

República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria
e do Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial.

(21) **PI 1101291-9 A2**

(22) Data de Depósito: 23/03/2011
(43) Data da Publicação: 16/10/2012
(RPI 2180)



(51) *Int.Cl.:*
F03D 1/06
H02K 1/18

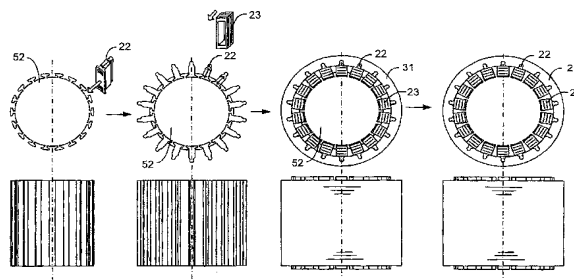
(54) **Título:** MÁQUINA ELÉTRICA ROTATIVA, MÉTODO DE FABRICAÇÃO DE UMA MÁQUINA ELÉTRICA ROTATIVA, SISTEMA GERADOR DE ENERGIA EÓLICA

(30) **Prioridade Unionista:** 19/05/2010 JP 2010-115144, 30/07/2010 JP 2010-171781

(73) **Titular(es):** Kabushiki Kaisha Yashawa Denki

(72) **Inventor(es):** Naoki Asanuma, Yasuhiro Miyamoto

(57) **Resumo:** MÁQUINA ELÉTRICA ROTATIVA, MÉTODO DE FABRICAÇÃO DE UMA MÁQUINA ELÉTRICA ROTATIVA, SISTEMA GERADOR DE ENERGIA EÓLICA. Uma máquina elétrica rotativa de acordo com um aspecto da forma de realização inclui um rotor e um estator que circunda o rotor. O estator inclui: um núcleo de culatra que é obtido dobrando-se em um formato circular diversas lâminas de aço conformadas em faixa, que são recortadas por punção de uma lâmina de aço magnética não-direcional e empilhando-se as lâminas de aço conformadas em faixa recortadas por punção; e diversos núcleos de dentes que são arranjados em uma direção periférica do núcleo de culatra, com extremidades dos núcleos de dentes fixados em um lado periférico interno do núcleo de culatra e com as outras extremidades dos núcleos de dentes estabelecidas opostas ao rotor. Os núcleos de dentes são configurados empilhando-se as lâminas de aço de dentes que são recortadas de uma lâmina de aço magnética direcional e os núcleos de dentes são independentes entre si.



“MÁQUINA ELÉTRICA ROTATIVA, MÉTODO DE FABRICAÇÃO DE UMA MÁQUINA ELÉTRICA ROTATIVA, SISTEMA GERADOR DE ENERGIA EÓLICA”

CAMPO DA INVENÇÃO

5 As formas de realização discutidas aqui se referem a uma máquina elétrica rotativa, um método de fabricação de uma máquina elétrica rotativa e um sistema gerador de energia eólica.

FUNDAMENTOS

10 Uma técnica de utilizar uma lâmina de aço magnética direcional para um núcleo de estator de uma máquina elétrica rotativa tem sido convencionalmente conhecida (vide, por exemplo, Publicação de Patente Japonesa Aberta ao Público No. H10-234159).

15 De acordo com esta técnica convencional, um núcleo de estator é configurado por um núcleo de culatra e um membro de dentes. O núcleo de culatra é configurado para dobrar em lâminas de aço conformadas de faixa de formato circular, puncionadas de uma lâmina de aço magnética direcional e empilhando-se as lâminas de aço conformadas em faixa dobradas. Diversos entalhes são formados nas lâminas de aço conformadas em faixa. Para suprimir a redução da eficiência devido a magnetostrição, as lâminas de
20 aço conformadas em faixa são dobradas em partes de entalhe. Diversas valas de encaixe são formadas pelos entalhes sobre o núcleo da culatra. Uma direção suave de magnetização da catraca coincide com uma direção periférica do núcleo de catraca. O membro de dentes é configurado para retirada por puncionamento de uma lâmina de aço magnética direcional
25 lâminas de aço conformadas em faixa, que têm um formato correspondendo a diversos núcleos de dente conectados juntos em partes de ponte, dobrando-se as lâminas de aço conformadas em faixa em um formato circular e empilhando-se as lâminas de aço conformadas em faixa dobrada. Para suprimir a redução de eficiência devido à magnetostrição, as folhas de aço

conformadas em faixa usadas para o membro de dentes são dobradas em partes correspondendo às partes de ponte. As folhas de aço conformadas em folha usadas para o membro de dentes recortadas por punção de uma lâmina de aço magnética direcional em uma direção perpendicular a uma direção suave de magnetização da lâmina de aço magnética direcional. Uma direção suave de magnetização de cada núcleo de dentes coincide com uma direção radial do membro de dentes.

Após prover enrolamentos nos núcleos de dentes configurados como descrito acima, as extremidades dos núcleos de dentes em um lado oposto das partes de ponte são encaixadas com as valas de encaixe do núcleo de culatra, desse modo completando o estator.

De acordo com a máquina elétrica rotativa convencional descrita acima, as lâminas de aço conformadas em faixa para o núcleo de culatra são dobradas em partes de entalhe e as lâminas de aço conformadas em faixa para o membro de dentes são dobradas em partes correspondendo às partes de ponte, desse modo suprimindo a redução de eficiência devido à magnetostrição. Entretanto, as partes de entalhe e as partes correspondendo às partes de ponte permanecem gerando magnetostrição e a eficiência torna-se ruim devido a esta magnetostrição. Consequentemente, há um problema de a eficiência tornar-se ruim apesar do aumentado custo de seu material, usando-se lâminas de aço magnético direcional para o núcleo de culatra e o membro de dentes.

Um objetivo de um aspecto da forma de realização é prover uma máquina elétrica rotativa, que possa suprimir aumento do custo de seu material e possa obter a desejada eficiência, um método de fabricação de uma máquina elétrica rotativa e um sistema gerador de energia eólica.

SUMÁRIO

A máquina elétrica rotativa de acordo com um aspecto da forma de realização inclui um rotor e um estator que circunda o rotor. O

estator inclui: um núcleo de culatra que é obtido dobrando-se lâminas de aço magnéticas não-direcionais conformadas em faixa em um formato circular e empilhando-se as lâminas de aço magnéticas não-direcionais conformadas em faixa, ou é obtido dobrando-se uma lâmina de aço magnético não-direcional conformadas em banda em um formato espiral circular; e diversos núcleos de dentes que são arranjados em uma direção periférica do núcleo de culatra, com umas extremidades dos núcleos de dentes fixadas a um lado periférico interno do núcleo de culatra e com as outras extremidades dos núcleos de dentes fixadas opostas ao rotor. Os núcleos de dentes são configurados por um membro obtido empilhando-se lâminas de aço magnéticas direcionais.

De acordo com outro aspecto de um detalhe da forma de realização, em razão de o núcleo de culatra ser configurado utilizando-se lâminas de aço magnéticas não-direcionais, o aumento do custo de seu material pode ser suprimido. Em razão de a culatra ser configurada utilizando-se lâminas de aço magnéticas não-direcionais, não ocorre magnetostrição mesmo quando as lâminas de aço magnéticas não-direcionais são dobradas em um formato circular e empilhadas. Em razão de os núcleos de dentes serem independentes entre si e em razão de nenhuma parte de ponte estar presente, a magnetostrição nas partes de ponte não ocorre. Como explicado acima, de acordo com a máquina elétrica rotativa de um aspecto da forma de realização, a eficiência desejada pode ser obtida enquanto suprimindo o aumento do custo de seu material. Em razão de o núcleo de culatra ser configurado dobrando-se as lâminas de aço magnéticas não-direcionais conformadas em listra em um formato circular e empilhando-se as lâminas de aço magnéticas não-direcionais conformadas em listra, a produção é melhor do que quando lâminas de aço magnéticas não-direcionais circulares são empilhadas.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

A Fig. 1 é uma vista em seção transversal de uma máquina

elétrica rotativa de acordo com uma primeira forma de realização;

A Fig. 2 representa um estado de recortar por puncionamento lâminas de aço conformadas em faixa, constituindo um núcleo de culatra de uma lâmina de aço magnética não-direcional;

5 A Fig. 3 é uma vista em perspectiva de um núcleo de culatra;

A Fig. 4 representa um estado de corte por puncionamento de lâminas de aço em dentes, constituindo os núcleos de dentes de uma lâmina de aço magnética direcional;

A Fig. 5 é uma vista em perspectiva de um núcleo de dentes;

10 A Fig. 6 representa uma parte de um processo de fabricação de uma máquina elétrica rotativa mostrada na Fig. 1;

A Fig. 7 representa uma parte de um processo de fabricação de uma máquina elétrica rotativa de acordo com uma segunda forma de realização;

15 A Fig. 8 representa outro formato de uma ferramenta mostrada na Fig. 7;

A Fig. 9 representa um esboço de um sistema gerador de energia eólica, incluindo uma engrenagem aumentadora de velocidade e um gerador de energia; e

20 A Fig. 10 representa um esboço de um sistema gerador de energia eólica de acionamento direto, de que uma engrenagem aumentadora de velocidade é omitida.

DESCRIÇÃO DAS FORMAS DE REALIZAÇÃO

25 Formas de realização exemplares serão explicadas abaixo em detalhes, com referência aos desenhos acompanhantes. Elementos constituintes iguais são indicados por numerais de referência iguais e suas explicações redundantes serão omitidas.

Uma configuração de uma máquina elétrica rotativa de acordo com uma primeira forma de realização é explicada primeiro. A Fig. 1 é uma

vista em seção transversal da máquina elétrica rotativa de acordo com a primeira forma de realização. A Fig. 1 é uma seção transversal quando a máquina elétrica rotativa é cortada em uma direção perpendicular a uma direção do eixo-geométrico de rotação de um rotor. Na Fig. 1, a máquina elétrica rotativa inclui um rotor 1 e um estator 2.

O rotor 1 é em um formato cilíndrico e uma periferia externa do rotor 1 é circundada pelo estator 2 via um espaço. O rotor 1 inclui um núcleo de rotor 11 e um ímã permanente 12. O ímã permanente 12 é provido em uma periferia externa do núcleo de rotor 11. Uma estrutura do rotor 1 não é limitada a uma estrutura mostrada na Fig. 1. O rotor 1 pode ter uma estrutura com que o ímã permanente 12 é provido dentro do núcleo de rotor 11 ou uma estrutura que não utiliza o ímã permanente 12.

O estator 2 inclui um núcleo de estator tendo um núcleo de culatra 21 e diversos núcleos de dentes 22 e enrolamentos 23.

O núcleo de culatra 21 é configurado cortando-se por puncionamento lâminas de aço conformadas em faixa 31 de uma lâmina de aço magnética não-direcional 3, como mostrado na Fig. 2, dobrando-se as lâminas de aço conformadas em faixa 31 em um formato circular e empilhando-se as lâminas de aço conformadas em faixa 31. Especificamente, o núcleo de culatra 21 é configurado preparando-se separadamente diversas lâminas de aço conformadas em faixa de uma camada 31, que são dobradas em um formato circular e empilhando-se as lâminas de aço conformadas em faixa 31 de uma camada 31 ou é configurado dobrando-se uma lâminas de aço conformadas em faixa 31 em um formato em espiral circular, tendo diversos circuitos, e empilhando-se os diversos circuitos. A Fig. 2 representa um estado de recorte por puncionamento das lâminas de aço conformadas em faixa 31, constituindo o núcleo de culatra 21 da lâmina de aço magnética não-direcional 3. Como mostrado na Fig. 2, as lâminas de aço conformadas em faixa 31 são formadas com diversos entalhes 311. As partes côncavas 312 são

formadas em posições correspondendo aos entalhes 311. As lâminas de aço conformadas em faixa 31 são dobradas em um formato circular arranjando-se em um lado periférico interno um lado em que os entalhes 311 são formados. Por conseguinte, como mostrado na Fig. 1, os entalhes 311 formam diversas valas de encaixe 211, que são providas em um lado periférico interno do núcleo de culatra 21. As valas de encaixe 211 são providas para unirem-se a diversos núcleos de dentes 22. As valas de encaixe 211 têm um formato em que as valas de encaixe 211 podem ser encaixadas com extremidades dos núcleos de dentes 22 descritas mais tarde, como mostrado na Fig. 3. A Fig. 3 é uma vista em perspectiva do núcleo de culatra 21 e representa somente uma parte do núcleo de culatra 21. Os entalhes 311 são formados de modo que as valas de encaixe 211 têm um formato como mostrado na Fig. 3, quando as lâminas de aço conformadas em faixa 31 são dobradas em um formato circular e empilhadas. As partes côncavas 312 têm um formato em que uma periferia externa das lâminas de aço conformadas em faixa 31 (isto é, uma periferia externa do núcleo de culatra 21) pode ser formada em um formato circular, quando as lâminas de aço conformadas em faixa 31 são dobradas em um formato circular e empilhadas.

Os núcleos de dentes 22 são independentes entre si e são arranjados em uma direção periférica do núcleo de culatra 21 como mostrado na Fig. 1. As extremidades dos núcleos de dentes 22 são fixamente encaixadas com as valas de encaixe 211, que são formadas em um lado periférico interno do núcleo de culatra 21 e as outras extremidades faceiam o rotor 1. Os núcleos de dentes 22 são configurados utilizando-se uma lâmina de aço magnética direcional. Uma direção suave de magnetização de cada núcleo de dente 22 coincide com uma direção radial do núcleo de culatra 21, como mostrado por uma seta A na Fig. 1. Com este arranjo, uma direção de um fluxo magnético que flui em cada núcleo de dentes 22 pode ser igualada com a direção suave de magnetização de cada núcleo de dente 22.

Os núcleo de dentes 22 são configurados empilhando-se as lâminas de aço de dentes 41 que são recortadas por punção de uma lâmina de aço magnética direcional 4, como mostrado na Fig. 4. A Fig. 4 representa um estado de recorte por punção das lâminas de aço de dentes 41 constituindo os

5 núcleo de dentes 22 da lâmina de aço magnética direcional 4. As lâminas de aço de dentes 41 são sequencialmente recortadas por punção ao longo de uma direção suave de magnetização da lâmina de aço magnética direcional 4, mostrada pela seta B. As partes afiladas 411 e as partes circulares 412 são

10 formadas em extremidades das lâminas de aço de dentes 41. As partes afiladas 411 têm um formato em que suas larguras tornam-se menores em direção às extremidades dianteiras das extremidades. As partes afiladas 411 têm um formato em que as larguras da direção periférica tornam-se menores do que uma superfície periférica interna da núcleo de culatra 21 em direção ao

15 núcleo de culatra 21 como mostrado na Fig. 1. As partes circulares 412 são providas nas extremidades dianteiras das partes afiladas 411, onde as larguras das partes afiladas 411 tornam-se pequenas. As larguras das partes circulares 412 são maiores do que as larguras das extremidades dianteiras das partes afiladas 411.

Empilhando-se as lâminas de aço de dentes 41 que são

20 configuradas como descrito acima, uma parte afilada 221 e uma parte cilíndrica 222 são formadas em uma extremidade de cada um dos núcleos de dentes 22, como mostrado na Fig. 5. A Fig. 5 é uma vista em perspectiva do núcleo de dentes 22. Como mostrado na Fig. 5, a parte afilada 221 tem um formato em que uma largura de uma direção periférica mostrada por uma seta

25 C torna-se pequena em direção a uma extremidade da frente de uma extremidade (isto é, em um lado de núcleo de culatra 21). A parte cilíndrica 222 é formada em um lado da extremidade da frente da parte afilada 221 (isto é, um lado do núcleo de culatra 21). Uma largura de cada parte cilíndrica 222 em uma direção periférica mostrada pela seta C é maior do que a largura da

extremidade da frente da parte afilada 221 em uma direção periférica. As partes afiladas 221 são formadas empilhando-se as partes afiladas 411 mostradas na Fig. 4. As partes cilíndricas 222 são formadas empilhando-se as partes circulares 412 mostradas na Fig. 4. Como mostrado nas Figs. 3 e 5, extremidades dos núcleo de dentes 22 e das valas de encaixe 211 do núcleo de culatra 21 têm formatos em que as extremidades dos núcleo de dentes 22 e as valas de encaixe 211 podem ser encaixadas juntas.

Os enrolamentos 23 são providos nos núcleo de dentes 22. O rotor 1 é girado por um campo magnético rotativo, que é gerado pelos enrolamentos 23. Um método de enrolamento dos enrolamentos 23 pode ser um método de enrolamento concentrado ou um método de enrolamento distribuído.

Um método de fabricação da máquina elétrica rotativa mostrada na Fig. 1 é explicada em seguida. A Fig. 6 representa uma parte de um processo de fabricação da máquina elétrica rotativa mostrada na Fig. 1. Na Fig. 6, uma vista em planta de uma direção axial do estator 2 e uma vista lateral são mostradas para cada processo.

De acordo com o método de fabricação da máquina elétrica rotativa, primeiro as lâminas de aço conformadas em faixa 31 são recortadas por punção da lâmina de aço magnética não-direcional 3 (Fig. 2), e as lâminas de aço conformadas em faixa 31 são dobradas em um formato circular e são empilhadas, desse modo formando o núcleo de culatra 21 (Figs. 3 e 6). Além disso, as lâminas de aço de dentes 41 são recortadas por punção da lâmina de aço magnética direcional 4 (Fig. 4) e as lâminas de aço de dentes 41 são empilhadas para formar um núcleo de dentes 22. Esta operação é repetida para formar diversos núcleos de dentes 22 (Figs. 5 e 6) independentes.

Em seguida, como mostrado na Fig. 6, os enrolamentos 23 são inseridos dentro dos núcleo de dentes 22 e extremidades dos núcleo de dentes 22 são inseridas dentro das valas de encaixe 211 por ajuste por contração. As

extremidades dos núcleo de dentes 22 são inseridas dentro do núcleo de culatra 21 de uma superfície extrema da núcleo de culatra 21 em uma direção de empilhamento. Nesta ocasião, uma direção suave de magnetização A de cada núcleo de dentes 22 é emparelhada com uma direção radial do núcleo de culatra 21. Com base no acima, as extremidades do núcleo de dentes 22 são fixadas em um lado periférico interno do núcleo de culatra 21 e o estator 2 é completado.

No exemplo mostrado na Fig. 6, os enrolamentos 23 são inseridos dentro dos núcleo de dentes 22 antes das extremidades dos núcleo de dentes 22 serem inseridas dentro das valas de encaixe 211. Entretanto, o método não é limitado a este exemplo. No método de método de fabricação da máquina elétrica rotativa, os núcleo de dentes 22 podem se também providos após as extremidades dos núcleo de dentes 22 serem inseridas dentro das valas de encaixe 211.

Como descrito acima, na primeira forma de realização, o núcleo de culatra 21 é configurado utilizando-se a folha de aço magnético não direcional 3. Consequentemente, o aumento de custo de material pode ser suprimido. Os núcleo de dentes 22 são configurados utilizando-se a lâmina de aço magnética direcional 4. Uma direção suave de magnetização de cada núcleo de dentes 22 coincide com uma direção de fluxo magnético que flui em cada núcleo de dentes 22. Portanto, de acordo com a primeira forma de realização, a perda de ferro torna-se pequena, as densidades de fluxo magnético podem ser aumentadas pela mesma energia consumida, a linearidade de torque é melhorada e podem ser conseguidos elevados torques. Consequentemente, na primeira forma de realização, a eficiência pode ser melhorada. Além disso, na primeira forma de realização, em razão de o núcleo de culatra 21 ser configurado utilizando-se a lâmina de aço magnética não-direcional 3, não ocorre magnetostrição, mesmo quando as lâminas de aço conformadas em faixa 31, que são recortadas por punção da lâmina de aço

magnética não-direcional 3, são dobradas em um formato circular e são empilhadas. De acordo com a primeira forma de realização, os núcleos de dentes 22 são independentes entre si e as partes de ponte explicadas na descrição acima da técnica convencional não estão presentes nos núcleos de dentes 22. Portanto, não ocorre magnetostrição em partes de ponte. Como explicado acima, de acordo com a máquina elétrica rotativa da primeira forma de realização, eficiência desejada pode ser obtida enquanto suprimindo aumento de custo de seu material.

De acordo com a primeira forma de realização, o núcleo de culartra 21 é configurado dobrando-se em um formato circular as lâminas de aço conformadas em faixa 31, que são recortadas por punção da lâmina de aço magnética não-direcional 3 e empilhando-se as lâminas de aço conformadas em faixa dobradas 31. Portanto, na primeira forma de realização, lâminas de aço não usadas podem ser reduzidas e a produção pode ser melhorada, em comparação com um caso em que lâminas de aço magnética não-direcional circulares são empilhadas.

Na primeira forma de realização, em razão de os núcleos de dentes 22 serem independentes entre si (isto é, em razão de os núcleos de dentes 22 não serem conectados em partes de ponte), as lâminas de aço de dentes 41, constituindo os núcleos de dentes 22, podem ser sequencialmente recortadas por punção juntamente com uma direção suave de magnetização da lâmina de aço magnética direcional 4. Uma lâmina de aço magnética direcional tem uma característica geral em que uma direção suave de magnetização da lâmina de aço magnética direcional é arranjada em somente uma direção de rolamento. Portanto, é difícil aumentar uma largura da lâmina de aço magnética direcional (uma largura perpendicular a uma direção suave de magnetização). De acordo com a técnica convencional descrita acima, em razão dos núcleos de dentes serem conectados entre si em partes de ponte, lâminas de aço conformadas em faixa precisam ser usadas. Neste caso, para

igualar uma direção suave de magnetização de cada núcleo de dentes com uma direção radial do núcleo de culatra, uma direção longitudinal de cada lâmina de aço conformada em faixa necessita ser estabelecida em uma direção perpendicular a uma direção suave de magnetização da lâmina de aço magnética direcional. Portanto, de acordo com a técnica convencional, é difícil fabricação de uma grande máquina elétrica rotativa, que tenha um grande comprimento em uma direção longitudinal das lâminas de aço conformadas em faixa. Por outro lado, de acordo com a primeira forma de realização, as lâminas de aço de dentes 41 podem ser sequencialmente recortadas por punção ao longo de uma direção suave de magnetização da lâmina de aço magnética direcional 4. Consequentemente, na primeira forma de realização mesmo uma grande máquina elétrica rotativa pode ser facilmente fabricada.

De acordo com a primeira forma de realização, as partes cilíndricas 222, que têm larguras maiores em uma direção periférica do que aquelas das primeiras extremidades das partes afiladas 221, são formadas em extremidades dos núcleos de dentes 22. Por conseguinte, na primeira forma de realização, os núcleos de dentes 22 podem ser evitados de serem extraídos do núcleo de culatra 21. De acordo com a primeira forma de realização, o núcleo de culatra 21 é formado com as valas de encaixe 211, que têm formatos em que as valas de encaixe 211 podem ser encaixadas com as partes cilíndricas 222. As folhas de aço conformadas em faixa 31, constituindo o núcleo de culatra 21, são formadas com os entalhes 311 correspondendo às valas de encaixe 211. Isto é, de acordo com a primeira forma de realização, como mostrado na Fig. 3, um lado da parte côncava 312 dos entalhes 311 transforma-se aproximadamente em um formato elíptico. Desse modo, na primeira forma de realização, a tensão concentrada nos entalhes 311 na ocasião da dobra das lâminas de aço conformadas em faixa 31 em um formato circular e o empilhamento das lâminas de aço conformadas em faixa 31 pode

ser relaxada.

De acordo com a primeira forma de realização, os núcleo de dentes 22 são independentes entre si. Portanto, quando força externa em uma direção periférica atua sobre os núcleo de dentes 22, há um risco de que as extremidades dos núcleo de dentes 22 sejam deformadas. Por outro lado, de acordo com a primeira forma de realização, as partes cilíndricas 222 são formadas nas extremidades dos núcleo de dentes 22. A força externa que atua sobre as partes cilíndricas 222 é dispersa com base no formato das partes cilíndricas 222, em comparação com a força externa que é aplicada quando os núcleo de dentes 22 não têm um formato cilíndrico. Como resultado, de acordo com a primeira forma de realização, a deformação das extremidades dos núcleo de dentes 22 podem ser suprimidas. De acordo com a primeira forma de realização, uma área de contato entre as extremidades dos núcleos de dentes 22 e as valas de encaixe 211 aumenta formando as partes afiladas 221 das extremidades dos núcleos de dentes 22. Como resultado, a força externa que atua sobre as extremidades dos núcleos de dentes 22 é dispersa para as partes cilíndricas 222 e as valas de encaixe 211. Consequentemente, deformação das extremidades dos núcleos de dentes 22 pode ser ainda suprimida.

Em uma segunda forma de realização, um método de fabricação de uma máquina elétrica rotativa que é diferente do método de acordo com a primeira forma de realização, é explicado. A Fig. 7 representa uma parte de um processo de fabricação de uma máquina elétrica rotativa de acordo com a segunda forma de realização. Na Fig. 7, uma vista em planta de uma direção axial do estator 2 e uma vista lateral são mostradas para cada processo. A configuração da máquina elétrica rotativa de acordo com a segunda forma de realização é idêntica àquela mostrada na Fig. 1 e, assim, explicações detalhadas dela serão omitidas.

De acordo com o método de fabricação da máquina elétrica

rotativa da segunda forma de realização, as lâminas de aço de dentes 41 são primeiro recortadas por puncionamento da folha de aço magnética direcional 4 (Fig. 4) e as lâminas de aço de dentes 41 são empilhadas para formar um núcleo de dentes 22. Este processo é repetido para formar diversos núcleos de dentes 22, que são independentes entre si (Figs. 5 e 7).

Em seguida, como mostrado na Fig. 7, uma ferramenta 51, tendo um formato cilíndrico ou colunar, que é provido com projeções em um lado periférico externo, é preparada. As outras extremidades dos núcleos de dentes 22 são encaixadas com as projeções da ferramenta 51, desse modo fixando as outras extremidades dos núcleos de dentes 22 à periferia externa da ferramenta 51. Nesta ocasião, no método de fabricação da máquina elétrica rotativa, uma direção suave de magnetização A de cada núcleo de dentes 22 é igualada com uma direção radial da ferramenta 51.

Em seguida, como mostrado na Fig. 7, de acordo com o método de fabricação da máquina elétrica rotativa, os enrolamentos 23 são inseridos dentro dos núcleos de dentes 22.

Subsequentemente, as lâminas de aço conformadas em faixa 31 são recortadas por punção da lâmina de aço magnética não-direcional 3 (Fig. 2). Em seguida, como mostrado na Fig. 7, as lâminas de aço conformadas em faixa 31 são dobradas em um formato circular e são empilhadas enquanto encaixando nos entalhes 311 das lâminas de aço conformadas em faixa 31, com as extremidades dos núcleos de dentes 22 e fixando-se nos entalhes 311, desse modo formando o núcleo de culatra 21. Em seguida, a ferramenta 51 é extraída dos núcleos de dentes 22, desse modo completando o estator 2.

No exemplo mostrado na Fig. 7, os enrolamentos 23 são providos nos núcleos de dentes 22 após os núcleos de dentes 22 serem providos na periferia externa da ferramenta 51. Entretanto, o método não é limitado a este exemplo. Os enrolamentos 23 podem ser providos sobre os

núcleos de dentes 22 após a ferramenta 51 ser extraída dos núcleos de dentes 22, após formar o núcleo de culatra 21.

O formato da ferramenta 51 não é limitado àquele mostrado na Fig. 7. Por exemplo, a ferramenta 51 pode ser uma ferramenta 52 tendo um formato mostrado na Fig. 8. A Fig. 8 representa outro formato da ferramenta 51. Na Fig. 8, uma vista em planta de uma direção axial do estator 2 e uma vista lateral são mostradas para cada processo. Como mostrado na Fig. 8, projeções da ferramenta 52 são configuradas de modo que as extremidades da frente das projeções sejam expandidas em uma direção periférica e as extremidades da frente podem com segurança reter as outras extremidades dos núcleos de dentes 22.

Na Fig. 8, as lâminas de aço de dentes 41 são recortadas por punção da lâmina de aço magnética direcional 4 (Fig. 4), e as lâminas de aço de dentes 41 são empilhadas para formar um núcleo de dentes 22. Este processo é repetido para formar diversos núcleos de dentes 22, que são independentes entre si (Figs. 5 e 8).

Como mostrado na Fig. 8, de acordo com o método de fabricação da máquina elétrica rotativa, a ferramenta 52, tendo um formato cilíndrico ou colunar, que é provido com projeções cujas extremidades dianteiras são expandidas em uma direção periférica, é preparada. De acordo com o método de fabricação da máquina elétrica rotativa, as outras extremidades dos núcleos de dentes 22 são contatadas com as projeções da ferramenta 52, desse modo fixando as outras extremidades dos núcleos de dentes 22 à periferia externa da ferramenta 52. Os processos a seguir são idênticos àqueles explicados com referência à Fig. 7 e, assim, explanações deles serão omitidos.

Como explicado acima, de acordo com a segunda forma de realização, o núcleo de culatra 21 é formado após os núcleos de dentes 22 serem providos na periferia externa da ferramenta 52 ou ferramenta 52.

Portanto, de acordo com a segunda forma de realização, a redondeza de um círculo formado pelas outras extremidades dos núcleos de dentes 22 torna-se mais elevada do que aquela quando extremidades dos núcleos de dentes 22 são inseridas dentro das valas de encaixe 211, como explicado na primeira forma de realização. Como resultado, na segunda forma de realização, ocorrência de torques de roda dentada, ondulações de torque e ondulações de velocidade atribuíveis à redondeza do círculo podem ser suprimidas. Na segunda forma de realização, a fabricação torna-se fácil usando-se a ferramenta 51 ou a ferramenta 52. Na segunda forma de realização, em razão de as lâminas de aço conformadas em faixa 31 serem dobradas em um formato circular e serem empilhadas enquanto encaixando nos entalhes 311 das lâminas de aço conformadas em faixa 31 com as extremidades dos núcleos de dentes 22 e fixando-se os entalhes 311, ajuste por contração não é necessário.

Nas primeira e segunda formas de realização descritas acima, foi explicado que o rotor 1 é girado por um campo magnético rotativo, que é gerado pelos enrolamentos 23 e essas máquinas elétricas rotativas são acionamentos por motor elétrico. Entretanto, as máquinas elétricas rotativas de acordo com a primeira e segunda formas de realização não são limitadas a acionamentos por motor elétrico e podem ser geradores de energia.

Além disso, as máquinas elétricas rotativas de acordo com as primeira e segunda formas de realização podem ser aplicadas a um acionamento por motor elétrico de veículos ou um servomotor AC. Por exemplo, as máquinas elétricas rotativas de acordo com a primeira e segunda formas de realização podem ser também aplicadas a um gerador de energia para um sistema gerador de energia eólica ou veículos. Um exemplo em que as máquinas elétricas rotativas, de acordo com as primeira e segunda formas de realização, são aplicadas a um gerador de energia para um sistema gerador de energia eólica é explicado abaixo com referência às Figuras 9 e 10. A Fig.

9 representa um esboço de um sistema gerador de energia eólica incluindo uma engrenagem de aumento de velocidade e um gerador de energia. A Fig. 10 representa um esboço de um sistema gerador de energia eólica de acionamento direto, de que uma engrenagem de aumento de velocidade é omitida.

O sistema gerador de energia eólica mostrado na Fig. 9 inclui principalmente uma torre 61, uma nacela 62, um gerador de energia 63, uma engrenagem aumentadora de velocidade 64 e um moinho de vento 65. A nacela 62 é provida na torre 61. O gerador de energia 63 e a engrenagem aumentadora de velocidade 64 são providos dentro da nacela 62. O gerador de energia 63 é uma das máquinas elétricas rotativas de acordo com a primeira e segunda formas de realização. O moinho de vento 65 é configurado por um cubo de rotor 651 e uma pá 652 e é conectado ao gerador de energia 63, via à engrenagem aumentadora de velocidade 64. A velocidade de rotação do moinho de vento 65 é aumentada pela engrenagem aumentadora de velocidade 64 e a rotação é transmitida ao gerador de energia 63. O sistema gerador de energia eólica mostrado na Fig. 10 inclui principalmente uma torre 71, uma nacela 72, um gerador de energia 73 e um moinho de vento 74. A nacela 72 é provida na torre 71. O gerador de energia 73 é provido na nacela 72. O gerador de energia 73 é uma das máquinas elétricas rotativas de acordo com a primeira e segunda formas de realização. O moinho de vento 74 é configurado por um cubo de rotor 741 e uma pá 742, e é conectado ao gerador de energia 73.

De acordo com o sistema gerador de energia eólica descrito acima, quando uma capacidade de geração de energia é grande (por exemplo, quando uma capacidade de geração de energia é de diversos megawatts), tanto os geradores de energia 63 como 73, mostrados nas Figs. 9 e 10, tornam-se grandes. Quando as máquinas elétricas rotativas de acordo com a primeira e segunda formas de realização são aplicadas nestes grandes geradores de

energia, os efeitos das primeira e segunda formas de realização tornam-se mais significativos.

A configuração do sistema gerador de energia eólica não é limitado àqueles mostrados nas Figs. 9 e 10 e outras configurações podem ser também empregadas.

Vantagens e modificações adicionais ocorrerão prontamente àqueles hábeis na arte. Portanto, a invenção em seus mais amplos aspectos não é limitada aos detalhes específicos e às formas de realização representativas mostradas e descritas aqui. Desse modo, várias modificações podem ser feitas sem desvio do espírito e escopo da concepção inventiva geral, como definido pelas reivindicações anexas e seus equivalentes.

REIVINDICAÇÕES

1. Máquina elétrica rotativa, caracterizada pelo fato de compreender um rotor e um estator que circunda o rotor, em que o estator compreende:

5 um núcleo de culatra que é obtido dobrando-se em um formato circular uma pluralidade de lâminas de aço conformadas em faixa, que são recortadas por puncionamento de uma lâmina de aço magnética não-direcional e empilhando-se as lâminas de aço conformadas em faixa recortadas por puncionamento ou é obtido dobrando-se uma lâmina de aço
10 magnética não-direcional conformada em faixa em um formato espiral circular; e

 uma pluralidade de núcleos de dentes que são arranjados em uma direção periférica do núcleo de culatra (21), com extremidades dos núcleos de dentes fixadas em um lado periférico externo do núcleo de culatra
15 e com as outras extremidades dos núcleos de dentes estabelecidas opostas ao rotor, e

 núcleos de dentes configurados empilhando-se as lâminas de aço de dentes, que são recortadas por puncionamento de uma lâmina de aço magnética direcional, os núcleos de dentes sendo independentes entre si.

20 2. Máquina elétrica rotativa de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de

 as extremidades dos núcleos de dentes terem
 partes afiladas cujas larguras em uma direção periférica torna-se pequena de uma superfície periférica interna do núcleo de culatra em
25 direção a um lado de núcleo de culatra, e

 partes cilíndricas que são formadas no lado do núcleo de culatra das partes afiladas e cujas larguras em uma direção periférica são maiores do que as larguras em uma direção periférica das extremidades dianteiras das partes afiladas no lado do núcleo de culatra

valas de encaixe, que são providas correspondendo aos núcleos de dentes e têm formatos em que as valas de encaixe podem ser encaixadas com as extremidades dos núcleos de dentes, que correspondem às valas de encaixe, são formadas no lado periférico interno do núcleo de culatra, e

5 as extremidades de núcleos de dentes são fixadas ao lado periférico interno do núcleo de culatra por encaixe com as valas de encaixe, que correspondem às extremidades dos núcleos de dentes.

3. Máquina elétrica rotativa de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizada pelo fato de uma direção suave de magnetização de cada
10 núcleo de dentes coincidir com uma direção radial do núcleo de culatra.

4. Método de fabricação de uma máquina elétrica rotativa incluindo um rotor e um estator que circunda o rotor, dito método caracterizado pelo fato de compreender:

15 uma primeira etapa de recortar por puncionamento lâminas de aço conformadas em faixa ou uma lâmina de aço conformada em faixa de uma lâmina de aço magnética não-direcional;

uma segunda etapa de dobragem das lâminas de aço conformadas em faixa em um formato circular e empilhar as lâminas de aço conformadas em faixa dobradas, ou dobrar a lâminas de aço conformadas em
20 faixa em um formato espiral circular, desse modo formando o núcleo de culatra do estator;

uma terceira etapa de recortar por punção lâminas de aço de dentes de uma lâmina de aço magnética direcional;

25 uma quarta etapa de formar uma pluralidade de núcleos de dentes do estator, que são independentes entre si repetindo uma operação de formar um núcleo de dente do estator empilhando as lâminas de dentes; e

uma quinta etapa de fixar as extremidades dos núcleos de dentes em um lado periférico interno do núcleo de culatra.

5. Método de fabricação de uma máquina elétrica rotativa de

acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de uma direção suave de magnetização de cada núcleo de dentes coincidir com uma direção radial do núcleo de culatra.

6. Método de fabricação de uma máquina elétrica rotativa de acordo com a reivindicação 4 ou 5, caracterizado pelo fato de na terceira etapa as lâminas de aço de dentes serem sequencialmente recortadas por punção ao longo de uma direção suave de magnetização da lâmina de aço magnética direcional .

7. Método de fabricação de uma máquina elétrica rotativa de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de

as extremidades dos núcleos de dentes terem

partes afiladas cujas larguras em uma direção periférica tornarem-se pequenas a partir da superfície periférica interna do núcleo de culatra em direção a um lado de núcleo de culatra, e

partes cilíndricas que são formadas no lado do núcleo de culatra das partes afiladas e cujas larguras em uma direção periférica são maiores do que as larguras em uma direção periférica das extremidades da frente das partes afiladas no lado do núcleo de culatra,

valas de encaixe, que são providas correspondendo aos núcleos de dentes e têm formatos em que as valas de encaixe podem ser encaixadas com as extremidades dos núcleos de dentes, que correspondem às valas de encaixe, são formadas no lado da periferia interna do núcleo de culatra, e

na quinta etapa, as extremidades dos núcleos de dentes são fixadas no lado periférico interno do núcleo de culatra, por inserção de uma superfície extrema do núcleo de culatra em uma direção de empilhamento dentro das valas de encaixe, que correspondem às extremidades dos núcleos de dentes.

8. Método de fabricação de uma máquina elétrica rotativa incluindo um rotor e um estator que circunda o rotor, caracterizado pelo fato

de compreender:

uma primeira etapa de recortar por punção lâminas de aço de dentes de uma lâmina de aço magnética direcional;

5 uma segunda etapa de formar uma pluralidade de núcleos de dentes do estator, que são independentes entre si, repetindo uma operação de formar um núcleos de dentes do estator pelo empilhamento das lâminas de dentes;

uma terceira etapa de fixar extremidades dos núcleos de dentes em uma periferia externa de uma ferramenta tendo um formato cilíndrico ou colunar;

10 uma quarta etapa de recortar por punção lâminas de aço conformadas em faixa ou uma lâmina de aço conformada em faixa de uma lâmina de aço magnética não-direcional; e

15 uma quinta etapa de formar um núcleo de culatra do estator pela dobragem das lâminas de aço conformadas em faixa em um formato circular e empilhar as lâminas de aço conformadas em faixa dobradas ou dobrando-se a lâminas de aço conformadas em faixa em um formato espiral circular, enquanto fixando-se as lâminas de aço conformadas em faixa ou a lâmina de aço conformadas em faixa às outras extremidades dos núcleos de dentes, cujas extremidades são fixadas à periferia externa da ferramenta.

20 9. Método de fabricação de uma máquina elétrica rotativa de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de uma direção suave de magnetização de cada núcleo de dente coincidir com uma direção radial do núcleo de culatra.

25 10. Método de fabricação de uma máquina elétrica rotativa de acordo com a reivindicação 8 ou 9, caracterizado pelo fato de na primeira etapa as lâminas de aço de dentes serem sequencialmente recortadas por punção ao longo de uma direção suave de magnetização da lâmina de aço magnética direcional.

11. Método de fabricação de uma máquina elétrica rotativa de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de

as outras extremidades dos núcleos de dentes terem

partes afiladas cujas larguras em uma direção periférica tornam-se pequenas a partir de uma superfície periférica interna do núcleo de culatra em direção a um lado de núcleo de culatra, e

5 partes cilíndricas que são formadas no lado do núcleo de culatra das partes afiladas e cujas larguras em uma direção periférica são maiores do que as larguras em uma direção periférica das extremidades da frente das partes afiladas no lado do núcleo de culatra,

valas de encaixe que são providas correspondendo aos núcleos
10 de dentes e têm formatos em que as valas de encaixe podem ser encaixadas com as outras extremidades dos núcleos de dentes que correspondem às valas de encaixe e são formadas em um lado periférico interno do núcleo de culatra, e

na quinta etapa, as lâminas de aço conformadas em faixa são
15 fixadas às outras extremidades dos núcleos de dentes por encaixe das outras extremidades dos núcleos de dentes com as valas de encaixe que são formadas nas lâminas de aço conformadas em faixa.

12. Sistema gerador de energia eólica, caracterizado pelo fato de compreender uma máquina elétrica rotativa incluindo um rotor e um estator que circunda o rotor, em que

20 o estator inclui:

um núcleo de culatra que é obtido dobrando-se em um formato circular uma pluralidade de lâminas de aço conformadas em faixa, que são recortadas por punção de uma lâmina de aço magnética não-direcional e empilhando-se as lâminas de aço conformadas em faixa recortadas por
25 punção, ou é obtido dobrando-se uma lâmina de aço conformada em faixa que é recortada por punção de uma lâmina de aço magnética não-direcional em um formato espiral circular; e

uma pluralidade de núcleos de dentes que são arrançados em uma direção periférica do núcleo de culatra 21, com extremidades dos núcleos

de dentes fixadas em um lado periférico interno do núcleo de culatra e com as outras extremidades dos núcleos de dentes fixados opostos ao rotor, e

os núcleos de dentes são configurados empilhando-se lâminas de aço de dentes que são recortadas por punção de uma lâmina de aço magnética direcional e os núcleos de dentes são independentes entre si.

13. Sistema gerador de energia eólica de acordo com a reivindicação 12, caracterizado pelo fato de compreender:

uma torre;

uma nacela que é provida na torre;

a máquina elétrica rotativa que é provida na nacela; e

um moinho de vento que é direta ou indiretamente conectado à máquina elétrica rotativa.

14. Sistema gerador de energia eólica de acordo com a reivindicação 12, caracterizado pelo fato de

as extremidades dos núcleos de dentes terem

partes afiladas cujas larguras em uma direção periférica torna-se pequena a partir de uma superfície periférica interna do núcleo de culatra em direção a um lado do núcleo de culatra, e

partes cilíndricas que são formadas no lado do núcleo de culatra das partes afiladas e cujas larguras em uma direção periférica são maiores do que as larguras em uma direção periférica das extremidades da frente das partes afiladas no lado do núcleo de culatra,

valas de encaixe, que são providas correspondendo aos núcleos de dentes e têm formatos em que as valas de encaixe podem ser encaixadas com as extremidades dos núcleos de dentes que correspondem às valas de encaixe e são formadas no lado periférico interno do núcleo de culatra, e

as extremidades dos núcleos de dentes serem fixadas ao lado periférico interno do núcleo de culatra ao serem encaixadas com as valas de encaixe, que correspondem às extremidades dos núcleos de dentes.

FIG.1

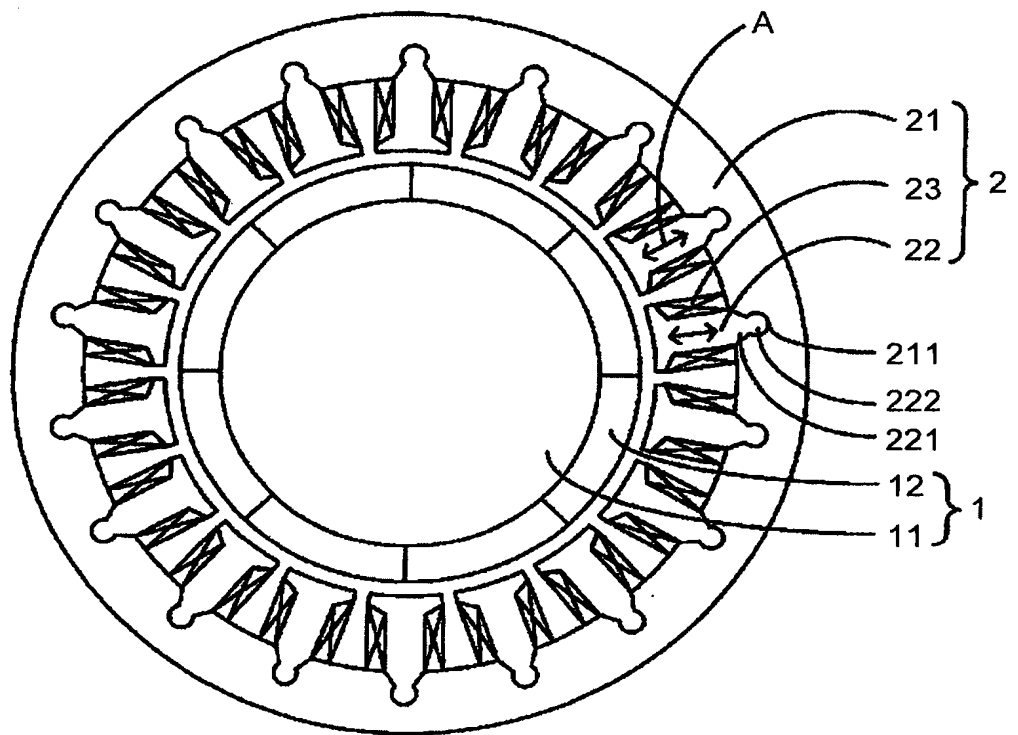


FIG.2

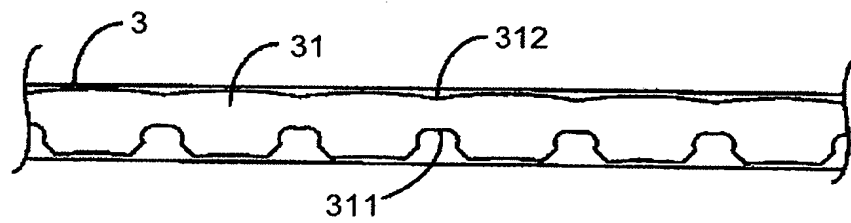


FIG.3

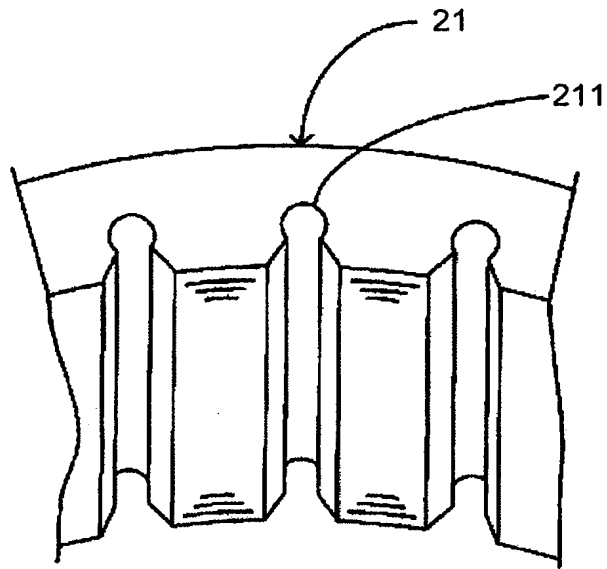


FIG.4

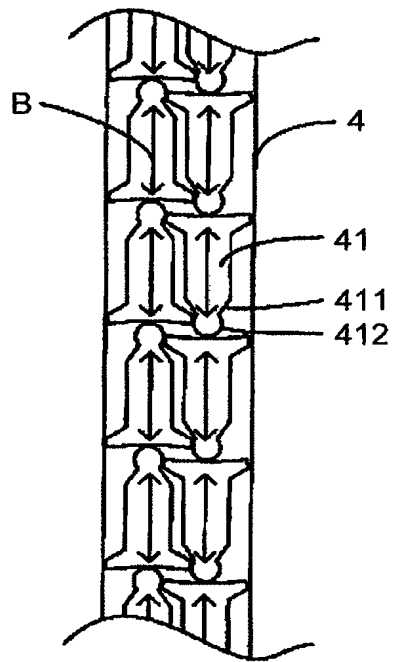


FIG.5

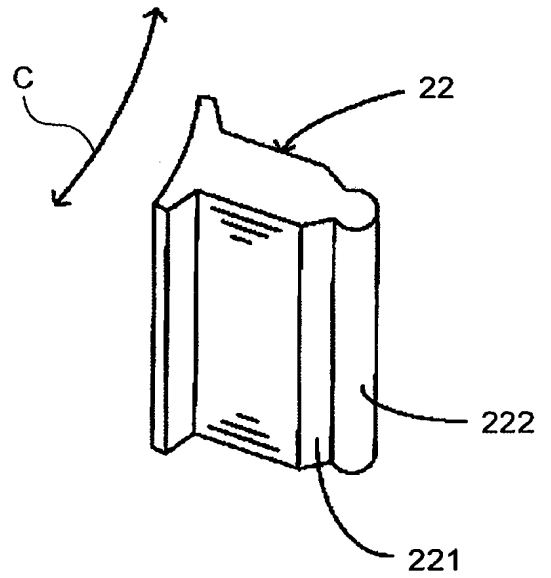


FIG.6

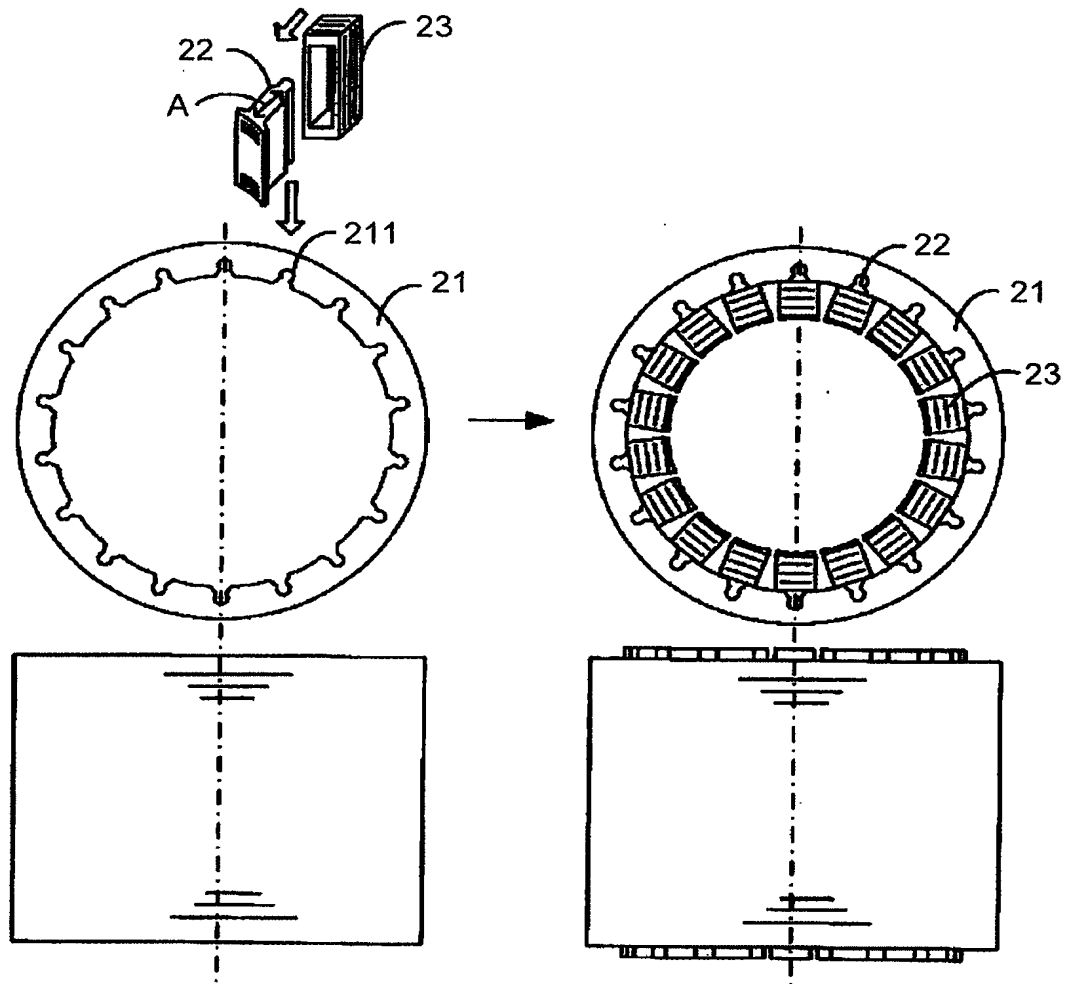


FIG.7

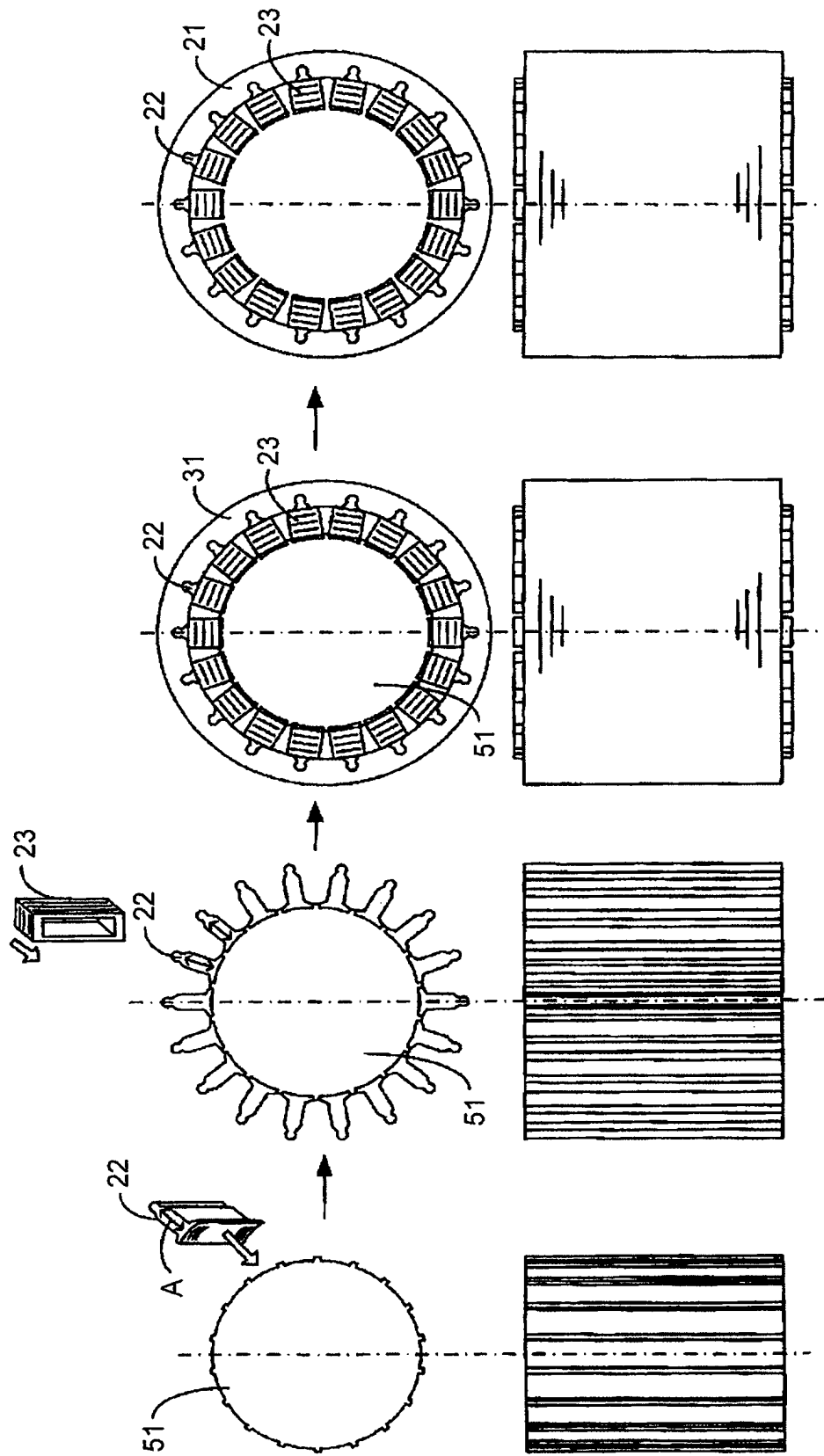


FIG. 8

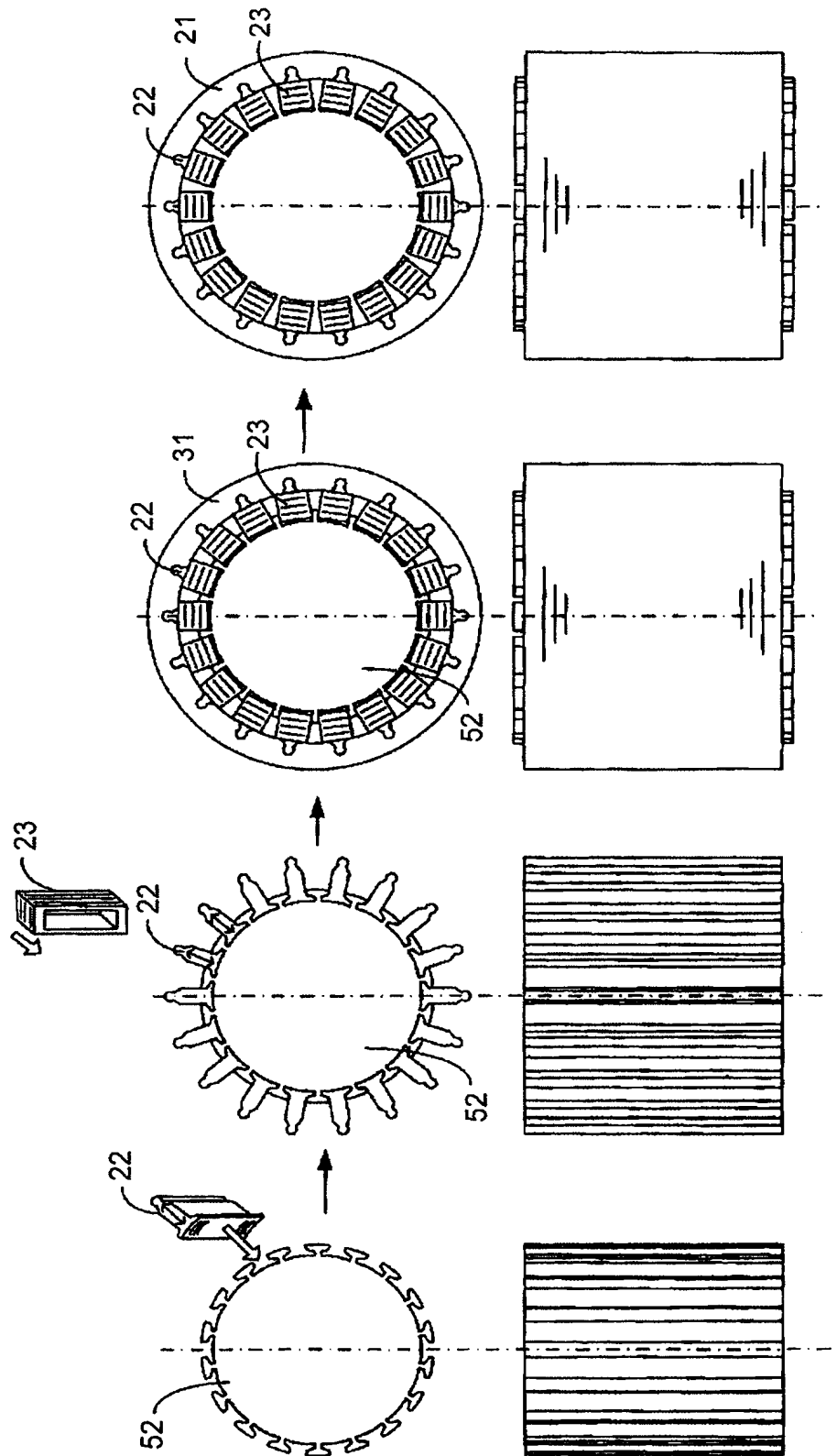


FIG.9

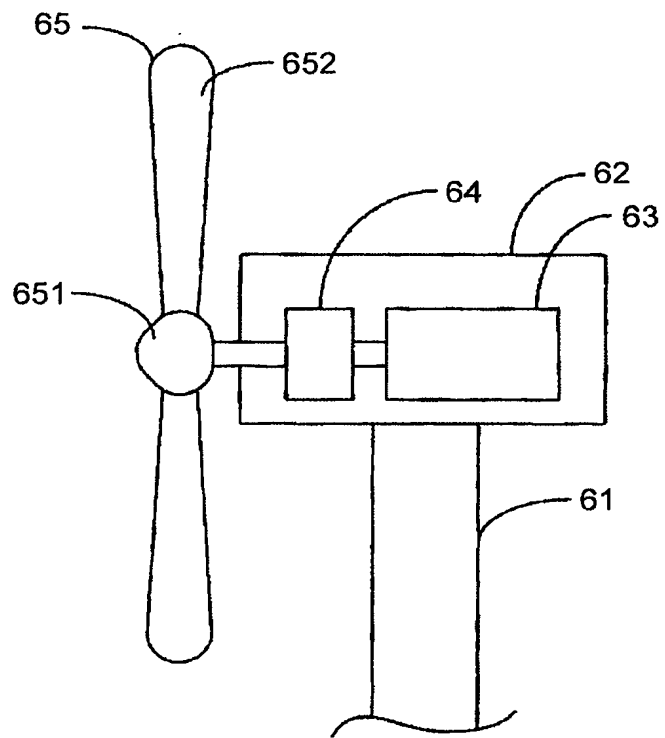
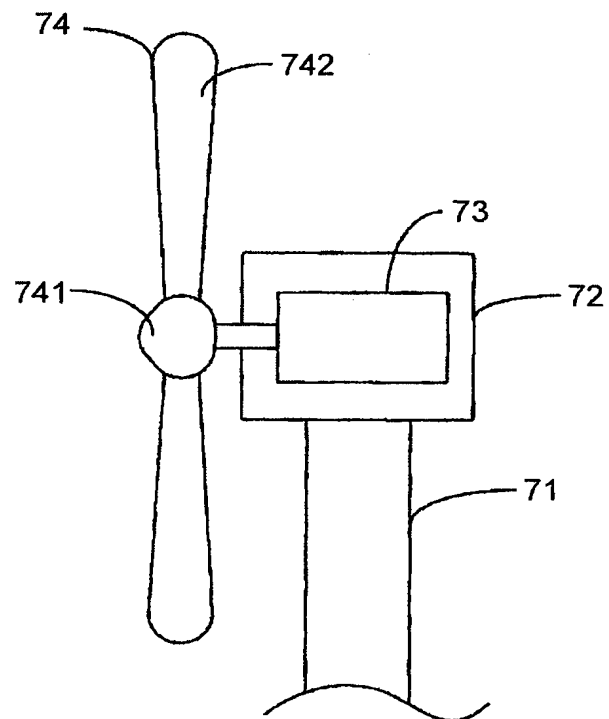


FIG.10



RESUMO

“MÁQUINA ELÉTRICA ROTATIVA, MÉTODO DE FABRICAÇÃO DE
UMA MÁQUINA ELÉTRICA ROTATIVA, SISTEMA GERADOR DE
ENERGIA EÓLICA”

5 Uma máquina elétrica rotativa de acordo com um aspecto da
forma de realização inclui um rotor e um estator que circunda o rotor. O
estator inclui: um núcleo de culatra que é obtido dobrando-se em um formato
circular diversas lâminas de aço conformadas em faixa, que são recortadas por
punção de uma lâmina de aço magnética não-direcional e empilhando-se as
10 lâminas de aço conformadas em faixa recortadas por punção; e diversos
núcleos de dentes que são arranjados em uma direção periférica do núcleo de
culatra, com extremidades dos núcleos de dentes fixados em um lado
periférico interno do núcleo de culatra e com as outras extremidades dos
núcleos de dentes estabelecidas opostas ao rotor. Os núcleos de dentes são
15 configurados empilhando-se as lâminas de aço de dentes que são recortadas
de uma lâmina de aço magnética direcional e os núcleos de dentes são
independentes entre si.