta} = 0$ ,

## MD 3823 F1 2009.01.31

6

- diagrama vectorială (fig. 5) corespunde condiției  $U_{2\beta}=U_{2\alpha}$ .

Pentru fiecare din condițiile indicate sunt date pozițiile respective ale contactelor de comutare ale înfășurării de reglare  $W_{3\alpha}$ .

5 Reglarea în trepte a tensiunii  $U_{2\beta}$  în intervalul valorilor de la  $U_{2\beta}=-U_{2\alpha}$  până la  $U_{2\beta}=U_{2\alpha}$  va fi însoțită de schimbarea în trepte a decalajului de fază a tensiunii de ieșire  $U_r$ , față de tensiunea de la intrare  $U_s$  a instalației în limitele de la  $\Psi = 0^\circ$  până  $\Psi = \Psi_{max}$ .

Puterea calculată a transformatorului  $\alpha$  trifazat de reglare, constituie elementul rațional al instalației de reglare a decalajului de fază cu două transformatoare, va fi determinată de următoarea relație matematică:

$$10 \quad S_{\alpha} = 2 \sin \frac{\Psi_{max}}{2} \left( \frac{\sin \frac{\Psi_{max}}{2}}{\sqrt{3}} + \cos \frac{\Psi_{max}}{2} \right) \cdot S$$

Puterea calculată a transformatorului  $\square$  trifazat secundar se va caracteriza în acest caz prin relația:

$$S_{\beta} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1+2 \cdot \cos \Psi_{max}}{\sqrt{2+\cos \Psi_{max} - \sqrt{3} \sin \Psi_{max}}} \cdot \sin \frac{\Psi_{max}}{2} \cdot S_r .$$

15 Caracterul varierii puterii calculate sumare a elementelor ce constituie instalația rațională de reglare a decalajului de fază cu două transformatoare  $S_{\Sigma 2}=S_{\square}+S_{\alpha}$ , în funcție de valoarea limită  $\Psi_{max}$  întotdeauna este mai mic decât  $S_{\Sigma 1}$ . Micșorarea relativă a puterii calculate a invenției, în comparație cu soluția cea mai apropiată  $S_{\Sigma 2}/S_{\Sigma 1}$  o ilustrează dependența din fig.6. Din figura dată rezultă că instalația propusă de reglare a decalajului de fază cu două transformatoare asigură micșorarea puterii calculate nu mai puțin de 17% față de soluția cea mai apropiată.

20 Cum s-a menționat anterior, ca valoare de bază pentru determinarea puterii calculate a instalației servește puterea sarcinii preconizate  $S_r$  în ramura respectivă a rețelei de transfer de energie electrică. Până la o anumită valoare a puterii  $S_r$ , transformatoarele de reglare și secundar, ce constituie instalația, pot fi amplasate constructiv într-o singură cuvă, comună pentru ambele. Utilizarea variantei propuse a instalației de reglare a decalajului de fază cu două transformatoare va permite asigurarea realizării soluției constructive la o valoare majorată a  $S_r$  (aproximativ cu 25%) în comparație cu soluția cea mai apropiată. Iar dacă valoarea  $S_r$  este destul de mare, atunci se trece la soluția constructivă, pentru care fiecare transformator este amplasat în cuvă separată. Sluția tehnică propusă va permite deplasarea acestei limite într-o regiune a valorilor  $S_r$  mai mari, ce înseamnă extinderea posibilității de utilizare a soluției constructive bazate pe o singură cuvă comună pentru ambele elemente.

25 Înfășurările de înaltă tensiune de decalare a fazei transformatorului secundar la soluția cea mai apropiată sunt înzestrate cu ramificări de la punctele neutre. De aceea pe capacul cuvei sale (când transformatoarele sunt amplasate în cuve separate) este necesar de montat nouă izolatoare de înaltă tensiune (trei de intrare, trei neutre și trei de ieșire) fiecare dintre care reprezintă o construcție destul de masivă. Înfășurările de tensiune înaltă de decalare a fazei transformatorului secundar al instalației propuse de reglare a decalajului de fază cu două transformatoare nu au ieșiri de la punctele neutre. De aceea, pe capacul cuvei sale (la amplasarea transformatoarelor în cuve separate) este necesar de montat numai șase izolatoare de înaltă tensiune (trei de intrare și trei de ieșire), ce simplifică considerabil construcția și dimensiunile cuvei transformatorului secundar.

Invenția prezintă următoarele avantaje:

40 - înfășurările de înaltă tensiune de decalare a fazei transformatorului secundar se calculează la o tensiune de două ori mai mică ca a celei mai apropiate soluții, deci și numărul spirelor fiecărei din aceste înfășurări va fi de două ori mai mic;

45 - luând în considerație că decalajul de fază inițial se realizează cu ajutorul înfășurărilor de înaltă tensiune suplimentare ale transformatorului  $\alpha$  trifazat de reglare în regim de autotransformator, atunci rezistența de disipare rezultantă (sumară) a înfășurărilor transformatoarelor instalației va fi mai mică. Aceasta înseamnă, că oscilarea tensiunii de ieșire a instalației raționale de reglare a decalajului de fază cu două transformatoare, condiționată de varierea sarcinii, va fi mai mică .

50

## MD 3823 F1 2009.01.31

7

### (57) Revendicări:

Instalație de reglare a decalajului de fază cu două transformatoare, care conține un transformator trifazat de reglare, ce include înfășurări de înaltă tensiune de excitație conectate la linia trifazată de înaltă tensiune și înfășurări de joasă tensiune de reglare cu un mecanism de comutare sub sarcină, și un transformator trifazat suplimentar, ce include înfășurări de înaltă tensiune de decalare a fazei și înfășurări de joasă tensiune, conectate la ramificările înfășurărilor de joasă tensiune de reglare ale transformatorului trifazat de reglare, **caracterizat prin aceea că** transformatorul trifazat de reglare este dotat suplimentar cu înfășurări de înaltă tensiune de decalare a fazei, cu un număr fix de spire, conectate la linia trifazată de înaltă tensiune, bornele de ieșire ale cărora sunt unite galvanic cu bornele de intrare ale înfășurărilor de înaltă tensiune ale transformatorului trifazat suplimentar, totodată bornele de ieșire ale înfășurărilor de înaltă tensiune ale transformatorului trifazat sunt unite suplimentar cu începutul următoarei înfășurări de înaltă tensiune de excitație a transformatorului de reglare în corespundere cu consecutivitatea alternanței fazelor sistemului de curent alternativ.

### (56) Referințe bibliografice:

1. Kling W. L., Klaar D.A. Et al. Phase shifting transformers installed in the Netherlands in order to increase available international transmission capacity, Session C2-207, CIGRE 2004
2. Kramer A., Ruff J. Transformers of phase angle regulation considering the selection of on-load tap-changers. IEEE Transactions on Power Delivery, April 1998, vol. 13, No. 2, p. 518-525

**Șef Secție:**

SĂU Tatiana

**Examinator:**

CERNEI Tatiana

**Redactor:**

UNGUREANU Mihail

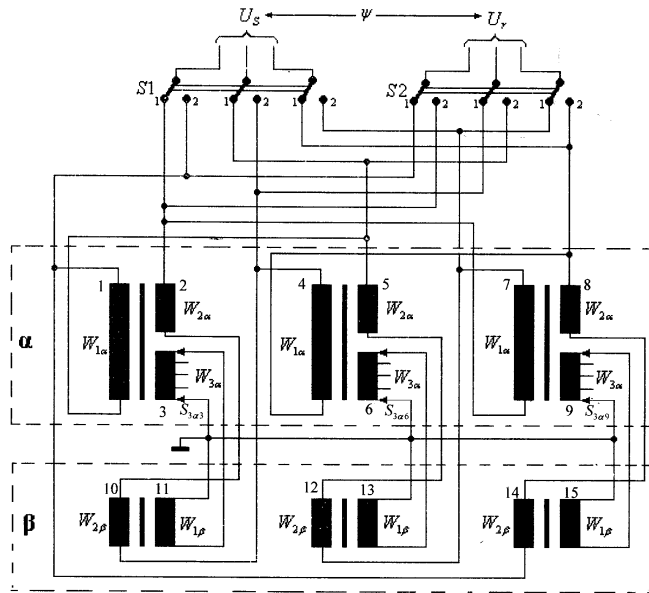


Fig. 1

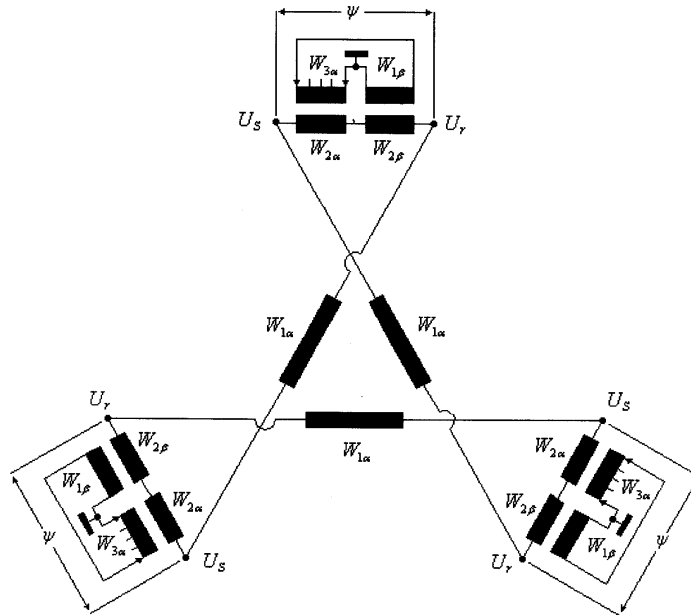


Fig. 2

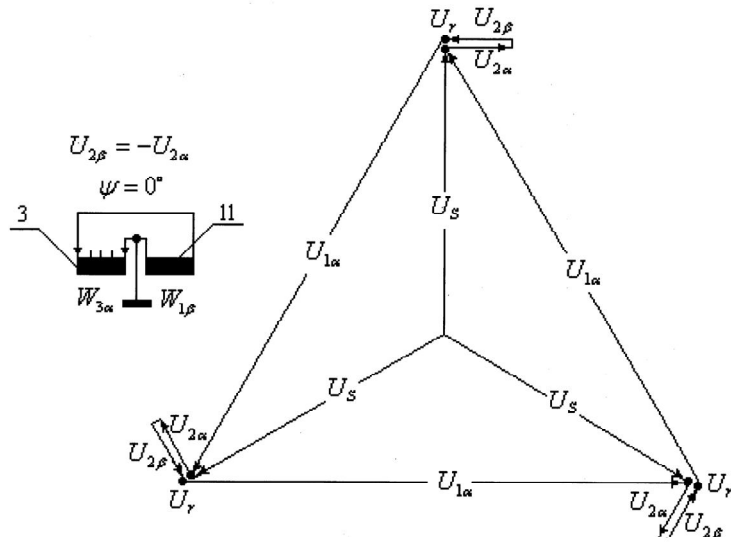


Fig. 3

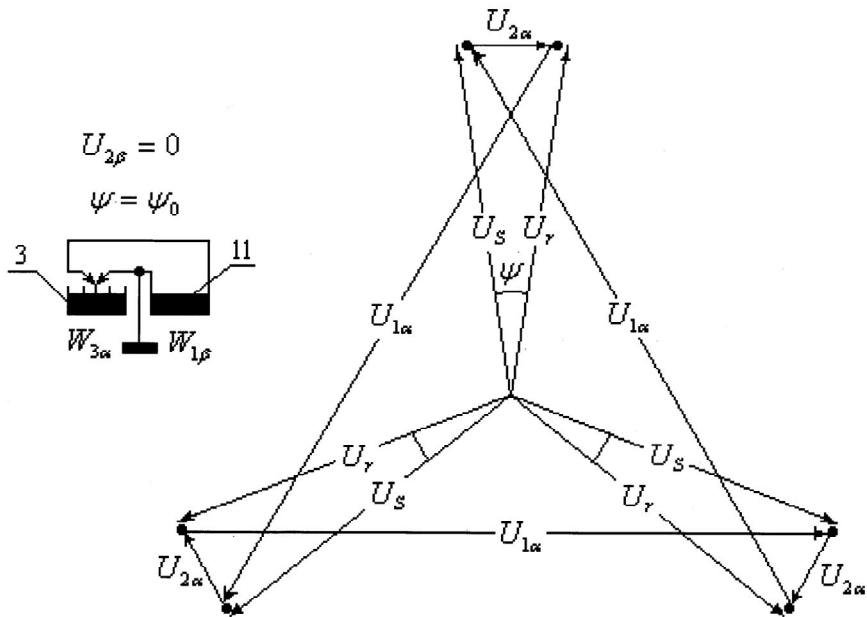


Fig. 4



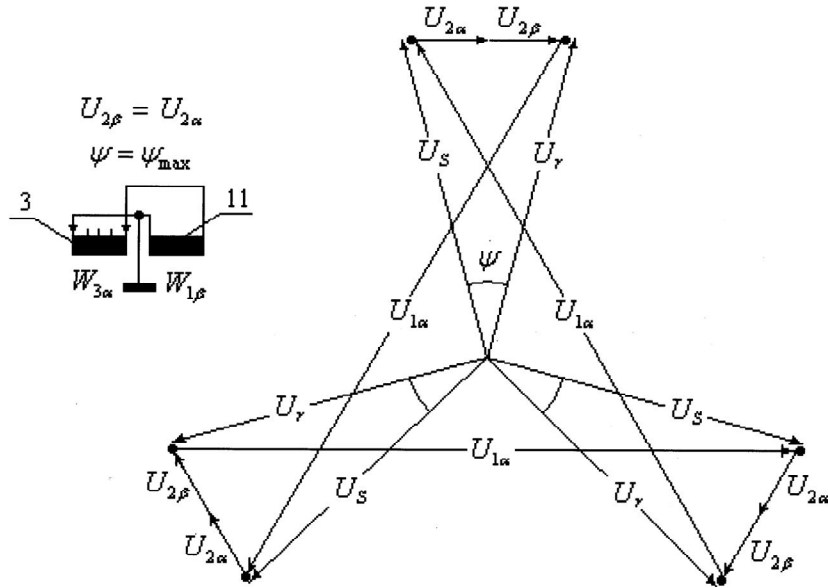


Fig.5

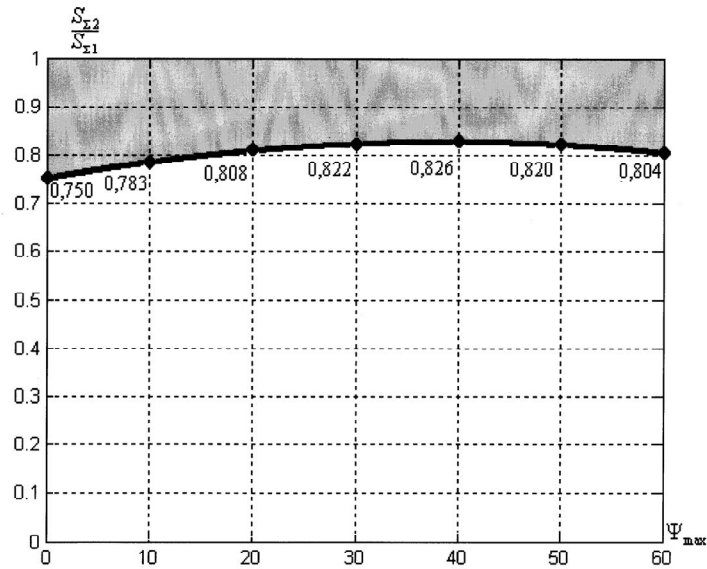


Fig. 6