



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

(21) **PI0710350-6 A2**

(22) Data de Depósito: 22/05/2007
(43) Data da Publicação: 09/08/2011
(RPI 2118)



(51) *Int.Cl.:*
F16H 1/36 2006.01
F03D 11/02 2006.01

(54) Título: **SISTEMA DE ENGRENAGENS PARA UMA TURBINA DE VENTO, CAIXA DE ENGRENAGENS E TURBINA**

(30) Prioridade Unionista: 22/05/2006 DK PA 2006 00700

(73) Titular(es): VESTAS WIND SYSTEMS A/S

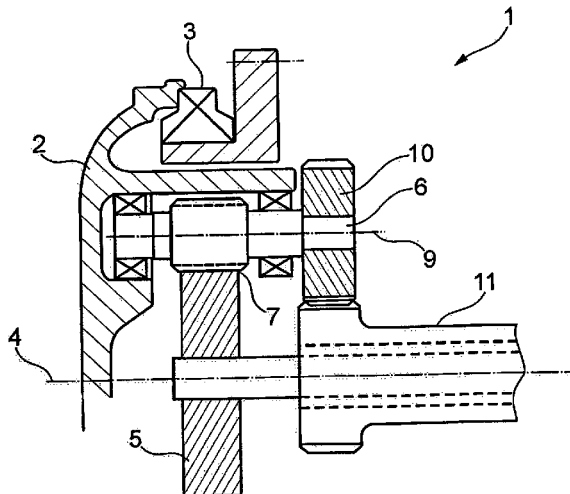
(72) Inventor(es): DEMTRÖDER, JENS

(74) Procurador(es): SIMBOLO MARCAS E PATENTES LTDA

(86) Pedido Internacional: PCT EP2007054962 de 22/05/2007

(87) Publicação Internacional: WO 2007/135156 de 29/11/2007

(57) Resumo: SISTEMA DE ENGRENAGENS PARA UMA TURBINA DE VENTO, CAIXA DE ENGRENAGENS E TURBINA, por se tratar de um sistema de engrenagens (1) compreendendo um mancal principal (3), uma engrenagem principal (5) e dois ou mais eixos pinhão (6). O mancal principal (3) suportando diretamente um meio de inserção de torque (2) e definindo um eixo rotacional (4). Cada um dos eixos pinhão (6) é arranjado para acoplar com a engrenagem principal (5) em uma superfície externa (7) da engrenagem principal (5) de uma maneira tal que o torque transmitido pela engrenagem principal (5) seja dividido em um número de trajetórias paralelas de torque correspondendo com o número de eixos pinhão (6). Pelo menos a engrenagem principal (5) e pelo menos parte dos seus acoplamentos aos eixos pinhão (6) são arranjados dentro de um perímetro definido pelo mancal principal (3). O sistema de engrenagens (1) é compacto em função do arranjo da engrenagem principal (5) e do acoplamento aos eixos pinhão (6). Ao mesmo tempo ele é fácil e econômico de ser fabricado por que os eixos pinhão (6) acoplam na engrenagem principal (5) através da superfície externa (7).





“SISTEMA DE ENGRENAGENS PARA UMA TURBINA DE VENTO, CAIXA DE ENGRENAGENS E TURBINA”

Campo Técnico

A presente invenção se refere a um sistema de engrenagens que é relativamente compacto, e que é relativamente fácil e econômico de ser fabricado. O sistema de engrenagens da presente invenção é adequado para ser utilizado em uma turbina, particularmente em uma turbina de vento.

Fundamentos da Invenção

Existe uma demanda crescente de turbinas de vento que fornecem um maior nível de potência. Isto pode levar a um aumento do tamanho e também do peso das turbinas de vento, o que, no entanto, representa um problema em termos de construção e manutenção das turbinas de vento. É, portanto, desejável construir turbinas de vento maiores, isto é, com um maior nível de potência sem, no entanto, aumentar correspondentemente as dimensões das turbinas.

Uma maneira de alcançar este objetivo é apresentada no documento WO 02/14690, que descreve um conjunto de acionamento para uma turbina de vento compreendendo um cubo rotor e uma unidade de transmissão por engrenagens do tipo planetária, compreendendo uma engrenagem sol, engrenagens planetárias, uma engrenagem anel e um suporte planetário. Esta engrenagem anel é montada de modo não rotacionável a uma estrutura de suporte, por exemplo, uma célula, e um mancal principal rotacionável suporta o cubo rotor e o suporte planetário em relação à engrenagem anel e à estrutura de suporte. As engrenagens sol, as engrenagens planetárias e a engrenagem anel podem estar posicionadas em um plano transversal (perpendicular ao eixo de rotação das forças rotacionais), que também pode conter o mancal principal. Com isto um conjunto de acionamento compacto é providenciado.

Uma desvantagem deste conjunto de acionamento reside no fato de que ele é relativamente difícil e dispendioso de ser fabricado, parcialmente porque a manufatura da engrenagem anel, sendo adaptada para se acoplar com as engrenagens planetárias em uma superfície interna, é

relativamente difícil e dispendiosa de ser fabricada. Além disso, a tecnologia de produção existente para a fabricação de engrenagens anel deste tipo colocam uma restrição na possível escolha de materiais, de uma maneira tal que normalmente é necessário escolher materiais mais dispendiosos. Outra
5 desvantagem reside no fato de que as cargas transversais agindo sobre o mancal principal deformam a engrenagem anel, e com isto prejudicam diretamente o contato entre as engrenagens. Além disso, as deformações da estrutura de suporte do conjunto de acionamento também deformam a engrenagem anel, que é fixada solidamente à estrutura de suporte. Isto também prejudica o contato entre
10 as engrenagens.

Um outro exemplo de um conjunto de acionamento de uma arte anterior é apresentado no documento WO 2004/015267, que descreve uma unidade de engrenagens para uma turbina de vento compreendendo um módulo de engrenagens de baixa velocidade e uma pluralidade de módulos de
15 engrenagens de alta velocidade. O módulo de engrenagens de baixa velocidade é operável simultaneamente para transmitir torque a cada um dos módulos de engrenagens de alta velocidade. O módulo de engrenagens de baixa velocidade pode ser tanto uma engrenagem coroa como uma roda anel. Ao utilizar uma roda anel como elemento de engrenagem de baixa velocidade, o mancal principal do
20 rotor pode estar localizado no diâmetro externo da roda anel, com isto proporcionando uma unidade de engrenagens compacta como descrita no documento WO 02/14690. Entretanto, esta modalidade de construção não pode ser empregada se uma engrenagem coroa for utilizada como elemento de engrenagem de baixa velocidade, e se torna, portanto, necessário comparar a
25 necessidade de uma unidade de engrenagens compacta com a necessidade de uma unidade de engrenagens facilmente e economicamente fabricável. Isto é uma desvantagem.

Ainda outro exemplo de um sistema convencional de engrenagens planetárias é apresentado no documento WO 02/14690 ou DE 103
30 18 94. No sistema de engrenagens apresentado nestas referências, cada uma das engrenagens planetárias tem dois acoplamentos de dentes, um na direção da engrenagem anel e uma na direção da engrenagem sol. As forças dos dentes

nestes dois pontos de contato têm direções opostas. Isto provoca cargas de deformação alternantes nas engrenagens planetárias com cada rotação. Isto representa uma desvantagem, porque reduz a capacidade das engrenagens planetárias.

5

Descrição da Invenção

É, portanto, um objetivo da presente invenção providenciar um sistema de engrenagens que seja relativamente compacto, bem como, fácil e econômico de ser fabricado.

10 É também objetivo da presente invenção providenciar um sistema de engrenagens no qual seja possível executar serviços de manutenção enquanto ele está posicionado em uma turbina, de uma maneira fácil, segura e eficiente.

É também objetivo adicional da presente invenção providenciar um sistema de engrenagens que seja relativamente compacto, bem
15 como, fácil e econômico de ser fabricado.

É também objetivo adicional da presente invenção providenciar um sistema de engrenagens no qual seja possível executar serviços de manutenção enquanto ele está posicionado em uma turbina, de uma maneira fácil, segura e eficiente.

20 É também objetivo adicional da presente invenção providenciar uma turbina, particularmente uma turbina de vento, tendo um sistema de engrenagens que seja relativamente compacto, bem como, fácil e econômico de ser fabricado.

É também objetivo adicional da presente invenção providenciar uma turbina, particularmente uma turbina de vento, tendo uma caixa
25 de engrenagens, na qual seja possível executar serviços de manutenção na caixa de engrenagens sem removê-la da turbina, de uma maneira fácil, segura e eficiente.

De acordo com um primeiro aspecto da presente invenção, os objetivos acima e outros são realizados providenciando um sistema
30 de engrenagens compreendendo:

- um mancal principal suportando diretamente meios de

entrada de torque e definindo um eixo rotacional,

- uma engrenagem principal, e

- dois ou mais eixos pinhão, cada um deles arranjado para

5 acoplar com a engrenagem principal em uma superfície externa da engrenagem principal, de tal forma que o torque transmitido pela engrenagem principal seja dividido em um número de trajetórias paralelas de torque, o mencionado número correspondendo com o número de eixos pinhão, e cada eixo pinhão sendo suportado por uma estrutura de suporte de pinhão,

10 no qual pelo menos a engrenagem principal e pelo menos parte de seus acoplamentos com os eixos pinhão são arranjados com um perímetro definido pela engrenagem principal.

O meio de entrada de torque é uma parte do sistema de engrenagens através do qual o torque entra no sistema, ou diretamente ou através de um cubo de conexão, eixo ou tubo. Ele pode, por exemplo, ser ou
15 compreender um rotor. O torque pode ser fornecido por qualquer meio adequado de geração de torque, tal como uma roda dentada, um cilindro, um sistema de engrenagens externo (aberto), ou um conjunto de lâminas ou pás acionadas por uma corrente fluída, tal como vento ou corrente de água.

O meio de entrada de torque é diretamente suportado
20 pelo mancal principal. Portanto, o meio de entrada de torque gira no mancal principal, com isto inserindo torque no sistema de engrenagens, e com isto definindo um eixo rotacional.

A engrenagem principal e os dois ou mais eixos pinhão são adaptados para acoplar a uma superfície externa da engrenagem principal.
25 Isto é o oposto da situação na qual a engrenagem principal é uma engrenagem anel, isto é, uma engrenagem sendo adaptada para acoplar com um ou mais eixos pinhão em uma superfície interna da engrenagem. Isto representa uma vantagem, por que uma roda de engrenagem que é adaptada para se acoplar através de uma superfície externa é mais fácil e econômica de ser fabricada do
30 que uma roda de engrenagem que é adaptada para se acoplar através de uma superfície interna. Além disso, a tecnologia de fabricação de tais rodas de engrenagens reduz significativamente os requerimentos dos materiais aplicados,

por exemplo, em termos de resistência e/ou durabilidade, e materiais menos dispendiosos podem ser conseqüentemente utilizados, com isto reduzindo ainda mais os custos de fabricação.

Os dois ou mais eixos pinhão são arranjados para acoplar
5 com a engrenagem principal, de tal forma que o torque transmitido a partir da engrenagem principal seja dividido em um número de trajetórias paralelas de torque. O número de trajetórias paralelas de torque corresponde com o número de eixos pinhão. Portanto, o torque que é inserido no sistema através dos meios de inserção de torque se desloca no sistema ao longo de trajetórias paralelas de
10 torque definidas pelos eixos pinhão. Com isto a carga é compartilhada entre os eixos pinhão.

Além disso, os eixos pinhão podem ser arranjados de uma maneira igualmente distribuída em relação a um plano arranjado substancialmente transversal às direções longitudinais definidas pelos eixos
15 pinhão. Alternativamente, os mencionados eixos pinhão podem ser arranjados assimetricamente em relação a um plano deste tipo. Além disso, os eixos pinhão podem ser agrupados, e estes grupos de eixos pinhão podem ser arranjados de uma maneira igualmente ou assimetricamente distribuída em relação a um plano desse tipo.

20 Cada um dos eixos pinhão é suportado por uma estrutura de suporte de pinhão. No presente contexto, o termo "estrutura de suporte de pinhão" deve ser interpretado como sendo um elemento que suporta um ou mais eixos pinhão. Ele pode ter, por exemplo, a forma de uma gaiola de eixo, uma caixa de eixo, uma estrutura de eixo ou um suporte de eixo.

25 Uma vantagem do sistema de engrenagens da presente invenção reside no fato de que os eixos pinhão não têm os dois acoplamentos de dentes como é o caso do sistema de engrenagens apresentado nos documentos WO 02/14690 ou DE 103 18 945, como descrito acima. Conseqüentemente, o problema relacionado às forças dos dentes tendo direções opostas é evitado, e a
30 capacidade de cada um dos eixos pinhão é com isto aumentada consideravelmente. Conseqüentemente, o sistema de engrenagens da presente invenção possibilita uma utilização eficiente de materiais, o que representa uma

vantagem em relação à confiabilidade, bem como, à eficiência de custos.

Pelo menos a engrenagem principal e pelo menos uma parte dos seus acoplamentos para os eixos pinhão são arranjos dentro de um perímetro definido pelo mancal principal. Portanto, a engrenagem principal e pelo menos uma parte dos seus acoplamentos, preferencialmente todos os seus acoplamentos para os eixos pinhão, são arranjos e formados de uma maneira bastante compacta. Conseqüentemente, um sistema de engrenagens bastante compacto foi providenciado. Simultaneamente, o sistema de engrenagens é fácil e econômico de ser fabricado como descrito acima. Isto é bastante vantajoso.

Os mencionados mancais utilizados no sistema de engrenagens da presente invenção podem ser quaisquer tipos de mancais adequados, incluindo mancais de rolos, mancais de rolamentos, mancais de buchas, mancais de linha simples, mancais de múltiplas linhas, e/ou quaisquer outros tipos de mancais adequados. Além disso, um ou mais dos mencionados tipos de mancais podem ser aplicados. Além disso, cada um dos mancais pode ser arranjado com um anel externo rotativo ou com um anel interno rotativo, dependendo do arranjo do mancal em questão.

Similarmente, as engrenagens utilizadas no mencionado sistema de engrenagens da presente invenção podem ser quaisquer tipos de engrenagens adequadas, incluindo engrenagens helicoidais, engrenagens de dentes retos, engrenagens de dupla espiral, engrenagens zigzag, e/ou quaisquer outros tipos de engrenagens adequadas. Além disso, um ou mais dos mencionados tipos de engrenagens podem ser aplicados em várias conexões de engrenagens do sistema de engrenagens.

O sistema de engrenagens pode adicionalmente compreender pelo menos duas estruturas independentes de suporte de pinhão, cada eixo de pinhão sendo suportado por uma das mencionadas estruturas de suporte de pinhão. De acordo com esta modalidade preferida de execução da presente invenção, as estruturas de suporte de pinhão são movimentáveis uma relação à outra até uma determinada extensão, com isto proporcionando um grau adicional de liberdade para assegurar uma distribuição de carga pelo menos substancialmente uniforme entre as trajetórias de torque definidas pelos eixos

pinhão. Deve ser entendido que as estruturas de suporte de pinhão não são capazes de se movimentar completamente independentes umas das outras. Conseqüentemente, a distribuição angular das estruturas de suporte de pinhão em relação ao eixo rotacional definido pela engrenagem principal é preferencialmente pelo menos substancialmente fixa, enquanto que as estruturas de suporte de pinhão são movimentáveis, até uma determinada extensão, uma em relação à outra, em uma direção ao longo do mencionado eixo rotacional, ou em uma direção radial perpendicular ao eixo rotacional. Em uma modalidade preferida de execução da presente invenção, o número de estruturas de suporte de pinhão é igual ao número de eixos pinhão, isto é, cada eixo pinhão é suportado por uma estrutura de suporte de pinhão que suporta apenas este eixo pinhão. Alternativamente, uma ou mais das mencionadas estruturas de suporte de pinhão podem suportar dois ou mais eixos pinhão.

Alternativamente, todos os eixos pinhão podem ser suportados por uma estrutura comum de suporte de pinhão.

A engrenagem principal pode ser rotacionalmente desacoplada do meio de inserção de torque. Neste caso, a mencionada engrenagem principal não gira em conjunto com o meio de inserção de torque, e ela pode ser pelo menos substancialmente estacionária. Alternativamente, a engrenagem principal pode ser adaptada para executar movimentos rotacionais, mas estes movimentos rotacionais serão independentes dos movimentos rotacionais executados pelo meio de inserção de torque. Por exemplo, a engrenagem principal pode girar em uma velocidade diferente, preferencialmente menor do que a velocidade do meio de inserção de torque, ou mesmo na direção oposta de rotação do meio de inserção de torque. Este processo diminui o esforço nas conexões das engrenagens, quando comparado com a situação na qual a engrenagem principal é pelo menos substancialmente estacionária. Além disto, de acordo com esta modalidade preferida de execução da presente invenção, e no caso dos eixos pinhão sendo suportados por uma estrutura comum de suporte de pinhão, a estrutura comum de suporte de pinhão é preferencialmente adaptada para girar em conjunto com o meio de inserção de torque.

Em uma variante adicional da modalidade preferida de

execução descrita acima, a engrenagem principal é substancialmente estacionária durante a operação normal. O eixo ou estrutura suportando a engrenagem principal nesta variante pode ser conectado a um dispositivo de limitação de torque, por exemplo, uma embreagem de fricção, que permite que a engrenagem principal gire com o meio de inserção de torque caso o torque na engrenagem principal exceda o valor predefinido pelo limitador de torque. Isto pode, por exemplo, proteger efetivamente o sistema de engrenagens contra as mudanças das cargas externas, tais como rajadas de vento em uma turbina de vento.

Alternativamente, a engrenagem principal pode ser rotacionalmente fixada ao meio de inserção de torque, a engrenagem principal sendo desta forma adaptada para girar em conjunto com o meio de inserção de torque. Neste caso a(s) estrutura(s) de suporte de pinhão é/são preferencialmente desacopladas rotacionalmente do meio de inserção de torque, podem ser pelo menos substancialmente estacionárias, ou podem ser adaptadas para executar movimentos rotacionais que são independentes dos movimentos rotacionais executados pelo meio de inserção de torque, similarmente à situação descrita acima.

Na condição do meio de suporte de pinhão ser pelo menos substancialmente estacionário em relação a uma estrutura de suporte principal, tal como uma célula de uma turbina de vento, todo o eixo pinhão será facilmente acessível, por exemplo, a partir da parte externa de um invólucro fechando o sistema de engrenagens. Isto facilita o suprimento de lubrificantes aos contatos das engrenagens e aos mancais do sistema de engrenagens. Além disso, os eixos pinhão podem, por exemplo, ser substituídos sem que seja necessário remover inteiramente o sistema de engrenagens da instalação, por exemplo, de uma turbina de vento, no qual ele está localizado. Isto reduz consideravelmente os custos de manutenção, particularmente quando a instalação está posicionada em um local de difícil acesso, tal como um parque eólico em alto mar.

Cada um dos eixos pinhão pode ser adaptado para acoplar, diretamente ou indiretamente, com uma roda de engrenagem conectada a um eixo de acionamento comum, o mencionado eixo de acionamento comum

sendo arranjado pelo menos de modo substancialmente concêntrico ao eixo rotacional do mancal principal. No presente contexto, o termo 'contatando indiretamente' deve ser interpretado de uma maneira tal que a conexão entre um eixo pinhão relevante e a roda de engrenagem seja estabelecido através de um ou mais componentes adicionais de engrenagens, tais como rodas de engrenagens adicionais e/ou eixos pinhão adicionais. De acordo com esta modalidade preferida de execução da presente invenção, o torque que trafega através do sistema pelas trajetórias paralelas de torque, é eventualmente transferido ao eixo de acionamento comum. Conseqüentemente, o sistema de engrenagens pode ser, ou formar parte de um arranjo de engrenagens epicíclico de três vias.

Alternativamente, os eixos pinhão podem formar conexões de transmissão de torque, diretamente ou indiretamente, para dois ou mais eixos de acionamento, os mencionados dois ou mais eixos de acionamento sendo arranjados pelo menos substancialmente paralelos um em relação ao outro e ao eixo rotacional do mancal principal. De acordo com esta modalidade preferida de execução da presente invenção, o torque que trafega através do sistema é transferido para e compartilhado entre dois ou mais eixos de acionamento. Conseqüentemente, o torque de saída do sistema deixa o sistema através de um número de eixos paralelos de acionamento. Cada um destes eixos de acionamento pode, por exemplo, ser conectado a um gerador. Alternativamente, os eixos paralelos de acionamento podem ser conectados a um estágio adicional de engrenagens.

Cada um dos eixos pinhão pode ser conectado, diretamente ou indiretamente, a um eixo individual de acionamento. Neste caso, o número de eixos pinhão é igual ao número de eixos de acionamento.

A engrenagem principal pode ser montada de uma maneira tal que ela seja capaz de acomodar pelo menos substancialmente um compartilhamento uniforme de cargas entre os eixos pinhão, e/ou de uma maneira tal que ela seja capaz de distribuir uniformemente as cargas ao longo da largura de face de cada eixo pinhão. Um modo de execução que torna possível esta condição é o de permitir que a engrenagem principal encontre sua posição radial

e angular livremente, até que as forças em todos os acoplamentos entre a engrenagem principal e os eixos pinhão estejam pelo menos substancialmente em equilíbrio. Isto pode ser obtido, por exemplo, desenhando a estrutura de suporte da engrenagem principal de tal forma que ela seja torcionalmente rígida, mas ao mesmo tempo capaz de flexionar em uma direção radial e/ou angular. Outro modo de realização consiste em arranjar um acoplamento entre a estrutura suportando a engrenagem principal e a própria engrenagem principal, for exemplo, uma junta cardânica.

A engrenagem principal e os eixos pinhão podem formar, ou formam, parte de um primeiro estágio de engrenagens, o mencionado sistema de engrenagens compreendendo um segundo estágio de engrenagens conectado ao primeiro estágio de engrenagens. De acordo com esta modalidade preferida de execução, o sistema de engrenagens compreende dois ou mais estágios de engrenagens. A conexão entre o primeiro estágio de engrenagens e o segundo estágio de engrenagens pode ser estabelecida através de uma engrenagem anel. Alternativamente, a conexão entre o primeiro estágio de engrenagens e o segundo estágio de engrenagens pode ser estabelecida por qualquer outro meio adequado, tal como uma ou mais rodas de engrenagens adaptadas para acoplar através de uma superfície externa.

Alternativamente, o sistema de engrenagens pode compreender apenas um estágio de engrenagens que é diretamente conectado a um ou mais geradores.

Em uma modalidade preferida de execução da presente invenção o meio de inserção de torque pode ser ou compreender um rotor. Conseqüentemente, o sistema de engrenagens é preferencialmente adequado para ser utilizado em um aparelho de geração de potência, tal como uma turbina, isto é, o sistema de engrenagens consiste preferencialmente de um sistema de engrenagens para o aumento de velocidade.

De acordo com uma modalidade preferida de execução da presente invenção, a engrenagem principal, e pelo menos parte dos mencionados acoplamentos entre a engrenagem principal e os eixos pinhão podem ser arrançados pelo menos substancialmente no mesmo plano transversal.

De acordo com esta modalidade preferida de execução, o mancal principal engloba a engrenagem principal e pelo menos parte dos acoplamentos entre a engrenagem principal e os eixos pinhão. Desta forma um sistema de engrenagens bastante compacto é providenciado. Além disso, este arranjo dos acoplamentos das engrenagens relativamente ao mancal principal reduz o impacto das cargas suspensas na distribuição de cargas nos contatos das engrenagens. Conseqüentemente, esta modalidade preferida de execução representa um sistema de engrenagens muito competitivo e confiável, e que é minimamente prejudicado pelo meio ambiente. Isto é muito vantajoso.

10 De acordo com um segundo aspecto da presente invenção, o objetivo acima e outros objetivos são cumpridos providenciando uma caixa de engrenagens compreendendo um sistema de engrenagens de acordo com o primeiro aspecto da invenção. A caixa de engrenagens pode compreender um ou mais estágios de engrenagens como descrito acima.

15 De acordo com um terceiro aspecto da presente invenção, o objetivo acima e outros objetivos são cumpridos providenciando uma turbina compreendendo um rotor acionado por uma corrente fluida, uma caixa de engrenagens de acordo com o segundo aspecto da invenção, e um gerador. A turbina pode compreender apenas um gerador, ou pode compreender dois ou
20 mais geradores como descrito acima.

A turbina consiste, preferencialmente, de uma turbina de vento, mas ela pode, alternativamente, consistir de uma turbina acionada por água.

Breve Descrição dos Desenhos

25 A invenção será agora descrita com mais detalhes, com referência aos desenhos anexos, nos quais

A Figura 1 ilustra uma vista seccional transversal de parte de um sistema de engrenagens de acordo com uma primeira modalidade preferida de execução da presente invenção,

30 A Figura 2 ilustra uma vista seccional transversal de parte de um sistema de engrenagens de acordo com uma segunda modalidade preferida de execução da presente invenção,

A Figura 3 ilustra uma vista seccional transversal de parte de um sistema de engrenagens de acordo com uma terceira modalidade preferida de execução da presente invenção, e

5 A Figura 4 ilustra uma vista seccional transversal de parte de um sistema de engrenagens de acordo com uma quarta modalidade preferida de execução da presente invenção.

Descrição Detalhada dos Desenhos

A Figura 1 ilustra uma vista seccional transversal de um sistema de engrenagens 1 de acordo com uma primeira modalidade preferida de
10 execução da presente invenção. O sistema de engrenagens 1 compreende um componente rotativo 2 sendo diretamente suportado por um mancal principal 3, e sendo adaptado para girar em torno de um primeiro eixo rotacional 4. O componente rotativo 2 é rotacionalmente acoplado a um rotor, isto é, ele gira em conjunto com o rotor. O sistema de engrenagens 1 também compreende uma
15 engrenagem principal 5 que é rotacionalmente desacoplada do componente rotativo 2, isto é, ela não gira em conjunto com o componente rotativo 2 em torno do primeiro eixo rotacional 4. A engrenagem principal 5 é adaptada para acoplar com um número de eixos pinhão 6 através de uma superfície externa 7 da engrenagem principal 5. Na Figura 1 apenas um eixo pinhão 6 é mostrado, porém
20 deve ser entendido que pelo menos dois eixos pinhão 6 estarão presentes.

Os eixos pinhão 6 são suportados por uma estrutura de suporte de pinhão com formato de uma gaiola de pinhão 8, que é adaptada para girar em conjunto com o componente rotativo 2 em torno do primeiro eixo rotacional 4. Na modalidade preferida de execução da Figura 1 a gaiola de pinhão
25 8 forma uma parte integral do componente rotativo 2. Deste modo os eixos pinhão 6 também giram em conjunto com o componente rotativo 2 em torno do primeiro eixo rotacional 4. Como a engrenagem principal 3 não gira em conjunto com o componente rotativo 2, e como a engrenagem principal 3 e os eixos pinhão 6 são acoplados, cada um dos eixos pinhão 6 é levado desta forma a girar
30 individualmente em torno de um eixo de pinhão rotacional 9.

Cada um dos eixos pinhão 6 é dotado de uma segunda roda de engrenagem 10 que gira em conjunto com o eixo pinhão 6 em torno do

eixo rotacional 9. Cada uma das segundas rodas de engrenagem 10 é adaptada para acoplar com uma roda sol 11. A rotação das segundas rodas de engrenagem 10 e o acoplamento entre as segundas rodas de engrenagem 10 e a roda sol 11 faz com que a roda sol 11 execute um movimento rotacional em torno do primeiro
5 eixo rotacional 4.

Está claro que no sistema de engrenagens 1 mostrado na Figura 1, a engrenagem principal 5 e seus acoplamentos aos eixos pinhão 6 estão posicionados dentro de um perímetro definido pelo mancal principal 3, e que o mancal principal 3, a engrenagem principal 5 e seus acoplamentos aos eixos
10 pinhão 6 estão posicionados no mesmo plano transversal. Com isto um sistema de engrenagens 1 bastante compacto é providenciado. Além disso, como a engrenagem principal 5 é adaptada para acoplar com os eixos pinhão 6 através da superfície externa 7, a mencionada engrenagem principal 5 é muito mais fácil e econômica de ser fabricada do que seria o caso se uma engrenagem anel fosse
15 utilizada. Isto foi descrito acima.

Além disso, o torque, que é fornecido pelo rotor, trafega através do sistema de engrenagens 1 através das mencionadas trajetórias paralelas e independentes de torque definidas pelos eixos pinhão 6. Com isto a carga é compartilhada entre estas trajetórias paralelas de torque. Isto é vantajoso,
20 por que a carga aplicada a cada um dos componentes é reduzida e, conseqüentemente, o desgaste dos componentes é reduzido.

É possível desacoplar rotacionalmente os eixos pinhão 6 e as segundas rodas de engrenagem 10. Portanto, a montagem do sistema de engrenagens 1 pode ser executada da maneira seguinte. Como a engrenagem
25 principal 5 é rotacionalmente fixa, os eixos pinhão 6 necessitam ser montados de uma maneira relativa à engrenagem principal 5, de tal forma que os dentes da engrenagem principal 5 e os dentes de cada um dos eixos pinhão 6 acoplem de uma maneira apropriada. Uma vez que isto é obtido, as segundas rodas de engrenagem 10 podem ser giradas para fornecer o acoplamento apropriado entre
30 os dentes das segundas rodas de engrenagem 10 e os dentes da roda sol 11. Posteriormente, os eixos pinhão 6 e suas respectivas segundas rodas de engrenagem 10 são travadas rotacionalmente para que girem em conjunto

durante a operação normal do sistema de engrenagens 1.

A Figura 2 ilustra uma vista seccional transversal de parte de um sistema de engrenagens 1 de acordo com uma segunda modalidade preferida de execução da presente invenção. Similarmente ao sistema de engrenagens da Figura 1, o sistema de engrenagens 1 da Figura 2 compreende um componente rotativo 2 que é diretamente suportado por um mancal principal 3, e que é adaptado para girar em conjunto com um rotor em torno de um primeiro eixo rotacional 4. O sistema de engrenagens 1 também compreende uma engrenagem principal 5 adaptada para acoplar com um número de eixos pinhão 6 através de uma superfície externa 7 da engrenagem principal 5. Na Figura 2 apenas um eixo pinhão 6 é mostrado, mas como explicado acima com referência à Figura 1, deve ser entendido que pelo menos dois eixos pinhão 6 estarão presentes. Os eixos pinhão 6 são suportados por uma gaiola pinhão 8.

No sistema de engrenagens 1 mostrado na Figura 2, a engrenagem principal 5 gira em conjunto com o componente rotativo 2 em torno do primeiro eixo rotacional 4, enquanto que a gaiola pinhão 8 é rotacionalmente desacoplada do componente rotativo 2. Na modalidade preferida de execução da Figura 2 a gaiola pinhão 8 é pelo menos substancialmente estacionária. Entretanto, outros arranjos podem ser considerados, nos quais a gaiola pinhão 8 gira em velocidade rotacional diferente da velocidade rotacional do componente rotativo 2. Isto já foi descrito acima.

Quando o componente rotativo 2, e por conseqüência a engrenagem principal 5, giram em torno do primeiro eixo rotacional 4, e em função do acoplamento entre a engrenagem principal 4 e os eixos pinhão 6, cada um dos eixos pinhão 6 é levado a executar um movimento rotacional individual em torno de um eixo de pinhão rotacional 9.

Cada um dos eixos pinhão 6 é dotado de uma segunda roda de engrenagem 10. Quando um eixo pinhão 6 gira em torno do eixo rotacional 9, a segunda roda de engrenagem 10 correspondente gira em conjunto. Cada uma das segundas rodas de engrenagem 10 é adaptada para acoplar com uma roda sol 11. Correspondentemente, à medida que as segundas rodas de engrenagem 10 giram em torno do seu respectivo eixo rotacional 9, a roda sol 11

é levada a executar um movimento rotacional em torno do primeiro eixo rotacional 4.

Portanto, o sistema de engrenagens 1 da Figura 2 é muito semelhante ao sistema de engrenagens da Figura 1. Entretanto, neste caso a engrenagem principal 5 gira em conjunto com o componente rotativo 2 enquanto que a gaiola pinhão 8 permanece substancialmente estacionária.

Na modalidade preferida de execução da Figura 2 é também possível desacoplar os eixos pinhão 6 e as segundas rodas de engrenagem 10. Portanto, a montagem do sistema de engrenagens 1 pode ser executada da maneira seguinte. Como a gaiola pinhão 8 é rotacionalmente fixa, a engrenagem principal 5 necessita ser montada de uma maneira relativa aos eixos pinhão 6, de tal forma que os dentes da engrenagem principal 5 e os dentes de cada um dos eixos pinhão 6 acoplem de uma maneira apropriada. Isto é obtido girando os eixos pinhão 6 em torno de seus respectivos eixos rotacionais 9 durante a montagem da engrenagem principal 5. Uma vez que isto é realizado, as mencionadas segundas rodas de engrenagem 10 podem ser giradas para fornecer o acoplamento apropriado entre os dentes das segundas rodas de engrenagem 10 e os dentes da roda sol 11. Posteriormente, os eixos pinhão 6 e suas respectivas segundas rodas de engrenagem 10 são travadas rotacionalmente para que girem em conjunto durante a operação normal do sistema de engrenagens 1.

A Figura 3 ilustra uma vista seccional transversal de parte de um sistema de engrenagens 1 de acordo com uma terceira modalidade preferida de execução da presente invenção. O sistema de engrenagens 1 da Figura 3 é muito semelhante ao sistema de engrenagens da Figura 2, e a operação do sistema de engrenagens 1 não será, portanto, aqui descrita com mais detalhes.

A Figura 4 ilustra uma vista seccional transversal de parte de um sistema de engrenagens 1 de acordo com uma terceira modalidade preferida de execução da presente invenção. O sistema de engrenagens 1 da Figura 4 é muito semelhante ao sistema de engrenagens da Figura 1, e a operação do sistema de engrenagens 1 não será, portanto, aqui descrita com

mais detalhes. Portanto, o sistema de engrenagens 1 da Figura 4 difere do sistema de engrenagens da Figura 1 apenas pelo fato de que a engrenagem principal 3 é mantida em um anel externo do sistema de engrenagens 1, enquanto que um anel interno do sistema de engrenagens 1 gira durante a operação.

5 Os sistemas de engrenagens 1 mostrados nas Figuras 1-4 são todos adequados para utilização em uma turbina, tal como uma turbina de vento. Os sistemas de engrenagens 1 podem constituir o sistema inteiro de engrenagens de uma turbina deste tipo. Alternativamente, os sistemas de engrenagens 1 podem formar um primeiro estágio de engrenagens, e a roda sol
10 11 forma, neste caso, uma conexão ao segundo estágio de engrenagens do sistema de engrenagens.

REIVINDICAÇÕES

1. SISTEMA DE ENGRENAGENS PARA UMA TURBINA DE VENTO, caracterizado pelo fato de compreender:

- um mancal principal suportando diretamente um meio de inserção de torque e definindo um eixo rotacional,
 - uma engrenagem principal, e
 - dois ou mais eixos pinhão, cada um deles sendo
- arranjado para acoplar com uma engrenagem principal em uma superfície externa da engrenagem principal, de uma maneira tal que o torque transmitido pela engrenagem principal seja dividido em um número de trajetórias paralelas de torque, o mencionado número correspondendo com o número de eixos pinhão, e cada eixo pinhão sendo suportado por uma estrutura de suporte de pinhão,

no qual pelo menos a engrenagem principal e pelo menos parte dos seus acoplamentos aos eixos pinhão estão arranjados dentro de um perímetro definido pelo mancal principal, e no qual cada um dos eixos pinhão é dotado de uma segunda roda de engrenagem, cada uma das segundas rodas de engrenagens sendo adaptada para acoplar com uma roda sol.

2. SISTEMA DE ENGRENAGENS, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de compreender adicionalmente pelo menos duas estruturas de suporte de pinhão, cada eixo pinhão sendo suportado por uma das mencionadas estruturas de suporte de pinhão.

3. SISTEMA DE ENGRENAGENS, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que a engrenagem principal é rotacionalmente desacoplada do meio de inserção de torque.

4. SISTEMA DE ENGRENAGENS, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que a engrenagem principal é rotacionalmente travada ao meio de inserção de torque, a engrenagem principal com isto sendo adaptada para girar em conjunto com o meio de inserção de torque.

5. SISTEMA DE ENGRENAGENS, de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que cada um dos eixos pinhão é adaptado para acoplar, diretamente ou indiretamente, com uma roda de engrenagem conectada a um eixo de acionamento comum, o mencionado eixo de acionamento comum sendo arranjado pelo menos

substancialmente concêntrico ao eixo rotacional do mancal principal.

6. SISTEMA DE ENGRENAGENS, de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que o sistema de engrenagens é, ou faz parte, de um arranjo de engrenagens epicíclico de três vias.

5 **7. SISTEMA DE ENGRENAGENS**, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1-4, caracterizado pelo fato de que os eixos pinhão formam conexões de transmissão de torque, diretamente ou indiretamente, para dois ou mais eixos de acionamento, os mencionados dois ou mais eixos de acionamento sendo arranjos pelo menos substancialmente
10 paralelos um em relação ao outro e em relação ao eixo rotacional do mancal principal.

8. SISTEMA DE ENGRENAGENS, de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de que cada um dos eixos pinhão está conectado, diretamente ou indiretamente, a um eixo de acionamento individual.

15 **9. SISTEMA DE ENGRENAGENS**, de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que a engrenagem principal é montada de uma maneira tal que ela seja capaz de acomodar pelo menos substancialmente uma distribuição uniforme de cargas ao longo da largura de face de cada um dos eixos pinhão.

20 **10. SISTEMA DE ENGRENAGENS**, de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de que a engrenagem principal é montada de uma maneira tal que ela seja capaz de flexionar em uma direção radial e/ou angular.

11. SISTEMA DE ENGRENAGENS, de acordo com
25 qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que a engrenagem principal e os eixos pinhão formam, ou formam uma parte, de um primeiro estágio de engrenagens, o sistema de engrenagens compreendendo adicionalmente um segundo estágio de engrenagens sendo conectado ao primeiro estágio de engrenagens.

30 **12. SISTEMA DE ENGRENAGENS** de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de que a conexão entre o primeiro estágio de engrenagens e o segundo estágio de engrenagens é estabelecida através de uma engrenagem anel.

13. SISTEMA DE ENGRENAGENS de acordo com

qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que o meio de inserção de torque é, ou compreende, um rotor.

14. SISTEMA DE ENGRENAGENS de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que o
5 mancal principal, a engrenagem principal, e pelo menos parte dos acoplamentos entre a engrenagem principal e os eixos pinhão estão arranados pelo menos substancialmente no mesmo plano transversal.

15. CAIXA DE ENGRENAGENS, caracterizada pelo fato de compreender um sistema de engrenagens de acordo com qualquer uma das
10 reivindicações precedentes.

16. TURBINA, caracterizada pelo fato de compreender um rotor acionado por uma corrente fluida, uma caixa de engrenagens de acordo com a reivindicação 15, e um gerador.

17. TURBINA de acordo com a reivindicação 16,
15 caracterizada pelo fato de que a turbina é uma turbina de vento.

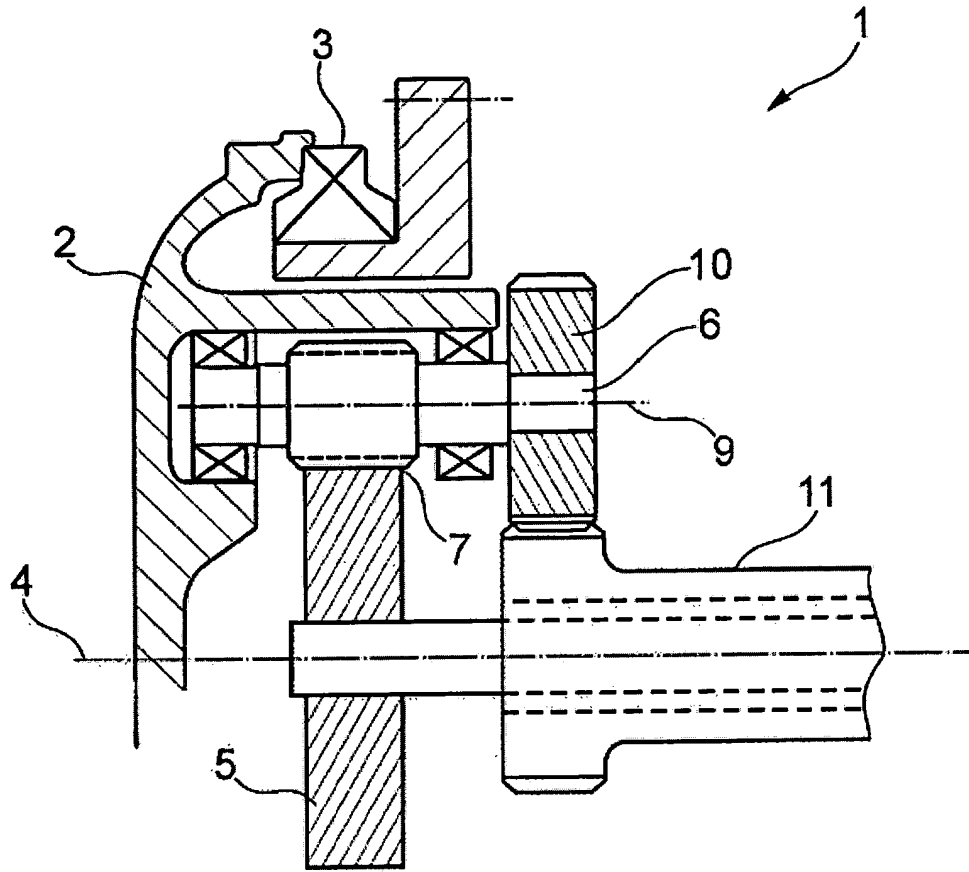


FIGURA 01

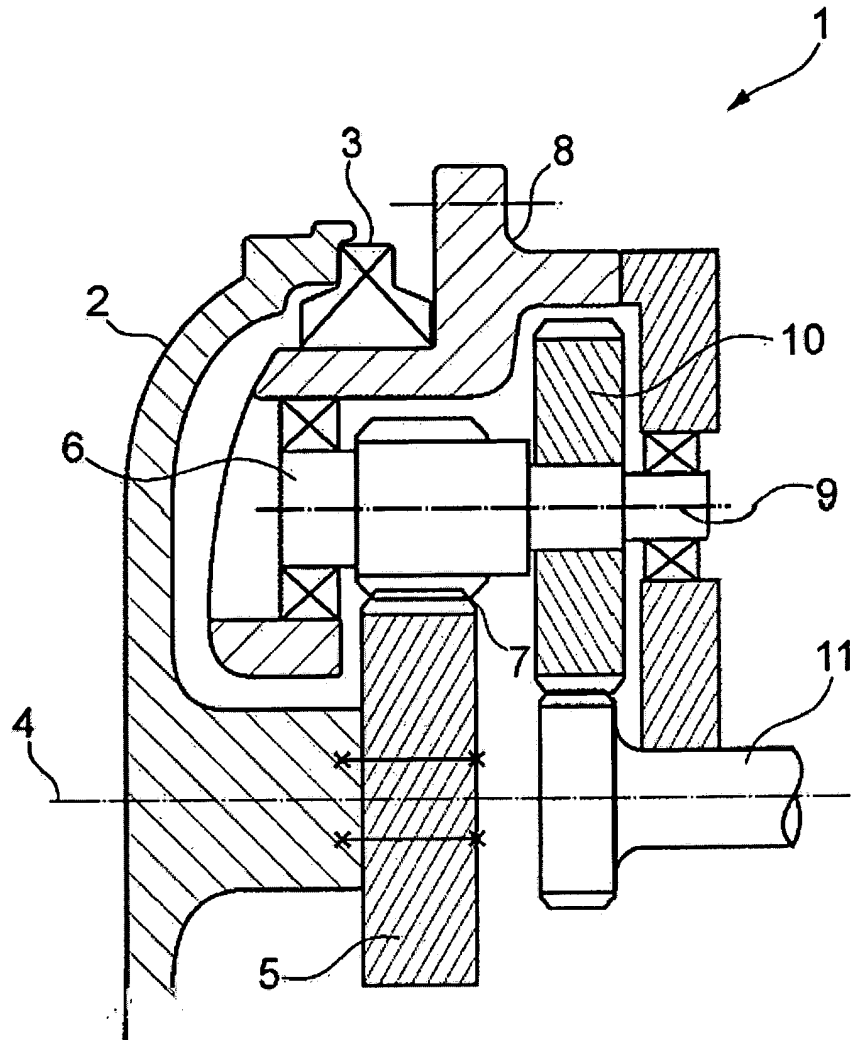


FIGURA 02

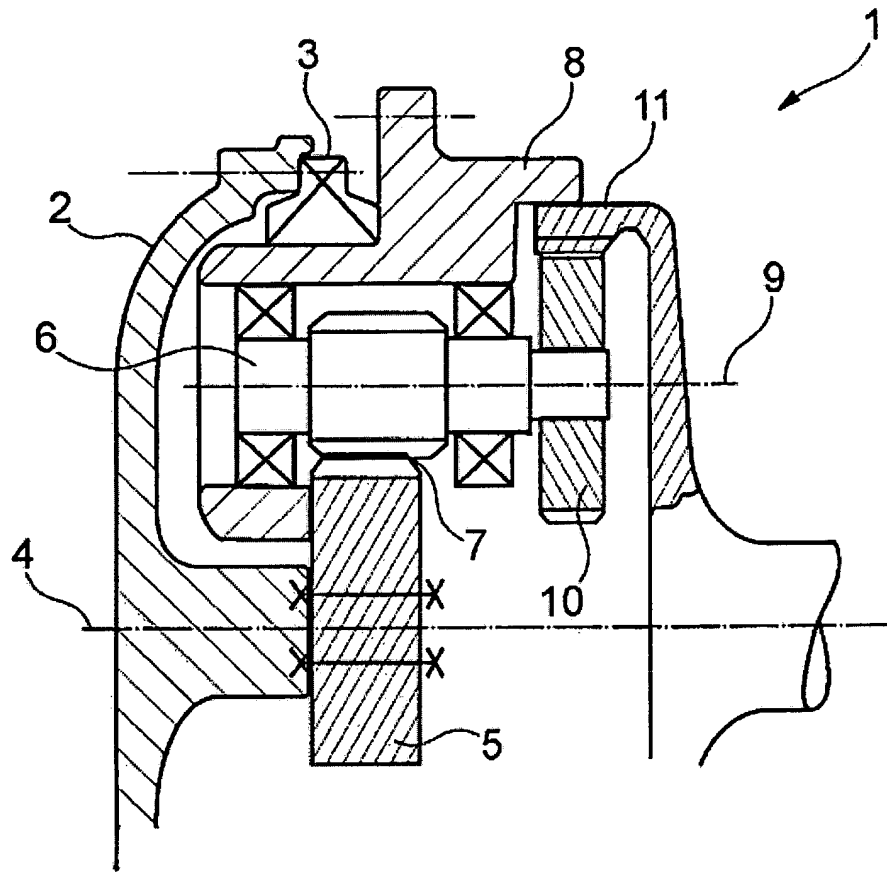


FIGURA 03

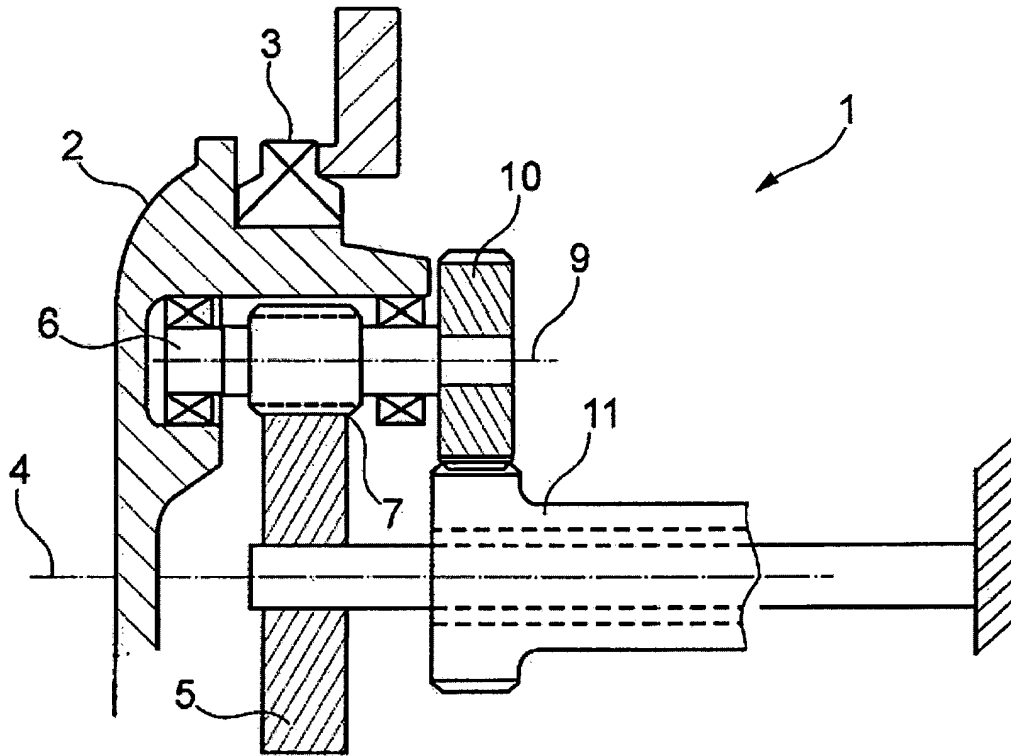


FIGURA 04

RESUMO

“SISTEMA DE ENGRENAGENS PARA UMA TURBINA DE VENTO, CAIXA DE ENGRENAGENS E TURBINA”, por se tratar de um sistema de engrenagens (1) compreendendo um mancal principal (3), uma engrenagem principal (5) e dois ou mais eixos pinhão (6). O mancal principal (3) suportando diretamente um meio de inserção de torque (2) e definindo um eixo rotacional (4). Cada um dos eixos pinhão (6) é arranjado para acoplar com a engrenagem principal (5) em uma superfície externa (7) da engrenagem principal (5) de uma maneira tal que o torque transmitido pela engrenagem principal (5) seja dividido em um número de trajetórias paralelas de torque correspondendo com o número de eixos pinhão (6). Pelo menos a engrenagem principal (5) e pelo menos parte dos seus acoplamentos aos eixos pinhão (6) são arranjados dentro de um perímetro definido pelo mancal principal (3). O sistema de engrenagens (1) é compacto em função do arranjo da engrenagem principal (5) e do acoplamento aos eixos pinhão (6). Ao mesmo tempo ele é fácil e econômico de ser fabricado por que os eixos pinhão (6) acoplam na engrenagem principal (5) através da superfície externa (7).