



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

(21) **PI 0611767-8 A2**

(22) Data de Depósito: 16/06/2006
(43) Data da Publicação: 28/08/2012
(RPI 2173)



(51) *Int.Cl.:*
F03D 1/06
F03D 7/02

(54) **Título:** LÂMINA PARA UMA INSTALAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA, INSTALAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA E MÉTODO DE MELHORAR A OPERAÇÃO DE UMA INSTALAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA

(30) **Prioridade Unionista:** 17/06/2005 DK PA 2005 00899

(73) **Titular(es):** LM Glasfiber A/S

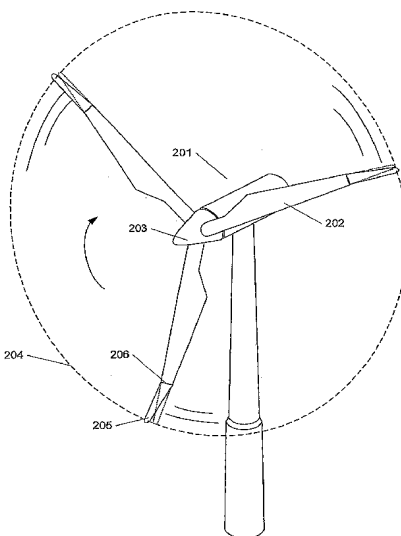
(72) **Inventor(es):** TOMMY SORENSEN

(74) **Procurador(es):** Momsen, Leonardos & CIA.

(86) **Pedido Internacional:** PCT DK2006000348 de 16/06/2006

(87) **Publicação Internacional:** WO 2006/133715 de 21/12/2006

(57) **Resumo:** LÂMINA PARA UMA INSTALAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA, INSTALAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA E MÉTODO DE MELHORAR A OPERAÇÃO DE UMA INSTALAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA. A presente invenção trata de uma lâmina (202) para uma instalação de energia eólica (201) que compreende um atuador controlável e pelo menos uma junta (206) transversalmente disposta na direção longitudinal da lâmina, em torno de cuja junta a parte extrema externa do giro da lâmina a um ângulo a partir da face original de rotação da lâmina pode ser controlada pelo atuador. Pelo que a área do rotor pode ser controlada continuamente durante a operação, e a distância entre a extremidade da lâmina e a torre pode ser aumentada/reduzida. O giro e o reforço da junta são controlados por intermédio de elementos de cabo de tração e/ou atuadores, tais como êmbolos elétricos, pneumáticos ou hidráulicos. A invenção trata também de um método de melhorar a operação de uma instalação de energia eólica em operação, em que a parte a mais exterior do giro das lâminas em torno de pelo menos uma junta transversalmente à direção longitudinal (501) da lâmina para fora da face original de rotação da lâmina é controlada em operação que pode ser opcionalmente baseado em medições da velocidade do vento ou da deformação das lâminas.



“LÂMINA PARA UMA INSTALAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA, INSTALAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA E MÉTODO DE MELHORAR A OPERAÇÃO DE UMA INSTALAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA”

5 A invenção trata de uma lâmina para uma instalação de energia eólica do estado da arte com propriedades operacionais aperfeiçoadas e de uma instalação de energia eólica com uma lâmina deste tipo. A invenção também de um método de melhorar o funcionamento de uma instalação de energia eólica.

Fundamentos

10 O rendimento energético de uma instalação de energia eólica depende diretamente da dimensão da área do rotor e assim do comprimento efetivo das lâminas. Uma lâmina com um comprimento 1% mais curto significa assim, via de regra, uma redução de 2-3% na potência de saída. Como um resultado de esforços para economizar material e peso, as lâminas
15 em uma instalação de energia eólica com frequência são muito simples e seu flexionar devido ao vento pode assim ser bastante considerável. A deformação da lâmina, por conseguinte, resulta em uma redução na área do rotor e assim em uma redução inconveniente na potência de saída.

Outrossim, a deformação da lâmina é com frequência um fator
20 dimensionalmente restritivo na construção de novas instalações de energia eólica, uma vez que tem de se assegurar que as lâminas não colidam com a torre. A disposição do rotor mais afastada da torre é indesejável, uma vez que comprimento aumentado do eixo principal dá origem a um momento aumentado sobre a torre e forças inconvenientes em engrenagem e mancais de
25 rolamento no cubo.

Dependendo da velocidade do vento pode ser desejável tanto aumentar o rotor para utilizar o vento a um maior grau como aumentar a potência de saída (no caso de baixas velocidades do vento) e alterar o perfil das lâminas para que não colidam com a torre (no caso de altas velocidades

do vento).

É conhecido da EP 1019631 a manufatura de lâminas pré-curvadas, que até certo ponto compensam a flexão causada pelo vento. Todavia, o comprimento efetivo da lâmina é ainda obtido somente à
5 velocidade de vento projetada específica. No caso de todas as outras velocidades de vento a lâmina ainda se flexionará quer no sentido do vento quer para trás.

Outro método de alterar o diâmetro do rotor de uma instalação de energia eólica é conhecido de instalações de energia eólica com lâminas do
10 tipo telescópico que podem ser estendidas ou retraídas em resposta às condições do vento. Todavia, este princípio envolve o fato de que, puramente de um ponto de vista espacial, as partes da lâmina têm de ser mutuamente deslocadas, o que não é ideal. Ainda uma desvantagem é aquela da rigidez de uma lâmina e assim seu rendimento se alterar de forma bastante dramática
15 tendo uma parte de asa acomodada por completo ou parcialmente no seu interior. Assim, é impossível projetar uma lâmina telescópica com propriedades de rigidez ideais em todas as suas configurações.

O documento DE 3150715 apresenta uma instalação de energia eólica onde a parte extrema externa das lâminas pode ser girada em
20 torno de uma articulação a um ângulo preferivelmente de 45° comparado com o eixo geométrico longitudinal de cada lâmina. Cada ponta de lâmina é balanceada por uma mola e um contrapeso disposto no exterior da lâmina, pelo que a extremidade da lâmina é suscetível de ser posicionada em três ajustes principais e assim influir sobre o número de revoluções a baixas
25 velocidades de vento e durante a partida a extremidade da lâmina será virada ligeiramente para cima contra o vento de maneira para desse modo conferir um momento de rotação aperfeiçoado, em operação normal a lâmina será endireitada, e no caso de velocidades de vento elevadas o vento curvará a ponta da lâmina adicionalmente, o que terá um efeito de frenagem. Todavia,

aqui a estrutura significa que a área do rotor da instalação de energia eólica é reduzida tanto no caso de baixas como de altas velocidades do vento. Finalmente a estrutura descrita, apresentando contrapesos e molas dispostos no exterior da lâmina, é desvantajosa dos pontos de vista de aerodinâmica e operação.

Objetivo e Descrição da Invenção

Constitui o objetivo da invenção apresentar uma lâmina para uma instalação de energia eólica, eliminando os problemas acima mencionados de redução da área do rotor causada pela flexão da lâmina.

10 Constitui ainda outro objetivo poder regular a distância entre a lâmina e a torre da instalação de energia eólica quando desejado.

A presente invenção assim trata de uma lâmina para uma instalação de energia eólica que compreende pelo menos um atuador controlável disposto no interior da lâmina, incluindo um êmbolo e.g. elétrico, hidráulico ou pneumático e pelo menos uma junta localizada a uma distância da raiz da lâmina de entre 80% e 90% do comprimento da lâmina e transversalmente à direção longitudinal da lâmina, em torno de cuja junta a parte extrema externa do giro da lâmina em um ângulo para fora da face original de rotação da lâmina pode ser controlada pelo atuador, pelo que a área do rotor pode ser controlada em operação.

20 Pelo método a vantagem é obtida de que a ponta da lâmina pode ser orientada a diferentes ângulos enquanto a instalação de energia eólica está em funcionamento e desse modo variar o perfil da lâmina para compensar de maneira ideal o perfil da lâmina para opcionalmente compensar a flexão da lâmina pelo vento. Dessa forma a área do rotor pode ser maximizada a diferentes velocidades de vento, pelo que um maior rendimento de energia pode ser efetuado. A dita orientação pode ser para cima contra o vento para compensar a flexão pelo vento ou para baixo com o vento no caso de velocidades de vento relativamente baixas se as lâminas são

demasiadamente curvadas. Ainda uma função vantajosa da lâmina de acordo com a invenção reside no fato da ponta de lâmina poder ser orientada de tal modo que a área do rotor é reduzida, o que pode ser conveniente no caso de altas velocidades de vento onde é desejado reduzir as cargas. Adicionalmente, o virar a extremidade da lâmina pode servir como um freio sobre a instalação de energia eólica. A virada da extremidade da lâmina é também vantajosa como uma maneira fácil e eficiente pela qual aumentar a distância entre as extremidades da lâmina e a torre em operação, cuja distância pode ser um parâmetro limitado e dimensionador, particularmente no caso de altas velocidades de vento. Assim é possível dispor o rotor em relação mais próxima da torre e reduzir o comprimento do eixo principal da instalação de energia eólica, o que por sua vez resulta em uma redução das forças e das cargas sobre o mecanismo e mancais de rolamento. Outrossim, de acordo com a invenção, a dita junta significa que as lâminas podem ser manufaturadas para ser mais elásticas, pelo que economias são obtidas tanto sobre o peso como o material com decorrentes custos de produção mais baixos. Quando a ponta da lâmina é girada inteiramente para ser perpendicular à direção longitudinal da lâmina, é adicionalmente obtido que a ponta da lâmina possa servir como uma asinha e propriedades de desempenho crescentes. Finalmente, a virada da ponta da lâmina facilitará o transporte da lâmina agora algo mais curta do local de produção para o sítio de desenvolvimento da instalação de energia. Os giros das pontas da lâmina podem ser controlados individualmente por intermédio de atuadores controláveis ou em função da velocidade do vento localmente ou em média porem também em função do vasto número de outros parâmetros operacionais, e.g. as cargas sobre a lâmina, vibrações, o ruído, o gradiente de vento atual, o flexionar da lâmina, a intensidade de turbulência, o erro de guinada, o ângulo de passo, a posição de guinada, o rendimento da turbina, a densidade do ar ou o número atual de revoluções da turbina.

A invenção trata ainda de uma lâmina para uma instalação de energia eólica de acordo com o acima exposto, no qual a junta é disposta aproximadamente ao longo da corda do perfil da lâmina. Desse modo é possível para a junta se deslocar, pois habilita um girar da junta com forças de tração assim como com forças de pressão.

De acordo com ainda uma modalidade a junta na lâmina de acordo com o acima exposto é disposta a um ângulo de -60° e $+60^\circ$ em relação à direção longitudinal da lâmina.

Outrossim, a invenção trata de uma lâmina para uma instalação de energia eólica de acordo com o acima que é, pelo menos em torno da junta produzida de um material elástico, tal como borracha. Desse modo uma suave transição é realizada da parte não girada para a parte girada da lâmina com mínima alteração do quadro de fluxo do vento em torno da lâmina, pelo que a perda de energia devido à rotação como tal é minimizada. Também, a dita suave transição incorre em o ruído ser reduzido comparado com uma transição de gume ou inelástica entre a lâmina e a extremidade da lâmina.

De acordo com ainda uma modalidade da invenção, a lâmina compreende uma junta rotativa ou uma junta resiliente de uma determinada extensão na direção longitudinal da lâmina. Pela última uma virada de certo modo gradual da lâmina é realizada com subseqüentes menores requisitos para a elasticidade do material do casco da lâmina.

Outrossim, a invenção trata de uma lâmina para uma instalação de energia eólica como descrita acima, no qual a lâmina compreende um atuador, inclusive um êmbolo elétrico, hidráulico ou pneumático, configurado para reforçar a junta. Desse modo é realizado de uma maneira simples e eficaz que a extremidade da lâmina possa ser fixada na posição desejada.

De acordo com ainda uma modalidade, a ponta da lâmina pode

como descrito acima, ser girada em torno da junta por intermédio de um elementos de tração de arame, que constitui um método simples e econômico de realizar a transferência de energia requerida.

5 Além disso, a invenção trata de uma instalação de energia eólica com uma lamina de acordo com uma ou mais das modalidades descritas acima.

10 Outrossim, a presente invenção trata de um método de melhorar a operação de uma instalação de energia eólica consistindo do fato da parte extrema externa do giro das pás em torno de pelo menos uma junta transversalmente disposta em relação à direção longitudinal da pá a um ângulo fora da face original de rotação da lâmina ser controlada por pelo menos um atuador controlável, pela qual a área do rotor é controlada durante a operação. Por intermédio do qual a área do rotor pode ser alterada e/ou aumentada, ou o espaço livre entre a lâmina e a torre na instalação de energia
15 eólica é aumentado. As vantagens disto são descritas acima no contexto de uma lâmina para uma instalação de energia eólica.

A invenção trata ainda de métodos de acordo com o acima adicionalmente compreendendo a medição da velocidade do vento e/ou a deformação da lâmina e baseada sobre os mesmos, determinar o giro da
20 extremidade da lâmina. Pelo que é obtida a vantagem da angulação da extremidade da lâmina conferindo o perfil total ideal da lâmina poder ser determinada continuamente em função da velocidade do vento e do comportamento da lâmina.

De acordo com ainda uma modalidade a junta é reforçada em
25 relação à extremidade da lâmina por intermédio de pelo menos um atuador, por meio do qual a angulação da extremidade da lâmina pode ser controlada e mantida eficientemente.

Finalmente, a invenção também refere-se a um método de acordo com o acima e consistindo do fato da extremidade da lâmina poder ser

girada em torno de um eixo geométrico aproximadamente em paralelo com o eixo geométrico longitudinal da extremidade da lâmina. Por este método uma outra opção é tornada disponível de como virar a extremidade da lâmina, o que pode ser vantajoso se a lâmina é, e.g. inclinada ou torcida.

5 Breve Descrição dos Desenhos

A seguir a invenção é descrita com referência às figuras, de acordo com as quais:

A figura 1 mostra uma curva de potência típica para uma instalação de energia eólica;

10 A figura 2 mostra uma instalação de energia eólica, ilustrada em uma vista frontal inclinada, com extremidades de lâmina viradas de acordo com a invenção;

15 A figura 3 mostra uma instalação de energia eólica vista a partir do cubo e para baixo, mostrado para dentro, a partir do lado, e com as extremidades da lâmina viradas para alterar a área do rotor de acordo com a invenção;

20 A figura 4 mostra uma instalação de energia eólica a partir do cubo e para baixo, vista para dentro a partir do lado, e com lâminas pré-curvadas, as extremidades da lâmina são viradas para aumentar a área do rotor de acordo com a invenção;

A figura 5 mostra uma instalação de energia eólica a partir do cubo e para baixo, visto para dentro a partir do lado, e com as extremidades de lâmina viradas para aumentar a distância entre a extremidade da lâmina e a torre de acordo com a invenção;

25 A figura 6 mostra a parte extrema externa de uma lâmina para uma instalação de energia eólica de acordo com a invenção – vista por um lado a partir de cima e, por outro para dentro a partir do lado.

A figura 7 mostra uma outra modalidade da parte extrema externa de uma lâmina para uma instalação de energia eólica de acordo com a

invenção – vista por um lado a partir de cima e, por outro, para dentro a partir do lado;

5 A figura 8 mostra a parte extrema externa de uma lâmina para uma instalação de energia eólica de acordo com a invenção – vista por um lado a partir de cima e, por outro, para dentro a partir do lado;

A figura 9 mostra uma modalidade alternativa da parte extrema externa de uma lâmina para uma instalação de energia eólica com duas juntas em sucessão – vistas por um lado de cima e, por outro, para dentro a partir do lado; e

10 A figura 10 mostra o mesmo que a figura 9, porém, com outra localização das juntas rotativas – vista por um lado de cima e, por outro, para dentro a partir do lado.

Descrição de Modalidades

15 A figura 1 mostra esquematicamente uma curva de energia típica para uma instalação de energia eólica. A curva mostra a potência P obtida em função da velocidade do vento V . A instalação de energia eólica principia a produzir corrente a um vento de partida tendo a velocidade V_0 e o rendimento energético aumenta a partir desta com velocidades de vento crescentes até a velocidade V_1 . Nesta área 101 a instalação de energia eólica é

20 estruturada para maximizar a potência disponível e a produtividade da instalação de energia eólica. Na velocidade de vento V_1 a instalação de energia eólica gera a máxima potência P_{max} . A magnitude desta velocidade depende de vários fatores tais como fatores financeiros, inclusive e.g. a dimensão da instalação, e condições de vento locais onde a instalação de

25 energia eólica deve ser erigida. A partir daquela velocidade de vento V_1 e até o vento de parada V_2 a instalação de energia eólica é construída para produzir um efeito máximo constante P_{max} . A energia adicional que poderia na realidade ser derivada de altas velocidades de vento usualmente não é explorada pois não é lucrativa comparada com, por um lado, a frequência das

ditas altas velocidades de vento e, por outro, os custos de produção adicionais, causados pela cargas de vento correspondentemente mais altas na forma de engrenagens, torre, gerador etc. mais robustas. Nesta área 102, às velocidades V_1 e V_2 , a instalação de energia eólica é assim usualmente estruturada para

5 minimizar as cargas sobre a instalação de energia eólica. De maneira idêntica, a instalação de energia eólica com lâminas relativamente flexíveis é na maioria das vezes dimensionada para levar em consideração que as lâminas não devem ser deformadas e se flexionarem a um grau tal que possam colidir com a torre (dimensionada em vista da flexão) que é um parâmetro

10 considerável precisamente na área 102 às altas velocidades de vento.

A figura 2 mostra uma instalação de energia eólica 201 com três lâminas 202 assentadas no cubo 203 e girando conjuntamente com o mesmo. A dimensão da área – a área rotativa 305 – varrida pelas lâminas 202 é determinante de quanta energia a instalação de energia eólica é suscetível de

15 extrair do vento e assim do seu rendimento energético. Via de regra, um raio que é menor em 1% significará uma redução na energia produzida de 2 a 3%. O comprimento efetivo das lâminas é assim crucial para a produtividade de uma instalação de energia eólica. Dependendo de que material é usado para as lâminas 202, elas podem possuir considerável flexibilidade, que por sua vez

20 leva a deformações e flexões comparativamente grandes da extremidade da lâmina devido às cargas de vento. Como um exemplo pode ser mencionado que uma lâmina de fibra de vidro com um comprimento de 30 m é suscetível de flexionar-se em tanto quanto 6 metros no caso de velocidades de vento correspondentes às condições operacionais usuais. Pelo que, a flexão reduz

25 consideravelmente a área do rotor 204. De maneira a compensar a deformação da lâmina, cada lâmina 202 é, de acordo com uma modalidade de uso da presente invenção, munida de uma junta 206 em torno da qual a extremidade da lâmina pode ser girada. A face varrida pela lâmina sem a extremidade da lâmina ser virada é designada de a face original de rotação. De acordo com

aquela modalidade de uso, a extremidade da lâmina 205 é virada a partir da face original de rotação, desse modo aumentando a área do rotor.

Isto também se evidenciará da figura 3 que mostra a parte extrema inferior de uma instalação de energia eólica 201 em uma vista lateral.

5 A instalação de energia eólica é virada contra o vento a direção do qual é indicada pelas setas 301. A lâmina 202 é delineada no estado não deformado por linhas pontilhadas 302 e no estado deformado 303. Aqui a extremidade da lâmina é virada a um ângulo 304 contra o vento em torno de uma junta 206
10 disposta a uma distância para cima da lâmina. Como mostrado na figura, a dita condição virada resulta em aumento 305 de quanto a lâmina se estende do cubo e assim em um correspondente aumento na área do rotor. De preferência a junta 206 é disposta a uma distância do cubo de entre 80% e 90% do comprimento total da lâmina. De acordo com a invenção uma lâmina também pode ser munida de várias juntas.

15 A figura 4 mostra uma instalação de energia eólica com lâminas pré-curvadas 202. Mais uma vez, linhas pontilhadas mostram uma lâmina não deformada 302 e linhas cheias mostram a lâmina 303 deformada pela lâmina 301. No caso de baixas velocidades de vento as lâminas pré-curvadas não são ainda suficientemente deformadas para se flexionarem, pelo
20 que uma máxima área de rotor pode ser realizada. Naquele caso, a área do rotor pode ser aumentada virando a parte extrema externa 205 da lâmina a um ângulo 304 em torno de uma junta 206 resultando em um aumento 305 da distância em que a lâmina se estende do cubo 203. Aqui a extremidade da lâmina 205 é virada em uma direção com o vento 301.

25 Uma lâmina com extremidade de lâmina articulada conforme mostrada nas figuras precedentes também pode ser usada tendo em vista aumentar a distância das lâminas da torre. Isto é ilustrado na figura 5 onde, como nas figuras 3 e 4, uma instalação de energia eólica é mostrada em uma vista lateral com uma lâmina 202 na posição extrema inferior. A instalação de

energia eólica é virada contra o vento com a direção de vento 301 que flexiona a lâmina numa direção no sentido da torre 401. Por um lado, é naturalmente indesejável que as lâminas possam colidir com a torre durante sua rotação. Por outro lado, há conveniência que as lâminas 202 e o cubo 203 sejam dispostos tão próximos quanto possível da torre 401 para poder reduzir o comprimento do eixo principal e assim reduzir as cargas e as forças em engrenagens e mancais de rolamento. Quando é possível virar as extremidades de lâmina em torno de uma junta 206, a distância crítica entre as lâminas 202 e a torre 401 é aumentada. Outrossim, uma condição virada pode atuar como um freio sobre a instalação de energia eólica, que pode ser desejável especialmente no caso de altas velocidades do vento. Finalmente, a extremidade da lâmina 205 pode servir como uma asinha sendo virada aproximadamente perpendicular ao restante da amina como delineado na figura 5. As asinhas são conhecidas particularmente em automóveis e aviões e têm o efeito de minimizarem a formação de vórtice em torno da extremidade da lâmina e assim reduzir consideravelmente o ruído gerado pelas laminas em rotação e aumentar o desempenho aerodinâmico.

As figuras 6-10 mostram diferentes modalidades de uma lâmina com uma ou mais juntas 206 de acordo com a invenção. É comum a estas figuras o fato delas mostrarem a parte extrema externa de uma lâmina, vista por um lado de cima perpendicular à direção longitudinal 501 da lâmina e a corda 502 do perfil da lâmina (mostrada à esquerda) e, por outro lado, vista para dentro a partir da borda da lâmina (mostrada à direita). Linhas pontilhadas indicam o estado não flexionado e parcialmente flexionado da extremidade da lâmina.

A figura 6 mostra uma modalidade, onde uma junta rotativa 206 é disposta transversalmente à direção longitudinal 501 da lâmina. Por exemplo, a junta pode ser configurada como uma articulação ou semelhante. No exemplo ilustrado a junta 206 é disposta aproximadamente perpendicular

à direção longitudinal 501 da lâmina, porém constitui também uma opção para a mesma estar situada a um ângulo 601 em relação ao eixo geométrico longitudinal. Isto é ilustrado na figura 7. Aqui, à esquerda na figura 6, o perfil da lâmina é mostrado estendido para esclarecer a localização da junta 206 ao longo da corda 502 no perfil de lâmina 503. Constitui também uma opção o fato da junta ser disposta de alguma outra maneira, e.g. extrema externa em uma seção do casco da lâmina. A localização da junta determina a posição resultante da extremidade da lâmina 205, e a disposição ideal da junta assim, por um lado, depende das velocidades de vento às quais a junta deve ser usada e para cuja finalidade (e.g. como uma asinha ou para aumentar a área do rotor) e, por outro lado, depende dos parâmetros de configuração específica da lâmina, tal como o grau de torção sofrido pela lâmina ao longo de seu comprimento, se a lâmina tem o seu passo regulado, a relação de comprimento/largura da lâmina. No exemplo ilustrado na figura 6, a junta rotativa é girada a um ângulo 504. Isto pode ser controlado, e.g. por intermédio de um ou mais êmbolos hidráulicos 506 que são suscetíveis de se deslocarem como ilustrado pela seta 507. Por um lado, o êmbolo pode fornecer a força para virar a extremidade da lâmina ao grau de inclinação desejado e, por outro lado, reforçar a junta, compensar a pressão do vento, e fixar a extremidade da lâmina 205 na posição desejada tanto no estado não virado como no estado virado. Um êmbolo hidráulico pode ser disposto no perfil da lâmina 503, tanto para exercer pressão como tração. As forças de tração requeridas também podem, de acordo com outra modalidade, ser supridas através de um ou mais cabos de tração ou por um cabo de tração em combinação com um ou mais êmbolos. Outrossim, outros tipos de atuadores são conhecidos para virar a extremidade da lâmina.

O mecanismo motriz para cada lâmina, de acordo com uma modalidade da invenção, é conectado com uma unidade central de controle que, por sua vez, é conectada com uma estação meteorológica. Desta a

unidade de controle receber informações acerca da velocidade do vento, baseada sobre as quais a orientação ideal das extremidades de lâmina é determinada e controlada. Alternativamente o controle da orientação conferida às extremidades de lâmina também pode ser baseado sobre as

5 medições da flexão ou cargas das lâminas, que podem por exemplo ser produzidas por medições contínuas sobre uma ou mais lâminas com extensômetros, sensores de fibras ópticas ou GPS ou por medições da distância de uma extremidade de lâmina em relação à torre medida por exemplo por luz infravermelha ou semelhante.

10 De maneira a assegurar que o campo d fluxo seja o menos perturbado possível em torno da lâmina, o casco da lâmina é produzido de um material elástico na área em torno da localização da junta. Desse modo uma transição contínua da extremidade de lâmina não-virada para a extremidade de lâmina virada é efetuada. Além disso, a superfície uniforme original sobre

15 a lâmina é restaurada quando a lâmina reverte à sua posição inicial. De acordo com outra modalidade da invenção a inteira extremidade da lamina é produzida de um material elástico. Um exemplo disto é a borracha.

A figura 7 ilustra uma lâmina com uma extremidade de lâmina que pode ser girada em torno de uma junta rotativa 206 tal como uma

20 articulação. Em contraposição à modalidade ilustrada na figura 6, a junta 06 é aqui ainda disposta transversalmente ao eixo geométrico longitudinal 501 da lâmina, porém a um ângulo 601 em relação ao eixo geométrico longitudinal e ao perpendicular ao mesmo conforme mostrado na figura 6. Isto resulta em outra configuração da extremidade da lâmina 205 que pode, dependendo de se

25 e de quanto a lâmina é virada ou torcida, ser orientada mais diretamente contra o vento e assim acarretar uma maior área de rotor resultante.

A figura 8 mostra uma modalidade da invenção onde a junta 206 na lâmina é configurada como uma junta resiliente de uma determinada extensão na direção longitudinal 501 da lâmina. O giro da extremidade da

lâmina 205 assim se processa através de uma determinada seção da lâmina. Isto pode ser vantajoso, uma vez que a transição da lâmina não virada para a extremidade da lâmina se estende por uma maior distância e assim torna-se crescentemente gradual. Dessa forma a deformação elástica requerida do material do casco da lâmina em cada ponto pode ser reduzida e a carga sobre o material pode ser reduzida correspondentemente. A mesma angulação resultante 503 conforme foi o caso com uma junta rotativa conforme mostrado nas figuras precedentes 6 e 7, pode ser efetuada por esta modalidade, e o mesmo giro pode ser controlado da mesma maneira por intermédio de, e.g., êmbolos hidráulicos ou de outros atuadores e/ou elementos de tração por cabos.

É também possível localizar várias juntas em sucessão na lâmina e assim orientar a extremidade da lâmina em vários passes ou em vários sítios simultaneamente, que pode também, como mencionado acima, reduzir as cargas sobre o material da lâmina. O giro de uma extremidade de lâmina 205 também pode ser combinado com uma rotação da extremidade da lâmina em torno do eixo geométrico longitudinal 501 da lâmina. Isto é ilustrado nas figuras 9 e 10. Na figura 9 a extremidade da lâmina 205 é primeiramente girada (mais próximo da raiz da lâmina) a um ângulo 504 em torno de uma junta rotativa 206 de acordo com a invenção no sentido transversal do eixo geométrico longitudinal da lâmina, conforme descrito acima. A seguir a extremidade da lâmina é girada em torno do eixo geométrico longitudinal 501 conforme ilustrado pelas setas 801. Na figura 10 a seqüência das duas juntas rotativas é cambiada com o efeito da extremidade da lâmina 205 ser primeiramente girada 801 em torno do eixo geométrico longitudinal 501 e a seguir ser girada em torno de uma junta rotativa 206 no sentido transversal do eixo geométrico longitudinal da lâmina com uma subsequente outra posição girada resultante. Como, quantas e quais tipos de juntas que produzem o giro ideal da extremidade da lâmina depende, como

mencionado acima, de vários parâmetros diferentes, tal como a torção da lâmina ao longo de seu comprimento e com a finalidade de conferir o giro da lâmina, o qual, por sua vez, depende da velocidade de vento atual.

- 5 Será entendido que a invenção conforme mencionada na presente descrição e figuras pode ser modificada ou alterada enquanto continuando a se enquadrar dentro do âmbito de proteção conforme definido pelas reivindicações que se seguem.

REIVINDICAÇÕES

1. Lâmina (202) para uma instalação de energia eólica, caracterizada pelo fato de que compreende pelo menos um atuador controlável (506) disposto internamente à lâmina, incluindo p.ex. um êmbolo elétrico, hidráulico e/ou pneumático e pelo menos uma junta (206) localizada a uma distância da raiz da lâmina de entre 80% e 90% do comprimento da lâmina e transversalmente à direção longitudinal (501) da lâmina, em torno de cuja junta (206) a parte extrema externa (205) do girar a um ângulo para fora da face original de rotação da lâmina pode ser controlada pelo atuador, pelo que a área do rotor (204) pode ser controlada em operação.

2. Lâmina para uma instalação de energia eólica de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que a junta (206) é disposta aproximadamente ao longo da corda (502) da corda do perfil da lâmina.

3. Lâmina para uma instalação de energia eólica de acordo com uma ou mais das reivindicações 1-2, caracterizada pelo fato de que a junta (206) é disposta a um ângulo (601) de entre -60° e $+60^\circ$ em relação à direção longitudinal (501) da lâmina.

4. Lâmina para uma instalação de energia eólica de acordo com uma ou mais das reivindicações 1-3, caracterizada pelo fato de que a lâmina é, pelo menos em torno da junta (206) manufaturada de um material elástico, tal como e.g. borracha.

5. Lâmina para uma instalação de energia eólica de acordo com uma ou mais das reivindicações 1-4, caracterizada pelo fato de que a junta (206) compreende uma junta rotativa.

6. Lâmina para uma instalação de energia eólica de acordo com uma ou mais das reivindicações 1-5, caracterizada pelo fato de que a junta (206) compreende uma junta resiliente com uma determinada expansão na direção longitudinal da lâmina (501) da lâmina.

7. Lâmina para uma instalação de energia eólica de acordo

com uma ou mais das reivindicações 1-7, caracterizada pelo fato de que a lâmina compreende um atuador (506), incluindo e.g. um êmbolo elétrico, hidráulico ou pneumático configurado para ser suscetível de reforçar a junta (206).

5 8. Lâmina para uma instalação de energia eólica de acordo com uma ou mais das reivindicações 1-7, caracterizada pelo fato de que compreende um elemento de tração por cabo configurado para ser suscetível de girar a parte extrema externa (205) da lâmina em torno da junta (206).

10 9. Instalação de energia eólica caracterizada pela fato de que apresenta uma lâmina de acordo com uma ou mais das reivindicações 1-8.

15 10. Método de melhorar a operação de uma instalação de energia eólica, caracterizado pelo fato de que a parte extrema externa (205) do giro das lâminas em torno de pelo menos uma junta (206) localizada a uma distância da raiz da lâmina de entre 80% e 90% do comprimento da lâmina e transversalmente à direção longitudinal (501) da lâmina a um ângulo a partir da face original de rotação, é controlada por pelo menos um atuador controlável (50), pelo que a área do rotor (204) é controlada durante a operação.

20 11. Método de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo fato de que a parte extrema externa (205) das lâminas é girada em relação à lâmina, pelo que a área de rotação (204) é aumentada.

25 12. Método de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo fato de que a parte extrema externa das lâminas é girada em relação ao vento, pelo que a folga entre uma lâmina (202) e a torre (401) na instalação de energia eólica é aumentada.

13. Método de acordo com uma ou mais das reivindicações 10-12, caracterizado pelo fato de que compreende ainda medir a velocidade do vento e, com base nisto, determinar o giro da extremidade da lâmina.

14. Método de acordo com uma ou mais das reivindicações 10-

13, caracterizado pelo fato de que compreende ainda medir a deformação de uma lâmina e, com base nisto, determinar o giro da extremidade da lâmina.

15. Método de acordo com uma ou mais das reivindicações 10-14, caracterizado pelo fato de que compreende ainda reforçar a junta (206) na
5 extremidade da lâmina (205) por intermédio de pelo menos um atuador (506).

16. Método de acordo com uma ou mais das reivindicações 10-15, caracterizado pelo fato de que compreende ainda girar a extremidade da lâmina (205) em torno de um eixo geométrico aproximadamente em paralelo com o eixo geométrico longitudinal (501) da lâmina.

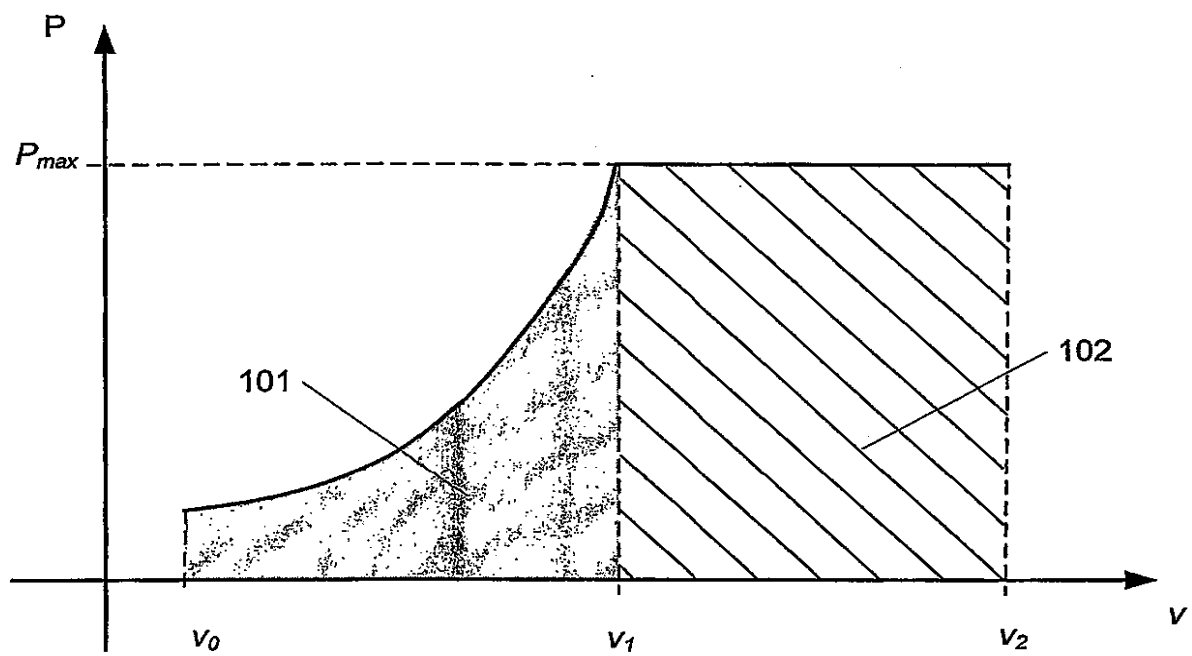


Fig. 1

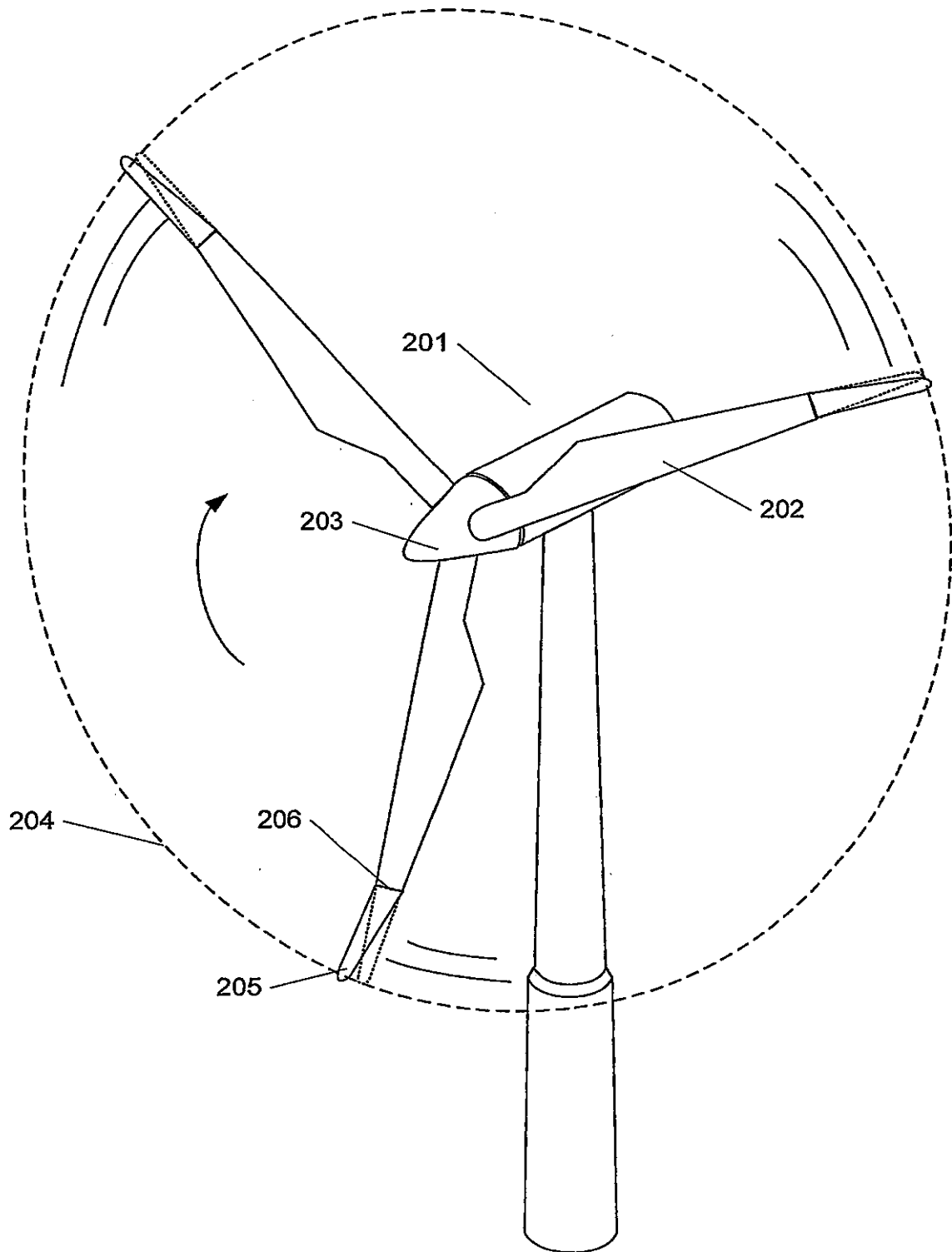


Fig. 2

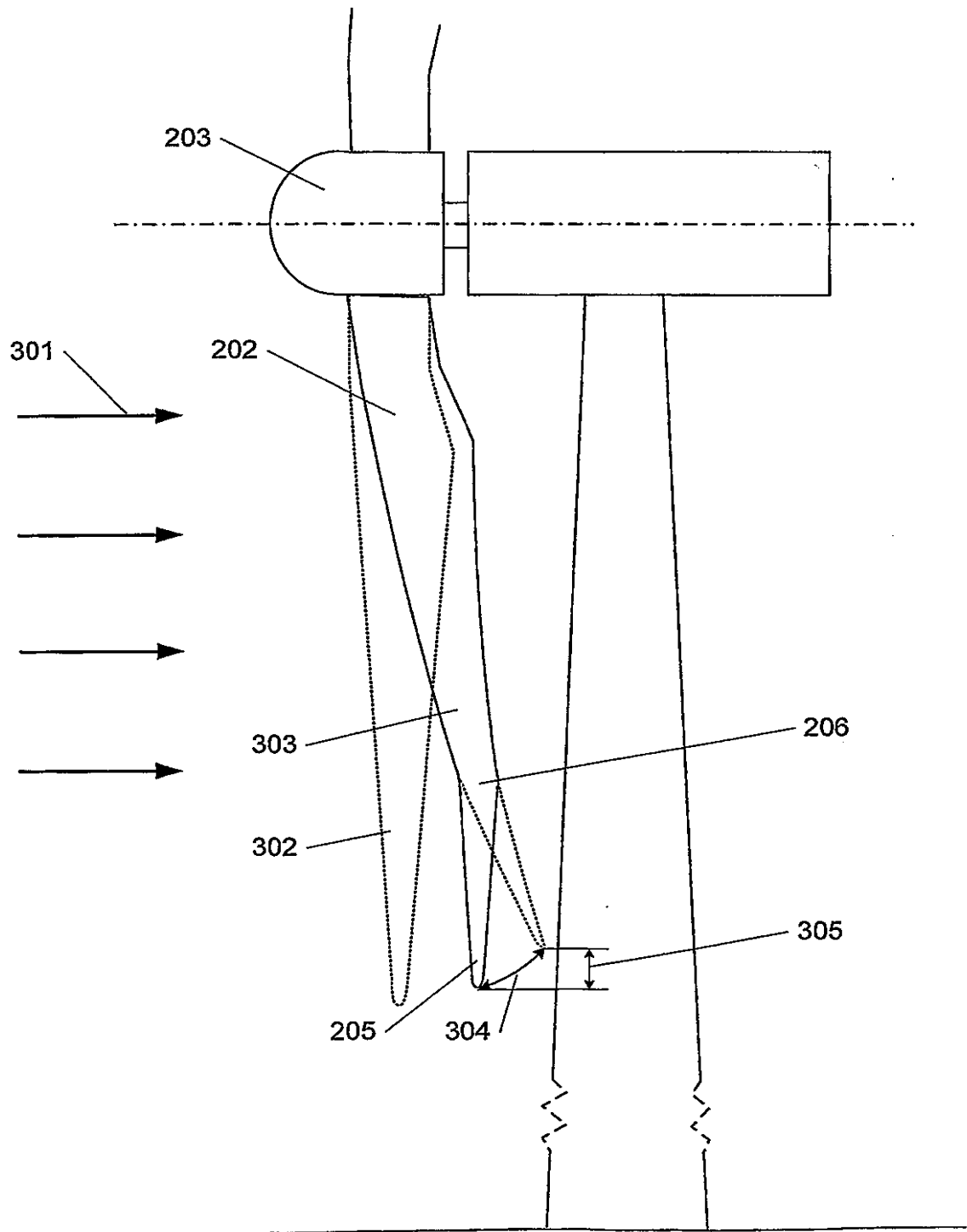


Fig. 3

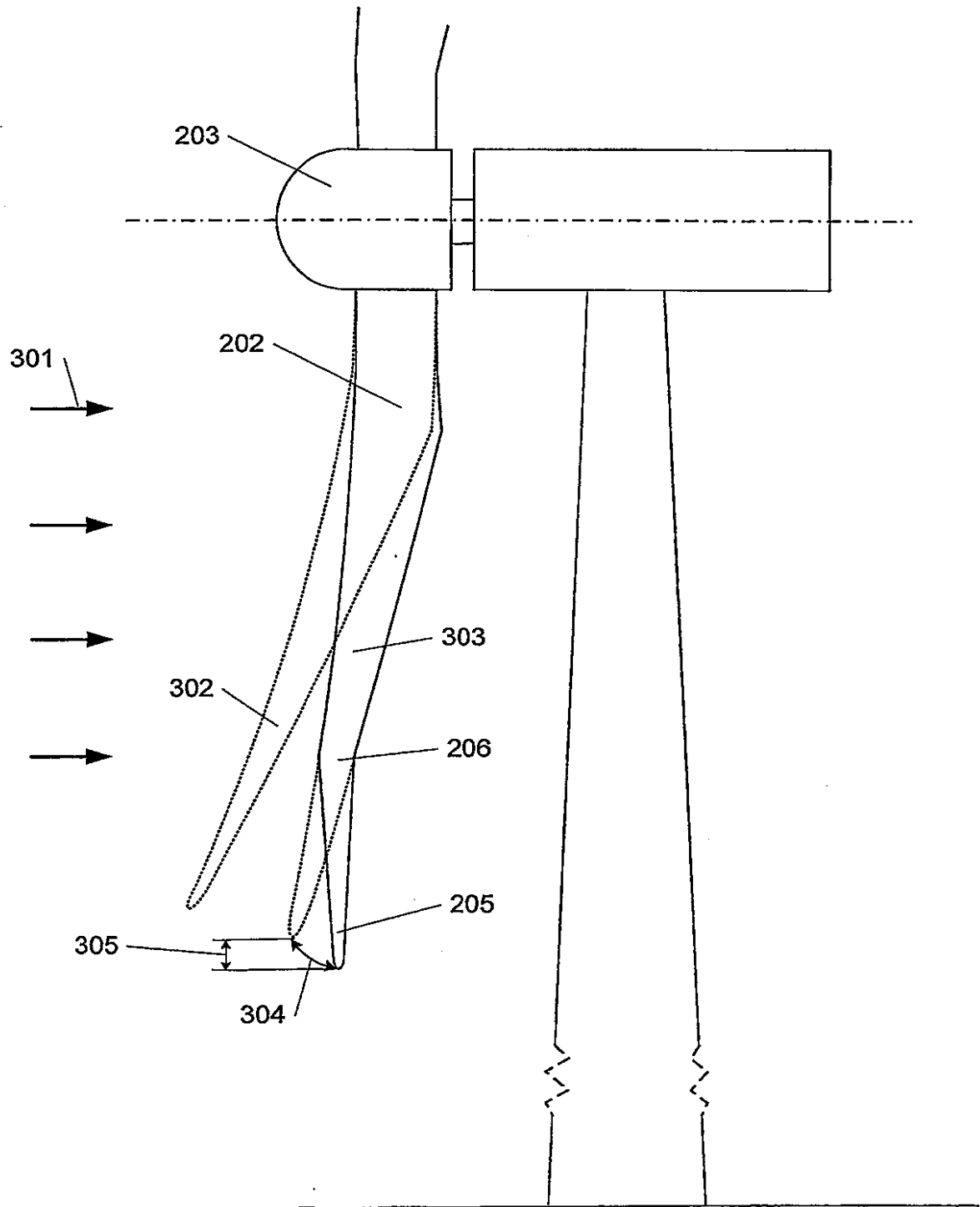


Fig. 4

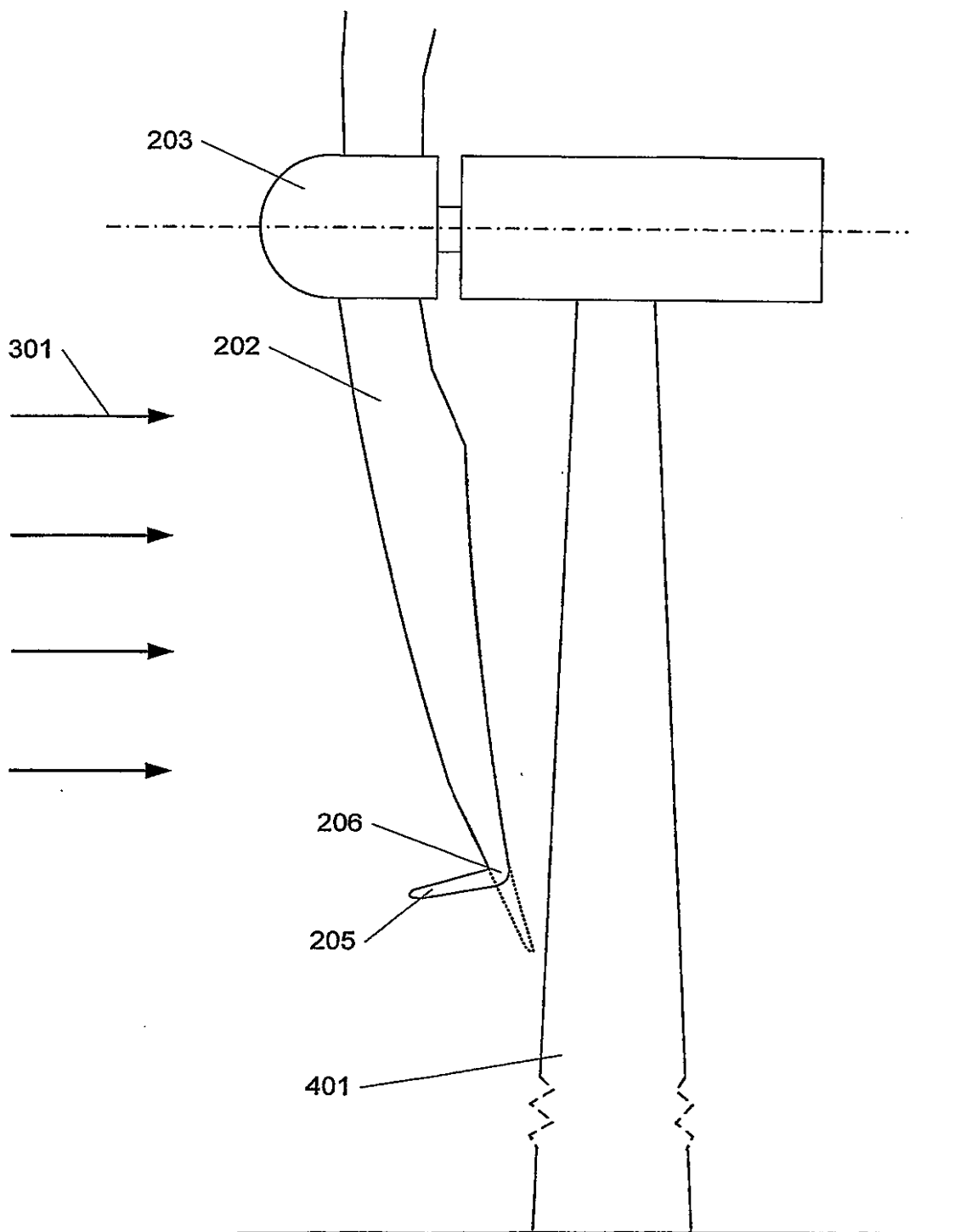


Fig. 5

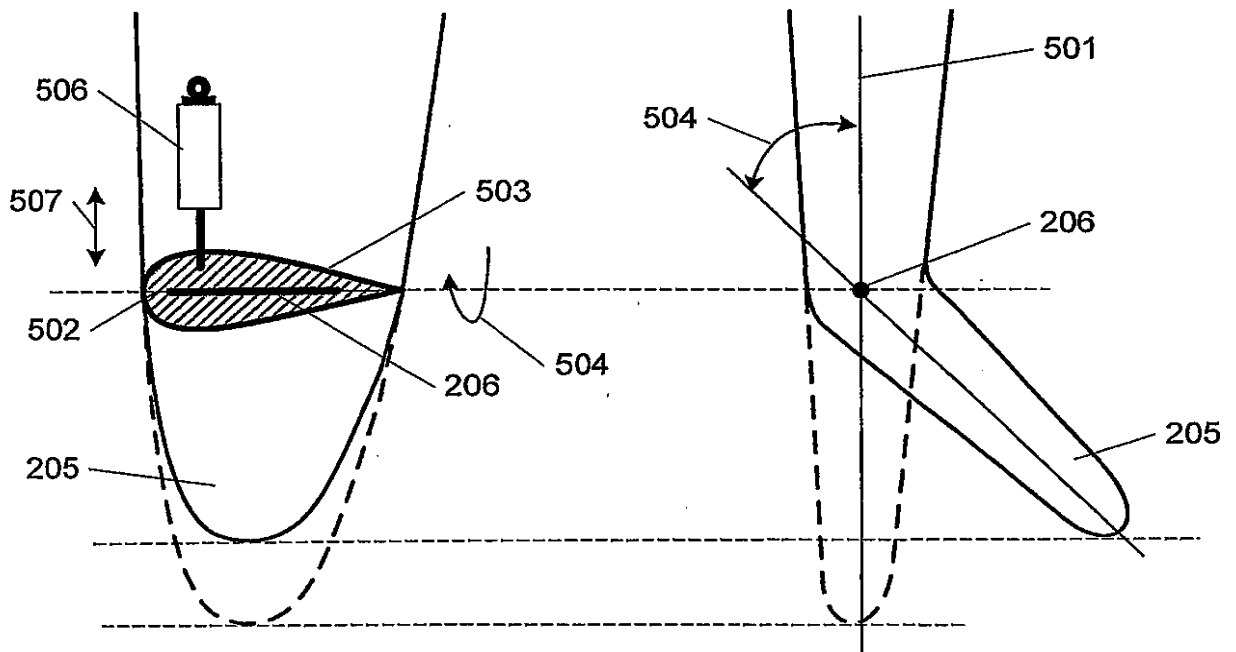


Fig. 6

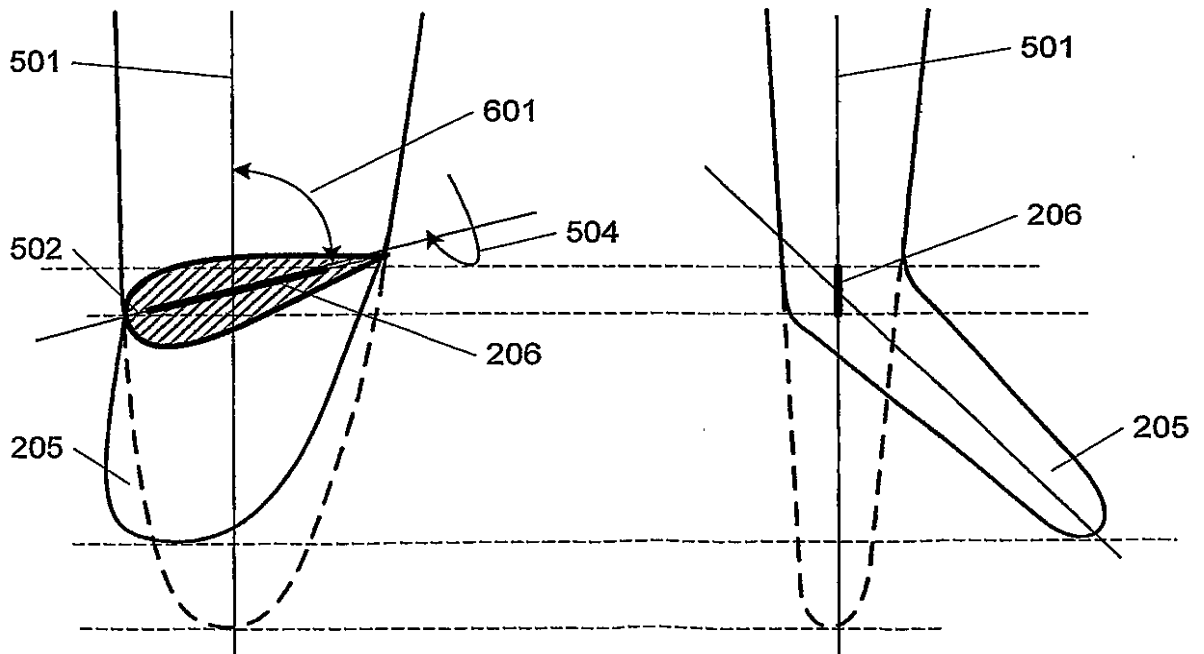


Fig. 7

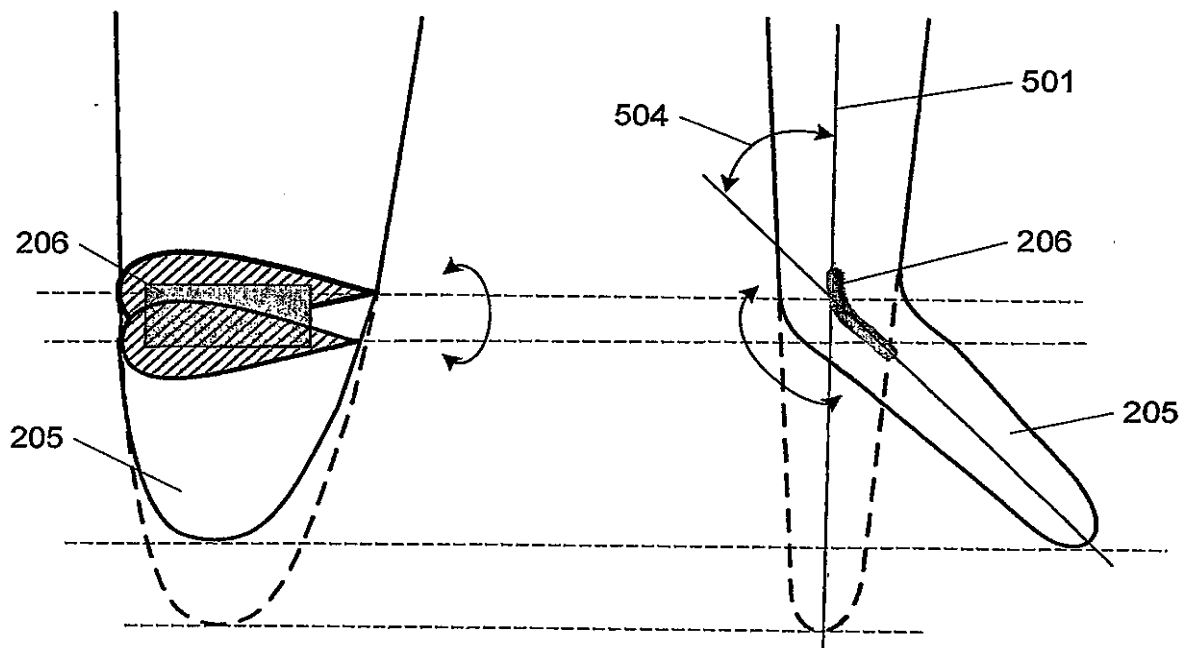


Fig. 8

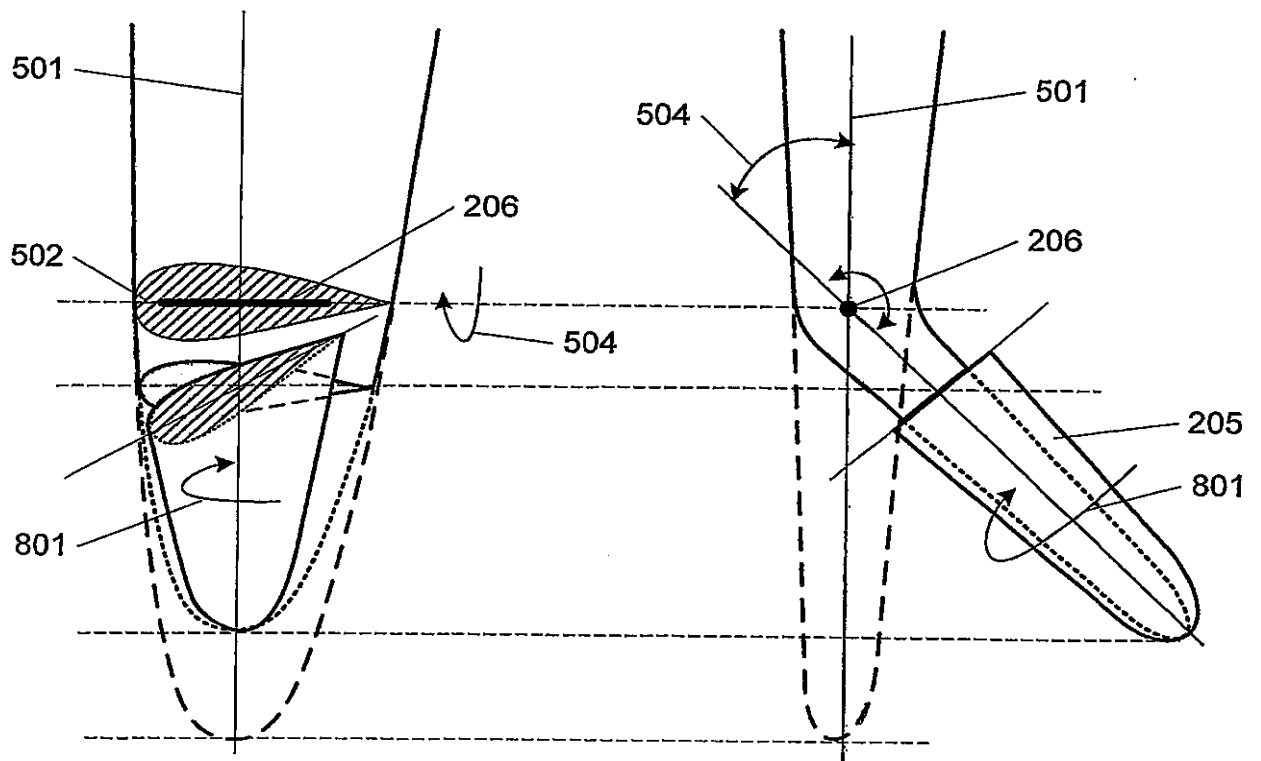


Fig. 9

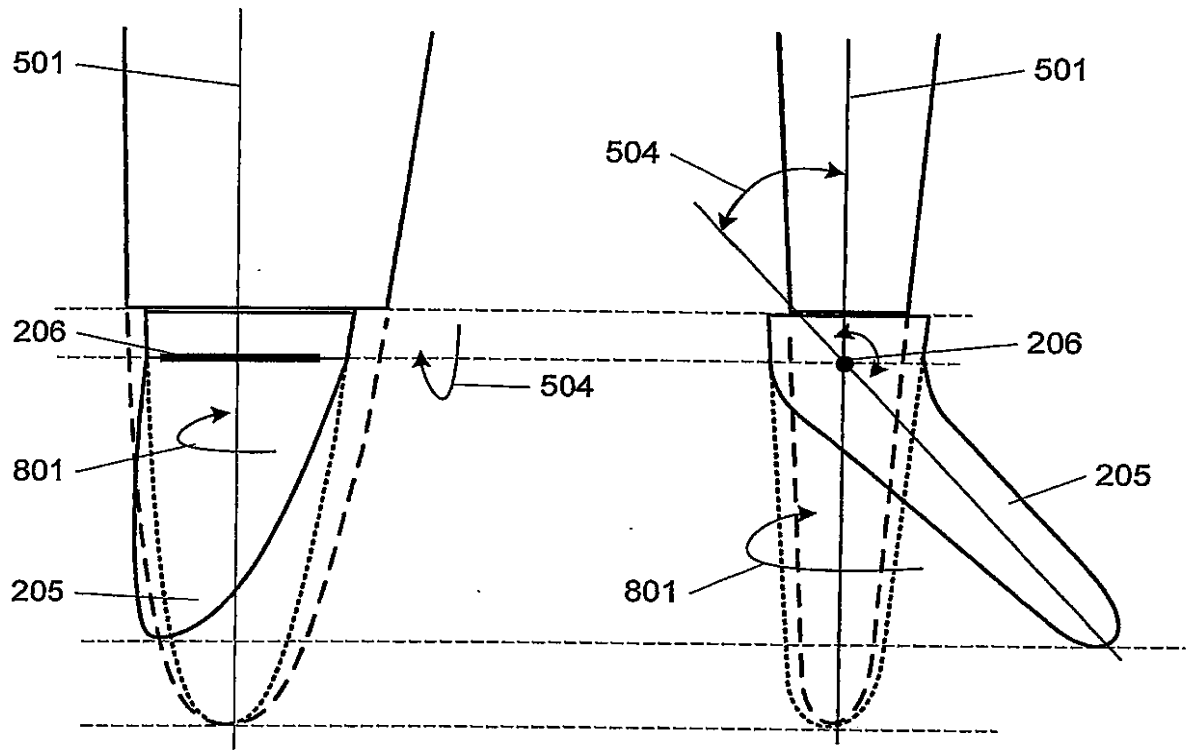


Fig. 10

RESUMO

“LÂMINA PARA UMA INSTALAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA, INSTALAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA E MÉTODO DE MELHORAR A OPERAÇÃO DE UMA INSTALAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA”

5 A presente invenção trata de uma lâmina (202) para uma instalação de energia eólica (201) que compreende um atuador controlável e pelo menos uma junta (206) transversalmente disposta na direção longitudinal da lâmina, em torno de cuja junta a parte extrema externa do giro da lâmina a um ângulo a partir da face original de rotação da lâmina pode ser controlada
10 pelo atuador. Pelo que a área do rotor pode ser controlada continuamente durante a operação, e a distância entre a extremidade da lâmina e a torre pode ser aumentada/reduzida. O giro e o reforço da junta são controlados por intermédio de elementos de cabo de tração e/ou atuadores, tais como êmbolos elétricos, pneumáticos ou hidráulicos. A invenção trata também de um
15 método de melhorar a operação de uma instalação de energia eólica em operação, em que a parte a mais exterior do giro das lâminas em torno de pelo menos uma junta transversalmente à direção longitudinal (501) da lâmina para fora da face original de rotação da lâmina é controlada em operação que pode ser opcionalmente baseado em medições da velocidade do vento ou da
20 deformação das lâminas.