



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2010 00236

(22) Data de depozit: 15.03.2010

(41) Data publicării cererii:  
28.10.2011 BOPI nr. 10/2011

(71) Solicitant:  
• INSTITUTUL DE PROIECTĂRI PENTRU  
MAȘINI ELECTRICE ICPE - ME S.A.,  
STR. TUDOR VLADIMIRESCU NR.45,  
SECTOR 5, BUCUREȘTI, B, RO

(72) Inventatori:  
• CISTELECAN MIHAIL VASILE,  
BD. TUDOR VLADIMIRESCU NR. 53,  
BL. T6, ET. 4, AP. 15, SECTOR 5,  
BUCUREȘTI, B, RO;  
• POPESCU MIHAIL, STR. FLOARE ROSIE  
NR. 4 BL. 55, SC.A, ET.1, AP. 5 SECTOR 6,  
BUCUREȘTI, B, RO

(54) ÎNFĂȘURĂRI FRAȚIONARE TRIFAZATE SIMETRICE,  
CONCENTRATE PE DINTE, CU ARMONICE SPAȚIALE  
REDUSE

(57) Rezumat:

Invenția se referă la înfășurări fracționare trifazate simetrice, pentru armături de mașini electrice cu numărul de creștături  $Z = 3(2k+1)$  și numărul de poli  $2p = 2(3k+1)$  pentru orice număr  $k = 0, 1, 2, \dots$ , pentru care este îndeplinită relația generală  $Z = 2p \pm 1$ , o înfășurare trifazată fiind obținută dintr-o înfășurare concentrată pe dinte în două straturi care se dedublează, în sensul că fiecare bobină este divizată în două semibobine cu numărul de spire pe jumătate, sau se triplează, în sensul că fiecare bobină este divizată în trei bobine cu numărul de spire o treime, înfășurările elementare astfel constituite fiind înseriate electric și decalate spațial la periferia armăturii, cu câte una sau mai multe creștături, în scopul creșterii gradului de distribuție și, prin aceasta, reducerii conținutului de armonice spațiale.

Revendicări: 7  
Figuri: 5

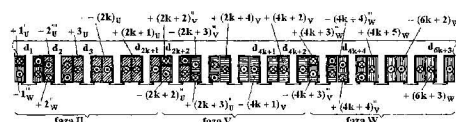


Fig. 5



## ÎNFĂȘURĂRI FRAȚIONARE TRIFAZATE SIMETRICE, CONCENTRATE PE DINTE, CU ARMONICE SPAȚIALE REDUSE

Invenția se referă la înfășurările pentru mașini electrice trifazate simetrice, cu bobine concentrate pe dinte adică cu pasul egal cu o creștătură, având proprietatea că între numărul total de creștături  $Z$  și numărul perechilor de poli  $p$  există relația  $Z=2p+1$ , la care bobinele celor trei faze sunt repartizate parțial în două straturi și parțial în mai mult de două straturi în vederea reducerii conținutului de armonice spațiale din curba tensiunii magnetice de reacție a indusului produse în întrefier. În sensul prezentei invenții, pe fiecare dinte este amplasată cel puțin o bobină a unei faze dar pe o parte din dinți sunt amplasate două bobine din faze diferite. Datorită relației cunoscute de periodicitate a factorilor de înfășurare ai armonicilor spațiale de ordin  $cZ\pm p$  ( $c$  număr natural), înfășurarea conform invenției se aplică întocmai și pentru structuri care îndeplinesc relația  $Z=2p-1$ .

Înfășurarea conform invenției se poate utiliza pentru mașini electrice trifazate multipolare de turație redusă (motoare sau generatoare), cu magneți permanenți, pentru reducerea conținutului de armonice spațiale din tensiunea magnetică de reacție a indusului, dar poate fi folosită și pentru motoare de inducție multipolare de turație redusă.

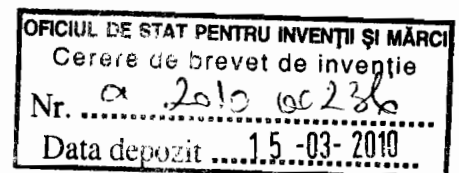
În scopul echipării armăturii statorice a mașinilor sincrone cu magneți permanenți de turație redusă cu înfășurări fracționare, concentrate pe dinte, sunt cunoscute soluții tehnice, fie într-un strat, fie în două straturi, cu partajarea creștăturii între straturile înfășurării fie pe lățimea creștăturilor, fie pe înălțimea acestora. În ceea ce privește obiectul invenției și anume clasa de înfășurări trifazate primitive care se circumscriu relației  $Z=2p\pm 1$  dintre numărul total de creștături  $Z$  și numărul perechilor de poli  $p$  sunt cunoscute și studiate soluții tehnice în două straturi pentru cazul  $Z=9, p=4$  [1, p.38, fig. 2.16], de asemenea pentru cazul  $Z=21, p=10$  [2, p.35, fig. 2.3]. O analiză generală care circumscrie și clasa de înfășurări care face obiectul invenției este realizată în [3, p.25, tabel 3.3] și în [2, p.40, tabel 2.3 și 2.4].

În toate cazurile exemplificate mai sus, înfășurările fracționare concentrate pe dinte, realizate într-un strat sau în cel mult două straturi, au dezavantajul unui conținut mare de armonice spațiale în curba tensiunii magnetice de reacție a indusului, îndeosebi subarmonici, al căror efect asupra pierderilor prin curenți turbionari în părțile feromagnetice ale armăturii rotitoare este semnificativ și dăunează unei funcționări eficiente a mașinii electrice în ansamblu.

Este cunoscut de asemenea brevetul lui Kometani [4], cu aplicare strictă la clasa de înfășurări caracterizate prin  $Z=9, p=4$ , care, în vederea reducerii conținutului de armonice spațiale a tensiunii magnetice de reacție, descrie o metodă de dublare a înfășurării și decalarea cu o creștătură a celor două semi-înfășurări, conectate în serie sau în paralel.

Dezavantajul soluției din [4] este, pe de o parte, că se aplică strict numai la un singur element din clasa de înfășurări  $Z=2p\pm 1$  și anume  $Z=9, p=4$ , iar pe de altă parte reducerea conținutului de armonice spațiale este limitată.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția în speță este realizarea unor înfășurări fracționare, trifazate, simetrice, cu bobine concentrate pe dinte, din clasa care se circumscrie relației generale  $Z=2p\pm 1$ , la care conținutul de armonice spațiale ale tensiunii magnetice de reacție a indusului să fie redus, îndeosebi în ceea ce privește subarmonicile spațiale.



Înfășurarea trifazată conform invenției este caracterizată prin aceea că se obține dintr-o înfășurare concentrată pe dinte în două straturi cunoscută din stadiul tehnicii care se dedublează în sensul că fiecare bobină este divizată în două semibobine cu numere de spire pe jumătate, sau se triplează, în sensul că fiecare bobină este divizată în câte trei bobine cu numărul de spire o câte o treime, înfășurările elementare astfel constituite fiind decalate spațial la periferia armăturii cu câte una sau mai multe crestături în scopul creșterii gradului de distribuție iar bobinele parțiale situate pe același dinte și aparținând aceleiași faze se recompun împreună. Înfășurările elementare astfel divizate sunt conectate în serie. Desigur că, deși invenția este prezentată în detaliu și se referă la partea primitivă a unei înfășurări caracterizată prin relația  $Z=2p\pm 1$ , ea se aplică întocmai și pentru orice multiplicare de ordin  $n$  ( $n$  număr natural) adică pentru înfășurări cu  $nZ$  crestături și  $n(2p\pm 1)$  poli care conțin de  $n$  ori înfășurarea conform invenției.

Prin aplicarea invenției se obține avantajul diminuării conținutului de armonice spațiale din curba tensiunii magnetice de reacție a indusului și prin aceasta reducerea pierderilor prin curenți turbionari induși de aceste armonice în partea feromagnetică a armăturii rotitoare.

Se dau în continuare patru exemple de realizare a invenției în patru variante constructive în legătură și cu figurile 1-5 care reprezintă:

- Figura 1, steaua bobinelor pentru fundamentală electrică, explicativă la principiul sintezei înfășurării în două straturi conform invenției în prima variantă constructivă
- Figura 2, schema de amplasare a bobinelor în două straturi (prima variantă constructivă)
- Figura 3, schema de amplasare a bobinelor parțial în două straturi și parțial în trei straturi (a doua variantă constructivă)
- Figura 4, schema de amplasare a bobinelor parțial în două straturi, parțial în trei straturi și parțial în patru straturi (a treia variantă constructivă)
- Figura 5, schema de amplasare a bobinelor parțial în două straturi, parțial în trei straturi și parțial în patru straturi (a patra variantă constructivă)

Exemplele concrete care se prezintă în desenele descrierii se referă la cazul armăturii de mașină electrică trifazată simetrică având  $Z$  crestături și  $p$  perechi de poli, relația de legătură fiind  $Z=2p+1$ . Înainte de prezentarea concretă a elementelor invenției, pentru caracterizarea ei într-un mod cât mai general, sunt necesare câteva considerații introductive.

Condiția de simetrie permite caracterizarea clasei de înfășurări trifazate conform invenției printr-un singur parametru număr natural,  $k \geq 0$ . Astfel, din relația dintre  $Z$  și  $p$  rezultă că numărul de crestături  $Z$  este impar. Pe de altă parte, simetria înfășurării trifazate obligă numărul de crestături  $Z$  să fie divizibil cu trei, deci rezultă că în cazul cel mai general invenția se referă la înfășurări pentru care avem  $Z=3(2k+1)$  iar numărul de perechi de poli  $p$  este, conform relației de legătură dintre  $Z$  și  $p$ ,  $p=3k+1$ .

Cu aceste precizări rezultă, pentru exemplificare, că înfășurarea cu 9 crestături și 8 poli se obține pentru  $k=1$ , înfășurarea cu 15 crestături și 14 poli se obține pentru  $k=2$ , înfășurarea cu 21 crestături și 20 poli se obține pentru  $k=3$ , etc.

Numărul de crestături pe pol și fază  $q$  al înfășurărilor conform invenției se poate scrie:

$$q = \frac{Z}{6p} = \frac{2k+1}{2(3k+1)} \quad (1)$$

Este demonstrabil că fracția sub care se exprimă  $q$  este o fracție ireductibilă întrucât numerele  $2k+1$  și  $3k+1$  sunt prime între ele oricare ar fi numărul natural  $k$ . În baza unei cunoscute teoreme

15-03-2010

din teoria divizibilității, aceasta rezultă deoarece între numerele  $2k+1$  și  $3k+1$  există o relație de forma:

$$i(2k+1) + j(3k+1) = 1 \quad (2)$$

cu  $i$  și  $j$  întregi (concret  $i=3$  și  $j=-2$ ). Rezultă că toate înfășurările conform invenției sunt simetrice întrucât numitorul numărului  $q$  nu are divizorul 3. Este interesant însă de remarcat că înfășurarea limită care s-ar obține pentru  $k \rightarrow \infty$  nu mai are această proprietate pentru că se obține  $q \rightarrow 1/3$ .

Pe de altă parte, fracția (1) fiind ireductibilă, se știe din teoria înfășurărilor trifazate simetrice că fiecare fază va avea un număr de  $2k+1$  bobine reprezentate prin fazori distincți în steaua bobinelor.

Înfășurările fiind concentrate pe dinte, pasul tuturor bobinelor exprimat în număr de creștături este  $y=1$  în timp ce pasul diametral corespunzător fundamentalei electrice adică a armonicii cu  $2p$  poli este:

$$y_{\tau} = \frac{Z}{2p} = \frac{3(2k+1)}{2(3k+1)} = \frac{6k+3}{6k+2} > y \quad (3)$$

Pasul diametral al armonicii spațiale de ordin  $v$  va fi, corespunzător:

$$y_{\tau v} = \frac{Z}{2v} = \frac{3(2k+1)}{2v} \quad (4)$$

Mărimea scurtării pasului depinde de ordinul  $k$  al înfășurării, fiind maximă (o treime din pasul polar) pentru  $k=0$  (3 creștături și 2 poli) și tinzând către zero când  $k \rightarrow \infty$ . Armonica spațială fundamentală electrică este de ordin  $p=3k+1$ . Toate armonicile spațiale de ordin mai mic decât  $3k+1$  sunt subarmonici spațiale fracționare. Factorul de scurtare corespunzător unei înfășurări caracterizate de parametru  $k$  din clasa care face obiectul invenției și armonica spațială de ordin  $v$  se calculează cu relația cunoscută din literatură:

$$k_{yv} = \sin\left(\frac{y}{y_{\tau v}} \times 90^\circ\right) = \sin\left(\frac{2v}{6k+3} \times 90^\circ\right) \quad (5)$$

În cazul particular al fundamentalei electrice, factorul de scurtare se calculează cu relația (5) pentru  $v=3k+1$ .

Sinteza înfășurărilor are la bază steaua creștăturilor, așa cum este ea cunoscută din literatură [1]. Este utilă observația că, toate bobinele înfășurărilor conform invenției fiind concentrate pe dinte, este mai corect să se utilizeze în speță noțiunea de steaua "dinților" sau, încă mai mult, steaua "bobinelor". În această situație compunerea fazorilor conform stelei bobinelor va da ca rezultat factorul de distribuție al înfășurării care, pentru a se obține factorul de înfășurare în accepțiunea clasică, mai trebuie înmulțit cu factorul de scurtare (5).

Unghiul electric corespunzător fundamentalei electrice dintre două creștături geometric adiacente este dat de relația:

$$\gamma_{ce} = \frac{p \times 360^\circ}{Z} = \frac{3k+1}{2k+1} \times 120^\circ \quad (6)$$

Unghiul geometric dintre două creștături vecine este:

$$\gamma_{cg} = \frac{360^\circ}{Z} = \frac{1}{2k+1} \times 120^\circ \quad (7)$$

Din relațiile (6) și (7) rezultă alte două relații generale între unghiul electric și cel geometric dintre două creștături adiacente, respectiv dintre doi dinți adiacenți:

$$\gamma_{ce} = (3k + 1) \times \gamma_{cg} \quad (8)$$

$$\gamma_{ce} = 180^\circ - \frac{1}{2} \times \gamma_{cg} \quad (9)$$

Numărul total de bobine pe fiecare fază, în cazul înfășurării în două straturi, va fi:

$$N_{ibf} = \frac{Z}{3} = 2k + 1 \quad (10)$$

În tabelul 1 sunt prezentate recapitulativ elementele generale care caracterizează înfășurările din clasa care face obiectul invenției.

**Tabelul 1.** Caracteristici tehnice generale ale clasei de înfășurări conform invenției.

<i>k</i>	0	1	2	3	4	5	...	<i>k</i>
<i>Z</i>	3	9	15	21	27	33	...	$3(2k+1)$
<i>p</i>	1	4	7	10	13	16	...	$3k+1$
<i>q</i>	1/2	3/8	5/14	7/20	9/26	11/32	...	$\frac{2k+1}{2(3k+1)}$
$\gamma_{ce} (^\circ)$	120	160	168	171,43	173,33	174,55	...	$\frac{3k+1}{2k+1} \times 120^\circ$
$\gamma_{cg} (^\circ)$	120	40	24	17,14	14,44	10,91	...	$\frac{1}{2k+1} \times 120^\circ$
<i>N<sub>ibf</sub></i>	1	3	5	7	9	11	...	$2k+1$

Cu considerațiile de mai sus sinteza unei înfășurări cu  $2(3k+1)$  poli din clasa care face obiectul invenției se poate face pornind de la steaua bobinelor corespunzătoare celor  $Z=3(2k+1)$  creștături, respectiv dinți, respectiv de la divizarea unui cerc în  $3(2k+1)$  părți egale, ceea ce creează  $3(2k+1)$  raze distincte. Datorită divizării impare, punctul diametral opus unui punct de diviziune oarecare este la mijlocul distanței dintre alte două puncte de diviziune. Dacă divizarea se începe din poziția inițială a orei "12", prin punctul de diviziune de ordin 1 corespunzătoare unui dinte  $d_1$ , punctul de diviziune de ordin 2 corespunzător dintelui  $d_2$  trebuie să fie după un unghi electric  $\gamma_{ce}$  în sensul ceasului, adică se obține dacă din poziția diametral opusă a punctului de diviziune 1 se scade jumătate din unghiul de divizare geometrică  $\gamma_{cg}$  așa cum rezultă din relația (7) și figura 1. Mai departe, pe baza aceluiași raționament, punctul de diviziune de ordin 3 se obține din poziția diametral opusă a punctului de diviziune 2 din care se scade jumătate din unghiul de divizare geometrică  $\gamma_{cg}$ , etc. Așa cum se observă din figura 1, punctele de divizare de ordin impar (1, 3, 5, ...,  $Z=6k+3$ ) se înșiră în sens invers acelor ceasornicului începând cu punctul "1". În același sens, după ultimul punct de diviziune impar urmează punctul 2, după care urmează toate punctele de diviziune pare (4, 6, 8, ...,  $Z-1$ ). Există  $k+1$  puncte de diviziune impare (inclusiv 1) care se găsesc în semicercul din partea stângă și  $k$  puncte de diviziune pare care se găsesc în semicercul din partea dreaptă (figura 1).

Din figura 1 și relațiile (6-9) rezultă cu evidență următoarele:

- opusul diametral al punctului 1 este între punctele  $Z$  și 2
- opusul diametral al punctului 3 este între punctele 2 și 4
- opusul diametral al punctului 5 este între punctele 4 și 6, etc.,
- opusul diametral al punctului  $Z$  este între punctele  $Z-1$  și 1, după cum, similar:
- opusul diametral al punctului 2 este între punctele 1 și 3,
- opusul diametral al punctului 4 este între punctele 3 și 5, etc.,
- opusul diametral al punctului  $Z-1$  este între punctele  $Z-2$  și  $Z$ .

În vederea prezentării cât mai clare a invenției se face precizarea, întâlnită de regulă în literatura tehnică specifică materiei bobinajelor, că o bobină desenată într-o schemă de bobinaj are două laturi, una în partea stângă într-o reprezentare desfășurată, numită latură de ducere (sau început) și una în partea dreaptă, în aceeași reprezentare desfășurată, numită latură de întoarcere (sau sfârșit). În ceea ce privește conectarea între ele în serie a bobinelor, se consideră în mod convențional că bobina este conectată în sensul pozitiv dacă, curentul prin faza sau calea de curent respectivă, căruia i se atașează un sens pozitiv convențional de la începutul fazei spre sfârșitul ei, intră în latura de început a bobinei și iese din latura de sfârșit. În schemele convenționale electrice o asemenea bobină apare cu semnul (+). Dacă dimpotrivă, o bobină este parcursă de curentul convențional dinspre latura de ieșire înspre latura de intrare adică de la sfârșit spre început, se consideră respectiva bobina conectată în sensul negativ și apare în schemele convenționale cu semnul (-). În figurile 2-5 bobinele considerate și notate cu semnul (+) au sensul curentului din latura de ducere (din partea stângă) notat cu  $\otimes$  iar cele care sunt notate cu semnul (-) au sensul curentului din latura de ducere (latura din partea stângă) notat cu  $\bullet$ .

Conform figurii 2 care reprezintă *prima variantă constructivă*, o armătură de mașină electrică într-o reprezentare desfășurată are un număr de  $Z=3(2k+1)$  dinți egal distanțați  $d_1, d_2, \dots, d_{3(2k+1)}$  între care există același număr de creștături în care sunt amplasate laturile de bobine înfășurate pe dinți. Din cele de mai sus rezultă că, într-o primă variantă constructivă, o înfășurare conform invenției este constituită din trei înfășurări de fază U, V și W având fiecare câte  $2k+1$  bobine înseriate, concentrate pe cei  $3(2k+1)$  dinți ai unei armături statorice. Astfel, în general, se consideră că o bobină notată  $k_U$  este o bobină aparținând fazei U, înfășurată în jurul dintelui  $d_k$ , fiind afectată de unul din semnele (+) sau (-) după sensul în care aceasta se înfășoară în jurul dintelui conform convenției stabilite și se înseriază în circuitul de fază. Conform figurii 2, rezultă că:

- faza U are înseriate bobinele  $+1_U, -2_U, +3_U, \dots, -(2k)_U, +(2k+1)_U$ ,
- faza V are înseriate bobinele  $+(2k+2)_V, -(2k+3)_V, +(2k+4)_V, \dots, -(4k+1)_V, +(4k+2)_V$ ,
- faza W are înseriate bobinele  $+(4k+3)_W, -(4k+4)_W, +(4k+5)_W, \dots, -(6k+2)_W, +(6k+3)_W$ .

Fiecare bobină este înfășurată pe întreaga înălțime a dintelui. În fiecare creștătură există două straturi, laturile bobinelor adiacente partajând spațiul pe înălțimea creștăturii.

Așa cum rezultă din figura 2, în prima variantă constructivă bobinele celor trei faze ocupă câte o treime din periferia armăturii fiind grupate în zone compacte de câte  $120^\circ$  geometrice. Factorul de înfășurare fundamental ( $v=p=3k+1$ ) pentru înfășurarea din figura 2 rezultă din compunerea fazorilor fiecărei bobine constituate conform figurii 1 și a factorului de scurtare (relația 5) astfel:

$$k_{wp} = k_{w(3k+1)} = k_{q(3k+1)} k_{y(3k+1)} = \frac{1}{2k+1} \left( 1 + 2 \sum_{i=1}^k \cos \frac{i \times 360^\circ}{6(2k+1)} \right) \times \sin \frac{(6k+2) \times 90^\circ}{6k+3} \quad (11)$$

În tabelul 2 sunt date rezultatele de calcul pentru înfășurările conform primei variante constructive a invenției.

**Tabelul 2.** Factori de înfășurare fundamentali, varianta constructivă I.

<b>k</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	...	<b>k</b>
<b>Z</b>	3	9	15	21	27	33	...	$3(2k+1)$
<b>p</b>	1	4	7	10	13	16	...	$3k+1$
$k_{w(3k+1)}$	<b>0,8660</b>	<b>0,9452</b>	<b>0,9514</b>	<b>0,9531</b>	<b>0,9538</b>	<b>0,9542</b>		$\frac{1}{2k+1} \left( 1 + 2 \sum_{i=1}^k \cos \frac{i \times 360^\circ}{6(2k+1)} \right) \times \sin \frac{(6k+2) \times 90^\circ}{6k+3}$

O a doua variantă constructivă este prezentată în figura 3, fiind derivată din prima variantă constructivă prin divizarea tuturor bobinelor fiecărei faze în câte două semi-bobine egale astfel

15-03-2010

că înfășurarea formată din semi-bobinele de la fundul creștăturii să fie înseriată cu înfășurarea formată din semi-bobinele situate spre deschiderea creștăturii. Cele două semi-înfășurări se decalază spațial cu o creștătură iar apoi semi-bobinele aparținând aceleiași faze și sunt înfășurate în jurul aceluiași dinți se recompun împreună pentru a forma bobine întregi. Semi-bobinele înfășurate numai pe jumătate din înălțimea unui dinte și deci având 50% spire sunt notate cu semnul distinctiv prim ('). De exemplu bobina  $+k'_U$  este o bobină a fazei U, înseriată pozitiv, așezată pe dințele  $d_k$  și având 50% spire adică fiind bobinată numai pe o jumătate din înălțimea dintelui. Astfel, în a doua variantă constructivă, conform figurii 3, rezultă că:

- faza U are înseriate bobinele  $+1'_U, -2'_U, +3'_U, \dots, -(2k)_U, +(2k+1)_U, -(2k+2)'_U,$
  - faza V are înseriate bobinele  $+(2k+2)'_V, -(2k+3)_V, +(2k+4)_V, \dots, -(4k+1)_V, +(4k+2)_V, -(4k+3)'_V,$
  - faza W are înseriate bobinele  $+(4k+3)'_W, -(4k+4)_W, +(4k+5)_W, \dots, -(6k+2)_W, +(6k+3)_W, -1'_W.$
- Se observă că în varianta constructivă 2 fiecare fază are bobine întregi numai pe câte  $2k$  dinți, trei dinți fiind partajați de câte două semi-bobine din faze diferite. Astfel, dințele  $d_1$  este partajat de semibobinele  $+1'_U, -1'_W,$  dințele  $d_{2k+2}$  este partajat de semibobinele  $+(2k+2)'_V$  și  $-(2k+2)'_U$  iar dințele  $d_{4k+3}$  este partajat de semibobinele  $+(4k+3)'_W$  și  $-(4k+3)'_V.$  Înfășurarea conform variantei constructive 2 este parțial în două straturi ( $6k-3$  creștături) și parțial în trei straturi ( $6$  creștături).

*Varianta constructivă 3* (conform figurii 4), se obține printr-o procedură similară cu varianta 2 dar decalajul dintre cele două semi-înfășurări este de două creștături. Corespunzător se obține o înfășurare care are  $6k-6$  bobinate în creștături în două straturi,  $6$  creștături în trei straturi și  $3$  creștături bobinate în 4 straturi.

Astfel, în varianta constructivă a treia, conform figurii 4, rezultă conform figurii 4 că:

- faza U are înseriate bobinele  $+1'_U, -2'_U, +3'_U, \dots, -(2k)_U, +(2k+1)_U, -(2k+2)'_U, +(2k+3)'_U,$
- faza V are înseriate bobinele  $+(2k+2)'_V, -(2k+3)'_V, +(2k+4)_V, \dots, -(4k+1)_V, +(4k+2)_V, -(4k+3)'_V, +(4k+4)'_V,$
- faza W are înseriate bobinele  $+(4k+3)'_W, -(4k+4)'_W, +(4k+5)_W, \dots, -(6k+2)_W, +(6k+3)_W, -1'_W, +2'_W.$

Rezultă că în a treia variantă constructivă a invenției perechile de dinți ( $d_1, d_2$ ), ( $d_{2k+2}, d_{2k+3}$ ) și ( $d_{4k+3}, d_{4k+4}$ ) au bobinate semibobine din faze diferite în proporții egale de câte 50%.

În fine, a patra variantă constructivă se derivă din prima variantă constructivă prin divizarea fiecărei bobine de pe fiecare dinte în câte trei bobine având numere de spire egale cu o treime din numărul inițial, obținându-se astfel trei înfășurări distincte, cea care conține treimile de bobine de la fundul creștăturilor, cea care conține treimile de bobine de la mijloc, care se decalază față de prima cu o creștătură și cea care conține treimile de bobine situate spre deschiderea creștăturilor, care se decalază față de prima cu două creștături. După efectuarea decalajilor, bobinele parțiale ale aceleiași faze care sunt situate pe același dinte se recompun astfel că rezultă trei feluri de bobine: cele cu 100% spire, notate cu aceleași simboluri ca în variantele anterioare, bobine cu  $1/3(100\%)$  spire, notate cu semnul distinctiv secund ('') și bobinele cu  $2/3(100\%)$  spire, notate cu semnul distinctiv terț ('').

Astfel, în a patra variantă constructivă, conform figurii 5, rezultă că:

- faza U are înseriate bobinele  $+1''_U, -2'''_U, +3'_U, \dots, -(2k)_U, +(2k+1)_U, -(2k+2)'''_U, +(2k+3)''_U,$
- faza V are înseriate bobinele  $+(2k+2)''_V, -(2k+3)'''_V, +(2k+4)_V, \dots, -(4k+1)_V, +(4k+2)_V, -(4k+3)'''_V, +(4k+4)''_V.$

15-03-2010

- faza W are înseriate bobinele  $+(4k+3)''_w, -(4k+4)'''_w, +(4k+5)_w, \dots, -(6k+2)_w, +(6k+3)_w, -1''''_w, +2''_w$ .

Rezultă că în a patra variantă constructivă a invenției perechile de dinți ( $d_1, d_2$ ), ( $d_{2k+2}, d_{2k+3}$ ) și ( $d_{4k+3}, d_{4k+4}$ ) au bobinate bobine parțiale din faze diferite dar în proporții inegale, de exemplu dintele  $d_1$  are o bobină cu 33,3 % spire din faza U ( $+1''_U$ ) și o bobină cu 66,6 % spire din faza W ( $-1''''_W$ ), etc.

Utilizând metode cunoscute din literatura domeniului (steaua creștăturilor, respectiv steaua bobinelor) se pot calcula factorii de înfășurare spațiali, fundamentali sau armonici, pentru a pune în evidență modul în care, cu prețul scăderii ușoare a unde fundamentale, se pot reduce sensibil undele armonice spațiale. Dacă se notează factorul de înfășurare fundamental pentru prima variantă constructivă (11) cu  $k_{wp-I}$ , atunci factorii de înfășurare fundamentali pentru variantele constructive II, III și IV se pot calcula ținând seama de unghiurile de defazaj între înfășurările parțiale ale fiecărei faze după cum urmează:

- varianta constructivă II se poate considera ca două înfășurări corespunzătoare variantei constructive I defazate cu o jumătate din unghiul geometric  $\gamma_{cg}$
- varianta constructivă III se poate considera ca două înfășurări corespunzătoare variantei constructive I defazate cu un unghi geometric  $\gamma_{cg}$
- varianta constructivă IV se poate considera ca trei înfășurări corespunzătoare variantei constructive I defazate una față de alta cu câte o jumătate din unghiul geometric  $\gamma_{cg}$

Astfel, cu referire la factorii de înfășurare fundamentali, din precizările de mai sus, rezultă că următoarele relații sunt adevărate:

$$k_{wp-II} = k_{wp-I} \times \cos \frac{30^\circ}{2k+1}; k_{wp-III} = k_{wp-I} \times \cos \frac{60^\circ}{2k+1}; k_{wp-IV} = k_{wp-I} \times \frac{1}{3} \left( 1 + 2 \cos \frac{60^\circ}{2k+1} \right) \quad (12)$$

Se poate arăta că, spre deosebire de factorii de înfășurare fundamentali care suferă, pentru variantele constructive II, III și IV, conform (12), ușoare atenuări în raport cu varianta I, dimpotrivă, factorii de înfășurare ai armonicilor spațiale, îndeosebi ai subarmonicilor, sunt atenuați semnificativ. Pentru evidențierea acestui fapt, în tabelul 3 sunt prezentate rezultate de calcul pentru două cazuri particulare și anume pentru înfășurările caracterizate de  $k=1$  (9 creștături, 8 poli) și  $k=2$  (15 creștături, 14 poli) în ceea ce privește factorii de înfășurare spațiali fundamentali și armonici.

**Tabelul 3.** Factori de înfășurare spațiali pentru înfășurările din clasa studiată cu  $k=1$  și  $k=2$ . Fundamentala electrică cu caractere aldine

Ordinul armonicilor spațiale $v$	k=1 (9 creștături, 8 poli)				k=2 (15 creștături, 14 poli)			
	Var. I	Var. II	Var. III	Var. IV	Var. I	Var. II	Var. III	Var. IV
1	0,0607	0,0207	0,0465	0,0108	0,0213	0,0044	0,0194	0,0059
2	0,1398	0,0899	0,0243	0,0304	0,0445	0,0181	0,0298	0,0050
4	<b>0,9452</b>	<b>0,9309</b>	<b>0,8882</b>	<b>0,9072</b>	0,1111	0,0825	0,0116	0,0448
5	0,9452	0,9309	0,8882	0,9072	0,1732	0,1500	0,0866	0,1155
7	0,1398	0,0899	0,0243	0,0304	<b>0,9514</b>	<b>0,9462</b>	<b>0,9306</b>	<b>0,9376</b>
8	0,0607	0,0207	0,0465	0,0108	0,9514	0,9462	0,9306	0,9376

Ținând seama că amplitudinea unei armonice spațiale este proporțională cu mărimea factorului de înfășurare și invers proporțional cu ordinul armonicilor, este evident că, de exemplu amplitudinea subarmonicilor de ordin  $v=1$  pentru înfășurările corespunzătoare lui  $k=1$  reprezintă, pentru variantele I, II, III și IV, respectiv 25,7%, 8,9 %, 20,9 % și 4,76 % din fundamentele corespunzătoare.



## REVENDICĂRI

**1. Înfășurări fracționare trifazate simetrice, concentrate pe dinte, având un număr de  $Z=3(2k+1)$  creștături și un număr de  $2p=2(3k+1)$  poli pentru orice număr  $k=0, 1, 2, \dots$  caracterizate prin aceea că fiecare din cei  $6k+3$  dinți egal distanțați ( $d_1, d_2, \dots, d_{2k+1}$ ), ( $d_{2k+2}, d_{2k+3}, \dots, d_{4k+2}$ ), ( $d_{4k+3}, \dots, d_{6k+3}$ ) ai unei armături de mașină electrică conține câte o bobină înfășurată în jurul lui, într-un sens sau în celălalt sens definit prin semnul (+) sau (-) pus în fața numărului de identificare al bobinelor, astfel încât:**

- faza U conține  $2k+1$  bobine înseriate înfășurate în jurul dinților ( $d_1, d_2, \dots, d_{2k+1}$ ) și anume bobinele  $(+1_U), (-2_U), (+3_U), \dots, -(2k)_U, +(2k+1)_U$ ,
- faza V conține  $2k+1$  bobine înseriate înfășurate în jurul dinților ( $d_{2k+2}, d_{2k+3}, \dots, d_{4k+2}$ ) și anume bobinele  $+(2k+2)_V, -(2k+3)_V, +(2k+4)_V, \dots, -(4k+1)_V, +(4k+2)_V$  și
- faza W conține  $2k+1$  bobine înseriate înfășurate în jurul dinților ( $d_{4k+3}, d_{4k+4}, \dots, d_{6k+3}$ ) și anume bobinele  $+(4k+3)_W, -(4k+4)_W, +(4k+5)_W, \dots, -(6k+2)_W, +(6k+3)_W$ .

**2. Înfășurări fracționare trifazate simetrice, concentrate pe dinte, având un număr de  $Z=3(2k+1)$  creștături și un număr de  $2p=2(3k+1)$  poli pentru orice număr  $k=0, 1, 2, \dots$  caracterizate prin aceea că:**

- faza U conține  $2k+2$  bobine înseriate înfășurate în jurul dinților ( $d_1, d_2, \dots, d_{2k+1}, d_{2k+2}$ ) și anume bobinele  $(+1'_U)$ , și  $-(2k+2)'_U$  bobinate cu 50% număr de spire pe dinții ( $d_1$ ) și ( $d_{2k+2}$ ) și bobinele  $(-2_U), (+3_U), \dots, -(2k)_U, +(2k+1)_U$ , bobinate respectiv pe dinții ( $d_2$ ), ( $d_3$ ), ..., ( $d_{2k+1}$ ) cu 100% spire,
- faza V conține  $2k+2$  bobine înseriate înfășurate în jurul dinților ( $d_{2k+2}, d_{2k+3}, \dots, d_{4k+2}, d_{4k+3}$ ) și anume bobinele  $+(2k+2)'_V$ , și  $-(4k+3)'_V$  bobinate cu 50% număr de spire pe dinții ( $d_{2k+2}$ ) și ( $d_{4k+3}$ ) și bobinele  $-(2k+3)_V, +(2k+4)_V, \dots, -(4k+1)_V, +(4k+2)_V$ , bobinate respectiv pe dinții ( $d_{2k+3}$ ), ( $d_{2k+4}$ ), ..., ( $d_{4k+2}$ ) cu 100% spire,
- faza W conține  $2k+2$  bobine înseriate înfășurate în jurul dinților ( $d_{4k+3}, d_{4k+4}, \dots, d_{6k+2}, d_{6k+3}, d_1$ ) și anume bobinele  $+(4k+3)'_W$ , și  $(-1'_W)$  bobinate cu 50% număr de spire pe dinții ( $d_{4k+3}$ ) și ( $d_1$ ) și bobinele  $-(4k+4)_W, +(4k+5)_W, \dots, -(6k+2)_W, +(6k+3)_W$ , bobinate respectiv pe dinții ( $d_{4k+4}$ ), ( $d_{4k+5}$ ), ..., ( $d_{6k+3}$ ) cu 100% spire.

**3. Înfășurări fracționare trifazate simetrice conform revendicării 2 caracterizate prin aceea că, în vederea asigurării caracterului simetric sub aspectul situației laturilor de bobină în raport cu fluxurile de dispersie ale creștăturilor, bobinele cu numere de spire pe jumătate ale fiecărei faze sunt amplasate câte una la fundul creștăturii și cealaltă la partea dinspre întrefier a creștăturii, astfel perechile de bobine  $(+1'_U)$  și  $-(2k+2)'_U$ ,  $+(2k+2)'_V$ , și  $-(4k+3)'_V$ ,  $+(4k+3)'_W$ , și  $(-1'_W)$ , sunt amplasate, primele în partea de la fundul creștăturii, iar cele din urmă în partea dinspre întrefier a creștăturii.**

**4. Înfășurări fracționare trifazate simetrice, concentrate pe dinte, având un număr de  $Z=3(2k+1)$  creștături și un număr de  $2p=2(3k+1)$  poli pentru orice număr  $k=0, 1, 2, \dots$  caracterizate prin aceea că:**

- faza U conține  $2k+3$  bobine înseriate înfășurate în jurul dinților ( $d_1, d_2, \dots, d_{2k+1}, d_{2k+2}, d_{2k+3}$ ) și anume bobinele  $(+1'_U), (-2'_U), -(2k+2)'_U$  și  $+(2k+3)'_U$  bobinate cu 50% număr de spire respectiv pe dinții ( $d_1, d_2, d_{2k+2}$  și  $d_{2k+3}$ ) și bobinele  $(+3_U), (-4_U), \dots, -(2k)_U, +(2k+1)_U$ , bobinate respectiv pe dinții ( $d_3$ ), ( $d_4$ ), ..., ( $d_{2k+1}$ ) cu 100% spire,
- faza V conține  $2k+3$  bobine înseriate înfășurate în jurul dinților ( $d_{2k+2}, d_{2k+3}, \dots, d_{4k+2}, d_{4k+3}, d_{4k+4}$ ) și anume bobinele  $+(2k+2)'_V, -(2k+3)'_V, -(4k+3)'_V$  și  $+(4k+4)'_V$  bobinate cu 50%

număr de spire respectiv pe dinții ( $d_{2k+2}$ ,  $d_{2k+3}$ ,  $d_{4k+3}$  și  $d_{4k+4}$ ) și bobinele  $(+(2k+4)_V)$ ,  $(-(2k+5)_V)$ , ...,  $(-(4k+1)_V)$ ,  $(+(4k+2)_V)$ , bobinate respectiv pe dinții ( $d_{2k+4}$ ), ( $d_{2k+5}$ ), ..., ( $d_{4k+2}$ ) cu 100% spire,

- faza W conține  $2k+3$  bobine înseriate înfășurate în jurul dinților ( $d_{4k+3}$ ,  $d_{4k+4}$ , ...,  $d_{6k+2}$ ,  $d_{6k+3}$ ,  $d_1$  și  $d_2$ ) și anume bobinele  $(+(4k+3)'_W)$ ,  $(-(4k+4)'_W)$ ,  $(-1'_W)$  și  $(+2'_W)$  bobinate cu 50% număr de spire respectiv pe dinții ( $d_{4k+3}$ ,  $d_{4k+4}$ ,  $d_1$  și  $d_2$ ) și bobinele  $(+(4k+5)_W)$ ,  $(-(4k+6)_W)$ , ...,  $(-(6k+2)_W)$ ,  $(+(6k+3)_W)$ , bobinate respectiv pe dinții ( $d_{4k+5}$ ), ( $d_{4k+6}$ ), ..., ( $d_{6k+3}$ ) cu 100% spire.

**5. Înfășurări fracționare trifazate simetrice conform revendicării 4 caracterizate prin aceea că, în vederea asigurării caracterului simetric sub aspectul situării laturilor de bobină în raport cu fluxurile de dispersie ale creștăturilor, bobinele cu numere de spire pe jumătate ale fiecărei faze sunt amplasate câte două la fundul creștăturii și celelalte două la partea dinspre întrefier a creștăturii, astfel perechile de bobine  $(+1'_U)$  și  $(-2'_U)$ ,  $(+(2k+2)'_V)$  și  $(-(2k+3)'_V)$ ,  $(+(4k+3)'_W)$  și  $(-(4k+4)'_W)$  sunt bobinate la fundul creștăturii iar perechile de bobine  $(-(2k+2)'_U)$  și  $(+(2k+3)'_U)$ ,  $(-(4k+3)'_V)$  și  $(+(4k+4)'_V)$ ,  $(-1'_W)$  și  $(+2'_W)$  sunt bobinate în partea dinspre întrefier a creștăturii.**

**6. Înfășurări fracționare trifazate simetrice, concentrate pe dinte, având un număr de  $Z=3(2k+1)$  creștături și un număr de  $2p=2(3k+1)$  poli pentru orice număr  $k=0, 1, 2, \dots$  caracterizate prin aceea că:**

- faza U conține  $2k+3$  bobine înseriate înfășurate în jurul dinților ( $d_1$ ,  $d_2$ , ...,  $d_{2k+1}$ ,  $d_{2k+2}$ ,  $d_{2k+3}$ ) și anume bobinele  $(+1''_U)$  și  $(+(2k+3)''_U)$  bobinate cu 33,3% spire respectiv pe dinții ( $d_1$ ,  $d_{2k+3}$ ), bobinele  $(-2'''_U)$  și  $(-(2k+2)'''_U)$  bobinate cu 66,6% spire respectiv pe dinții ( $d_2$ ,  $d_{2k+2}$ ) și bobinele  $(+3_U)$ ,  $(-4_U)$ , ...,  $(-(2k)_U)$ ,  $(+(2k+1)_U)$ , bobinate respectiv pe dinții ( $d_3$ ), ( $d_4$ ), ..., ( $d_{2k+1}$ ) cu 100% spire,

- faza V conține  $2k+3$  bobine înseriate înfășurate în jurul dinților ( $d_{2k+2}$ ,  $d_{2k+3}$ , ...,  $d_{4k+2}$ ,  $d_{4k+3}$ ,  $d_{4k+4}$ ) și anume bobinele  $(+(2k+2)''_V)$  și  $(+(4k+4)''_V)$  bobinate cu 33,3% spire respectiv pe dinții ( $d_{2k+2}$ ,  $d_{4k+4}$ ), bobinele  $(-(2k+3)'''_V)$  și  $(-(4k+3)'''_V)$  bobinate cu 66,6% număr de spire respectiv pe dinții ( $d_{2k+3}$ ,  $d_{4k+3}$ ) și bobinele  $(+(2k+4)_V)$ ,  $(-(2k+5)_V)$ , ...,  $(-(4k+1)_V)$ ,  $(+(4k+2)_V)$ , bobinate respectiv pe dinții ( $d_{2k+4}$ ), ( $d_{2k+5}$ ), ..., ( $d_{4k+2}$ ) cu 100% spire,

- faza W conține  $2k+3$  bobine înseriate înfășurate în jurul dinților ( $d_{4k+3}$ ,  $d_{4k+4}$ , ...,  $d_{6k+2}$ ,  $d_{6k+3}$ ,  $d_1$  și  $d_2$ ) și anume bobinele  $(+(4k+3)''_W)$ , și  $(+2''_W)$  bobinate cu 33,3% spire respectiv pe dinții ( $d_{4k+3}$ ,  $d_2$ ), bobinele  $(-(4k+4)'''_W)$  și  $(-1'''_W)$  bobinate cu 66,6% număr de spire respectiv pe dinții ( $d_{4k+4}$ ,  $d_1$ ) și bobinele  $(+(4k+5)_W)$ ,  $(-(4k+6)_W)$ , ...,  $(-(6k+2)_W)$ ,  $(+(6k+3)_W)$ , bobinate respectiv pe dinții ( $d_{4k+5}$ ), ( $d_{4k+6}$ ), ..., ( $d_{6k+3}$ ) cu 100% spire.

**7. Înfășurări fracționare trifazate simetrice conform revendicării 6 caracterizate prin aceea că, în vederea asigurării caracterului simetric sub aspectul situării laturilor de bobină în raport cu fluxurile de dispersie ale creștăturilor, bobinele cu numere de spire parțiale adică 33,3 % respectiv 66,6 % ale fiecărei faze sunt amplasate câte două la fundul creștăturilor și celelalte două la partea dinspre întrefier a creștăturilor, astfel perechile de bobine  $(+1''_U)$  și  $(-2'''_U)$ ,  $(+(2k+2)''_V)$  și  $(-(2k+3)'''_V)$ ,  $(+(4k+3)''_W)$  și  $(-(4k+4)'''_W)$  sunt bobinate la fundul creștăturilor iar perechile de bobine  $(-(2k+2)''_U)$  și  $(+(2k+3)'''_U)$ ,  $(-(4k+3)'_V)$  și  $(+(4k+4)''_V)$ ,  $(-1'_W)$  și  $(+2''_W)$  sunt bobinate în partea dinspre întrefier a creștăturilor.**

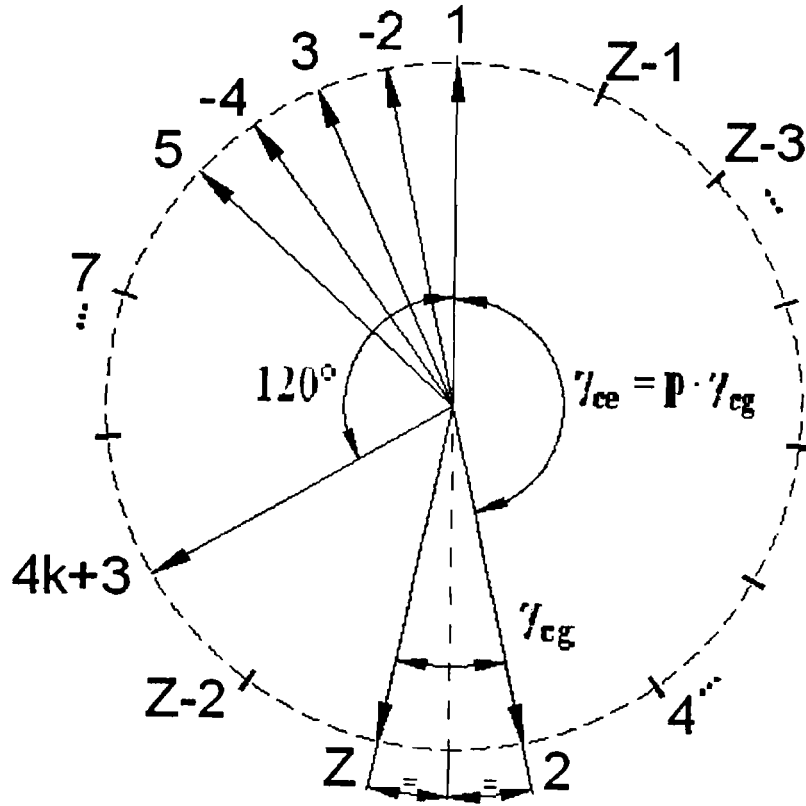


Figura 1.

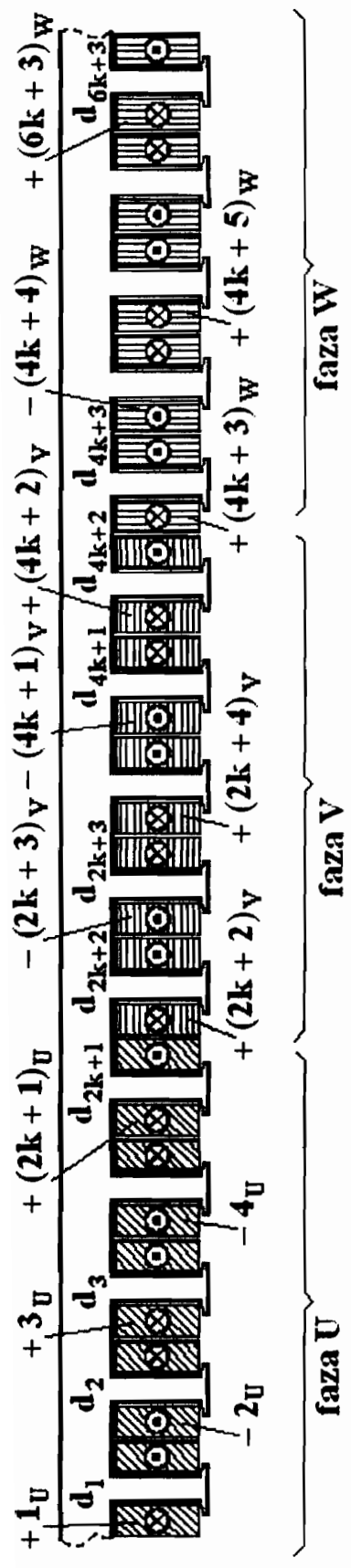


fig. 2

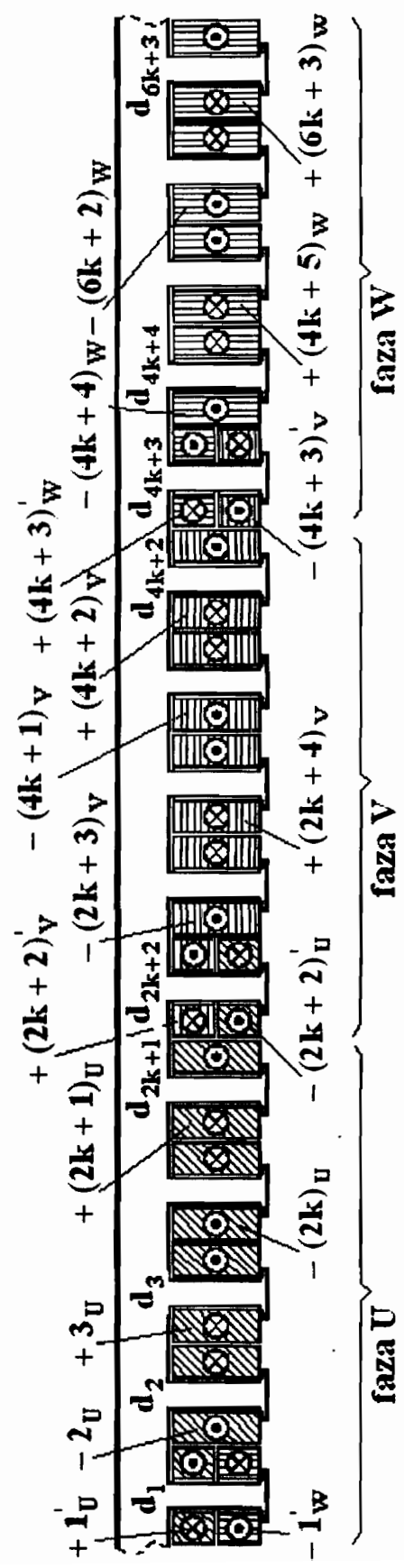


fig. 3

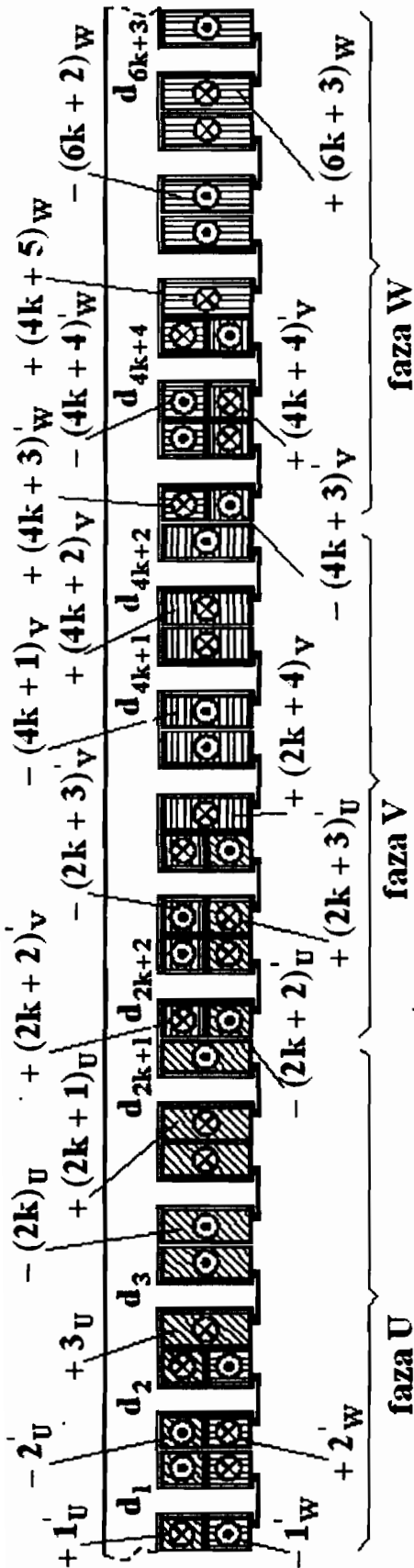


fig. 4

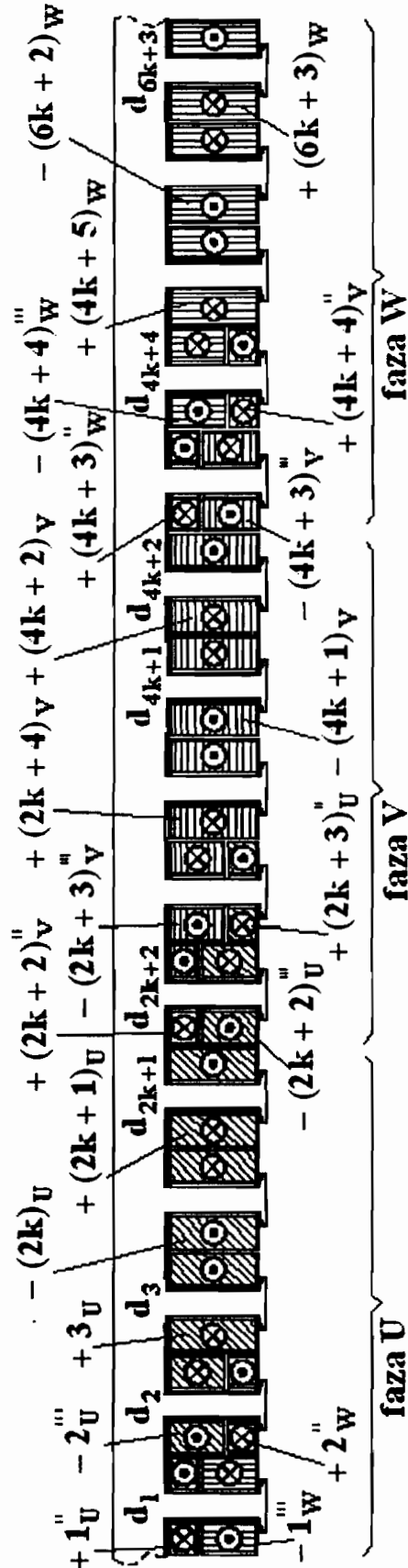


fig. 5