

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

(21) PI 1102743-6 A2



(22) Data de Depósito: 29/06/2011
(43) Data da Publicação: 11/12/2012
(RPI 2188)

(51) Int.Cl.:
H02K 21/02
H02K 15/00
F03D 11/04

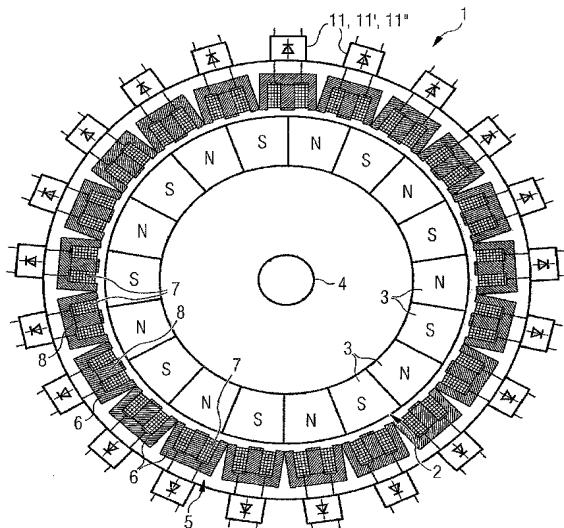
(54) Título: GERADOR, TURBINA EÓLICA, MÉTODO DE MONTAGEM DE UM GERADOR E USO DE UM GERADOR NA TURBINA EÓLICA

(30) Prioridade Unionista: 29/06/2010 EP 10 167615

(73) Titular(es): Siemens Aktiengesellschaft

(72) Inventor(es): Henrik Stiesdal

(57) Resumo: GERADOR, TURBINA EÓLICA, MÉTODO DE MONTAGEM DE UM GERADOR E USO DE UM GERADOR NA TURBINA EÓLICA. A presente invenção refere-se a um gerador (1) compreendendo um rotor (2) com um número M de sapatas de polo de rotor magnético (3) e um meio para produzir um campo magnético, um estator (5) com um número C de bobinas de estator (7, S_{1,1}, S_{2,1}, S_{3,1}, S_{1,2}, S_{2,2}, ..., S_{1,c}, S_{2,c}, S_{3,c}) enroladas no estator (5), e uma interface de rede de serviço público de energia geradora compreendendo uma pluralidade de retificadores (11,11', 11''), por meio da qual cada retificador de diodo (11,11', 11'') é conectado a uma bobina de estator (7, S_{1,1}, S_{2,1}, S_{3,1}, S_{1,2}, S_{2,2}, ..., S_{1,c}, S_{2,c}, S_{3,c}). Por meio disso, o número C das bobinas de estator (7, S_{1,1}, S_{2,1}, S_{3,1}, S_{1,2}, S_{2,2}, ..., S_{1,c}, S_{2,c}, S_{3,c}) é maior do que o número M das sapatas de polo de rotor (3) ou o número M das sapatas de polo de rotor (3) é maior do que, mas não um múltiplo inteiro do número C das bobinas de estator (7, S_{1,1}, S_{2,1}, S_{3,1}, S_{1,2}, S_{2,2}, ..., S_{1,c}, S_{2,c}, S_{3,c}). A invenção também descreve uma turbina eólica (2) usando o gerador da presente invenção e um método de montagem de tal gerador (1).



Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "GERADOR, TURBINA EÓLICA, MÉTODO DE MONTAGEM DE UM GERADOR E USO DE UM GERADOR NA TURBINA EÓLICA".

A presente invenção refere-se a um gerador elétrico, especificamente, a um gerador de uma turbina eólica, e uma turbina eólica que compreende um gerador. A invenção também descreve um método de montagem de tal gerador.

As turbinas eólicas fornecem uma fonte principal de energia que pode ser convertida em eletricidade e fornecida para redes de serviço público de energia, nas quais o gerador é conectado eletricamente. A conversão de energia eólica para energia elétrica é realizada em uma turbina eólica pelo acionamento de um gerador elétrico, comumente um motor de indução CA. Se a energia elétrica gerada por uma turbina eólica for suprida para uma rede de serviço público de energia, então é requerida uma frequência constante que é sincronizada à frequência de linha de serviço público, por exemplo, 50 Hz ou 60 Hz. Isso pode ser realizado pelo acionamento do gerador em uma velocidade rotacional constante, que, a menos que seja usada uma transmissão de velocidade variável, requer que a turbina eólica gire em uma velocidade constante. Infelizmente, a operação de velocidade constante de uma turbina eólica limita sua eficiência de conversão de energia devido às condições eólicas variável. A velocidade do rotor de turbina precisa ser proporcional à velocidade eólica para recuperação de energia ótima.

As turbinas eólicas de velocidade variável têm sido propostas como uma maneira de aumentar as eficiências de conversão de energia das turbinas eólicas. Variando a velocidade do rotor de acordo com as condições da variação eólica, pode ser alcançada a recuperação de energia aperfeiçoadas sobre uma variação de velocidades eólicas. Também importante, as tensões mecânicas de pico ocasionadas por rajadas de vento podem ser reduzidas permitindo que a turbina eólica acelere em respostas às rajadas de vento, limitando por meio disso o torque alcançado no gerador da turbina eólica. A energia cinética aumentada do rotor ocasionada pelas rajadas de vento serve como um meio de armazenamento de energia de curto prazo

para também aperfeiçoar a conversão de energia. Tal operação, contudo, requer um sistema de controle de torque responsivo.

Apesar das turbinas eólicas de velocidade variável serem vantajosas da perspectiva da conversão de energia aumentada e das tensões re-

duzidas, o sistema de geração elétrico é mais complexo do que uma turbina eólica de velocidade constante. Como um gerador é usualmente acoplado a um rotor de velocidade variável através de uma transmissão de engrenagem de proporção fixa, a energia elétrica produzida pelo gerador terá uma frequência variável. Isso requer uma conversão de uma saída CA de frequência variável pelo gerador para uma frequência constante CA para suprir a rede de serviço público de energia. A conversão pode ser realizada ou diretamente por um conversor de frequência ou através de uma conversão intermediária para CC por um retificador e reconversão para frequência fixa CA por um inversor.

Em uma realização conhecida, a energia gerada pelo gerador de turbina eólica é fornecida para uma rede de serviço público de energia por via de um sistema conversor que compreende pelo menos um conversor CA/CC, para um capacitor CC conectado em um conversor CC/CA do lado da rede e enfim para a rede de serviço público de energia, o sinal assim processado tendo níveis de voltagem e de frequência adequados. Como a energia gerada da turbina eólica precisa passar através de vários dispositivos caros, tal solução torna a conversão da energia eólica desnecessariamente cara. Ademais, apesar dos vários níveis de processamento de sinal, o sinal gerado, quando pronto para ser alimentado para a rede de serviço público de energia, não está livre de componentes de distorção harmônica indesejável.

Por exemplo, o documento US 5.083.039 descreve um circuito conversor de energia que compreende uma série de retificadores ativos e uma série de dispositivos de comutação ativos controlados por um circuito de controle. Devido ao grande número de componentes, o sistema conversor é muito caro, e esses custos têm um impacto no custo da energia alimentada para a rede de serviço público de energia. Ademais, o sinal processado

nesse circuito conversor pode ainda não estar livre dos componentes de distorção harmônica indesejáveis.

Um objetivo da presente invenção é fornecer um gerador que tenha uma configuração simplificada, um tamanho reduzido, e que seja particularmente adequado para uma turbina eólica, também uma turbina eólica de velocidade variável.

O objetivo da invenção é alcançado por um gerador de acordo com a reivindicação 1, por uma turbina eólica de acordo com a reivindicação 11 que compreende o gerador da presente invenção, e por um método de montagem de um gerador de acordo com a reivindicação 10.

O gerador proposto compreende um rotor com um número M de sapatas de polo de rotor magnético e um meio para processar um campo magnético, por exemplo, um ou mais ímãs permanentes, e um estator com um número C de bobinas do estator enroladas no estator. Usualmente as bobinas de estator são enroladas em uma série de polos do estator, ou são montadas em fendas em um corpo ou segmentos do estator de um corpo do estator. De acordo com a invenção, o gerador compreende uma interface de rede de serviço público de energia geradora que compreende uma pluralidade de retificadores de diodo em que cada retificador de diodo é conectado à bobina do estator. Por meio disso, um retificador de diodo pode ser qualquer retificador construído por uma série de diodos simples. Em uma primeira alternativa da invenção, o número C de bobinas de estator é escolhido de maneira que seja maior do que o número M de sapatas de polo de rotor. Em uma segunda alternativa da invenção, o número M de sapatas de polo de rotor é maior do que, mas não um múltiplo inteiro, do número C de bobinas de estator.

Usando o retificador de diodo em uma combinação sinergética com a proporção numérica das bobinas do estator e das sapatas de polos de rotor de acordo com a invenção, é assegurado que as voltagens de saída induzidas nas bobinas de estator diferente durante a rotação do rotor são temporariamente deslocadas umas contra as outras. Portanto, pela conexão paralela apropriada das diferentes bobinas de estator por via dos retificado-

res de diodo pode ser gerada uma voltagem essencialmente CC que seja adequada para o capacitor de ligação CC do qual pode ser enviada energia para a rede por via de um inversor e/ou outros componentes adequados.

O uso favorável dos retificadores de diodo permite a substituição
 5 de um conversor de lado gerador comumente usado na técnica. Uma vez que o conversor de lado gerador é, conforme descrito acima, um dispositivo que introduz harmônicos indesejáveis ao mesmo tempo em que transmite o sinal gerado para um a rede de serviço público de energia, sua substituição por um retificador de diodo leva à eliminação de quaisquer harmônicos inde-
 10 sejáveis. Além disso, uma vez que o retificador de diodo é um dispositivo particular simples e compacta o gerador da presente invenção pode ser real-
 izado em uma maneira simples de particularmente barata.

A configuração mais simples permite uma fabricação direta do gerador. Portanto, um método de montagem de um gerador de acordo com a
 15 invenção compreende as seguintes etapas:

- a) configurar um rotor com um número M de sapatas de polo de rotor magnético e meio para produzir um campo magnético;
- b) configurar um estator com o número C de bobinas de estator enroladas no estator, por meio do qual
 20 o número C das bobinas de estator é maior do que o número M das sapatas de polo de rotor,
 ou o número M das sapatas de polo de rotor é maior do que, mas não um múltiplo inteiro, do número C das bobinas de estator;
- c) montar o estator com o rotor e com uma interface de rede de
 25 serviço público de energia geradora, por meio da qual a interface de rede de serviço público de energia geradora é equipada com uma pluralidade de retificadores de diodo, por meio dos quais cada retificador de diodo é conectado a uma bobina de estator.

Conforme mencionado acima, o gerador de acordo com a inven-
 30 ção é particularmente adequado para uso nas turbinas eólicas, particular-
 mente turbinas eólicas de velocidade variável.

As modalidades e características particularmente vantajosas da

invenção são fornecidas pelas reivindicações dependentes e pela descrição que se segue. Desse modo, o método de montagem de um gerador pode ser também desenvolvido de acordo com as reivindicações dependentes do gerador. As características das reivindicações dependentes podem ser combinadas para alcançar as modalidades adicionalmente vantajosas.

Um gerador de turbina eólica é tradicionalmente construído de maneira que seu número de polos de estator C e o número de sapatas de polo de rotor M sejam iguais, ou de maneira que C seja um múltiplo inteiro de M , como, por exemplo, $2M$, $3M$, etc. Contudo, com tal uma construção física do gerador de torque de detenção aumenta quando todas as sapatas de polo de rotor passam simetricamente os polos do estator ao mesmo tempo durante a rotação, e a atração magnética é maior quando o polo do rotor e o polo do estator são alinhados radialmente. Esse é um efeito indesejável conhecido que contribui para ondulação de saída, vibração e ruído na máquina.

Portanto, em uma modalidade preferida da invenção, as bobinas de estator e as sapatas de polo de rotor são dispostas em uma distribuição assimétrica de maneira que pelo menos uma fração das sapatas de polo de rotor passe as bobinas de estator de maneira não sincrônica durante a rotação. Essa exigência é, por exemplo, automaticamente atendida na segunda alternativa da invenção mencionada acima na qual o número M das sapatas de polo de rotor é maior do que, mas não um múltiplo inteiro do número C das bobinas de estator. Na primeira alternativa da invenção, na qual o número C das bobinas de estator é maior do que o número M das sapatas de polo de rotor, isso pode ser facilmente realizado – em uma maneira similar à segunda alternativa – pela escolha da relação numérica de maneira que o número C das bobinas de estator não seja um múltiplo inteiro do número M das sapatas de polo de rotor.

Como, de acordo com essa modalidade da invenção, nem todas as sapatas de polo de rotor passam simetricamente nos polos do estator ao mesmo tempo durante a rotação, as atrações magnéticas entre os polos do rotor e os polos do estator estão essencialmente "fora da média" durante a

rotação do rotor. Portanto, o efeito indesejado do torque de detenção é minimizado e a vibração e o ruído na máquina são reduzidos.

As redes de serviço público de energia usuais compreendem múltiplas fases para as quais a energia produzida por um gerador de uma

- 5 turbina eólica devem ser alimentadas. Portanto, em uma modalidade preferida da invenção, as bobinas de estator são atribuídas para fases diferentes de uma rede de serviço público de energia de fase múltipla, no qual o gerador pode ser eletricamente conectado. Em outras palavras, as bobinas de estator são conectadas via interface de rede de serviço público de energia
10 geradora aos conectores correspondentes da rede de serviço público de energia de maneira que, quando o gerador é ligado à rede de serviço público de energia, cada bobina de estator é eletricamente conectada a uma das fases da rede de serviço público de energia. Preferivelmente, o gerador é um gerador trifásico.

15 Em uma modalidade preferida, particularmente simples, cada bobina de estator é conectada ao seu retificador de diodo dedicado.

Contudo, em uma modalidade alternativa, um grupo de bobinas de estator pode compartilhar um retificador de diodo comum quando essas bobinas são atribuídas a uma fase comum, e, durante a rotação do rotor,

- 20 cada bobina do grupo transporta uma forma de voltagem sincrônica idêntica além do tempo. Nessa modalidade, quaisquer bobinas de estator de uma fase comum que não transportem uma forma de voltagem sincrônica idêntica além do tempo deveriam ter um retificador de diodo separado. Essa modalidade pode ser preferida se o estator compreender um alto número de bobinas de estator, de maneira que as bobinas atribuídas a uma fase específica da rede de serviço público de energia possam ser agrupadas em um número suficiente de grupos de maneira que pulsos retificados suficientes dos grupos atribuídos a mesma fase sobreponham uma voltagem essencialmente constante para uma revolução do rotor.

30 Em qualquer caso, os retificadores de diodo atribuídos às bobinas de estator das fases diferentes podem preferivelmente compartilhar um neutral comum da rede de serviço público de energia.

Conforme mencionado acima, um retificador de diodo pode ser construído de várias maneiras de uma série de diodos simples. São conhecidos na técnica numerosos projetos de circuitos retificadores de diodo. Usualmente, os circuitos retificadores são diferenciados em retificadores de 5 meia-onda e de onda completa. Os dois tipos podem ser usados no decurso da invenção.

Por exemplo, em uma modalidade preferida, cada retificador de diodo compreende um retificador de ponte, que usualmente compreende quatro diodos.

10 Em outra modalidade preferida, cada retificador de diodo compreende pelo menos dois diodos. A adição de apenas um ou dois diodos a cada bobina de estator em vez de uma ponte retificadora mantém o número de componentes retificadores a um mínimo. Essa configuração simplificada, com um número reduzido de elementos, permite uma redução adicional nos 15 custos gerais do gerador.

Para realizar uma construção compacta e de economia de espaço, os retificadores de diodo são preferivelmente montados no estator, por exemplo, em uma superfície externa do estator ou nas cavidades dispostas em um corpo de estator ou em segmentos do corpo do estator.

20 Outros objetivos e características da presente invenção se tornarão claros a partir das descrições detalhadas consideradas juntamente com os desenhos que a acompanham. Contudo, deve ser compreendido que os desenhos são projetados unicamente para fins ilustrativos e não como uma definição dos limites da invenção.

25 A figura 1 é uma representação esquemática de uma turbina eólica conectada a uma rede de serviço público de energia;

a figura 2 é uma vista esquemática de uma modalidade de um gerador de acordo com a invenção;

30 a figura 3 ilustra um sistema gerador trifásico com uma configuração de retificação de acordo com uma modalidade da invenção;

a figura 4 ilustra esquematicamente, para um gerador de acordo com a figura 2 e para uma fase de uma configuração de retificação de acor-

do com a figura 4, o efeito da mudança de tempo para cada voltagem de saída;

a figura 5 é um diagrama de circuito de uma primeira modalidade de um retificador de diodo;

5 a figura 6 é um diagrama de circuito de uma segunda modalidade de um retificador de diodo;

a figura 7 é um diagrama de circuito de uma terceira modalidade de um retificador de diodo.

Nos desenhos, referências numéricas semelhantes referem-se
10 inteiramente a objetos semelhantes. Os objetos nos diagramas não são necessariamente desenhados em escala.

A figura 1 ilustra esquematicamente o princípio de construção do sistema de produção de energia de uma turbina eólica 20. Tal turbina eólica 20 usualmente compreende uma torre (não ilustrada na figura) que pode ser
15 erigida em solo firme, em um solo oceânico, ou em qualquer outro suporte adequado. No topo da torre é montada uma Nacela (não ilustrada na figura) que transporta um centro 21 com pás de rotor 22. Conforme esquematicamente indicado na figura 1, um gerador 1, que pode ser um gerador de acionamento direto 1, é disposto na Nacela da turbina eólica e conectado ao
20 centro via um eixo 23 ou trem de acionamento. Podem ser concebidos geradores diferentes do gerador de acionamento direto, por exemplo, um gerador acoplado ao centro via uma caixa de câmbio, conforme será prontamente evidente para aquele versado na técnica.

Pela rotação de um centro de um rotor em um gerador de ímã
25 permanente (PM) 1 é levado a girar, e a voltagem de saída induzida nas bobinas de estator do gerador PM 1 é retificada, conforme explicado posteriormente de acordo com as figuras 2 a 4 por uma série de retificadores de diodo montados no estator de uma interface de rede de serviço público de energia geradora 10. A interface de rede de serviço público de energia geradora 10 também compreende uma ligação CC de voltagem variável 24 com um capacitor 25 alimentado pelos pulsos de voltagem retificados do gerador, e um interventor 26, por exemplo, um inversor comutado de força para criar

uma voltagem de saída alternativa definida. Um transformador 27 da interface de rede de serviço público de energia geradora 10 leva a voltagem alternativa para um nível de pico adequado e frequência para alimentar a energia para a rede de serviço público de energia 30.

5 A figura 2 ilustra uma configuração de gerador de acionamento direto 1 de acordo com uma modalidade da invenção, que pode ser usada no arranjo de acordo com a figura 1. O gerador 1 é um gerador sem escova 1 que tem rotor de ímã permanente 2 que é montado em um eixo 4 e tem um número $M = 18$ sapatas de polo magnético 3, com polos magnéticos alternativos norte e polos sul S. O rotor 2 pode ser construído de uma maneira usual conforme conhecido do estado da técnica. O eixo 4 pode ser diretamente conectado ao centro de uma turbina eólica.

10

O rotor 2 é circundado por um estator em forma de aro 5 que compreende uma série de segmentos de estator 6. Cada segmento de estator 6 compreende um cabeçote magnético com fendas e um polo central 8 e uma bobina 7 enrolada na fenda ao redor do polo 8. O cabeçote é formado de um material ferromagnético como, por exemplo, ferro ou similar, de maneira a ser bom condutor de fluxo magnético. Na modalidade ilustrada na figura 2, o número de segmentos e, portanto, o número C de bobinas de estator 7 é 21. Assim, o número C das bobinas de estator 7 é maior do que, mas não um múltiplo inteiro do número M das sapatas de polo de rotor 3. As 21 bobinas de estator 7 podem ser agrupadas em três grupos de sete bobinas de estator 7, cada grupo é atribuído para uma determinada fase de uma rede de serviço público de energia trifásica.

15

20 Conforme pode ser claramente visto da figura 2, usando os determinados números das bobinas de estator 7 e as sapatas de polo de rotor magnético 3, as sapatas de polo de rotor 3 não podem passar sincronicamente as bobinas de estator 7 ao mesmo tempo durante a rotação. Portanto, as atrações magnéticas entre os polos de estator e as sapatas de polo de rotor 3 são essencialmente distribuídas uniformemente, ou a média é calculada, durante a rotação do rotor. Portanto, é minimizado o efeito indesejado do torque de detenção e são reduzidos a vibração e o ruído na máquina.

25

Conforme deve ser conhecido daquele versado na técnica de geradores, o torque de detenção é um componente de torque indesejado que é devido à atração dos polos do estator pelos ímãs. O dito torque indesejado ocasiona vibrações e ruídos. Portanto, é desejável reduzir o torque de detenção nos 5 geradores.

Deve ser observado que os números especificados das bobinas de estator 7 e das sapatas de polo de rotor 3 (18 e 21 respectivamente) são meramente exemplificativos, e que, em uma construção real o gerador pode ter números muito maiores de bobinas de estator 7 e de sapatas de polo de 10 rotor 3. Por exemplo, o número M de sapatas de polo de rotor pode ser preferivelmente entre 50 e 150, e o número C de bobinas de estator 7 pode ser preferivelmente entre 50 e 200.

Um estator pode ser construído de uma maneira diferente, por exemplo, como um estator de enrolamento de fenda fracional, no qual cada 15 fenda pode alojar duas ou mais bobinas separadas. Algumas fendas podem conter bobinas da mesma fase enquanto outras fendas ainda são dotadas de bobinas de fases diferentes. Além disso, o gerador pode compreender ou um rotor interno – conforme ilustrado na configuração ilustrada na figura 2 – ou um rotor externo. Por exemplo, os geradores de acionamento direto para 20 turbinas eólicas da nova geração são geradores com rotor externo. É simplesmente requerido que o número C de bobinas de estator e o número M de sapatas de polo de rotor sejam escolhidos de acordo com a invenção.

Na modalidade de acordo com a figura 2, todas as bobinas de estator 7 são conectadas ao seu próprio retificador de diodo separado 11, 25 11', 11''. Esse retificador de diodo 11, 11', 11'' retifica a voltagem induzida na bobina associada 7 durante a rotação do rotor 2. Os retificadores de diodo 11, 11', 11'' podem ser construídos de maneira diferente, conforme será explicado posteriormente com o auxílio das figuras 5 a 7, usando uma série de diodos simples.

Na figura 3 está ilustrado como as bobinas de estator 7 podem ser conectadas às fases P₁, P₂, P₃ da rede de serviço público de energia trifásica. Nessa figura, as bobinas de estator recebem a rotação S_{x,y}, por

meio da qual x é um de (1, 2, 3) e indica o número de fase P₁, P₂, P₃ da rede de serviço público de energia; e y é um de {1, ..., c} e é uma variável de índice das bobinas de estator conectadas à fase x-th, isto é, S_{1, 1} deve ser lido como "bobina de estator N° 1 conectada à fase N° 1", S_{2, 1} deve ser lido como "bobina de estator N° 1 conectada à fase N° 2", etc. O número máximo c das bobinas de estator atribuídas a uma das fases P₁, P₂, P₃ é, portanto, o número c de todas as bobinas de estator dividido por três.

No circuito elétrico exemplificativo apresentado na figura 3, os segmentos de estator compartilham um neutral comum N₀ e cada bobina de estator S_{x,y} é conectada a uma das fases P₁, P₂, P₃ via seu próprio retificador de diodo 11, 11', 11".

Se tal sistema compreendendo os retificadores de diodo montados no estator 11, 11', 11" conforme ilustrado nas figuras 2 e 3 for usado para um gerador do estado da técnica compreendendo um número igual de bobinas de estator e sapatas de polo de rotor, a corrente é induzida em cada bobina de estator ao mesmo tempo durante a rotação do rotor de ímã permanente. Como um resultado, considerando uma fase, os pulsos de voltagem de saída dotados de uma forma idêntica além do tempo seriam transportados por cada bobina de estator, e, como as bobinas são conectadas em paralelo, a voltagem daquela fase subsequentemente mostrará que a onda forma além do tempo. Esse sinal é inadequado para ser aplicado em um capacitor de ligação CC simples.

Portanto, de acordo com a modalidade da presente invenção ilustrada na figura 2, o número C das bobinas de estator e o número M das sapatas de polo de rotor não são iguais, mas o número C das bobinas de estator S_{x, y} é maior do que o número M das sapatas de polo de rotor 3.

Portanto, nem todas as sapatas de polo de rotor passam simetricamente as sapatas de estator ao mesmo tempo durante a rotação. Considerando uma fase, as voltagens de saída que são recebidas das bobinas de estator diferentes são "temporariamente deslocadas" umas contra as outras. Esse efeito do deslocamento do tempo das voltagens de saída está ilustrado esquematicamente na figura 4 para uma fase P₁. Conforme já explicado a-

cima, o mesmo efeito de deslocamento de tempo aumenta, quando o número de sapatas de polo de rotor é maior do que, mas não um múltiplo inteiro do número de bobina de estator.

No lado direito da figura 4, a voltagem retificada resultante está ilustrada para uma fase P₁, quando todos os pulsos recebidos dos retificadores de diodo 11, 11', 11'' são superpostos pela conexão das bobinas de estator por via dos retificadores de diodo 11, 11', 11'' em paralelo conforme ilustrado no lado esquerdo da figura 4. A voltagem presente na fase P₁ será essencialmente constante e adequada como tal para ser aplicada no capacitor de ligação CC facilitando a conexão à rede de serviço público de energia conforme ilustrado na figura 1.

Na figura 4, os pulsos de saída dos retificadores de diodo 11, 11', 11'' são ilustrados como pulsos de onda essencialmente quadrados. Essa forma é apenas usada como exemplo. Em um gerador real, a voltagem induzida em uma bobina por uma sapata de polo de rotor magnético se movendo ao longo da bobina durante a rotação do rotor tem uma forma de pulso senoide ao longo do tempo. Portanto, a forma da saída dos pulsos retificados pelos retificadores de diodo 11, 11', 11'' é mais semelhante a uma série intermitente de tais formas de pulso truncado. Contudo, entretanto, esses pulsos podem ser sobrepostos para fornecer voltagem essencialmente constante se a dimensão e os números das bobinas de estator e das sapatas de polo de rotor forem escolhidos de maneira que os pulsos consecutivos originários das bobinas diferentes do gerador se sobreponham por uma quantidade apropriada.

Os retificadores 11, 11', 11'' conectados às saídas de cada bobina de estator asseguram que a corrente, que, conforme explicado acima seguem usualmente uma forma essencialmente senoide, apenas flui para as fases P₁, P₂, P₃ quando a entrada da bobina é "alta". Conforme mencionado acima, os retificadores de diodo 11, 11', 11'' podem ser construídos de uma maneira diferente.

A figura 5 ilustra um diagrama de circuito de um retificador de diodo muito simples 11, que compreende apenas um único diodo D1. Como

um diodo passa corrente em apenas uma direção, apenas metade da onda CA que entra irá alcançar a saída do retificador 11. Portanto, esse é um retificador de meia-onda básico 11.

Ao mesmo tempo em que o retificador de meia-onda conforme
5 ilustrado na figura 5 é muito simples, não é muito eficiente, porque é usado apenas metade do ciclo CA que chega, e toda a energia disponível na outra metade é dissipada.

Para usar também a outra meia-onda da voltagem induzida nas bobinas de estator, pode ser usado um retificador de onda total. A figura 6
10 ilustra o diagrama de circuito de um retificador de ponte no qual são usados quatro diodos D₁, D₂, D₃, D₄. Esse retificador de ponte pode também ser usado como um retificador de diodo 11' no decorrer da invenção.

A figura 7 ilustra um diagrama de circuito de um terceiro retificador de diodo 11" que pode ser usado na invenção. Nessa construção são necessários apenas dois diodos D₁, D₂ para usar a onda total. Para essa finalidade, o neutral comum da interface de rede de serviço público de energia pode ser conectado a um ponto de tomada central da bobina de estator. Isso significa que, para essa construção, pode ser requerido um método diferente de montagem das bobinas no estator comparado aos outros casos nos
15 quais, por exemplo, são usados os retificadores de diodo 11, 11' de acordo com a figura 5 ou 6. Contudo, o retificador de diodo 11" requer menos diodos do que um retificador de ponte de acordo com a figura 6, mas usa onda total em vez de apenas meia-onda como no caso do retificador de diodo 11 da figura 5.

25 Deve ser observado que os retificadores de diodo 11, 11', 11" ilustrados nas figuras são apenas exemplos preferidos, e pode ser usado qualquer outro retificador de diodo conforme apropriado.

Conforme pode ser ilustrado com o auxílio dos exemplos acima,
30 um gerador de acordo com a presente invenção com um retificador de diodo montado na bobina de estator previne a necessidade de um conversor lateral de gerador comumente usado na técnica. Como o dito conversor lateral de gerador, conforme descrito com relação às soluções conhecidas na técni-

ca, é um dispositivo que introduz harmônicos indesejáveis ao mesmo tempo em que transmite o sinal gerado para uma rede de serviço público de energia, sua substituição pelo retificador de diodo leva à eliminação favorável dos ditos harmônicos indesejáveis. Além disso, uma vez que o retificador de diodo é um dispositivo de configuração simples, são realizadas economias de espaço e simplicidade de configuração para o gerador da presente invenção. Ademais, a configuração mais simples do gerador facilita a fabricação do gerador.

Apesar de a presente invenção ter sido descrita na forma de modalidades e variações preferidas da mesma, será compreendido que poderiam ser feitas várias modificações e variações adicionais na mesma sem se afastar do escopo da invenção. Para melhor compreensão, deve ser compreendido que o uso de "um" por toda aplicação não exclui uma pluralidade, e "compreendendo" não exclui outras etapas ou elementos. Uma "unidade" ou um "módulo" pode compreender uma série de unidades ou módulos, a não ser que declarado de outra maneira.

REIVINDICAÇÕES

1. Gerador (1) compreendendo

- um rotor (2) com um número M de sapatas de polo de rotor magnético (3) e um meio para produzir um campo magnético,

5 - um estator (5) com um número C de bobinas de estator (7, S_{1,1}, S_{2,1}, S_{3,1}, S_{1,2}, S_{2,2}, ..., S_{1,c}, S_{2,c}, S_{3,c}) enroladas no estator (5), e

- uma interface de rede de serviço público de energia geradora compreendendo uma pluralidade de retificadores (11, 11', 11''), por meio da qual cada retificador de diodo (11, 11', 11'') é conectado a uma bobina de

10 estator (7, S_{1,1}, S_{2,1}, S_{3,1}, S_{1,2}, S_{2,2}, ..., S_{1,c}, S_{2,c}, S_{3,c}) e por meio dos quais o número C das bobinas de estator (7, S_{1,1}, S_{2,1}, S_{3,1}, S_{1,2}, S_{2,2}, ..., S_{1,c}, S_{2,c}, S_{3,c}) é maior do que o número M das sapatas de polo de rotor (3),

ou o número M das sapatas de polo de rotor (3) é maior do que, 15 mas não um múltiplo inteiro de, o número C das bobinas de estator (7, S_{1,1}, S_{2,1}, S_{3,1}, S_{1,2}, S_{2,2}, ..., S_{1,c}, S_{2,c}, S_{3,c}).

2. Gerador, de acordo com a reivindicação 1, por meio do qual as bobinas de estator (7, S_{1,1}, S_{2,1}, S_{3,1}, S_{1,2}, S_{2,2}, ..., S_{1,c}, S_{2,c}, S_{3,c}) e as sapatas de polo de rotor (3) são dispostas de maneira que pelo menos uma fração das sapatas de polo de rotor (3) passe as bobinas de estator (7, S_{1,1}, S_{2,1}, S_{3,1}, S_{1,2}, S_{2,2}, ..., S_{1,c}, S_{2,c}, S_{3,c}) sincronicamente durante a rotação.

25 3. Gerador, de acordo com a reivindicação 2, em que o número C das bobinas de estator (7, S_{1,1}, S_{2,1}, S_{3,1}, S_{1,2}, S_{2,2}, ..., S_{1,c}, S_{2,c}, S_{3,c}) é maior do que, mas não um múltiplo inteiro do número M das sapatas de polo de rotor (3).

30 4. Gerador, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, por meio do qual as bobinas de estator (7, S_{1,1}, S_{2,1}, S_{3,1}, S_{1,2}, S_{2,2}, ..., S_{1,c}, S_{2,c}, S_{3,c}) são atribuídas a fases diferentes (P₁, P₂, P₃) de uma rede de serviço público de energia de fase múltipla, a qual o gerador (1) pode ser eletricamente conectado.

5. Gerador, de acordo com a reivindicação 4, em que o gerador (1) é um gerador trifásico (1).

6. Gerador, de acordo com a reivindicação 4 ou 5, em que um grupo de bobinas de estator compartilha um retificador de diodo comum quando essas bobinas são atribuídas a uma fase comum, e, durante a rotação do rotor, cada bobina do grupo transporta uma forma de voltagem idêntica síncrona além do tempo.
7. Gerador, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, em que cada bobina de estator (7, S_{1,1}, S_{2,1}, S_{3,1}, S_{1,2}, S_{2,2}, ..., S_{1,c}, S_{2,c}, S_{3,c}) é conectada ao seu próprio retificador de diodo (11, 11', 11").
8. Gerador, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 10, 7, em que os retificadores de diodo (11, 11', 11") compartilham um neural comum (N₀).
9. Gerador, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 8, em que cada dos retificadores de diodo (11') compreende um retificador de ponte (11')
- 15 10. Gerador, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 8, em que cada um dos retificadores de diodo (11, 11') compreende pelo menos dois diodos (D₁, D₂).
11. Gerador, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 10, em que os retificadores de diodo (11, 11', 11") são montados no estator 20 (2).
12. Turbina eólica (20) compreendendo um gerador (1) como definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 11.
13. Método de montagem de um gerador (1), compreendendo as etapas de
- 25 a) configurar um rotor (2) com um número M de sapatas de polo de rotor magnético (3) e meio para produzir um campo magnético;
- b) configurar um estator (5) com o número C de bobinas de estator (7, S_{1,1}, S_{2,1}, S_{3,1}, S_{1,2}, S_{2,2}, ..., S_{1,c}, S_{2,c}, S_{3,c}) enroladas no estator (5), por meio do qual
- 30 o número C das bobinas de estator (7, S_{1,1}, S_{2,1}, S_{3,1}, S_{1,2}, S_{2,2}, ..., S_{1,c}, S_{2,c}, S_{3,c}) é maior do que o número M das sapatas de polo de rotor (3),

ou o número M das sapatas de polo de rotor (3) é maior do que, mas não um múltiplo interior do número C das bobinas de estator (7, S_{1,1}, S_{2,1}, S_{3,1}, S_{1,2}, S_{2,2}, ..., S_{1,c}, S_{2,c}, S_{3,c});

- 5 c) montar o estator (5) com o rotor (2) e com uma interface de rede de serviço público de energia geradora, por meio da qual a interface de rede de serviço público de energia geradora é equipada com uma pluralidade de retificadores de diodo (11, 11', 11''), por meio dos quais cada retificador de diodo (11, 11', 11'') é conectado a uma bobina de estator (7, S_{1,1}, S_{2,1}, S_{3,1}, S_{1,2}, S_{2,2}, ..., S_{1,c}, S_{2,c}, S_{3,c}).

- 10 14. Uso de um gerador (1) como definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 11, em uma turbina eólica (20).

FIG 1

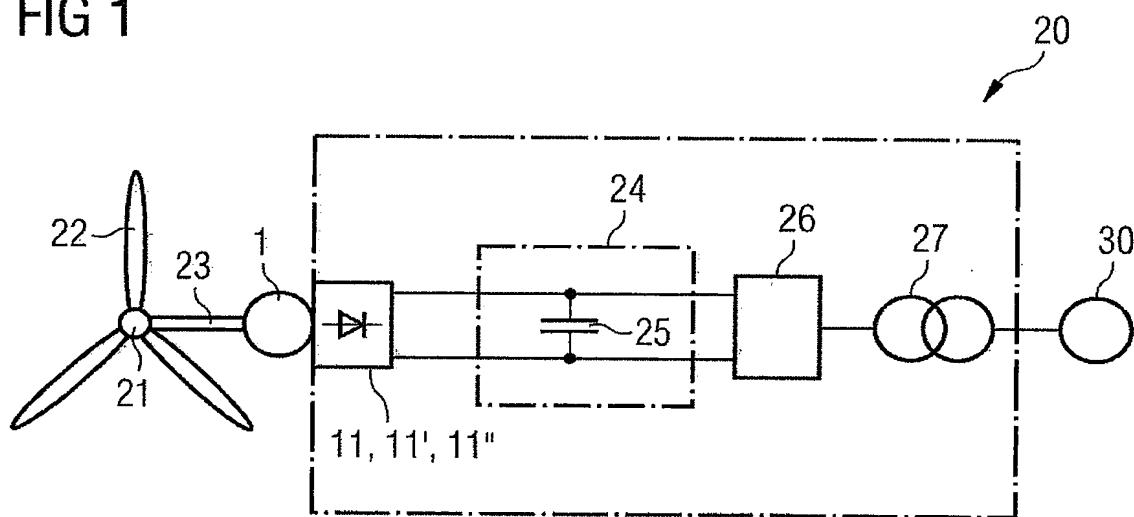


FIG 2

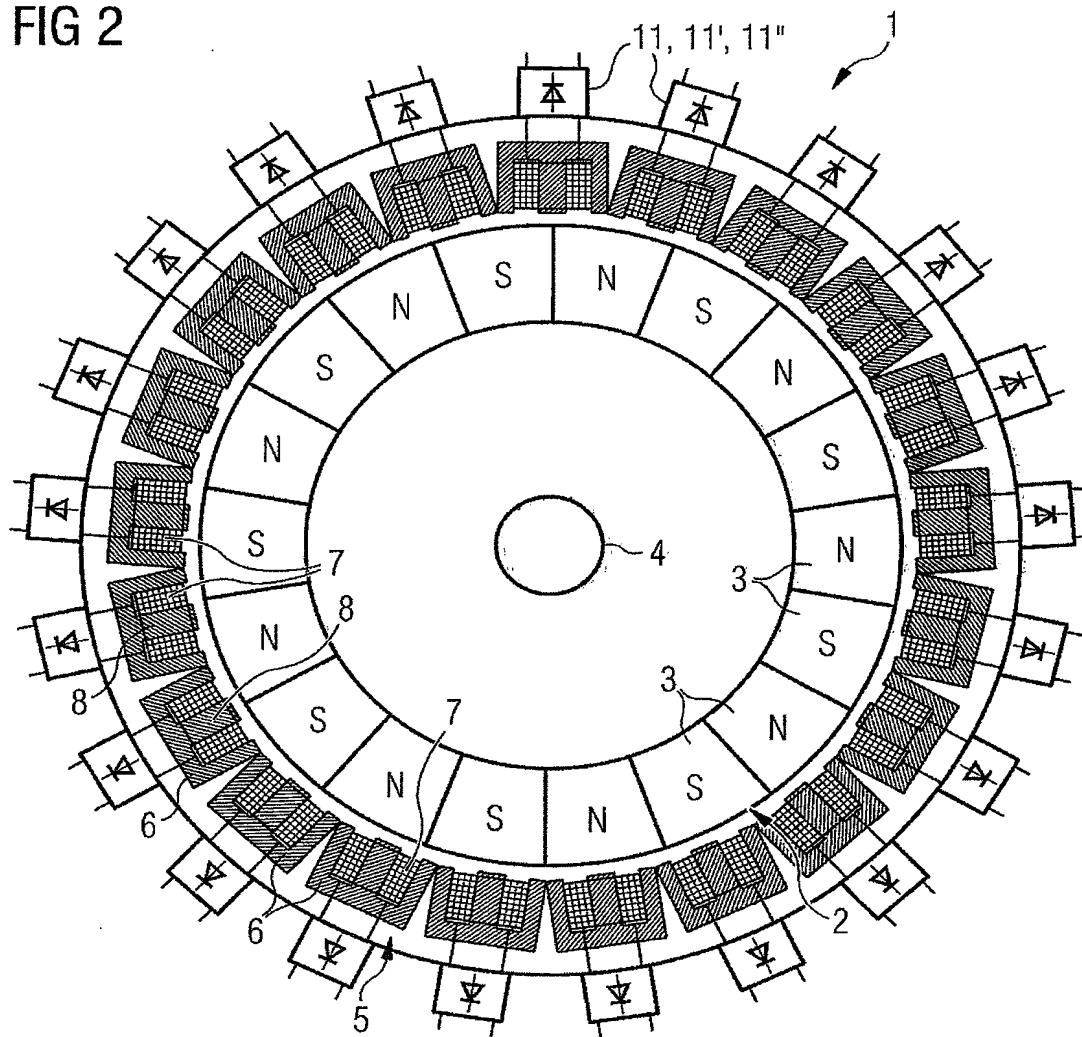


FIG 3

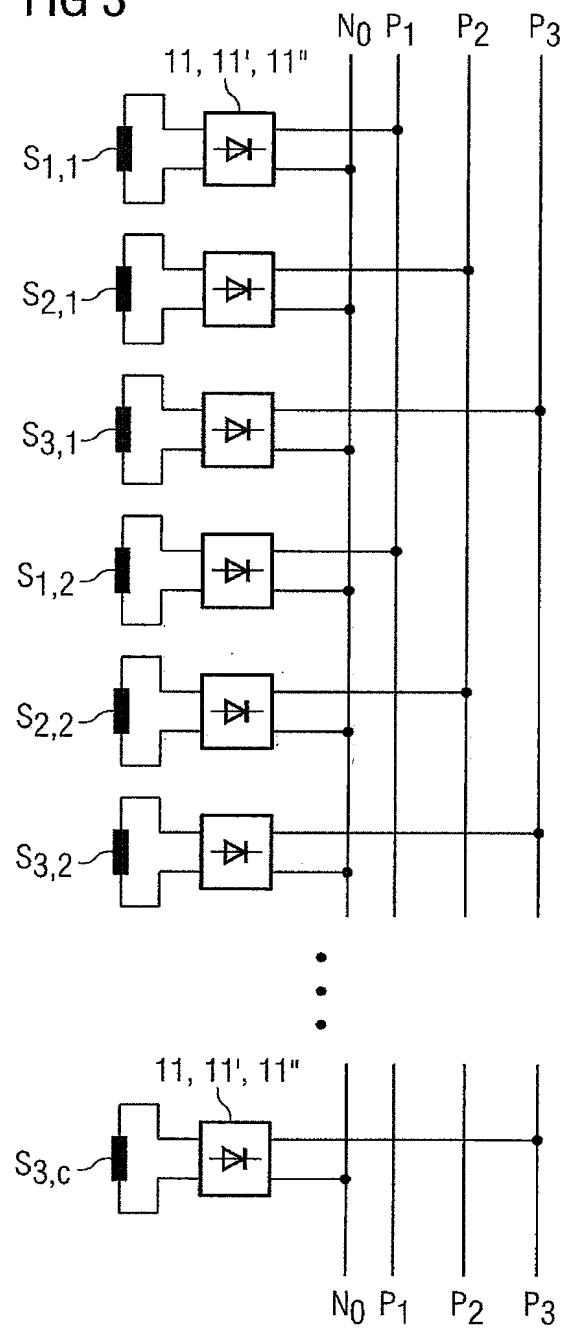


FIG 4

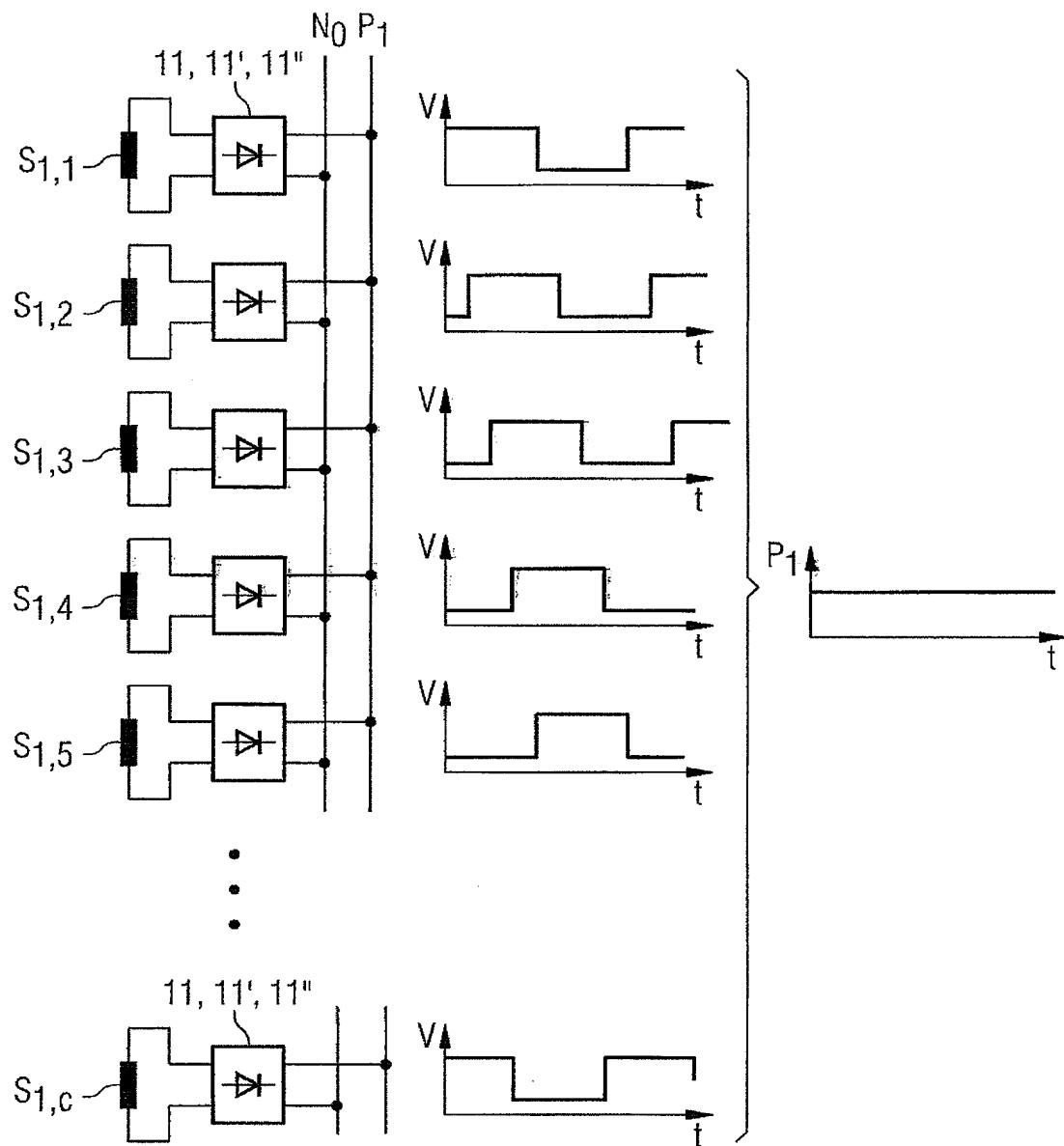


FIG 5

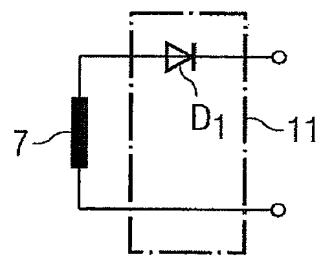


FIG 6

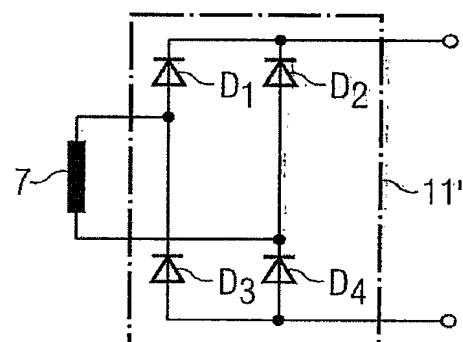
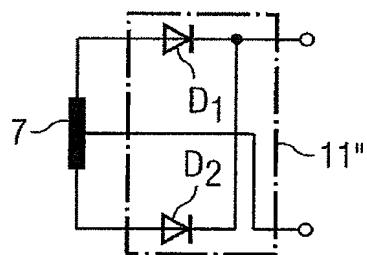


FIG 7



RESUMO

Patente de Invenção: "GERADOR, TURBINA EÓLICA, MÉTODO DE MONTAGEM DE UM GERADOR E USO DE UM GERADOR NA TURBINA EÓLICA".

5 A presente invenção refere-se a um gerador (1) compreendendo um rotor (2) com um número M de sapatas de polo de rotor magnético (3) e um meio para produzir um campo magnético, um estator (5) com um número C de bobinas de estator (7, S_{1,1}, S_{2,1}, S_{3,1}, S_{1,2}, S_{2,2}, ..., S_{1,c}, S_{2,c}, S_{3,c},) enroladas no estator (5), e uma interface de rede de serviço público de energia
10 geradora compreendendo uma pluralidade de retificadores (11, 11', 11''), por meio da qual cada retificador de diodo (11, 11', 11'') é conectado a uma bobina de estator (7, S_{1,1}, S_{2,1}, S_{3,1}, S_{1,2}, S_{2,2}, ..., S_{1,c}, S_{2,c}, S_{3,c},). Por meio disso, o número C das bobinas de estator (7, S_{1,1}, S_{2,1}, S_{3,1}, S_{1,2}, S_{2,2}, ..., S_{1,c}, S_{2,c}, S_{3,c},) é maior do que o número M das sapatas de polo de rotor (3) ou o
15 número M das sapatas de polo de rotor (3) é maior do que, mas não um múltiplo inteiro do número C das bobinas de estator (7, S_{1,1}, S_{2,1}, S_{3,1}, S_{1,2}, S_{2,2}, ..., S_{1,c}, S_{2,c}, S_{3,c},). A invenção também descreve uma turbina eólica (2) usando o gerador da presente invenção e um método de montagem de tal gerador (1).