

(43) Data da Publicação: 01/12/2015
(RPI 2343)



(74) Procurador(es): ANA CRISTINA MÜLLER
WEGMANN

(57) Resumo: ENROLAMENTOS DA ARMADURA DE UMA MÁQUINA ELÉTRICA ROTATIVA. De acordo com uma concretização, é proporcionado um enrolamento de armadura de máquinas elétricas rotativas, nas quais um enrolamento trifásico de duas camadas incluindo a camada superior e inferior são constituídas de cintos de fase contendo uma diferença de fase elétrica de 60° entre si, pares de peças de bobina superior e peças de bobina inferior são contidos nas ranhuras de uma armadura central, o número de ranhuras por polo e por fase inclui um número fracionário, e um denominador do mesmo é um número inteiro maior ou igual a 4, onde o arranjo da bobina é realizado tal que pelo menos uma peça da bobina seja tanto a peça da bobina superior ou a peça da bobina inferior seja incluída nas duas camadas da camada superior ou inferior na cinta de fase única é realocadas com uma peça da bobina de uma fase diferente adjacente.

Substância								Substância								Substância										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
U	-V	-V	-V	W	-U	W	U	U	-W	-U	-U	-U	-U	-U	-U	U	-U	-U	-U	-W	-W	U	-U	-U	-U	-U
V	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U
-V	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U

ENROLAMENTOS DA ARMADURA DE UMA MÁQUINA ELÉTRICA ROTATIVA

CAMPO

[0001] Concretizações descritas aqui se referem geralmente aos enrolamentos de armadura de uma máquina elétrica rotativa tal como as máquinas síncronas ou semelhantes.

ESTADO DA ARTE

[0002] Em geral, em máquinas síncronas, quando o número de ranhuras deve ser selecionado, o número de ranhuras por polo e por fase é muitas vezes feito de um número inteiro (a seguir referido como "ranhuras de número inteiro"). Por outro lado, a partir de um ponto de vista da formação de uma forma de onda melhorada, e flexibilidade de projeto, o número de ranhuras por polo e por fase é feito de um número fracionário (a seguir referido como "ranhuras de número fracionário") em alguns casos.

[0003] Embora as ranhuras de número fracionário tenham uma vantagem, que uma excelente forma de onda pode ser formada, e um elevado grau de liberdade de concepção pode ser obtido, o número de ranhuras por polo se torna desigual e, portanto, harmônicos são gerados na armadura de força magnetomotriz em adição a uma onda fundamental. Um fluxo magnético harmônico causado pela força magnetomotriz atua como uma força excitante, sob certas circunstâncias, e torna-se uma causa da vibração e ruído do núcleo da armadura (núcleo do estator) em alguns casos.

[0004] Por exemplo, quando as ranhuras de número fracionário são aplicadas a uma máquina multipolar (geralmente uma máquina

com o número de polos dos quais são 8 ou mais), com um maior número de polos, como pode ser visto em um sistema de geração de energia hidroelétrica, um campo harmônico chamado de harmônico sub-síncrono (ou fracionário) de um caso em que o número de ranhuras por polo e por fase (número de ranhuras ou bobinas por cada polo por cada fase), o qual é referido como N_{spp} , inclui um número fracionário, e um denominador do mesmo tem um valor (por exemplo, 5 ou 7) maior ou igual a 4 torna-se susceptível de ocorrer. Um estado onde a frequência da força eletromagnética com base em uma onda tão harmônica e fundamental está perto de uma frequência de vibração natural é chamada de ressonância, e isso se torna uma causa de vibração do núcleo da armadura.

[0005] Deve notar-se que existe um caso em que a disposição de bobinas é realizada por substituição de uma peça da bobina em um cinto de fase com uma peça da bobina numa fase diferente adjacente para cada lado de ambas as partes superior e inferior da bobina. No entanto, este método de organização, o que é chamado de enrolamentos de bobina intercalados, é planejado para reduzir a força magnetomotriz da armadura de harmônicos, como uma harmônica de quinta ordem, harmônica de sétima ordem e afins nas ranhuras de número inteiro, e é não se destina a reduzir o, ou seja, a harmônica sub-síncrona (ou fracional) nas ranhuras de número fracionário.

[0006] Sob as circunstâncias, é desejável proporcionar enrolamentos de armadura de uma máquina elétrica rotativa, capazes de reduzir uma harmônica específica gerada nas ranhuras de número fracionário fornecidas.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

[0007] FIG. 1 é uma vista da forma de onda que mostra a relação entre uma onda fundamental e a harmônica sub-síncrona (ou fracionada);

[0008] FIG. 2A e FIG. 2B são vistas mostrando disposição das bobinas e conexão de enrolamento dos enrolamentos da armadura de acordo com um primeiro exemplo convencional;

[0009] FIG. 3A e FIG. 3B são vistas que mostram disposição de bobinas e conexão do enrolamento dos enrolamentos da armadura de acordo com uma primeira concretização;

[0010] FIG. 4A e a FIG. 4B são vistas que mostram disposição de bobinas de enrolamento e conexão de enrolamento dos enrolamentos da armadura de acordo com um segundo exemplo convencional; e

[0011] FIG. 5A e FIG. 5B são vistas que mostram a disposição de bobinas e conexão de enrolamento dos enrolamentos da armadura de acordo com uma segunda concretização.

DESCRIÇÃO DETALHADA

[0012] Em geral, de acordo com uma concretização, são proporcionados enrolamentos de armadura de uma máquina elétrica rotativa, na qual um enrolamento trifásico de duas camadas, incluindo a camada superior e inferior é constituído de cintos de fase com uma diferença de fase elétrica de 60° entre eles, os pares de peças da bobina superior e peças da bobina inferior são contidos nas ranhuras de um núcleo de armadura, o número de ranhuras por polo por fase inclui um número fracionário, e um denominador do mesmo é um número inteiro maior ou igual a 4, em que o arranjo de bobinas é realizado de tal forma que, pelo menos, uma peça da bobina em

qualquer uma das peças da bobina superior ou peças da bobina inferior é incluída em duas camadas das camadas superiores e inferiores de um cinto de fase e está substituída com uma parte da bobina de uma fase diferente adjacente.

[0013] A seguir, as concretizações serão descritas com referência aos desenhos.

[0014] Antes de descrever cada concretização, em detalhe, em primeiro lugar, uma técnica que é um fundamento será descrita abaixo.

(Ranhura de número inteiro e ranhura de número fracionário)

[0015] O número de ranhuras por polo por fase N_{spp} dos enrolamentos da armadura de uma máquina síncrona pode ser calculado através da seguinte fórmula.

$$N_{spp} = (\text{número de todas as ranhuras de armadura}) / ((\text{número de polos}) \times (\text{número de fases})) = a + (b/c)$$

[0016] Em geral, N_{spp} é muitas vezes feito de um número inteiro. No entanto, dependendo do tamanho do núcleo de ferro da máquina síncrona, há um limite para o número de ranhuras selecionável, por conseguinte, com um aumento do número de polos, N_{spp} se torna menor, e os enrolamentos se tornam mais estreitos a partir dos enrolamentos distribuídos aos enrolamentos concentrados, e, portanto, a forma de onda de tensão sem carga tende a se tornar pior. Assim, as ranhuras número fracionário que não fazem N_{spp} um número inteiro são adotadas em alguns casos. No que se segue, presume-se que θ_m é um ângulo da máquina, p é o número de pares de polos, e ω é uma frequência angular.

[0017] A densidade do fluxo magnético $B_g(\theta_m, \omega t)$ no espaço de ar da máquina síncrona é expressa pela soma total da densidade de fluxo magnético $B_{gf}(\theta_m, \omega t)$ com base na força magnetomotriz campo, e a densidade do fluxo magnético $B_{ga}(\theta_m, \omega t)$ com base na força magnetomotriz da armadura, como mostrado pela fórmula (1) a seguir.

$$B_g(\theta_m, \omega t) = B_{gf}(\theta_m, \omega t) + B_{ga}(\theta_m, \omega t) \quad (1)$$

[0018] Aqui, em relação ao fluxo magnético com base no campo, a força magnetomotriz de cada polo é idêntica e, conseqüentemente, uma harmônica, tais como harmônicas pares, harmônica subsíncrona (ou fracionadas) ou semelhantes a serem descritos mais tarde não são gerados. A densidade magnética $B_{gf}(\theta_m, \omega t)$ com base no campo de força magnetomotriz deste caso é expressa pela seguinte fórmula (2).

$$B_{gf}(\theta_m, \omega t) = B_{gf1} \cos(p\theta_m - \omega t) + B_{gf3} \cos(3p\theta_m + 3\omega t) + B_{gf5} \cos(5p\theta_m + 5\omega t) \quad (2)$$

[0019] Por outro lado, o fluxo magnético com base na força magnetomotriz da armadura é, no caso das ranhuras de número inteiro, o número de bobinas por cada polo é idêntico e, portanto, embora harmônicas pares ou harmônicas subsíncronas (ou fracionadas) não sejam na força magnetomotriz da armadura, no caso das ranhuras de número fracionário, o número de bobinas por cada polo por cada fase não é idêntico, e até

harmônicas pares ou harmônicas subsíncronas (ou fracionadas) sejam causadas na força magnetomotriz da armadura. A harmônica par é um harmônico baseado em um comprimento de onda de $1/2$ vezes a onda fundamental. A harmônica subsíncrona (ou fracionada) é uma harmônica com base em um comprimento de onda de n vezes (n : um número inteiro maior ou igual a 4) da onda fundamental.

[0020] Quando o denominador de N_{spp} é 2, harmônicas pares são causadas na força magnetomotriz da armadura, e quando o denominador de N_{spp} é um número inteiro maior ou igual a 4, a harmônica subsíncrona (ou fracionada) é causada na força magnetomotriz da armadura.

(Harmônicas pares em ranhura de número fracionário)

[0021] Em primeiro lugar, um caso em que o denominador da N_{spp} é 2 será descrito abaixo, tomando uma armadura ter 4 polos, e 54 ranhuras, como exemplo. N_{spp} é expressa pela seguinte fórmula (3).

$$N_{spp} = \frac{54}{4 \times 3} = 4\frac{1}{2} \quad (3)$$

[0022] Aqui, uma harmônica de $3n$ vezes se torna 0 por ser combinada com força magnetomotriz trifásica, e portanto, no caso das ranhuras de número fracionário, a densidade de fluxo de $B_{GA}(\theta_m, \omega t)$ com base na força magnetomotriz da armadura é expressa pela seguinte fórmula (4).

$$B_{ga}(\theta_m, \omega t) = B_{ga1} \cos(2\theta_m - \omega t) + B_{ga2} \cos(4\theta_m + \omega t) + B_{ga4} \cos(8\theta_m - \omega t) + B_{ga5} \cos(10\theta_m + \omega t) + B_{ga7} \cos(14\theta_m - \omega t) \dots \quad (4)$$

[0023] Além disso, apenas o componente da onda fundamental temporal é considerado. Aqui, quando B_1 é definido como $B_{gf1} + B_{ga1}$ ($B_1 = B_{gf1} + B_{ga1}$), fórmula (1) é expressa como mostrado pela seguinte fórmula (5).

$$B_g(\theta_m, \omega t) = B_1 \cos(2\theta_m - \omega t) + B_{ga2} \cos(4\theta_m + \omega t) + B_{ga4} \cos(8\theta_m - \omega t) + B_{ga5} \cos(10\theta_m + \omega t) + B_{ga7} \cos(14\theta_m - \omega t) \quad (5)$$

[0024] Na fórmula acima, B_{ga2} e B_{ga4} são harmônicas pares peculiares a um caso onde ranhuras de números fracionários são adotadas.

[0025] Em seguida, a força electromagnética será descrita abaixo.

[0026] A energia no intervalo de ar é a força de ligação entre o estator (armadura) e o rotor (campo), e é expressa pela seguinte fórmula (6). Deve notar-se que μ_0 na fórmula (6) indica uma constante.

$$F(\theta_m, t) = \frac{1}{2\mu_0} B_g^2(\theta_m, t) = \frac{1}{2\mu_0} (B_{gf}(\theta_m, t) + B_{ga}(\theta_m, t))^2 \quad (6)$$

[0027] Uma componente AC da força electromagnética F_a é proporcional a um componente AC do quadrado do fluxo compósito. Aqui, na base da condição $B_1 \gg B_{ga2}, B_{ga4}, B_{ga5},$

Bga7, quando os termos diferentes daqueles termos multiplicados por B1 são omitidos, a seguinte fórmula (7) é obtida.

$$\begin{aligned}
 F_{ac}(\theta_m, \omega t) &= \frac{B_1^2}{4\mu_0} \cos(4\theta_m - 2\omega t) + \frac{B_1 B_{ga2}}{2\mu_0} \cos(2\theta_m + 2\omega t) \\
 &+ \frac{B_1 B_{ga4}}{2\mu_0} \cos(10\theta_m - 2\omega t) + \frac{B_1 B_{ga5}}{2\mu_0} \cos(8\theta_m + 2\omega t) \\
 &+ \frac{B_1 B_{ga7}}{2\mu_0} \cos(16\theta_m - 2\omega t) + \dots \\
 &= F_{a2} \cos(4\theta_m - 2\omega t) + F_{a1} \cos(2\theta_m + 2\omega t) + F_{a5} \cos(10\theta_m - 2\omega t) \\
 &+ F_{a4} \cos(8\theta_m + 2\omega t) + F_{a8} \cos(16\theta_m - 2\omega t) + \dots
 \end{aligned}$$

(7)

[0028] Ou seja, a força eletromagnética peculiar ao caso em que são adotadas ranhuras de número fracionário corresponde a $F_{a1} \cos(2\theta_m + 2\omega t)$, e $F_{a5} \cos(10\theta_m - 2\omega t)$ resultante das densidades de fluxo ordenados pares da fórmula (5).

(Harmônicas Subsíncronas (ou fracionadas) em ranhuras de número fracionário)

[0029] Em seguida, num caso em que o denominador da N_{spp} é um número inteiro maior ou igual a 4 será descrito a seguir considerando 10 polos e 54 ranhuras, como um exemplo. Neste caso, N_{spp} é expressa pela seguinte fórmula (8).

$$N_{spp} = \frac{54}{10 \times 3} = 1\frac{4}{5} \quad (8)$$

[0030] No caso de 10 polos, 54 ranhuras, o denominador do N_{spp} é 5, e, conseqüentemente, como mostrado na FIG. 1, as harmônicas subsíncronas (ou fracionárias) D em que as fase

mudam pelo π dentro de 5 polos, ou seja, uma harmônica subsíncrona (ou fração) D que é um 1/5 do harmônico contendo um comprimento de onda de 5 vezes a onda fundamental B ocorre. Desse modo, a força magnetomotriz resultante de uma harmônica com base em 1/5 da harmônica é gerado. A densidade de fluxo de $B_g(\theta_m, \omega t)$ do presente processo é expressa pela seguinte fórmula (9).

$$B_g(\theta_m, \omega t) = B_1 \cos(5\theta_m - \omega t) + B_{ga\frac{1}{5}} \cos(\theta_m + \omega t) + B_{ga\frac{7}{5}} \cos(7\theta_m + \omega t) \quad (9)$$

[0031] Deve notar-se que a força eletromagnética é idêntica a da fórmula acima referida (7).

[0032] Quando a frequência da força eletromagnética baseada na harmônica ocorrente, e a onda fundamental estão perto da frequência de vibração natural do núcleo da armadura, a ressonância é provocada, causando a vibração do núcleo.

[0033] Isto é, quando ranhuras de números fracionários são aplicadas a uma máquina multipolar (geralmente uma máquina com o número de polos do que é de 8 ou mais), com um maior número de polos, harmônicas subsíncronas (ou fracionadas) associadas a um caso onde o denominador da N_{spp} é 4 ou mais são passíveis de ocorrer, e quando a frequência da força eletromagnética baseada em uma harmônica subsíncrona (ou fracional), e fundamental está perto da frequência de vibração natural do núcleo da armadura (por exemplo, uma harmônica 7/5 contendo um comprimento de onda 5/7 vezes da onda fundamental), a ressonância é provocada, sendo esta a causa da vibração do núcleo da armadura.

[0034] Em cada uma das seguintes concretizações, o problema acima mencionado é resolvido por um método de redução de uma harmônica específica da força magnetomotriz que se torna a causa de a vibração de núcleo de ferro.

(Primeira concretização)

[0035] Em primeiro lugar, os enrolamentos da armadura de uma máquina síncrona de acordo com uma primeira concretização serão descritos abaixo com referência à FIG. 2A, FIG. 2B, a FIG. 3A e FIG. 3B, enquanto um primeiro exemplo convencional é comparado com a primeira concretização.

[0036] FIG. 2A mostra parte da disposição de bobina dos enrolamentos da armadura de acordo com um primeiro exemplo convencional, e a FIG. 2B mostra a conexão do enrolamento dos mesmos. Por outro lado, a FIG. 3A mostra a parte da disposição da bobina de enrolamentos da armadura de acordo com a primeira concretização, e a FIG. 3B mostra a conexão do enrolamento do mesmo. Cada numeral em cada vista indica um número da ranhura (ou um número de bobinas).

[0037] Deve-se notar que na FIG. 2A e FIG. 3A, peças de bobina posicionadas no lado superior de cada vista correspondem a peças da bobina superior, e peças da bobina posicionada no lado inferior de cada vista correspondem a peças da bobina inferior. Além disso, na FIG. 2B e a FIG. 3B, por dois fios que passam através de uma posição de cada número da ranhura, um fio do lado esquerdo corresponde a uma parte da bobina superior, e um fio do lado direito corresponde a uma parte da bobina inferior.

[0038] Cada um dos enrolamentos de armadura tratados na primeira concretização, e do primeiro exemplo convencional, é usado numa máquina multipolar aplicada a uma máquina elétrica rotativa de um sistema de geração de energia hidroelétrica ou semelhantes, e é um enrolamento de armadura em que o enrolamento trifásico de duas camadas, incluindo a camada superior e inferior é constituído de cintos de fase com uma diferença de fase elétrica de 60° entre eles, os pares de peças da bobina superior e peças da bobina inferior estão contidos em ranhuras proporcionadas no núcleo da armadura, o número de ranhuras N_{spp} por polo e por fase inclui um número fracionário, e um denominador do mesmo é um número inteiro maior ou igual a 4. Aqui, apesar de um caso em que as ranhuras de número fracionário são constituídas por 3 fases, 10 polos, 54 ranhuras de configuração, e N_{spp} é "1+4/5" é exemplificado, o exemplo não está limitado a isto.

[0039] Adicionalmente, conforme mostrado nas FIG. 2A e 3A, a respeito das peças da bobina superior, uma ou duas peças por fase são colocadas de forma que um padrão de fase de "U, -V, W, -U, V, -W" é repetitivamente arranjado na direção circunferencial do núcleo da armadura. O mesmo se aplica às peças da bobina inferior.

[0040] Contudo, no primeiro exemplo convencional, nove peças de bobina consecutivas ($1 \times 5 + 4 = 9$) em cada fase são colocadas de tal forma que um grupo de nove peças de bobina em cada fase possui uma diferença de fase de 180° , e um padrão de número de peças de bobina "1, 2, 2, 2, 2" em cada fase é repetitivamente arranjado como mostrado na FIG. 2A, e Tabela 1.

Tabela 1

U	-V	W	-U	V	-W
1	2	2	2	2	1
2	2	2	2	1	2
2	2	2	1	2	2
2	2	1	2	2	2
2	1	2	2	2	2

[0041] Por outro lado, na primeira concretização, diferentemente do arranjo da bobina do primeiro exemplo convencional, o arranjo da bobina é feito de tal modo que pelo menos uma peça da bobina em ambas das peças da bobina superior, ou peças da bobina inferior incluídas nas duas camadas das camadas superior e inferior e em um cinto de fase é recolocada com uma peça da bobina de uma fase diferente adjacente.

[0042] Mas especificamente, o arranjo de bobina é conforme mostrado na FIG. 3A, e na Tabela 2.

Tabela 2

U	-V	W	-U	V	-W
1	2	2	2	2	1
2	2	2	2	1	2
2	2	2	1	2	2
2	2	1	2	2	2
2	1	2	2	2	2

[0043] Isto é, em contraste com a disposição de bobinas do primeiro exemplo convencional, mostrado na FIG. 2A, e na Tabela 1, na FIG. 3A, e Tabela 2, a seguinte substituição de peça da bobina é realizada.

. substituição da peça da bobina superior (W) da ranhura número 5 com a peça da bobina superior (U) da ranhura número 6

. substituição da peça da bobina superior (- V) da ranhura número 14 com a peça da bobina superior (W) da ranhura número 15

. substituição da peça da bobina superior (L) da ranhura número 23 com a peça da bobina superior (- V) da ranhura número 24

. substituição da peça da bobina superior (- W) da ranhura número 32 com a peça superior da bobina (L), da ranhura número 33 (não mostrada)

. substituição da peça da bobina superior (V), da ranhura número 41 com a peça superior da bobina (- W) da ranhura número 42 (não mostrada)

. substituição da peça da bobina superior (U) da ranhura número 50 com a peça da bobina superior (V), da ranhura número 51 (não mostrada)

[0044] Consequentemente, as peças em que a substituição da bobina peça é realizada estão dispostas em intervalos regulares no sentido circunferencial do núcleo da armadura.

[0045] Concomitantemente com tal substituição da peça da bobina, o método de conexão do enrolamento também muda.

[0046] Por exemplo, na conexão do enrolamento da primeira técnica convencional representada na FIG. 2B, a peça de bobina superior (W) da ranhura número 4 é conectada à peça inferior da bobina (- W) da ranhura número 8, é depois conectada à parte superior da bobina (W) da ranhura número 5, e é

posteriormente ligada à peça inferior da bobina (- W) da ranhura número 9.

[0047] Por outro lado, na conexão do enrolamento da primeira concretização mostrada na FIG. 3B, a peça de bobina superior (W) da ranhura número 4 é conectada à peça inferior da bobina (- W) da ranhura número 8, e é depois ligada à peça superior da bobina (W) da ranhura número 6, e é posteriormente ligada à peça inferior da bobina (- W) da ranhura número 9.

[0048] Na Tabela 3, uma comparação entre uma relação (para a onda fundamental) de cada harmônica que ocorre no primeiro exemplo convencional (ranhuras de números fracionários convencionais), e a relação de cada harmônica que ocorre na primeira concretização é mostrada.

Tabela 3

	Número de ranhuras	Ordem harmônica [pu]		
		Harmônica de 1/5	Harmônica de 7/5	Fundamental
Ranhura de número fracionário convencional	54	0,122	0,046	1,00
Primeira concretização	54	0,140	0,010	1,00

[0049] Como pode ser visto a partir da Tabela 3, na primeira concretização, ao contrário do primeiro exemplo convencional (ranhuras de números fracionários convencionais), a razão

entre a "harmônica de 7/5" contendo um comprimento de onda relativamente perto da onda fundamental é grandemente reduzido. Em relação a "harmônica de 7/5", a frequência da força eletromagnética com base na onda "harmônica de 7/5", e na onda fundamental está perto da frequência de vibração natural do núcleo da armadura, e, conseqüentemente, a redução da "harmônica de 7/5" contribui muito para a redução da vibração do núcleo.

[0050] Em geral, no caso em que o número N_{spp} de ranhuras por polo e por fase é pequena, como no caso de uma máquina multipolar, quando cada uma de uma peça da bobina superior e da peça da bobina inferior em uma banda de fase é substituída por uma peça de bobina numa fase diferente adjacente, o fator de enrolamento altera bruscamente, e o fator de utilização do fluxo magnético é reduzido. Neste caso, a quantidade de fluxo da onda fundamental de uma máquina síncrona é inversamente proporcional ao fator de enrolamento, e, portanto, embora as harmônicas possam ser reduzidas, o fator de enrolamento é reduzido. No caso da mesma tensão, a quantidade de fluxo torna-se maior e, portanto, a necessidade de aumentar a estrutura do corpo do núcleo da armadura, aparece a fim de garantir o caminho de fluxo. Por outro lado, na primeira concretização, através da substituição de uma única peça da bobina superior e da peça da bobina inferior no cinto de fase com uma peça da bobina em uma fase diferente adjacente, o fator de utilização do fluxo pode ser evitado de ser reduzido, e, portanto, não há necessidade de ampliar a estrutura do corpo do núcleo da armadura, e torna-se possível reduzir a

harmônica específica que causa a vibração do núcleo de ferro, evitando que o fluxo de onda fundamental seja reduzido.

(Segunda concretização)

[0051] Em seguida, os enrolamentos da armadura de uma máquina síncrona de acordo com uma segunda concretização serão descritos a seguir com referência à FIG. 4A, FIG. 4B, à FIG. 5A e FIG. 5B, enquanto um segundo exemplo convencional, é comparado com a segunda concretização.

[0052] A seguir, as descrições de peças comuns com a primeira concretização são omitidas, e as partes diferentes da primeira concretização serão principalmente descritas.

[0053] FIG. 4A mostra parte da disposição da bobina de enrolamentos da armadura de acordo com o segundo exemplo convencional, e a FIG. 4B mostra a conexão do enrolamento do mesmo. Por outro lado, a FIG. 5A mostra parte da disposição de bobina de enrolamentos da armadura de acordo com a segunda concretização, e a FIG. 5B mostra a conexão do enrolamento do mesmo. Cada numeral em cada vista indica um número de ranhura (ou um número de bobinas).

[0054] Deve ser notado que na FIG. 4A e na FIG. 5A, as peças de bobina posicionadas no lado superior, cada uma correspondendo às peças da bobina superior, e peças da bobina posicionadas no lado inferior em cada vista correspondendo peças de bobina menores. Além disso, na FIG. 4B e FIG. 5B, dos dois fios que passam através de uma posição de cada número de ranhura, o fio do lado esquerdo corresponde a uma peça da bobina superior, e o fio do lado direito corresponde a uma peça da bobina inferior.

[0055] Tal como nos casos da primeira concretização acima mencionada, e primeiro exemplo convencional, cada um dos enrolamentos da armadura tratados na segunda concretização, e em segundo exemplo convencional é usado numa máquina multipolar a ser aplicada a uma máquina elétrica rotativa de um sistema de geração de energia hidroelétrica ou semelhantes, e é uma armadura de enrolamento em que uma fase de enrolamento 3 é constituído por duas camadas, incluindo camadas superior e inferior nos cintos de fase com uma diferença de fase elétrica de 60° entre eles, os pares de peças da bobina superior e peças da bobina inferior estão contidos em ranhuras proporcionadas no núcleo da armadura, o número de ranhuras N_{spp} por polo e por fase inclui um número fracionário, e um denominador do mesmo é um número inteiro maior ou igual a 4. Aqui, apesar de um caso em que as ranhuras de número fracionário são constituídas de uma configuração de 3 fases, 10 polos, e 54 ranhuras, e N_{spp} é $1+4/5$ é exemplificado, o exemplo não está limitado a isto.

[0056] Além disso, como mostrado na FIG. 4A e a FIG. 5A, em relação às peças de bobina superior, uma ou duas peças da bobina por fase são arrançadas de tal modo que um alinhador de fase de "U, V, W, U, V, -W" é repetidamente colocado no sentido circunferencial do núcleo da armadura. O mesmo aplica-se à peça da bobina inferior.

[0057] No entanto, no segundo exemplo convencional, nove peças da bobina consecutivas ($=1 \times 5 + 4 = 9$) em cada fase são arrançadas de modo a que um grupo de nove peças de bobina em cada fase tem uma diferença de fase elétrica de 180° , e um padrão do número de peças da bobina em cada fase de "2, 1, 2,

2, 2" é repetidamente disposto como mostrado na FIG. 2A, e na Tabela 4.

Tabela 4

U	-V	W	-U	V	-W
2	1	2	2	2	2
1	2	2	2	2	1
2	2	2	2	1	2
2	2	2	1	2	2
2	2	1	2	2	2

[0058] Por outro lado, na segunda concretização, ao contrário da disposição de bobina do segundo exemplo convencional, a disposição de bobina é realizada de tal modo que um grupo de 18 peças da bobina consecutivas em cada fase tem uma diferença de fase elétrica de várias vezes 180° (o dobro neste caso), e um padrão do número de peças de bobina de "2, 1, 2, 2, 2, 1, 2, 2, 2, 2" em cada fase é repetidamente disposto como mostrado na FIG. 2A e na Tabela 5.

[0059] Isto é, na segunda concretização, um grupo de rolos que formam um padrão de um grupo é formado como um grupo expandido que é ainda mais ampliado, em comparação com a disposição de bobinas do segundo exemplo convencional.

[0060] Mais especificamente, a disposição de bobina é conforme mostrado na FIG. 5A e Tabela 5.

Tabela 5

U	-V	W	-U	V	-W
2	1	2	2	2	1
2	2	2	2	2	1
2	2	2	1	2	2
2	2	2	1	2	2
2	1	2	2	2	2

[0061] Isto é, ao contrário da disposição de bobina do segundo exemplo convencional, mostrado na FIG. 4A, e na Tabela 4, na FIG. 5A e Tabela 5, a seguinte alteração da bobina é realizada.

. mudança de fase da peça superior da bobina da ranhura número 11 de "- W " para "U"

. mudança de fase da peça superior da bobina da ranhura número 29 de "U" para "V" (não mostrado)

. mudança de fase da peça superior da bobina da ranhura número 47 de "-V" para "W" (não mostrado)

. mudança de fase da peça inferior da bobina da ranhura número 15 de "W" para "- U"

. mudança de fase da peça inferior da bobina da ranhura número 33 de "U" para "-V" (não mostrado)

. mudança de fase da peça inferior da bobina da ranhura número 51 de "V" para "- W" (não mostrado)

[0062] Consequentemente, as peças em que a mudança da fase da peça da bobina tem sido efetuada são colocadas em intervalos regulares no sentido circunferencial do núcleo da armadura.

[0063] Concomitantemente com tal mudança da bobina, o método de enrolamento de conexão também muda.

[0064] Deve notar-se que as peças em que a troca da conexão do enrolamento tenha sido realizada são óbvias a partir da comparação das FIG. 4A e a FIG. 5A, e, portanto, a descrição é omitida aqui.

[0065] Na Tabela 6, uma comparação entre uma relação de (a onda fundamental) de cada harmônica que ocorre no segundo exemplo convencional (ranhuras de números fracionários convencionais), e a proporção de cada harmônica que ocorre na segunda forma de realização é mostrada.

Tabela 6

	Número de ranhuras	Ordem harmônica [pu]		
		Harmônica de 1/5	Harmônica de 7/5	Fundamental
Ranhura de número fracionário convencional	54	0,122	0,046	1,00
Segunda concretização	54	0,098	0,011	1,00

[0066] Como pode ser visto a partir da Tabela 6, na segunda concretização, ao contrário do segundo exemplo convencional (ranhuras de números fracionários convencionais), a razão entre a "harmônica de 7/5" é largamente reduzida. Em relação a "harmônica 7/5", a frequência da força eletromagnética está baseada na "harmônica 7/5", e a onda fundamental está perto da frequência de vibração natural do núcleo da armadura, e, conseqüentemente, a diminuição da "harmônica 7/5" contribui muito para a redução da vibração do núcleo.

[0067] Quando o método de formação de um grupo maior, que é um grupo de bobinas que formam um padrão como um grupo, e é

expandido como é usado na segunda concretização também é possível obter as mesmas vantagens que a primeira concretização.

[0068] Tal como foi acima descrito com detalhes, de acordo com as concretizações, é possível reduzir a harmônica específica, evitando que o fluxo de onda fundamental seja reduzido, e resolver o problema que ocorre quando ranhuras de números fracionários são usadas, tais como vibração/ruído, e semelhantes.

[0069] Embora determinadas concretizações tenham sido descritas, estas concretizações tenham sido apresentadas por meio de exemplo apenas, e não se destinam a limitar o âmbito das invenções. De fato, os novos métodos e sistemas aqui descritos podem ser incorporados em uma variedade de outras formas; além disso, várias omissões, substituições e alterações na forma dos métodos e sistemas aqui descritos podem ser feitas sem sair do âmbito das invenções. As reivindicações de acompanhamento e seus equivalentes têm a intenção de cobrir tais formas ou alterações que cairiam no âmbito e espírito das invenções.

REIVINDICAÇÕES

1. Enrolamentos da armadura de uma máquina elétrica rotativa, nos quais um enrolamento trifásico de duas camadas incluindo a camada superior e inferior é constituído de cintos de fase contendo uma diferença de fase elétrica de 60° entre si, pares de peças de bobina superior e peças de bobina inferior são contidos nas ranhuras de uma armadura central, o número de ranhuras por polo e por fase inclui um número fracionário, e um denominador do mesmo é um número inteiro maior ou igual a 4,

caracterizados pelo fato de que o arranjo da bobina é realizado tal que pelo menos uma peça da bobina seja tanto da peça da bobina superior ou peça da bobina inferior seja inclusa nas duas camadas da camada superior ou inferior na cinta de fase única é realocadas com uma peça da bobina de uma fase diferente adjacente.

2. Enrolamentos da armadura de uma máquina elétrica rotativa de acordo com a reivindicação 1, **caracterizados** pelo fato de que a peça de substituição da bobina é realizada de tal forma que um campo harmônico específico na força magnetomotriz da armadura é reduzido.

3. Enrolamentos da armadura de uma máquina elétrica de acordo com a reivindicação 1, **caracterizados** pelo fato de que a peça de substituição da bobina é realizada tal que um campo harmônico específico baseado em um comprimento de onda n vezes (n : um número inteiro maior ou igual a 4) uma onda

fundamental, e que ocorre na força magnetomotriz da armadura é reduzido.

4. Enrolamentos da armadura de uma máquina elétrica rotativa de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, **caracterizados** pelo fato das peças em que a peça de substituição da bobina é realizada está disposta em intervalos regulares num sentido circunferencial do núcleo da armadura.

5. Enrolamentos da armadura de uma máquina elétrica rotativa, na qual um enrolamento trifásico de duas camadas, incluindo a camada superior e inferior é constituído de cintos de fase com uma diferença de fase elétrica de 60° entre eles, os pares de peças de bobina superior e peças da bobina inferior estão contidos nas ranhuras de um núcleo de armadura, o número de ranhuras por polo e por fase inclui um número fracionário, e um denominador do mesmo é um número inteiro maior ou igual a 4,

caracterizados por um padrão de arranjo, no qual um grupo de peças de bobina em cada fase inclui uma diferença de fase elétrica de uma pluralidade de vezes de 180° é repetidamente disposto numa direção circunferencial do núcleo da armadura.

6. Enrolamentos da armadura de uma máquina elétrica rotativa de acordo com a reivindicação 5, **caracterizados** pelo fato das peças em que a mudança de fase da peça da bobina é realizada estão dispostas em intervalos regulares num sentido circunferencial do núcleo da armadura.

7. Enrolamentos da armadura de uma máquina elétrica rotativa de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 6,

caracterizados pelo fato do número de polos ser maior ou igual a 8.

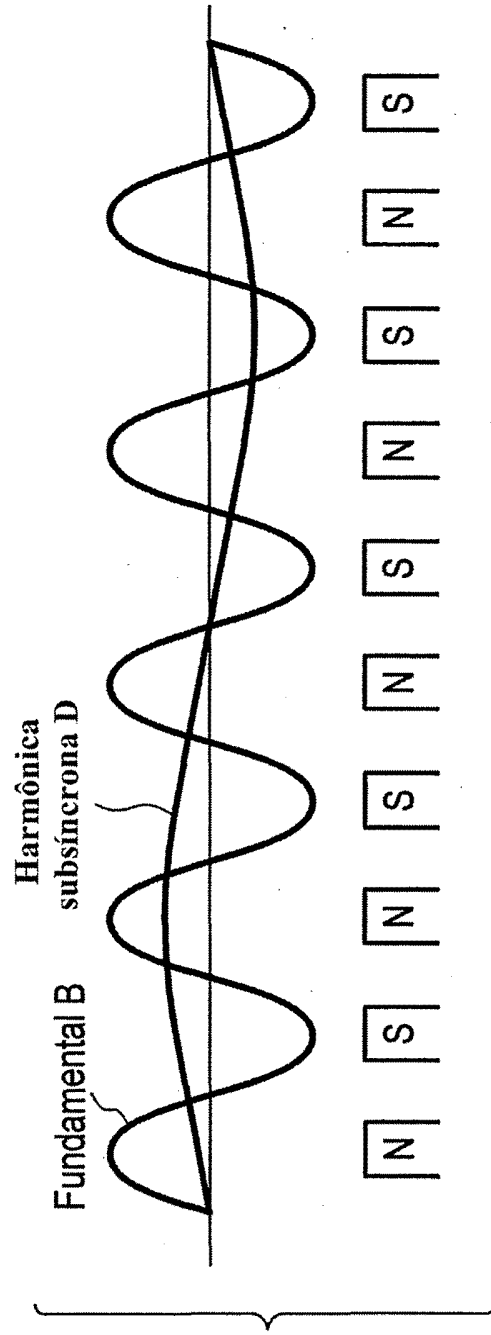


FIG. 1

1	U	+	-
2	.V	-	-
3	.V W	-	+
4	W W	+	+
5	W W	+	-
6	.U	-	+
7	.U	-	+
8	V V	+	-
9	V V	+	-
10	.W U	-	+
11	U U	+	+
12	U U	+	-
13	.V	-	-
14	.V W	-	+
15	W W	+	-
16	W W	+	-
17	.U	-	+
18	.U	-	+
19	V V	+	-
20	.W	-	-
21	.W U	-	+
22	U U	+	+
23	U U	+	-
24	.V W	-	+
25	.V W	-	+
26	W W	+	-
27	.U	+	-



FIG. 2A

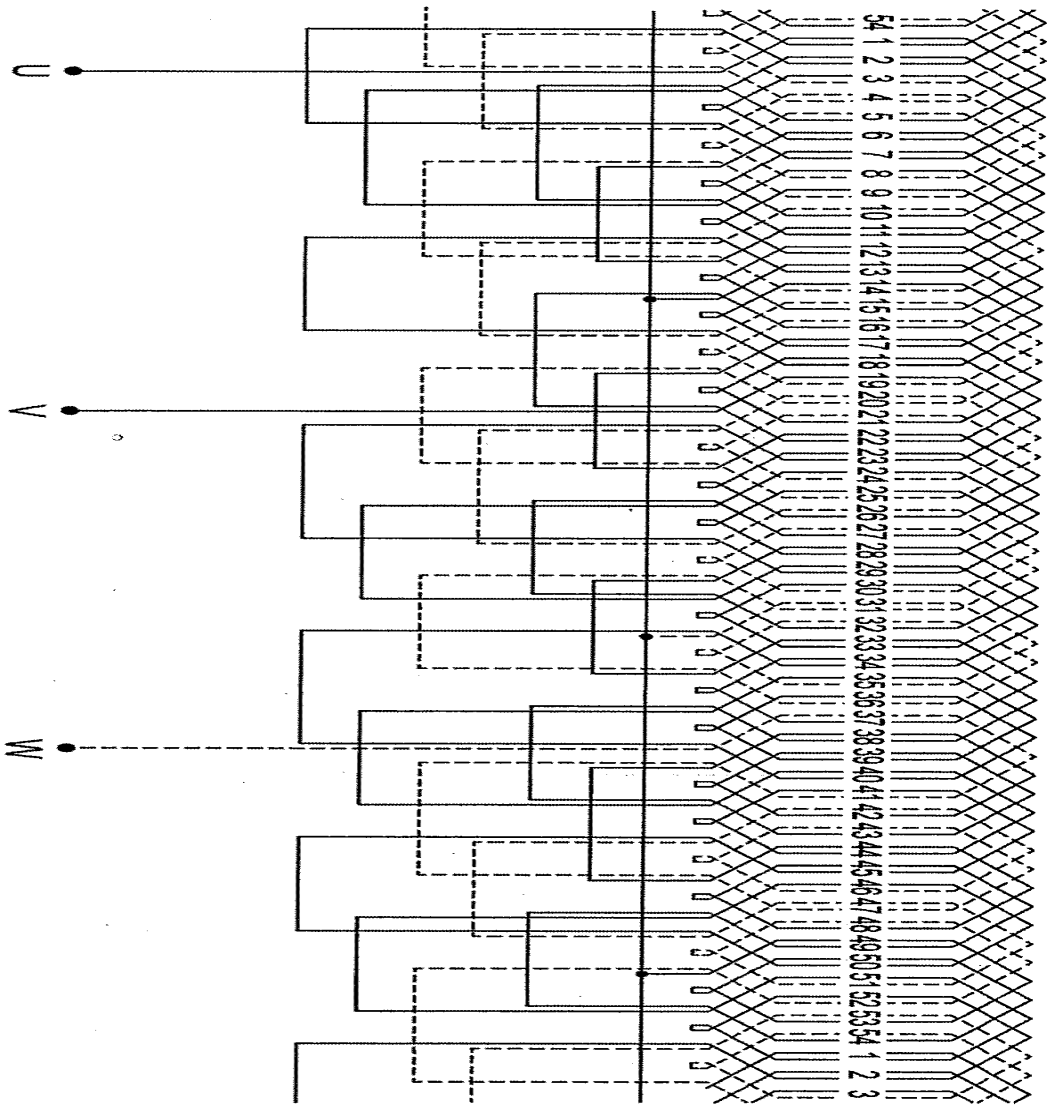


FIG. 2B

Substituição			Substituição			Substituição		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
U	-V	-V	W	-U	W	-U	V	V
+	-	-	+	+	-	+	+	-
-	-	+	+	+	-	-	-	+
-V	W	W	-U	V	-W	U	U	-V
+	+	+	+	+	+	+	+	+
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-V	W	W	-U	V	-W	U	U	-V
+	+	+	+	+	+	+	+	+
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-V	W	W	-U	V	-W	U	U	-V
+	+	+	+	+	+	+	+	+
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-V	W	W	-U	V	-W	U	U	-V
+	+	+	+	+	+	+	+	+
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-V	W	W	-U	V	-W	U	U	-V
+	+	+	+	+	+	+	+	+
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-V	W	W	-U	V	-W	U	U	-V
+	+	+	+	+	+	+	+	+
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-V	W	W	-U	V	-W	U	U	-V
+	+	+	+	+	+	+	+	+
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-V	W	W	-U	V	-W	U	U	-V
+	+	+	+	+	+	+	+	+
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-V	W	W	-U	V	-W	U	U	-V
+	+	+	+	+	+	+	+	+
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-V	W	W	-U	V	-W	U	U	-V
+	+	+	+	+	+	+	+	+
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-V	W	W	-U	V	-W	U	U	-V
+	+	+	+	+	+	+	+	+
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-V	W	W	-U	V	-W	U	U	-V
+	+	+	+	+	+	+	+	+
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-V	W	W	-U	V	-W	U	U	-V
+	+	+	+	+	+	+	+	+
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-V	W	W	-U	V	-W	U	U	-V
+	+	+	+	+	+	+	+	+
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-V	W	W	-U	V	-W	U	U	-V
+	+	+	+	+	+	+	+	+
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-V	W	W	-U	V	-W	U	U	-V
+	+	+	+	+	+	+	+	+
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-V	W	W	-U	V	-W	U	U	-V
+	+	+	+	+	+	+	+	+
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-V	W	W	-U	V	-W	U	U	-V
+	+	+	+	+	+	+	+	+
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-V	W	W	-U	V	-W	U	U	-V
+	+	+	+	+	+	+	+	+
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-V	W	W	-U	V	-W	U	U	-V
+	+	+	+	+	+	+	+	+
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-V	W	W	-U	V	-W	U	U	-V
+	+	+	+	+	+	+	+	+
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-V	W	W	-U	V	-W	U	U	-V
+	+	+	+	+	+	+	+	+
-	-	-	-	-	-	-	-	-

FIG. 3A

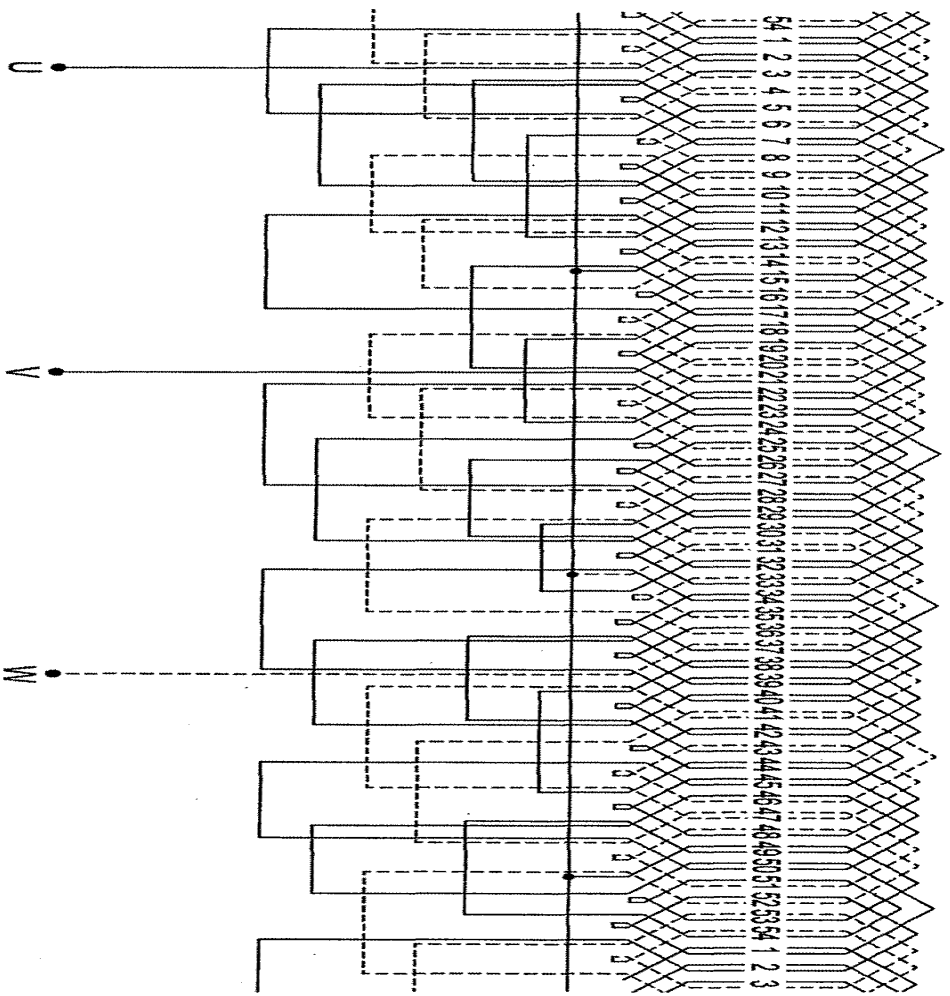


FIG. 3B

1	U	<div><div>+</div><div>-</div></div>
2	U	<div><div>+</div><div>-</div></div>
3	-V	<div><div>-</div><div>+</div></div>
4	W	<div><div>+</div><div>+</div></div>
5	W	<div><div>+</div><div>-</div></div>
6	-U	<div><div>-</div><div>-</div></div>
7	-U	<div><div>-</div><div>+</div></div>
8	V	<div><div>+</div><div>-</div></div>
9	V	<div><div>+</div><div>-</div></div>
10	-W	<div><div>-</div><div>+</div></div>
11	-W	<div><div>-</div><div>+</div></div>
12	U	<div><div>+</div><div>-</div></div>
13	-V	<div><div>-</div><div>+</div></div>
14	-V	<div><div>-</div><div>+</div></div>
15	W	<div><div>+</div><div>+</div></div>
16	W	<div><div>+</div><div>-</div></div>
17	-U	<div><div>-</div><div>+</div></div>
18	-U	<div><div>-</div><div>+</div></div>
19	V	<div><div>+</div><div>-</div></div>
20	V	<div><div>+</div><div>-</div></div>
21	-W	<div><div>-</div><div>+</div></div>
22	U	<div><div>+</div><div>+</div></div>
23	U	<div><div>+</div><div>-</div></div>
24	-V	<div><div>-</div><div>+</div></div>
25	-V	<div><div>-</div><div>+</div></div>
26	W	<div><div>+</div><div>-</div></div>
27	-U	<div><div>+</div><div>-</div></div>



FIG. 4A

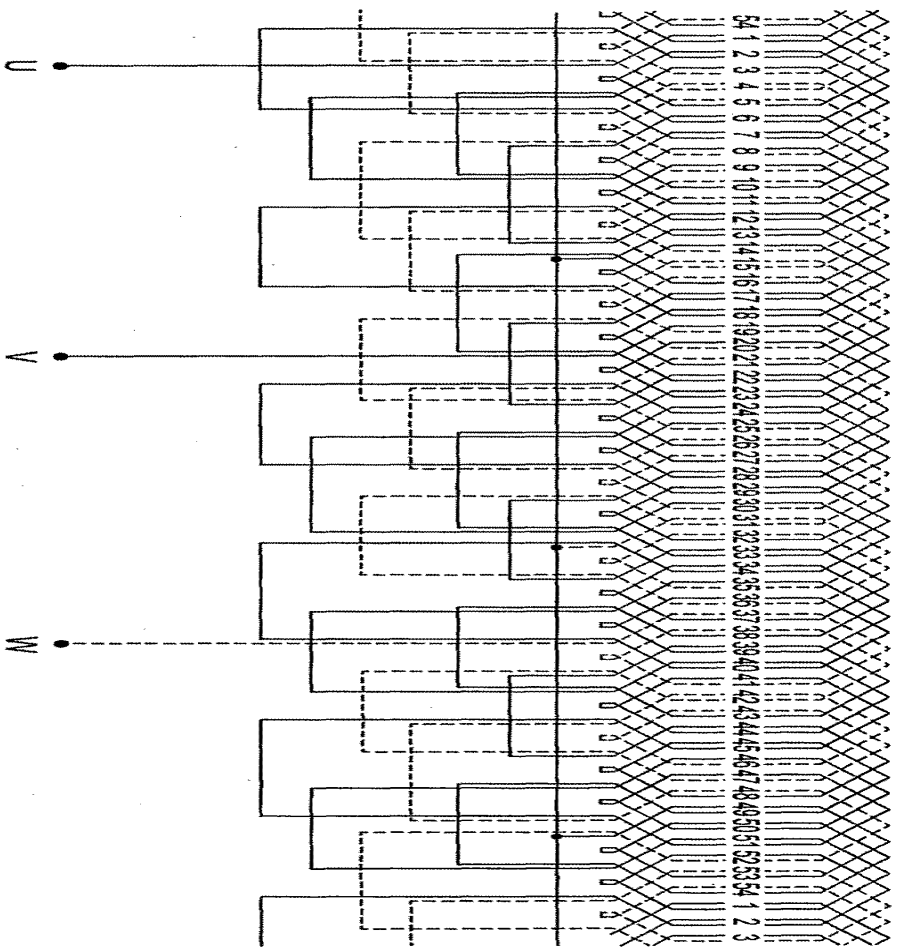


FIG. 4B

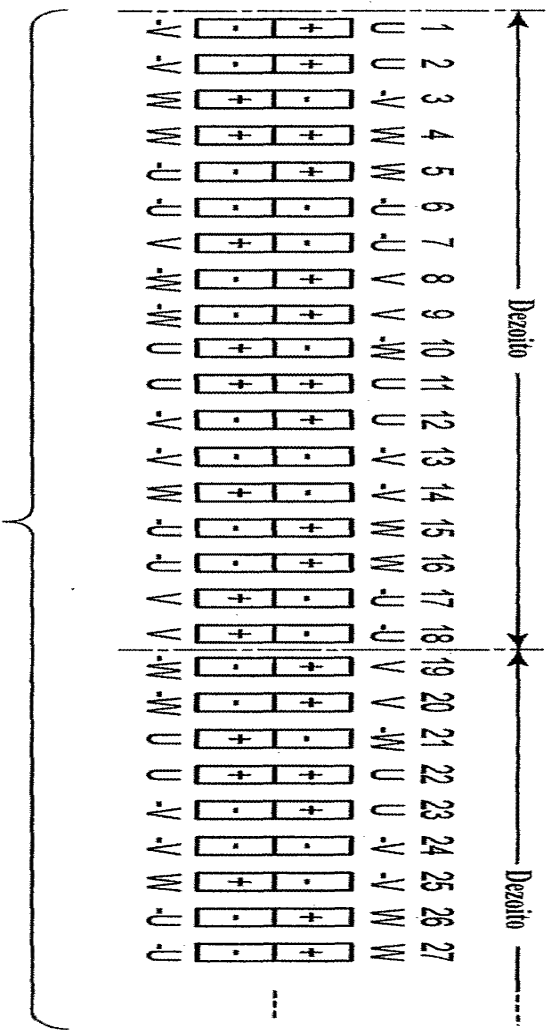


FIG. 5A

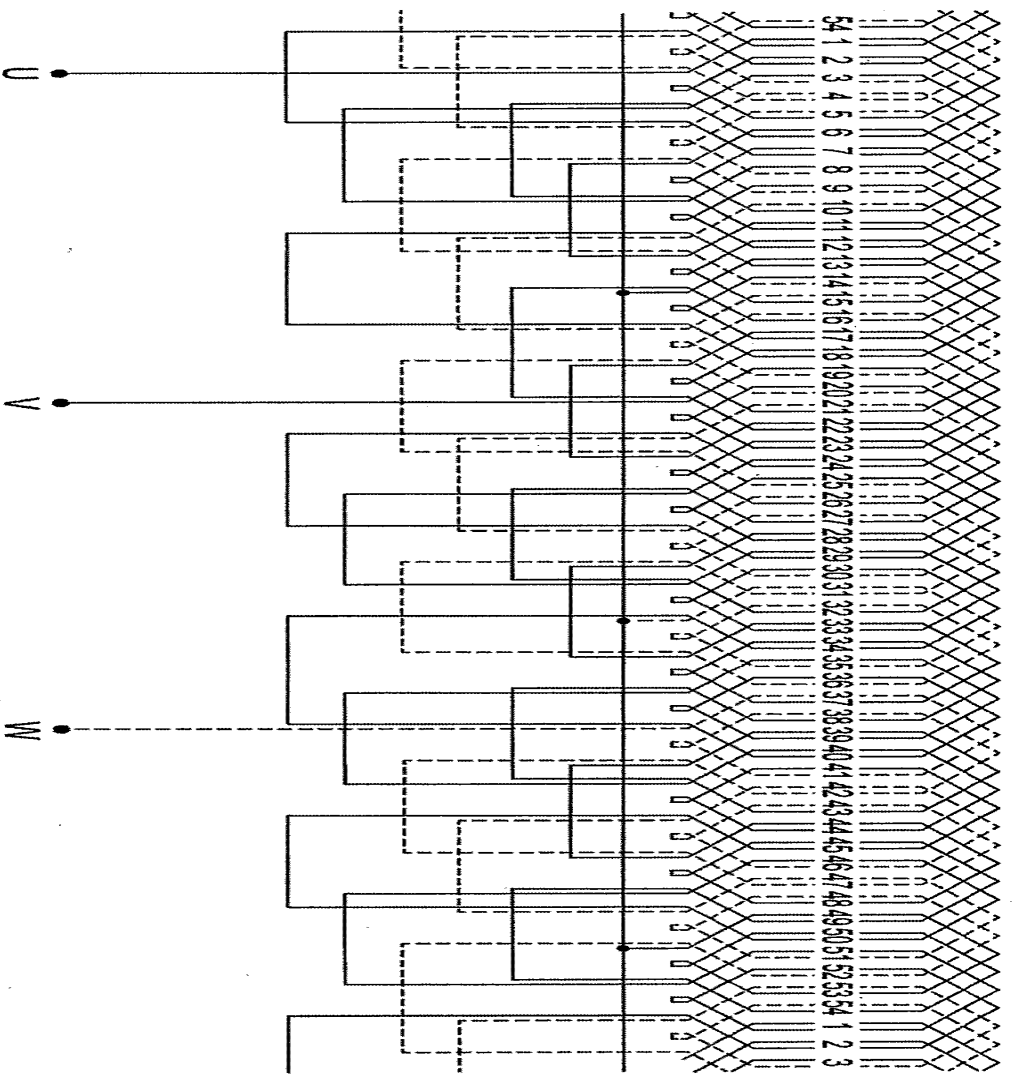


FIG. 5B

RESUMO**ENROLAMENTOS DA ARMADURA DE UMA MÁQUINA ELÉTRICA ROTATIVA**

De acordo com uma concretização, é proporcionado um enrolamento de armadura de máquinas elétricas rotativas, nas quais um enrolamento trifásico de duas camadas incluindo a camada superior e inferior são constituídas de cintos de fase contendo uma diferença de fase elétrica de 60° entre si, pares de peças de bobina superior e peças de bobina inferior são contidos nas ranhuras de uma armadura central, o número de ranhuras por polo e por fase inclui um número fracionário, e um denominador do mesmo é um número inteiro maior ou igual a 4, onde o arranjo da bobina é realizado tal que pelo menos uma peça da bobina seja tanto a peça da bobina superior ou a peça da bobina inferior seja inclusa nas duas camadas da camada superior ou inferior na cinta de fase única é realocadas com uma peça da bobina de uma fase diferente adjacente.