

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"ÍMÃ PARA UM GERADOR"**.

A presente invenção refere-se a um ímã para um gerador. Em particular, a presente invenção é direcionada para um ímã, um gerador, um rotor, um estator e para um gerador compreendendo o ímã.

Devido à variação nas forças magnéticas dentro de máquinas rotativas de ímã permanente como geradores ou motores, ocorre a pulsação do torque. As pulsações de torque ocorrem em situações sem carga e de carga, daqui para frente denotadas torque de borda e torque de ondulação. Estas pulsações de torque podem levar as vibrações que podem ser prejudiciais para a máquina rotativa e para as peças interconectadas. Adicionalmente, as pulsações de torque podem criar ruído acústico de baixa frequência que podem perturbar o ambiente. Este problema pode ser igualmente mais pronunciado nos geradores eólicos de acionamento direto.

A redução do torque pode ser obtida com diferentes métodos como a otimização do formato bidimensional do ímã, formatação das pontas dos dentes do estator/rotor, deslocamento dos ímãs, inclinação convencional dos ímãs ou amortecimento ativo via injeção de harmônicos da corrente. Cada método possui suas próprias deficiências, por exemplo, pelo deslocamento do ímã, o fluxo de vazamento do ímã é aumentado e desse modo, o torque de saída é reduzido. A formatação convencional do ímã em duas dimensões aumenta o custo de fabricação comparado com a inclinação convencional e precisa de ferramentas de modelagem precisas como FEM numérica para otimizar o formato do ímã.

A inclinação dos ímãs é simples e econômica em geral. Entretanto, a inclinação convencional possui várias deficiências como a distribuição do fluxo do ímã e desse modo a redução do componente fundamental do fluxo do ímã e desse modo a redução do torque médio de saída do gerador. Adicionalmente, por razões de simplicidade do formato do ímã e do encaixe do ímã em uma superfície curva do rotor, a inclinação normalmente é feita em poucos e finitos números de etapas. Como resultado, mais fluxo do ímã vaza nas regiões onde dois blocos estão distantes um do outro, o que é

representado pelos vetores de vazamento de fluxo na figura 1. Por consequência, mais volume dos ímãs é requerido para proporcionar o mesmo torque médio (isto é, os ímãs não são utilizados de forma eficiente).

Adicionalmente, desde que a inclinação em várias etapas possa se correlacionar com vazamento de fluxo mais elevado, a inclinação normalmente é feita em poucos números de etapas e desse modo, a minimização do torque de ondulação ou de borda não pode ser totalmente eficaz para alguns projetos.

Portanto, é um objetivo da presente invenção reduzir as pulsações de torque em máquinas de ímã permanente.

Este objetivo é alcançado pelos aspectos das reivindicações 1, 12, 13 e 14, respectivamente. As reivindicações dependentes oferecem detalhes e vantagens adicionais da invenção.

Em um aspecto, a invenção é direcionada para um ímã para um gerador, compreendendo um ímã de base com uma superfície principal possuindo um comprimento e uma largura e um módulo de ímã inclinado disposto na superfície principal. O torque de ondulação e de borda, e desse modo, vibração e fadiga mecânica, no gerador, são minimizados utilizando esta nova técnica de inclinação. O ímã proposto é mais eficaz do que as alternativas existentes, por exemplo, a inclinação convencional de modo a minimizar o torque de ondulação e de borda, enquanto ele não possui as deficiências do último tal como a redução do torque médio e desse modo da potência de saída. Diferente da inclinação convencional, na qual todo o polo do ímã é inclinado, é proposto introduzir um formato assimétrico do ímã, por exemplo, pela adição de um ímã extra em uma superfície do ímã de base e somente inclinar este módulo de ímã inclinado.

O cálculo analítico e de FE provou que o novo ímã realmente minimiza o torque de borda e de ondulação de forma eficaz. Adicionalmente, ele não possui as desvantagens da inclinação convencional. Na nova técnica, não existe fluxo de vazamento extra devido à inclinação, simplesmente devido ao ímã de base não ter sido deslocado, de modo que o fluxo do módulo inclinado tem que seguir o mesmo padrão de magnetização do ímã

de base dominante. Outra vantagem do ímã proposto é que o módulo de ímã inclinado torna mais fácil ter uma inclinação contínua ou desde que não existe fluxo extra de vazamento, é possível fazer a inclinação em qualquer número de etapas e desse modo minimizar o torque de borda mais efetivamente.

O ímã proposto é muito simples para implementar e desse modo, resulta em um produto econômico como um gerador de acionamento direto ou um rotor ou estator do mesmo com performance melhorada.

Finalmente, desde que a inclinação proposta reduz os harmônicos do fluxo do ímã no entreferro do gerador, ela também é uma técnica eficaz para minimizar a perda no gerador e melhorar a eficiência.

O ímã de base pode ter um formato retangular. Este formato é fácil para fabricar e montar.

O ímã de base e o módulo de ímã inclinado podem ser formados inteiriços. Também é possível que o ímã de base e o módulo de ímã inclinado possam ser compostos de vários pedaços e colocados juntos na direção axial, ou o ímã de base pode ser separado do módulo de ímã inclinado e eles podem ser encaixados pela utilização de uma cobertura ou cola de encaixe.

O módulo de ímã inclinado pode compreender vários segmentos de ímã dispostos ao longo do comprimento do ímã e os segmentos de ímã podem compreender um deslocamento na direção da largura. Esta disposição é adaptada para a configuração padrão de uma máquina de ímã permanente e, portanto, pode ser amplamente utilizada.

A largura do ímã de base pode ser substancialmente igual a duas vezes o passo do dente do gerador e a largura de um segmento de ímã pode ser substancialmente igual ao passo do dente do gerador. A presença do módulo de ímã inclinado permite uma largura contínua do ímã de base ao redor de duas vezes o passo do dente. Os segmentos podem ser inclinados pela amplitude de um passo do dente. O volume não inclinado desaparece, o que aumenta a eficácia da inclinação por uma grande margem.

A largura do ímã de base pode ser substancialmente igual a du-

as vezes e dois terços o passo do dente do gerador, dois módulos de ímã inclinados podem ser dispostos na superfície principal, a largura de um segmento de ímã de um módulo de ímã inclinado pode ser substancialmente igual ao passo do dente do gerador e a largura de um segmento de ímã do outro módulo de ímã inclinado pode ser substancialmente igual a um terço do passo do dente do gerador. Esta solução mantém as vantagens descritas acima enquanto permitindo uma adaptação mais refinada para a máquina de ímã permanente.

O módulo de ímã inclinado pode compreender um rebaixo na superfície principal, em que o rebaixo pode ser disposto em um ângulo com respeito ao comprimento da superfície principal. Uma abordagem alternativa para satisfazer as mesmas vantagens como anteriormente descritas é criar uma trilha do tipo inclinada de rebaixo ou cavidade no ímã de base. O custo de fabricação será menor. A técnica pode ser implementada pela forma simples de usinagem e de aparamento do corredor do tipo inclinado longe do ímã de base retangular.

O módulo de ímã inclinado pode ficar voltado para os dentes do gerador. Esta disposição melhora a redução dos harmônicos do fluxo do ímã no espaço de ar, o que é uma técnica eficaz para minimizar a perda no gerador e melhorar a eficiência.

A espessura do módulo de ímã inclinado pode ser menor ou igual à metade da espessura do ímã de base. Devido ao fato de que somente uma pequena fração do fluxo do ímã é distribuída (isto é, o fluxo fundamental é quase o mesmo como no caso sem inclinação devido ao fato de que a parte inclinada é muito mais fina do que o ímã de base dominante), a redução do componente fundamental do fluxo do ímã é quase desprezível, da mesma forma que a redução do torque médio.

O módulo de ímã inclinado pode se estender sobre todo o comprimento do ímã, o módulo de ímã inclinado pode compreender vários segmentos de ímã e cada segmento de ímã pode possuir o mesmo comprimento. Isto utiliza o espaço disponível para a inclinação, resultando em maior eficácia da inclinação.

Em um segundo aspecto, a invenção é direcionada para um rotor de um gerador compreendendo um ímã como descrito acima. As mesmas vantagens e modificações como descritas acima aplicam-se aqui. Este rotor é adequado para uma máquina de ímã permanente possuindo os enro-

5 lamentos em um estator.

Em um terceiro aspecto, a invenção é direcionada para um estator de um gerador compreendendo um ímã como descrito acima. As mesmas vantagens e modificações como descritas acima aplicam-se aqui. Este rotor é adequado para uma máquina de ímã permanente possuindo os enro-

10 lamentos em um rotor.

Em um aspecto adicional, a invenção é direcionada para um gerador com um estator e um rotor, compreendendo um ímã como descrito acima. As mesmas vantagens e modificações como descritas acima aplicam-se aqui.

15 O gerador pode compreender uma configuração de rotor externo para uma turbina eólica. O ímã proposto é muito adequado para grandes geradores de acionamento direto como nas aplicações de força eólica. Ele efetivamente serve para reduzir ruído, aumentar a confiabilidade, aumentar a eficiência ou reduzir o peso do gerador para a mesma eficiência.

20 Os desenhos acompanhantes estão incluídos para proporcionar um entendimento adicional das concretizações. Outras concretizações e várias vantagens pretendidas serão prontamente apreciadas à medida que elas se tornam mais bem entendidas por referência à descrição detalhada seguinte. Os elementos dos desenhos não estão necessariamente em esca-

25 la um em relação ao outro. Números de referência iguais designam partes similares correspondentes.

A figura 1 ilustra uma vista esquemática de um ímã e de dentes de uma máquina conhecida de ímã permanente.

A figura 2 ilustra uma vista esquemática em seção transversal de um ímã e dos dentes de uma máquina de ímã permanente de acordo com a

30 invenção.

A figura 3 ilustra uma vista esquemática de baixo do ímã junto

com o campo magnético de acordo com a invenção.

A figura 4 ilustra uma vista esquemática de baixo de outro ímã de acordo com a invenção.

5 A figura 5 ilustra uma vista esquemática de baixo de outro ímã de acordo com a invenção.

A figura 6 apresenta um diagrama de densidade do fluxo magnético no espaço de ar.

A figura 7 apresenta um diagrama do componente fundamental de densidade de fluxo magnético da figura 6.

10 Na descrição detalhada seguinte, é feita referência aos desenhos acompanhantes, os quais fazem parte da mesma e nos quais são apresentadas, a título de ilustração, concretizações específicas nas quais a invenção pode ser praticada. A este respeito, a terminologia direcional, tal como “parte de cima” ou “parte de baixo”, etc., é utilizada com referência à
15 orientação da(s) figura(s) sendo descrita. Devido aos componentes das concretizações poderem ser posicionados em uma série de diferentes orientações, a terminologia de direção é utilizada para propósitos de ilustração e de modo algum de limitação. É para ser entendido que outras concretizações podem ser utilizadas e alterações estruturais ou lógicas podem ser feitas
20 sem afastamento do escopo da presente invenção. Portanto, a descrição detalhada seguinte não é para ser considerada em um senso de limitação, e o escopo da presente invenção é definido pelas reivindicações anexas.

A figura 1 apresenta parte de uma conhecida máquina de ímã permanente, por exemplo, um gerador 1. Com o gerador 1 conhecido, a estrutura básica e a função do gerador 1 são explicadas em preparação ao ímã
25 proposto e à máquina de ímã permanente como apresentados nas figuras 2 a 4.

O gerador 1 possui um estator 2 com os dentes 3. Os dentes 3 são dispostos como uma distância chamada de passo do dente t_{tooth} em relação um ao outro. Entre dois dentes 3, uma ranhura 4 para acomodar enrolamentos é disposta. O passo do dente t_{tooth} apresentado vai do meio de uma
30 ranhura 4 até o meio de uma ranhura adjacente 4 à medida que isto indica

um domínio de vibração.

Um ímã 5 que é conectado com um rotor (não apresentado) do gerador 1 está localizado acima do dente 3. Acima significa na direção radial r . Entre o ímã 5 e o dente 3 está um espaço de ar 6 do gerador 1.

5 Em um desenho alternativo, os dentes podem ser parte do rotor, enquanto o ímã pode ser disposto no estator.

O ímã convencional 5 é inclinado em duas etapas, o que resulta em três módulos ou partes do ímã 5. Os módulos são inclinados por uma margem de metade do passo do dente t_{tooth} . Observe que a inclinação também poderia ser feita com um deslocamento espacial de um passo de dente.

10 O sombreado por traço ilustra o volume não inclinado dos módulos de ímã inclinado. O passo de inclinação, isto é, o passo do dente t_{tooth} frequentemente é menor, cerca de metade da largura do ímã. A partir da perspectiva do dente, esta região não é inclinada e esta é uma das razões porque a eficácia da inclinação convencional normalmente não é 100%.

Adicionalmente, o fluxo de vazamento adicional deixando os módulos é apresentado como estas partes da superfície frontal (na direção z) que não são cobertas por um módulo adjacente. Os vazamentos de fluxo reduzem o torque médio do gerador 1 e, portanto, não são desejados.

20 A figura 2 apresenta uma máquina de ímã permanente tal como um motor ou gerador 1 de acordo com a invenção. A estrutura apresentada é a mesma que a da figura 1, independente do ímã. A explicação acima (exceto para o ímã) é verdadeira para a figura 2.

O ímã 10 possui um ímã de base 11 com uma largura w_{PM} de duas vezes o passo do dente t_{tooth} . A largura w_{PM} pode ser exatamente duas vezes o passo do dente t_{tooth} ou ela pode ser próxima do mesmo, por exemplo, +/- 10%. A largura w_{PM} estende-se em uma direção circunferencial θ . O ímã de base 11 possui um comprimento L na direção de z . A largura w_{PM} e o comprimento L transpõem uma superfície principal 12. Na verdade, o ímã de base 11 possui duas superfícies principais, uma voltada para o estator 2 e seus dentes 3 e outra sendo oposta. Posteriormente, o termo superfície principal refere-se à primeira superfície.

Na superfície principal 12, um módulo de ímã inclinado 13 é disposto. O módulo de ímã inclinado 13 compreende três segmentos de ímã 14 que podem ser idênticos. Cada segmento de ímã 14 possui uma largura w_{PMM} de uma vez o passo do dente t_{tooth} . A largura w_{PMM} pode ser exatamente uma vez o passo do dente t_{tooth} ou ela pode ser próxima do mesmo, por exemplo, +/- 10%. O comprimento de cada segmento de ímã 14 é igual a L/m , em que m é o número de segmentos de ímã 14. Neste caso, o comprimento de um segmento de ímã 14 é um terço do comprimento L do ímã de base 11. Os três segmentos de ímã 14 são dispostos na direção do comprimento L do ímã de base 11.

Os segmentos de ímã 14 compreendem um deslocamento ou uma inclinação na direção da largura w_{PM} do ímã de base 11 ou da largura w_{PMM} do segmento de ímã 14 que é neste caso a mesma direção. O deslocamento é um terço do passo do dente t_{tooth} e o deslocamento do primeiro e do último segmento de ímã 14 é igual ao passo do dente t_{tooth} .

O sombreamento ilustra o volume não inclinado do ímã de base 11. A largura do volume não inclinado é somente um terço do passo do dente t_{tooth} .

A figura 3 apresenta o ímã 10 a partir do lado de baixo. O ímã de base 11 possui uma altura h_{PM} na direção radial r enquanto o segmento de ímã 14 possui uma altura h_{PMM} . A altura h_{PMM} do segmento de ímã 14 é menor do que a altura h_{PM} do ímã de base 11. A altura h_{PMM} do segmento de ímã 14 pode ser metade, um terço ou mesmo menor do que a altura h_{PM} do ímã de base 11.

Adicionalmente, a figura 3 apresenta o campo magnético indicado pelas setas apontando na direção radial. Não existe fluxo extra de vazamento devido à inclinação devido ao ímã de base 11 não ter sido deslocado. Assim, o fluxo do módulo de ímã inclinado 13 tem que seguir o mesmo padrão de magnetização do ímã de base dominante 11.

A figura 4 apresenta outro ímã 10 com um ímã de base 11 como apresentado na figura 3 e descrito em conjunto com a figura 3. Aqui, dois módulos de ímã inclinados são conectados com a superfície principal 12 do

ímã principal 11. Um primeiro módulo de ímã inclinado 15 possui três segmentos de ímã 16 que são inclinados. O segmento de ímã 16 possui uma largura de um passo de dente t_{tooth} e é deslocado pela largura do segmento de ímã 16. Um segundo módulo de ímã inclinado 17 possui três segmentos de ímã 18 que são inclinados. O segmento de ímã 18 possui uma largura w_{PMM2} de um terço do passo do dente t_{tooth} e é deslocado por um terço da largura do segmento de ímã 18.

Os dois módulos de ímã inclinados 15, 17 são dispostos de modo que na superfície principal 12 na direção da largura, cada parte do ímã de base 11 seja coberta por pelo menos um segmento de ímã 16 ou 18. Devido a esta disposição, não existe volume não inclinado de ímã de base 11.

A fabricação do ímã 10 é fácil, à medida que somente formatos retangulares precisam ser produzidos para encaixarem junto, por exemplo, por meio de cola.

A figura 5 apresenta um ímã adicional 10 com um ímã de base 11 similar aos ímãs descritos em conjunto com as figuras 2 a 4. Aqui, o módulo de ímã inclinado 19 é realizado por um rebaixo ou uma cavidade 20. O rebaixo 20 é disposto de uma maneira diagonal na superfície principal 12. O ângulo entre o comprimento L da superfície principal 12 e o rebaixo 20 pode ser o mesmo sob o qual os segmentos de ímã 14 da figura 2 são dispostos. Também é possível dispor o rebaixo 20 de uma maneira tal que ele se alongue de forma diagonal a partir de um lado da superfície principal 12 ou do ímã de base 11 até o outro lado.

Com respeito às dimensões do rebaixo 20, da mesma forma que a largura w_{PMM} ou altura, as mesmas regras de dimensionamento aplicam-se como para as figuras 2 a 4.

A figura 6 apresenta a densidade do fluxo do ímã no espaço de ar 6. A curva para inclinação convencional apresenta grandes aumentos na densidade levando ao torque reduzido. A inclinação de acordo com a invenção reduz a densidade do fluxo somente por uma pequena margem como apresentado na respectiva curva.

A figura 7 apresenta o componente fundamental do fluxo do ímã.

A situação é a mesma que na figura 6, a inclinação de acordo com a invenção reduz o componente fundamental somente por uma pequena margem.

Devido ao fato de que somente uma pequena fração do fluxo do ímã é distribuída, a redução do componente fundamental do fluxo do ímã é quase desprezível, assim como é a redução do torque médio.

Com a inclinação da invenção, é possível fazer a inclinação em qualquer número de etapas, o que minimiza as ondulações de forma mais eficaz.

REIVINDICAÇÕES

1. Ímã para um gerador (1), compreendendo um ímã de base (11) com uma superfície principal (12) possuindo um comprimento (L) e uma largura (w_{PM}) e um módulo de ímã inclinado (13, 15, 17) disposto na superfície principal (12).
2. Ímã, de acordo com a reivindicação 1, em que o ímã de base (11) compreende um formato retangular.
3. Ímã, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, em que o ímã de base (11) e o módulo de ímã inclinado (13, 15, 17) são formados inteiriços.
4. Ímã, de acordo com uma das reivindicações 1 a 3, em que o módulo de ímã inclinado (13, 15, 17) compreende vários segmentos de ímã (14, 16, 18) dispostos ao longo do comprimento (L) do ímã (10) e em que os segmentos de ímã (14, 16, 18) compreendem um deslocamento na direção da largura.
5. Ímã, de acordo com uma das reivindicações 1 a 4, em que a largura (w_{PM}) do ímã de base (11) é substancialmente igual a duas vezes o passo do dente (t_{tooth}) do gerador (1) e em que a largura (w_{PMM}) do segmento de ímã (14) é substancialmente igual ao passo do dente (t_{tooth}) do gerador (1).
6. Ímã, de acordo com uma das reivindicações 1 a 4, em que a largura (w_{PM}) do ímã de base (11) é substancialmente igual a duas vezes e dois terços o passo do dente (t_{tooth}) do gerador (1), em que dois módulos de ímã inclinados (15, 17) são dispostos na superfície principal (12), em que a largura de um segmento de ímã (16) de um módulo de ímã inclinado (15) é substancialmente igual ao passo do dente (t_{tooth}) do gerador (1) e em que a largura (w_{PMM2}) de um segmento de ímã (18) do outro módulo de ímã inclinado (17) é substancialmente igual a um terço do passo do dente (t_{tooth}) do gerador (1).
7. Ímã, de acordo com uma das reivindicações 1 a 3, em que o módulo de ímã inclinado (19) compreende um rebaixo (20) na superfície principal (12), em que o rebaixo (20) é disposto em um ângulo com respeito ao comprimento (L) da superfície principal (12).

8. Ímã, de acordo com a reivindicação 7, em que a largura (w_{PM}) do ímã de base (11) é substancialmente igual a duas vezes o passo do dente (t_{tooth}) do gerador (1) e em que a largura (w_{PMM}) do rebaixo (20) é substancialmente igual ao passo do dente (t_{tooth}) do gerador (1).

5 9. Ímã, de acordo com uma das reivindicações 1 a 8, em que o módulo de ímã inclinado (13, 15, 17) fica voltado para os dentes (3) do gerador (1).

10 10. Ímã, de acordo com uma das reivindicações 1a 9, em que a espessura (h_{PMM}) do módulo de ímã inclinado (13, 15, 17) é menor ou igual do que metade da espessura (h_{PM}) do ímã de base (11).

15 11. Ímã, de acordo com uma das reivindicações 1 a 10, em que o módulo de ímã inclinado (13, 15, 17) estende-se sobre todo o comprimento (L) do ímã (10), em que o módulo de ímã inclinado (13, 15, 17) compreende vários segmentos de ímã (14, 16, 18) e em que cada segmento de ímã (14, 16, 18) possui o mesmo comprimento.

12. Rotor de um gerador (1) compreendendo um ímã (10) como definido em uma das reivindicações 1 a 11.

13. Estator de um gerador (1) compreendendo um ímã (10) como definido em uma das reivindicações 1 a 11.

20 14. Gerador com um estator (2) e um rotor, compreendendo um ímã (10) como definido em uma das reivindicações 1 a 11.

15. Gerador, de acordo com a reivindicação 14, em que o gerador (1) compreende uma configuração de rotor externo para uma turbina eólica.

FIG 1

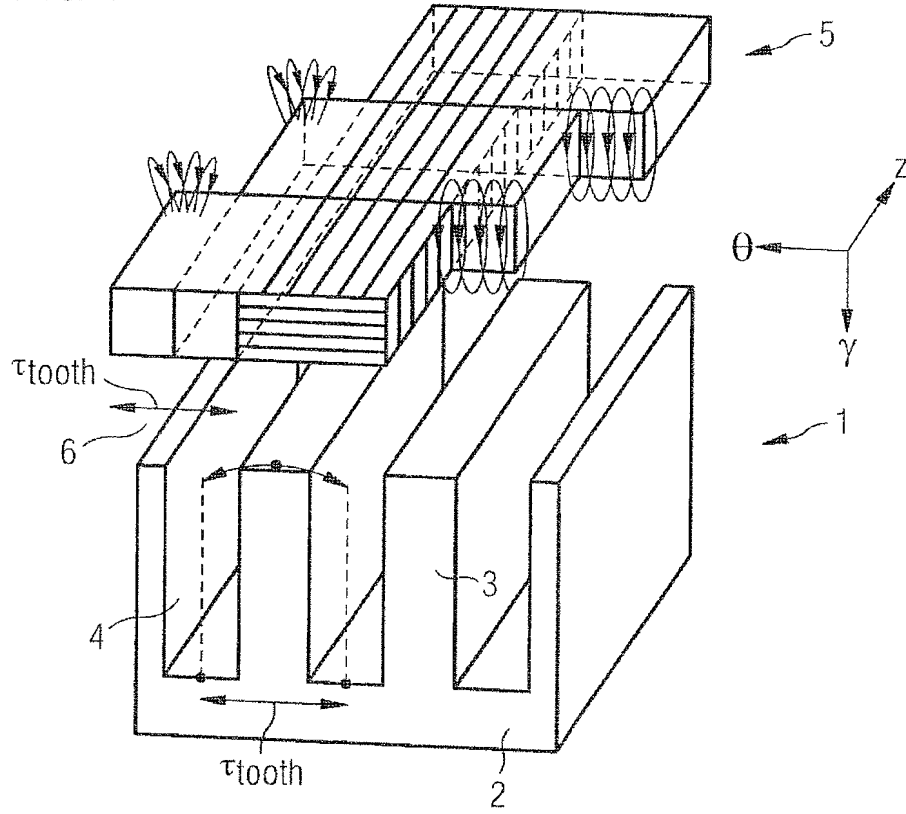


FIG 2

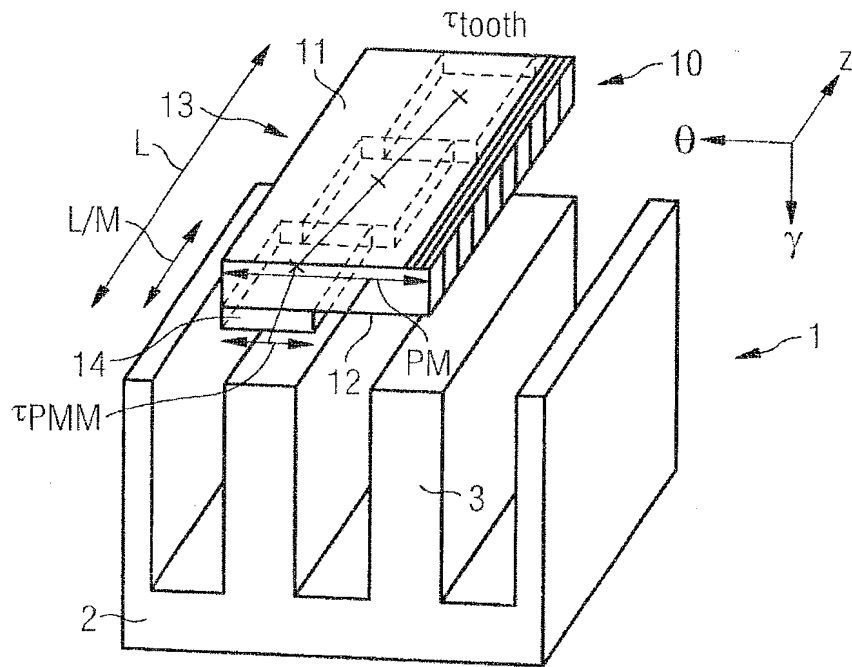


FIG 3

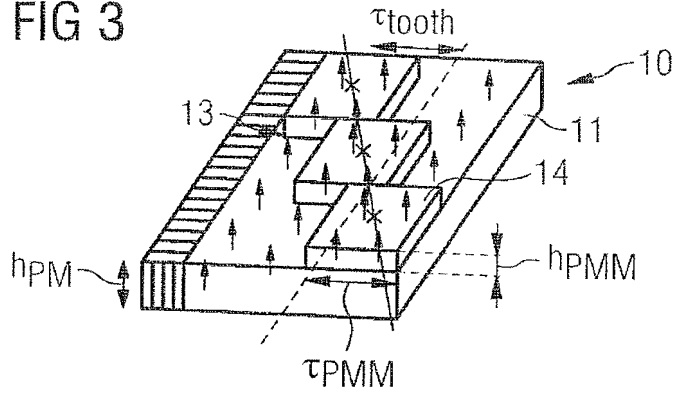


FIG 4

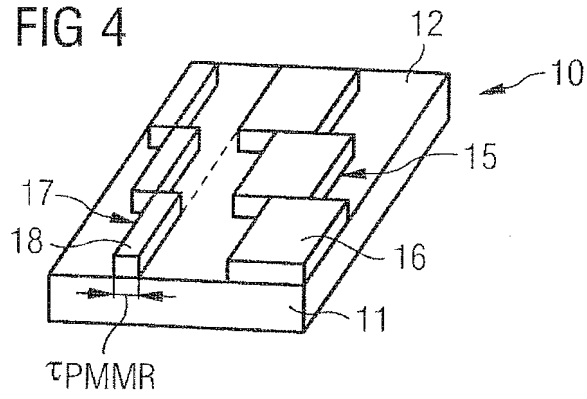


FIG 5

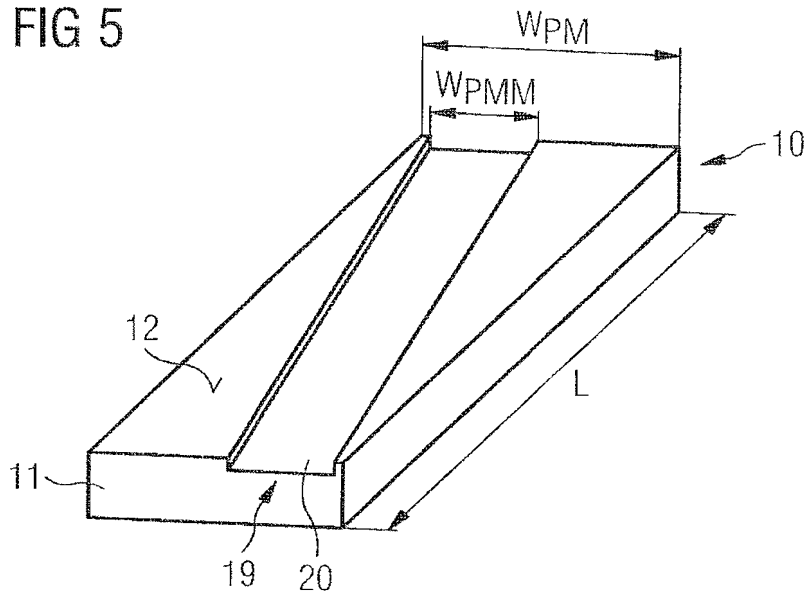


FIG 6

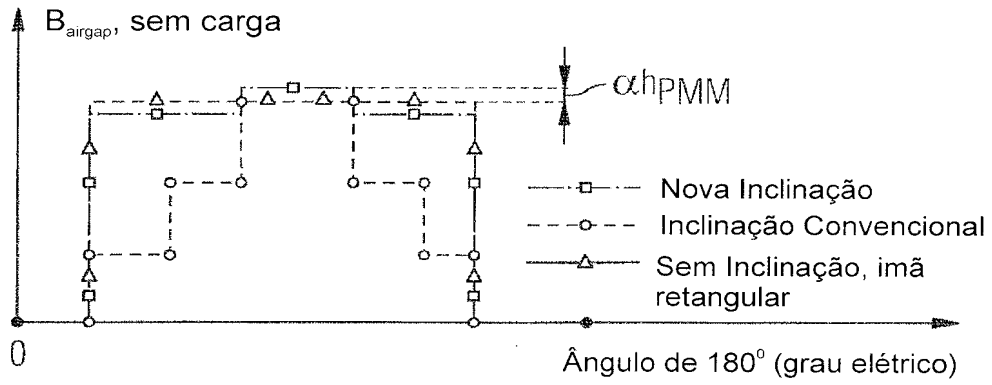
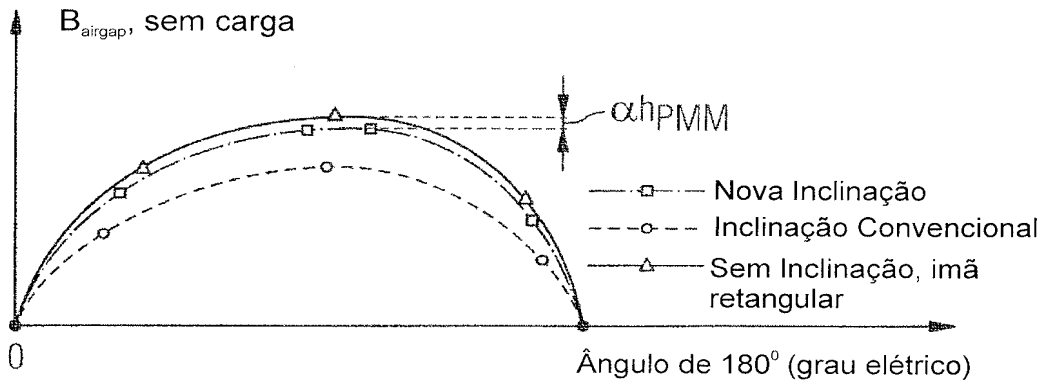


FIG 7



RESUMO

- Patente de Invenção: **"ÍMÃ PARA UM GERADOR"**.

. A presente invenção refere-se a um ímã (10) para um gerador (1) que compreende um ímã de base (11) com uma superfície principal (12) possuindo um comprimento (L) e uma largura (w_{PM}) e um módulo de ímã 5 inclinado (13, 15, 17) disposto na superfície principal (12).