

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

(21) **PI 1105754-8 A2**

(22) Data de Depósito: 21/09/2011  
(43) Data da Publicação: 08/01/2013  
(RPI 2192)



(51) *Int.Cl.:*  
H02K 9/06

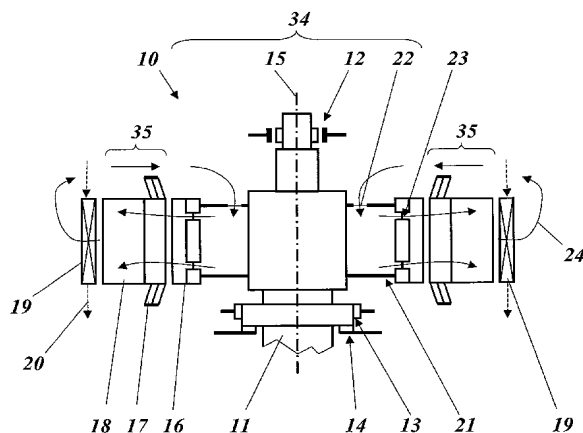
(54) **Título:** MOTOR GERADOR RESFRIADO A AR E MÉTODO PARA OPERAR TAL MOTOR GERADOR

(30) **Prioridade Unionista:** 21/09/2010 CH 01525/10,  
23/10/2010 DE 10 2010 049 417.8

(73) **Titular(es):** Alstom Hydro France

(72) **Inventor(es):** Alexander Schwery, Benjamin Jordan, Simon  
Andreas Frutiger, Stefan Baumeister

(57) **Resumo:** MOTOR GERADOR RESFRIADO A AR E MÉTODO PARA OPERAR TAL MOTOR GERADOR. A presente invenção refere-se a um motor gerador resfriado a ar (10) que compreende um rotor (34) com um eixo de rotor (11) que é arranjado de maneira rotativa ao redor de uma linha de centro de máquina (15) e sobre o qual um enrolamento de rotor (16) é arranjado, um estator (35) com uma pilha laminada de estator (18) e um enrolamento de estator (17) arranjado nela, que circunda o enrolamento de rotor (16) de maneira concêntrica, um circuito de resfriamento fechado que opera com ar de resfriamento (24) que é fornecido, com ar de resfriamento em dito circuito de resfriamento escoando através do enrolamento de rotor (16) e o enrolamento de estator (17) radialmente a partir do interior para fora, dito ar de resfriamento sendo resfriado em resfriadores (19) arranjados fora do estator (35) e sendo alimentado de volta para o rotor (34). Resfriamento que pode ser mudado antes ou durante operação é conseguido em uma maneira simples, em virtude do fato que dispositivos de estrangulamento ajustáveis são fornecidos para ajustar o escoamento em volume do ar de resfriamento no circuito de resfriamento ou nos resfriadores (19).



Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"MOTOR GERADOR RESFRIADO A AR E MÉTODO PARA OPERAR TAL MOTOR GERADOR"**.

Campo Técnico

5                   A presente invenção refere-se ao campo de máquinas elétricas rotativas. Ela é relativa a um motor gerador resfriado a ar de acordo com o preâmbulo da reivindicação 1, bem como a um método para sua operação.

Técnica Antecedente

10                   Motores geradores resfriados a ar são, genericamente, resfriados por meio de um circuito fechado de ar. A quantidade requerida de ar é determinada pelas perdas a serem dissipadas. Uma vez que ambos as perdas que ocorrem e também o escoamento em volume de ar de resfriamento gerado, não podem ser determinados de maneira precisa antecipadamente, é necessário incluir no planejamento reservas com relação ao escoamento  
15 em volume. Uma quantidade excessivamente baixa de ar resulta em superaquecimento do gerador. Um escoamento em volume excessivamente elevado resulta em perdas desnecessárias com relação à ventilação. A intenção é, portanto, selecionar o escoamento em volume de ar de resfriamento para ser tão elevado quanto necessário, mas também tão baixo quanto possível. Em geral o escoamento em volume é limitado por quedas de pressão geradas de maneira artificial dentro do circuito de ar (princípio de estrangulamento).  
20

                  A presente invenção simplifica e utiliza este procedimento. A intenção é corresponder um escoamento de volume de ar de resfriamento aos  
25 requisitos para resfriar tão precisamente quanto possível, seja isto feito uma vez quando geradores são trazidos em operação por primeira vez, ou mais vezes no caso de diferentes casos de carga do gerador, tal como surgem no caso de máquinas assíncronas. Convencionalmente isto é realizado, por exemplo, restringindo seções transversais específicas dentro do trajeto de ar  
30 no caso de máquinas energizadas com água, como está divulgado, por exemplo, na figura 1 do documento EP 740 402 A1. No caso de grandes máquinas energizadas por água, isto muitas vezes tem lugar na entrada para a

aranha do rotor. Em virtude de laminações adicionais, a seção transversal de entrada é restringida e, portanto, a quantidade de ar de resfriamento é limitada.

Contudo, este procedimento tem algumas desvantagens:

- 5           - não é mais possível que as laminações de cobertura sejam montadas na aranha do rotor, dependendo da construção da máquina com o rotor instalado. A área de abertura na entrada para a aranha do rotor precisa, portanto, ser definida de maneira fixa, mesmo antes que o rotor seja instalado.
- 10           - se a introdução de laminações adicionais é possível com o rotor instalado, isto pode também somente ter lugar quando a máquina está em uma parada. Isto é consumidor de tempo e, não obstante, o escoamento em volume não pode ser influenciado de maneira precisa.
  - as laminações de cobertura aumentam o peso com o qual os
- 15 mancais são carregados. Além disto, as laminações precisam ser fixadas cuidadosamente de maneira correspondente, uma vez que elas são localizadas na parte rotativa do gerador.
  - a distribuição do escoamento em volume, que é decisiva para a
- 20 uniformidade do resfriamento e, portanto, as temperaturas na máquina, pode ser influenciada de maneira negativa.
  - não é possível responder a diferentes casos de carga do gerador.

#### Descrição da Invenção

- Um objetivo da invenção é, portanto, fornecer um motor gerador
- 25 que, com relação ao resfriamento, evita as desvantagens das soluções convencionais e, em particular, torna possível realizar estrangulamento durante operação em andamento ou corresponder o escoamento em volume do ar de resfriamento de maneira precisa como os respectivos requisitos e, para fazer isto, em particular, também de maneira dinâmica com diferentes car-
- 30 gas. Neste caso os mancais da máquina não deveriam ser submetidos a qualquer carga adicional. Outro objetivo é especificar um método para operar tal motor gerador.

Os objetivos são alcançados pela combinação de características nas reivindicações 1 e 13. De acordo com a invenção, o motor gerador resfriado a ar compreende um rotor com um eixo de rotor que é arranjado de maneira rotativa ao redor de uma linha de centro da máquina, e sobre o qual um enrolamento de rotor é arranjado, e um estator com uma pilha laminada de estator e um enrolamento de estator arranjado nele, que circunda o enrolamento de rotor de maneira concêntrica, um circuito de resfriamento fechado que opera com ar de resfriamento que é fornecido como o ar de resfriamento em dito circuito de resfriamento escoando através do enrolamento do rotor e do enrolamento do estator radialmente a partir de dentro para fora, dito ar de resfriamento sendo resfriado em resfriadores arranjados fora do estator e sendo alimentado de volta para o rotor. O motor gerador de acordo com a invenção é caracterizado pelo fato que dispositivos de estrangulamento ajustáveis serem fornecidos para ajustar o escoamento em volume do ar de resfriamento no circuito de resfriamento nos resfriadores.

A presente invenção possibilita estrangulamento durante operação em andamento. Portanto, o escoamento em volume pode ser correspondido de maneira precisa aos respectivos requisitos. Se requerido, isto também é possível de maneira dinâmica com diferentes cargas. As partes componentes requeridas adicionalmente não são localizadas na parte rotativa do gerador e, portanto, não carregam os mancais de maneira desnecessária. Na presente invenção estrangulamento é realizado virtualmente no "final" da extremidade do circuito de resfriamento, isto é, a montante ou a jusante dos resfriadores.

De acordo com uma configuração da invenção os dispositivos de estrangulamento são arranjados no lado de entrada dos resfriadores.

De acordo com outra configuração da invenção os dispositivos de estrangulamento são arranjados no lado de saída dos resfriadores.

Outra configuração da invenção é caracterizada pelo fato de os dispositivos de estrangulamento compreenderem uma pluralidade de laminações cujas laminações são arranjadas paralelas uma à outra em um plano perpendicular à direção de escoamento.

De acordo com um desenvolvimento desta configuração as laminações são, cada uma, projetadas para serem capazes de pivotar ao redor de sua linha de centro longitudinal.

Em um desenvolvimento rápido, as laminações são individualmente pivotáveis. Isto torna possível influenciar o escoamento em volume não apenas como um todo, mas também em termos da distribuição sobre a área de seção transversal.

Outra configuração da invenção é caracterizada pelo fato de as laminações se estenderem sobre toda a largura e/ou toda a altura dos resfriadores.

Outra configuração da invenção é caracterizada pelo fato de os dispositivos de estrangulamento terem um grande número de elementos de estrangulamento arranjados distribuídos em um plano perpendicular à direção de escoamento, na qual cada um dos elementos de estrangulamento compreende uma abertura vazada.

De acordo com uma modalidade preferida, uma válvula de estrangulamento que pode pivotar ao redor de uma linha de centro de rotação é arranjada, no mínimo, em algumas das aberturas vazadas, na maneira de uma válvula flap.

Neste caso também os elementos de estrangulamento podem ser capazes de ser atuados individualmente.

O método de acordo com a invenção para operar um motor gerador é caracterizado pelo fato de o escoamento em volume do ar de resfriamento ser ajustado durante operação em andamento do motor gerador por meio de ajustamento contínuo dos dispositivos de estrangulamento.

De acordo com uma configuração da invenção o escoamento em volume é ajustado por meio dos dispositivos de estrangulamento, dependendo de uma temperatura medida no motor gerador.

Outra configuração é caracterizada pelo fato de o escoamento em volume ser ajustado uma vez quando o motor gerador é utilizado pela primeira vez.

Ainda outra configuração é caracterizada pelo fato de o escoa-

mento em volume ser regulado de maneira dinâmica durante operação do motor gerador dependendo do caso de carga.

#### Breve Descrição das Figuras

A invenção será explicada em mais detalhes abaixo com referência a modalidades tomadas como exemplo em conexão com o desenho, no qual:

a figura 1 mostra um projeto esquemático de um motor gerador de linha de centro vertical com resfriamento a ar, como é adequado para implementar a invenção;

a figura 2 mostra o arranjo de um dispositivo de estrangulamento ajustável no lado de entrada do resfriador, de acordo com uma modalidade tomada como exemplo da invenção;

a figura 3 mostra o arranjo de um dispositivo de estrangulamento ajustável com controlador no lado de saída do resfriador, de acordo com outra modalidade tomada como exemplo da invenção;

a figura 4 mostra uma vista em planta na direção de escoamento de outro tipo de dispositivo de estrangulamento; e

a figura 5 mostra o projeto de um elemento de estrangulamento individual do dispositivo de estrangulamento mostrado na figura 4.

#### Abordagens para Implementar a Invenção

A figura 1 mostra o projeto esquemático de um motor gerador de linha de eixo vertical com resfriamento a ar, como é adequado para implementar a invenção. O motor gerador 10 compreende um rotor 34, que é arranjado de maneira rotativa ao redor de uma linha de centro de máquina 15 e tem um eixo de rotor ou cubo 11 sobre o qual um enrolamento de rotor 16 é fornecido na forma de enrolamentos de polo arranjados em maneira distribuída. O enrolamento de rotor 16 é conectado ao eixo de rotor 11 por meio de uma aranha de rotor 21.

O eixo de rotor 11 é montado de maneira rotativa com a ajuda de mancais radiais 12, 13 e mancais axiais 14. A aranha de rotor 21 é projetada para guiar ar de resfriamento 24 que penetra através de aberturas de entrada 22 e passa para o exterior por meio de canais vazados correspon-

dentos 23 no enrolamento de rotor 16 na direção radial através do enrolamento de rotor 16. O enrolamento de rotor 16 é circundado de maneira concêntrica por um estator 35 que tem um enrolamento de estator 17 montado em uma pilha laminada de estator 18. O ar de resfriamento que emerge do enrolamento de rotor 16 escoar através do estator na direção radial e uma vez que tenha emergido do estator 35 é resfriado por resfriadores arranjados externamente 19, através dos quais escoar água 20 (ver as tubulações indicadas 27 na figura 2 ou 3). O ar de resfriamento 24 que é resfriado nos resfriadores 19 é alimentado de volta para o rotor 34 e penetra novamente na aranha de rotor 21 de modo a fechar o circuito de resfriamento.

O estrangulamento do escoamento em volume de ar de resfriamento é agora realizado quando o ar de resfriamento penetra nos resfriadores 19 ou quando ele emerge dos resfriadores 19 como está ilustrado à guisa de exemplo, na figura 2 e figura 3. Na figura 2, um dispositivo de estrangulamento 25 está arranjado no lado de entrada dos resfriadores 19, dito dispositivo de estrangulamento tendo uma pluralidade de laminações 26 que podem ser pivotadas ao redor da linha de centro longitudinal (na figura 2 as linhas de centro longitudinais das laminações 26 são orientadas perpendiculares ao plano do desenho). Em princípio as laminações 26 podem ser pivotadas conjuntamente por um mecanismo (não mostrado) para efetuar estrangulamento ajustável do escoamento em volume do ar de resfriamento 24 através do resfriador 19 ou no circuito de resfriamento. Contudo, também é concebível que as laminações 26 sejam projetadas para serem pivotáveis individualmente, para serem capazes de influenciar assim o escoamento em volume diferentemente em pontos diferentes da área de seção transversal.

O mesmo dispositivo de estrangulamento 25 também pode ser arranjado no lado de saída do resfriador 19, contudo, como está mostrado na figura 3. Em ambos os casos, espaço suficiente está disponível no resfriador 19 para os dispositivos de estrangulamento 25. Além disto, esta região é facilmente acessível a partir do exterior e é, portanto, bem adequada com relação à instalação e manutenção.

O coeficiente de perda de pressão e, portanto, a queda de pres-

são pode ser influenciada em uma maneira simples em virtude da posição das laminações 26 na grade de laminação. As laminações 26 podem, neste caso, se estender sobre toda a largura do resfriador e/ou altura do resfriador, dependendo do projeto.

5 O projeto e modo de operação dos dispositivos de estrangulamento podem variar dependendo de requisitos: um tipo diferente de dispositivo de estrangulamento é mostrado nas figuras 4 e 5. O dispositivo de estrangulamento 28 da figura 4 compreende um grande número de elementos individuais de estrangulamento 29, que são arranjados de modo a serem  
10 distribuídos de maneira uniforme em uma parede de outra forma impermeável. O elemento individual de estrangulamento 29 tem (figura 5) uma abertura vazada 30 (que é circular no exemplo) na qual uma válvula de estrangulamento 33 é arranjada de tal modo que ela pode pivotar ao redor de uma linha de centro de rotação 31 por meio de um fuso de válvula 32 na maneira  
15 de uma válvula flape. Dependendo da posição de pivotamento da válvula de estrangulamento 33, a abertura vazada 30 é aberta por uma extensão maior ou menor. O coeficiente de perda de pressão e, portanto, a queda de pressão, pode ser influenciada por meio da posição da válvula de estrangulamento 33. Os estrangulamentos ou elementos de estrangulamento individuais  
20 ais 29 podem ser combinados como requerido.

O objetivo dos dispositivos de estrangulamento é sempre influenciar a queda de pressão e, portanto, o escoamento em volume. O escoamento em volume é ajustado de maneira contínua durante operação em andamento da instalação. O escoamento em volume ótimo é ajustado por meio  
25 do monitoramento de temperatura do gerador. Para esta finalidade, um controlador de estrangulamento 36 pode ser fornecido (como ilustrado em forma muito simplificada na figura 3), que obtém informação de temperatura a partir de uma tomada de temperatura 37 e então controla o estrangulamento no dispositivo de estrangulamento 25. Como já mencionado, isto pode ser realizado uma vez quando a instalação é trazida em operação pela primeira vez  
30 ou, se requerido, o escoamento em volume pode também ser regulado de maneira dinâmica dependendo do caso de carga. No primeiro caso pode ser

- vantajoso para no mínimo alguns dos elementos de estrangulamento 29 serem implementados como diafragmas fixos no interesse de diminuir a complexidade do aparelho. Em virtude do fato que estes podem ser projetados de maneira diferente em termos de forma de seção transversal e/ou a área,
- a perda de pressão e, portanto, a distribuição do escoamento de ar de resfriamento sobre a seção transversal pode ser influenciada. Os dispositivos de estrangulamento 25 ou 28 podem ser fabricados de maneira simples e robusta, uma vez que eles não são requisitos particulares com relação à tolerâncias.

#### 10 LISTA DE SÍMBOLOS DE REFERÊNCIA

|    |        |                                |
|----|--------|--------------------------------|
|    | 10     | motor gerador (resfriado a ar) |
|    | 11     | eixo do rotor                  |
|    | 12,13  | mancais radiais                |
|    | 14     | mancal axial                   |
| 15 | 15     | linha de centro da máquina     |
|    | 16     | enrolamento de rotor           |
|    | 17     | enrolamento de estator         |
|    | 18     | pilha laminada de estator      |
|    | 19     | resfriador                     |
| 20 | 20     | água                           |
|    | 21     | aranha de rotor                |
|    | 22     | abertura de entrada            |
|    | 23     | canal vazado                   |
|    | 24     | ar de resfriamento             |
| 25 | 25, 28 | dispositivo de estrangulamento |
|    | 26     | laminação (pivotável)          |
|    | 27     | tubulação                      |
|    | 29     | elemento de estrangulamento    |
|    | 30     | abertura vazada                |
| 30 | 31     | linha de centro de rotação     |
|    | 32     | fuso de válvula                |
|    | 33     | válvula de estrangulamento     |

|   |    |                                |
|---|----|--------------------------------|
| . | 34 | rotor                          |
|   | 35 | estator                        |
| . | 36 | controlador de estrangulamento |
|   | 37 | tomada de temperatura          |

## REIVINDICAÇÕES

1. Motor gerador resfriado a ar (10) que compreende um rotor (34) com um eixo de rotor (11) que é arranjado de maneira rotativa ao redor de uma linha de centro de máquina (15) e sobre o qual um enrolamento de rotor (16) é arranjado e um estator (35) com uma pilha laminada de estator (18) e um enrolamento de estator (17) arranjado nele que circunda o enrolamento de rotor (16) de maneira concêntrica, um circuito de resfriamento fechado que opera com ar de resfriamento (24) que é fornecido, com o ar de resfriamento em dito circuito de resfriamento escoando através do enrolamento de rotor (16) e do enrolamento de estator (17) radialmente a partir do interior para fora, dito ar de resfriamento sendo resfriado em resfriadores (19) arranjados fora do estator (35) e sendo alimentado de volta para o rotor (34), caracterizado pelo fato de dispositivos de estrangulamento ajustáveis (25, 28) serem fornecidos para ajustar o escoamento em volume do ar de resfriamento no circuito de resfriamento nos resfriadores (19).

2. Motor gerador, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de os dispositivos de estrangulamento (25, 28) serem arranjados no lado de entrada dos resfriadores (19).

3. Motor gerador, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de os dispositivos de estrangulamento (25, 28) serem arranjados no lado de saída dos resfriadores (19).

4. Motor gerador, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, caracterizado pelo fato de os dispositivos de estrangulamento (25) compreenderem uma pluralidade de laminações (26).

5. Motor gerador, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de no mínimo algumas das laminações (26) serem arranjadas paralelas uma à outra em um plano perpendicular à direção de escoamento, de tal maneira que elas possam, cada uma, ser pivotada ao redor de sua linha de centro longitudinal.

6. Motor gerador, de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de as laminações (26) serem projetadas para serem individualmente pivotáveis.

7. Motor gerador, de acordo com qualquer uma das reivindicações 4 a 6, caracterizado pelo fato de as laminações (26) se estenderem sobre toda a largura e/ou toda a altura dos resfriadores (19).

8. Motor gerador, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, caracterizado pelo fato de os dispositivos de estrangulamento (28) terem um grande número de elementos de estrangulamento (29) arranjados distribuídos em um plano perpendicular à direção de escoamento, no qual cada um dos elementos de estrangulamento (29) compreende uma abertura vazadas (30).

9. Motor gerador, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de as aberturas de estrangulamento (30) corresponderem uma à outra em termos de forma e/ou área de seção transversal.

10. Motor gerador, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de as aberturas de estrangulamento (30) serem projetadas diferentemente em termos de forma e/ou área de seção transversal.

11. Motor gerador, de acordo com qualquer uma das reivindicações 8 a 10, caracterizado pelo fato de os dispositivos de estrangulamento (28) terem um grande número de elementos de estrangulamento (29) arranjados distribuídos em um plano perpendicular à direção de escoamento, com cada um dos elementos de estrangulamento (29) compreendendo uma abertura vazada (30) na qual uma válvula de estrangulamento (33), que pode pivotar ao redor de uma linha de centro de rotação (31) ser arranjada na maneira de uma válvula de flape.

12. Motor gerador, de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de os elementos de estrangulamento (29) poderem ser atuados de maneira individual.

13. Método para operar um motor gerador, como definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 12, caracterizado pelo fato de o escoamento em volume do ar de resfriamento ser ajustado durante operação em andamento do motor gerador (10) por meio de ajustamento contínuo dos dispositivos de estrangulamento (25, 28).

14. Método, de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pe-

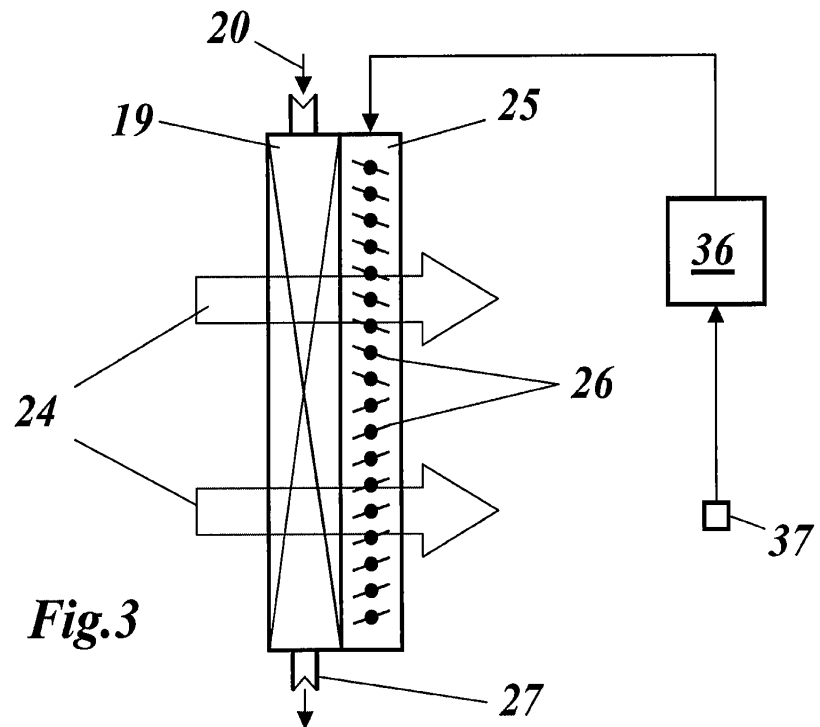
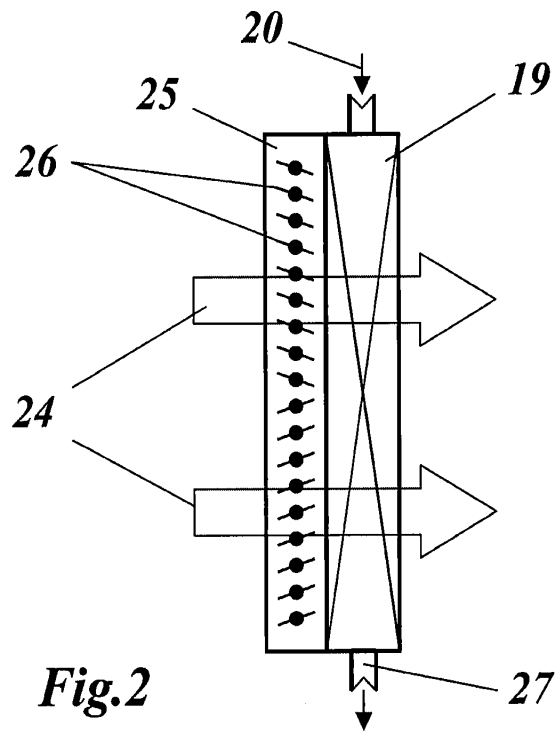
lo fato de o escoamento em volume ser ajustado por meio de os dispositivos de estrangulamento (25, 28) dependendo de uma temperatura medida no motor gerador (10).

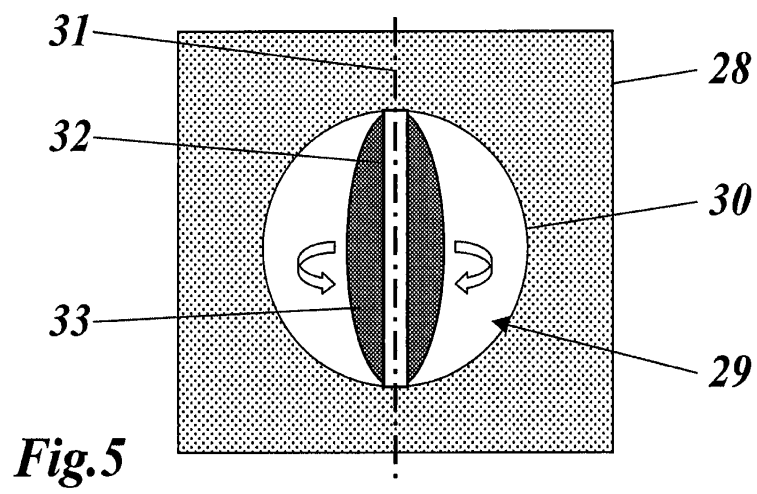
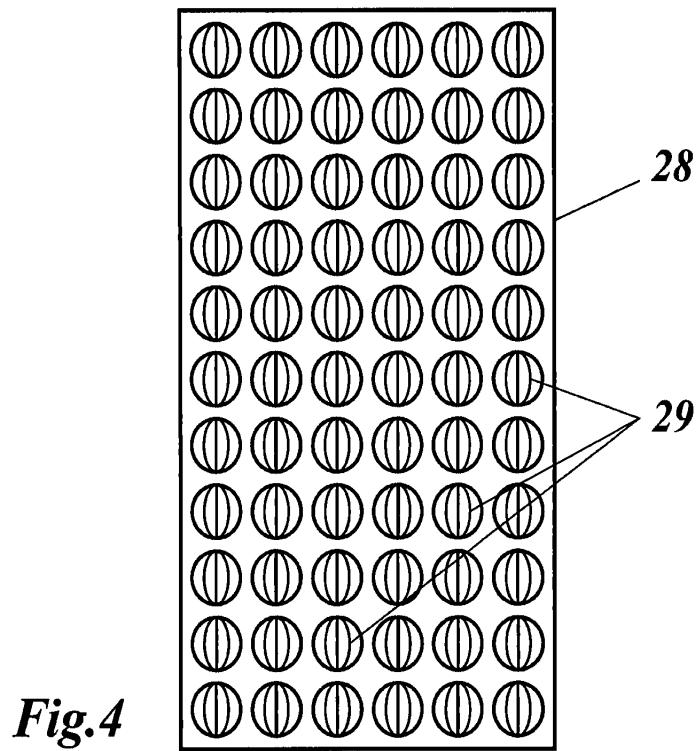
5 15. Método, de acordo com a reivindicação 13 ou 14, caracterizado pelo fato de o escoamento em volume ser ajustado uma vez quando o motor gerador (10) é utilizado pela primeira vez.

16. Método, de acordo com a reivindicação 13 ou 14, caracterizado pelo fato de o escoamento em volume ser regulado de maneira dinâmica durante operação do motor gerador (10) dependendo do caso de carga.



**Fig. 1**





**RESUMO**

Patente de Invenção: **"MOTOR GERADOR RESFRIADO A AR E MÉTODO PARA OPERAR TAL MOTOR GERADOR"**.

A presente invenção refere-se a um motor gerador resfriado a ar  
5 (10) que compreende um rotor (34) com um eixo de rotor (11) que é arran-  
do de maneira rotativa ao redor de uma linha de centro de máquina (15) e  
sobre o qual um enrolamento de rotor (16) é arranjado, um estator (35) com  
uma pilha laminada de estator (18) e um enrolamento de estator (17) arran-  
jado nela, que circunda o enrolamento de rotor (16) de maneira concêntrica,  
10 um circuito de resfriamento fechado que opera com ar de resfriamento (24)  
que é fornecido, com ar de resfriamento em dito circuito de resfriamento es-  
coando através do enrolamento de rotor (16) e o enrolamento de estator (17)  
radialmente a partir do interior para fora, dito ar de resfriamento sendo resfri-  
ado em resfriadores (19) arranjados fora do estator (35) e sendo alimentado  
15 de volta para o rotor (34).

Resfriamento que pode ser mudado antes ou durante operação  
é conseguido em uma maneira simples, em virtude do fato que dispositivos  
de estrangulamento ajustáveis são fornecidos para ajustar o escoamento em  
volume do ar de resfriamento no circuito de resfriamento ou nos resfriadores  
20 (19).