

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

(21) **PI 0711641-1 A2**



(22) Data de Depósito: 15/05/2007
(43) Data da Publicação: 17/01/2012
(RPI 2141)

(51) *Int.Cl.:*
G05B 23/02

(54) **Título:** PROCESSO E DISPOSITIVO PARA O MONITORAMENTO DO ESTADO DE PÁS DO ROTOR EM INSTALAÇÕES DE ENERGIA EÓLICA

(30) **Prioridade Unionista:** 15/05/2006 DE 10 2006 022 884.7

(73) **Titular(es):** Iqus - Innovative Technische Systeme Gmbh

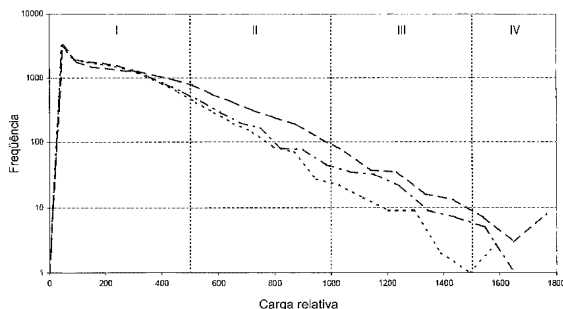
(72) **Inventor(es):** Peter Volkmer

(74) **Procurador(es):** Dannemann, Siemsen, Bigler & Ipanema Moreira

(86) **Pedido Internacional:** PCT DE2007000881 de 15/05/2007

(87) **Publicação Internacional:** WO 2007/131489 de 22/11/2007

(57) **Resumo:** PROCESSO E DISPOSITIVO PARA O MONITORAMENTO DO ESTADO DE PÁS DO ROTOR EM INSTALAÇÕES DE ENERGIA EÓLICA. A invenção, que se refere a um processo para o monitoramento da solicitação de pás do rotor em instalações de energia eólica por meio de medição de aceleração em, pelo menos, uma pá do rotor de uma instalação de energia eólica, e para a determinação da carga da pá do rotor dos sinais de aceleração registrados, cabe a tarefa de indicar um processo com o qual os estados de carga dinâmicos, também não críticos possam ser detectados de forma diferenciada e combinada em uma forma apropriada e para uma avaliação, a fim de influenciar, se possível antes da ocorrência de um dano na pá do rotor, sobre a forma de operação da instalação de energia eólica, em particular, a forma do controle de pitch ou o ajuste de ângulo de pás do rotor reguladas rigidamente tanto com referência a todas as pás do rotor em conjunto como também a uma pá do rotor individual. Essa tarefa é solucionada pelo fato de que, a frequência da ocorrência de valores de carga é determinada através de um certo período de tempo a partir das amplitudes do sinal de tempo ou das amplitudes de oscilações naturais selecionadas dos espectros da frequência obtidos de acordo com a transformada de Fourier.



Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "PROCESSO E DISPOSITIVO PARA O MONITORAMENTO DO ESTADO DE PÁS DO ROTOR EM INSTALAÇÕES DE ENERGIA EÓLICA".

A invenção se refere a um processo para o monitoramento da
5 solicitação de pás do rotor em instalações de energia eólica, por meio de
medições de aceleração em, pelo menos, uma pá do rotor durante a opera-
ção da instalação de energia eólica e da determinação de grandezas de
avaliação para a avaliação da carga da pá do rotor a partir dos sinais de
aceleração registrados.

10 As pás do rotor pertencem aos componentes de máxima solici-
tação em uma instalação de energia eólica. Elas devem resistir às enormes
forças centrífugas, às correntes e rajadas de vento, às turbulências, à irradia-
ção solar, às mais diferentes temperaturas, bem como, resistir ao emprego
ao longo de vários anos na operação contínua, a fim de possibilitar uma o-
15 peração econômica da instalação de energia eólica.

Por isto, as pás do rotor também pertencem aos componentes
com as máximas taxas de falha. Os reparos e a troca de pás do rotor atual-
mente, ainda bastante realizada, são de custo muito alto, e causam grandes
períodos de queda de produção. Por este motivo, é necessário o conheci-
20 mento precoce de danos nos diversos componentes da pá do rotor, em par-
ticular, na concha aerodinâmica da pá do rotor e em seus componentes de
suporte no interior da pá do rotor.

Indicar a ocorrência do dano é uma informação importante para
a defesa ao dano e a manutenção preventiva. Contudo mais objetivo é co-
25 nhecer e eliminar as possíveis causas para as ocorrências do dano. Para
isso, devem ser consideradas, sobretudo, sobrecargas dinâmicas, que sur-
gem devido a grandes alterações de ventos ou turbulências e ventos fortes,
e conduzem para que as pás do rotor possam ser solicitadas além do limite
de solicitação projetado e, com isto, possam ser danificadas. No caso das
30 cargas dinâmicas se trata de cargas variadas com altas velocidades de vari-
ação que, por isto, são uma causa principal de danos de pás do rotor.

Também podem surgir sobrecargas dinâmicas se, aerodinami-

camente, as pás do rotor são forem iguais ou se não forem ajustadas uma à outra, por exemplo, de tal modo que a regulagem do pitch não serve para uma pá.

5 Por isto tais situações devem ser evitadas sem falta. Em geral as regulagens de pitch das pás do rotor ou em denominadas instalações de regulagem rigidamente, nas quais as pás do rotor apresentam um ajuste de ângulo fixo, realizado durante sua construção, o ajuste básico das pás do rotor é responsável por isto, por regular as ocorrências mencionadas ou comparáveis, de tal modo que, as sobrecargas não ocorram.

10 Por isso, é importante constatar sobrecargas dinâmicas, a fim de reconhecer e eliminar falhas de regulagem existentes, ou otimizar a regulagem de pitch a partir dos reconhecimentos das sobrecargas dinâmicas. Do mesmo modo, o ajuste básico de instalações de energia eólica reguladas rigidamente pode ser testado e adaptado.

15 Até o momento tornaram-se conhecidos processos e instalações, nos quais, com tiras de medição de alongamento e no efeito dos mesmos sistemas de fibra de vidro, são medidos os alongamentos em determinados pontos nas pás do rotor, a fim de registrar e avaliar disto o estado de carga para, respectivamente, uma pá do rotor completa. Neste caso, do ponto de vista da aplicação, os estados de carga medidos não são cargas alternadas, mas somente cargas quase estáticas com poucas velocidades de alteração. Contudo, as tiras de medição de alongamento apresentam problemas com o tempo de emprego, e são difíceis de substituir durante o posicionamento que permanece igual. Por outro lado, medições de alongamentos com fibras de vidro são caras e irreparáveis no caso de sua destruição devido aos altos alongamentos.

25 De modo mais favorável, a medição de acelerações na pá do rotor se configura por meio de sensores de acelerações como descrito, por exemplo, na publicação da patente EP 1 075 600. Com o valor de aceleração tem-se basicamente já uma afirmação com relação à carga e, além disso, os sensores de aceleração são de preço comparativamente mais em conta e de longa duração, bem como, podem ser substituídos sem problema

30

no caso de danos.

Para uma manutenção preventiva, na patente DE 100 65 314 A1 é realizada uma determinação exata do tipo de dano de pás do rotor. Para isto, também são determinados diversos danos não críticos das pás do rotor

5 individuais, a partir da determinação das freqüências de ressonância e natural, que são produzidas nas pás do rotor por meio de excitação por vibração, e de sua comparação com espectros de referência repreendidos, que caracterizam estados de danos definidos. Contudo, neste caso, tem se comprovado como desvantagem o fato de que, as ocorrências danosas são consi-

10 deradas como ocorrências individuais, a fadiga do material da pá do rotor, em virtude das ocorrências, em si, não críticas que surgem com freqüência, só é levada em consideração quando ela tiver causado um dano. Com isto, à invenção cabe a colocação da tarefa de indicar um processo, com o qual, os estados de carga dinâmicos, também não críticos possam ser detectados

15 de forma diferenciada e reunidos em uma forma apropriada e para uma avaliação, a fim de influenciar, se possível antes da ocorrência de um dano na pá do rotor, sobre a forma de operação da instalação de energia eólica, em particular, a forma do controle de pitch ou o ajuste de ângulo de pás do rotor reguladas rigidamente tanto com referência a todas as pás do rotor em con-

20 junto, como também a uma pá do rotor individual.

Essa tarefa é solucionada com um processo, que apresenta as características da reivindicação 1.

O processo de acordo com a invenção permite determinar tanto afirmações absolutas de valores limites, bem como também a freqüência

25 dos estados de carga dinâmicos que surgem na pá do rotor, sendo que, a atenção principal está no conhecimento dos estados de carga dinâmicos menos freqüentes, mas, em si críticos. Através do registro contínuo e da avaliação em curto tempo de ocorrências individuais são registradas as freqüências de valores limites de estados deste tipo.

30 Os reconhecimentos podem ser obtidos tanto individualmente para cada pá do rotor, do que, por sua vez, podem ser tiradas conclusões sobre eventuais falsos ajustes do ângulo de pitch ou dos ajustes básicos

para pás do rotor individuais. Contudo, o processo também permite afirmações sobre todas as pás do rotor de uma instalação de energia eólica, por exemplo, por meio da comparação das cargas, que surgem nas pás do rotor individuais, com relação à coincidência do ajuste do ângulo de pitch ou do
5 ajuste de base de todas as pás do rotor. A análise da comparação pode ser usada, por exemplo, para avaliar a capacidade de função da regulagem do pitch.

Por um lado, as sobrecargas dinâmicas podem ser deduzidas diretamente das amplitudes de aceleração das frequências naturais também
10 de modos mais altos e, por outro lado, também diretamente do sinal de tempo e aceleração. Um determinado impacto que indica uma sobrecarga é representado no sinal de tempo e aceleração, por exemplo, como conjunto de impulsos de agulhas e pode ser incluído na avaliação através dos valores característicos que podem ser deduzidos disto.

15 Para a avaliação das cargas e frequências indicadas, a comparação delas ocorre com uma distribuição, que caracteriza a operação normal, que foi registrada em uma instalação de energia eólica com operação sem problemas.

Uma vez que, ao lado das direções de carga principal na direção
20 de impacto e vibração, também surgem cargas em outras direções de vibração, por exemplo, vibrações torsionais, é, além disso, vantajoso ter essas cargas à disposição de modo diferenciado e para avaliação.

A distribuição de frequência dos estados de carga registrada com este processo mostra uma frequência particularmente alta para os valores de carga normalmente ligados com a operação, através de cujos valores
25 os ventos que acionam a instalação de energia eólica para a qual ocorreu o projeto de construção. Outros picos na distribuição de frequência apontam para outros valores de carga que sempre ocorrem novamente. Quais deles e com qual frequência levam a uma carga limite, que exigem uma influência sobre a operação da instalação de energia eólica, a mudança da regulagem,
30 em particular, da regulagem de pitch ou da manutenção é possível obter com tais processos, a partir de observações de referência, de simulações e/

ou da ligação do processo de monitoramento de acordo com a invenção, nos quais, das alterações do comportamento das vibrações é concluído sobre as alterações das propriedades da pá do rotor e do tipo de um dano ocorrido e de sua localização, como descrito, por exemplo, na patente DE 100 65 314 A1.

Uma ligação com este processo já é vantajosa pelo motivo que, do mesmo modo, ele realiza a medição de acelerações na pá do rotor, de tal modo que, seu sistema de medição também pode ser aproveitado para o processo de acordo com a invenção.

De particular significado na avaliação da frequência de cargas surgidas são os valores limite indicados pelo fabricante da pá do rotor, os quais se baseiam nas propriedades do material e no tipo e confiabilidade das ligações entre os componentes individuais. Os valores são sempre medidos, de tal modo que, ultrapassagens pequenas, individuais ainda não conduzem a um dano na pá do rotor. Contudo, com o processo de acordo com a invenção podem ser indicadas e avaliadas ultrapassagens mais frequentes do valor limite do fabricante, de tal modo que, pode ser determinada uma fadiga do material prejudicial nos componentes ou em suas ligações.

Em virtude das cargas bem variadas que ocorrem com diversos valores de carga situados bem próximos, é vantajoso reunir as áreas dos valores de carga em classes de carga e determinar a frequência da ocorrência de cargas, que devem ser coordenadas às classes individuais.

O valor da carga pode ser definido, por exemplo, a partir da amplitude de uma ou várias frequências naturais da pá do rotor definidas, por exemplo, da primeira frequência de impacto ou de vibração. Para este propósito, por meio de um sinal dependente do tempo, recebido por meio de um sensor de aceleração, é determinado um espectro de amplitude de frequência por meio da transformada de Fourier rápida. A produção e a medição do sinal, bem como, a sua avaliação para a determinação do espectro de amplitude de frequência pode ocorrer, por exemplo, com o processo e a respectiva instalação descritos na patente DE 100 65 314 A1, a cujo conteúdo deve aqui ser explicitamente remetido.

De modo correspondente à determinação, descrita acima, da distribuição de frequência de valores de carga discretos ou de classes de carga, também podem ser empregados diretamente os valores de amplitude de aceleração que são a base para a determinação da carga ou de classes de amplitude de aceleração formadas de modo correspondente para o monitoramento de pás do rotor de acordo com a invenção. Em função da relação direta entre a carga que surge e da amplitude de aceleração medida da frequência natural selecionada também é possível a definição de um ou mais valores limite da frequência da ocorrência de uma amplitude ou classe de amplitude como carga limite.

As distribuições também são empregadas, então, para determinar se a regulação do pitch trabalha em ordem no todo e também com relação à pá individual.

As distribuições tomadas através de períodos de tempo mais longos também representam o histórico de carga para a pá do rotor e podem ser aproveitadas para a determinação das causas de danos.

O processo e o dispositivo necessário para isto devem ser esclarecidos em um exemplo de execução de uma instalação de energia eólica com três pás do rotor. O desenho correspondente mostra:

Na figura 1 a vista geral esquemática de uma instalação de energia eólica,

Na figura 2 a representação esquemática de uma pá do rotor,

Na figura 3 um diagrama de blocos esquemático do processo de acordo com a invenção e

Na figura 4 a distribuição de frequência da carga relativa de três pás do rotor de uma instalação de energia eólica, dividida em quatro classes de cargas.

Na figura 1 está representada a vista global de uma instalação de energia eólica com três pás do rotor 1, que são fixadas em um cubo 2. Por seu lado, o cubo 2 passa em um eixo apoiado horizontalmente. O eixo termina em uma gôndola 3, que abrange o mecanismo não representado em detalhes, e está disposto, podendo girar em torno de um eixo vertical, na

extremidade superior de uma torre 4.

No exemplo de execução representado, de acordo com a figura 2 em uma superfície interna da concha aerodinâmica 6 de grande superfície livre de uma pá do rotor 1, em sua terça parte inferior, voltada para a base da pá do rotor 16, estão montados dois sensores de aceleração 5 unidimensionais, com direção de aceleração fixa divergindo um do outro, na concha aerodinâmica 6 da pá do rotor 1. No exemplo de execução em questão, estão dispostos um sensor de aceleração 5 com alinhamento X para a medição das vibrações de flexão que passam paralelas à superfície da concha aerodinâmica 6, e um sensor de aceleração 5 com alinhamento Z para a medição das vibrações de flexão orientadas perpendiculares à superfície. Neste caso, as cargas devem ser monitoradas na direção de impacto e de giro, e através da combinação de ambos os sinais dos sensores também as cargas que se seguem às vibrações de torção. A disposição dos dois sensores de aceleração 5 também pode ocorrer espacialmente separada um do outro. De modo alternativo ao emprego de dois sensores de aceleração 5 também podem ser montados três, respectivamente, um para a direção X, um para a direção Y e um para a direção Z.

Os sensores de aceleração 5 são ligados, através de um cabo 10 que passa no interior da pá do rotor 1, com uma unidade de pré-processamento do valor de medição e de alimentação do sensor 11 que se encontra no cubo 2. As outras duas pás do rotor da instalação de energia eólica estão, respectivamente, equipadas com outros sensores de aceleração que, do mesmo modo, estão ligados com a unidade de pré-processamento do valor de medição e de alimentação do sensor 11.

A unidade de pré-processamento do valor de medição e de alimentação do sensor 11 está ligada com uma unidade de avaliação 12, não representada em detalhes na figura 2, por meio de transmissão sem fio, por exemplo, por meio de transmissão de rádio, cuja unidade de avaliação se encontra na gôndola 3 ou na base da torre 4 e que, em geral, está em rede com outros computadores 21 através de um ponto de interseção 15. Além disso, o dispositivo abrange um módulo de dados de operação 18 e um mó-

dulo de meteorologia 17 que, do mesmo modo, não estão representados em detalhes e que se encontram na gôndola 3, na torre 4 ou em um outro local apropriado para o registro destes dados.

5 A seguir, deverá ser descrita a medição em uma pá do rotor 1 de uma instalação de energia eólica que se encontra em operação.

A excitação de vibração necessária para a medição ocorre, em si, através da operação e, neste caso, no vento que incide sobre a pá do rotor 1. Devido a estas excitações de vibração contínuas, os sensores 5 fixados na concha aerodinâmica 6 da pá do rotor 1 fornecem sinais elétricos
10 analógicos como sinais de amplitude referentes ao tempo que são conduzidos, através dos cabos 10, para a unidade de pré-processamento do valor de medição e de alimentação do sensor 11 no cubo 2.

Na unidade de pré-processamento do valor de medição e de alimentação do sensor 11, que ao mesmo tempo, serve para a alimentação
15 do sensor, ocorre a digitalização dos sinais, a transmissão via rádio para a unidade de avaliação 12, que apresenta uma unidade de computador central 13 (figura 3) e também o controle de medição, a fim de, proporcionar um controle confiável, independente da transmissão via rádio, entre a unidade de pré-processamento do valor de medição e de alimentação do sensor 11 e
20 a unidade de computador central 13. Na unidade de computador central 13, por meio da transformada de Fourier dos sinais de tempo registrados por ciclo de medição e para cada pá do rotor 1, são obtidos valores de aceleração dependentes da frequência. Por meio de métodos apropriados é determinada a primeira frequência natural da enésima pá do rotor 1 e, com isto a
25 amplitude da aceleração, e disto a carga nesta frequência.

Desta forma, paralelamente das outras pás do rotor 1 da instalação de energia eólica, também são obtidos espectros da amplitude dependentes da frequência e disto a carga na primeira frequência natural. Estas cargas obtidas de cada ciclo de medição são determinadas e avaliadas de
30 acordo com o sensor ou os sensores 5 empregados para as distintas direções de aceleração mencionadas acima.

Na unidade de computador central os valores numéricos das

cargas de cada um dos ciclos de medição dos sensores 5, realizados quase continuamente, são coordenados a uma classe de carga. As classes de carga são definidas através de valores limite de carga, que são obtidos dos valores de experiência durante a avaliação dos estados da pá do rotor, e são

5 determinadas de acordo com os requisitos e as possibilidades para a influência sobre a operação da instalação de energia eólica. Neste caso, por exemplo, por exemplo, a divisão de classes em instalações de energia eólica reguladas rigidamente irá se diferenciar daquelas instalações reguláveis por pitch e, pelo menos, possuir uma classe para ocorrências de carga dinâmicas

10 cas normais, uma classe para ocorrências de carga dinâmicas mais altas, mas ainda confiáveis, e, respectivamente, uma classe para ocorrências de carga dinâmicas, que exigem a saída de um aviso, bem como, de um alarme.

Cada amplitude representa uma ocorrência de carga, que com

15 sua divisão nas classes de carga, será avaliada como mais ou menos crítica. As ocorrências obtidas das medições contínuas e avaliadas são adicionadas com referência à classe, de tal modo que, através de um intervalo de tempo definido ou de um número definido de ocorrências, é obtida a frequência das ocorrências por classe para cada pá do rotor 1 (figura 4). Para

20 a avaliação da influência de ocorrências acumuladas sobre o estado de uma pá do rotor 1, suas ocorrências de uma classe são referidas ao número total de ocorrências para esta pá do rotor 1.

A figura 4 representa, respectivamente, uma distribuição de frequência de ocorrências de carga das três pás do rotor 1 de uma instalação

25 de energia eólica, que foram obtidas no decorrer de um mês. Para o propósito de comparação com outras instalações de energia eólica e com valores de experiência obtidos anteriormente, os valores de carga foram padronizados e representam valores relativos. A frequência das ocorrências é referida ao número total de ocorrências de 10.000 e é determinada de modo flexível

30 com medição contínua.

Na figura 4 a classe de carga I representa as ocorrências com carga normal, isto é, com condições de tempo e operação na média. De a-

cordo com a expectativa, sua frequência é a máxima. Na classe de carga II são registradas ocorrências, que resultam de uma carga dinâmica elevada, contudo ainda permitida. Sua frequência é menor do que aquela das ocorrências da classe de carga I. As ocorrências da classe de carga III se baseiam em cargas dinâmicas elevadas que, já em uma parte pequena no número total de ocorrências, são avaliadas como críticas e em consequência disso, podem causar medidas para a segurança da operação da instalação de energia eólica. Tais medidas podem ser, por exemplo, a procura objetiva por um possível dano, ou o planejamento de uma manutenção em médio prazo ou também uma correção do ângulo de pitch de uma pá do rotor 1 ou de todas as pás do rotor 1 da instalação. Ocorrências da classe de carga IV, em contrapartida, já são em si ou, pelo menos, com bem pouca frequência tão críticas de avaliar, de tal modo que, deve ter influência direta sobre a operação da instalação, por exemplo, através do desligamento ou da regulação do pitch. De acordo com a expectativa, a frequência determinada das ocorrências destas duas classes de carga mencionadas por último é visivelmente menor que as da classe de carga menor, respectivamente, adjacente.

No exemplo de execução o percurso das distribuições de frequências das três pás do rotor 1 é comparável, de tal modo que, disto pode ser concluído que não existe dano individual de somente uma pá, e também a regulação de pitch de todas as pás do rotor 1 está situada no âmbito das tolerâncias permitidas.

A coordenação de uma certa frequência de uma definida faixa de valores da carga a um estado da pá do rotor ocorre com base em valores de experiência, que podem ser depositados na unidade de avaliação como valor de referência. Ao alcançar ou ultrapassar o valor de referência, devido a esta coordenação ocorre uma decisão da influência sobre o tipo de operação da instalação de energia eólica, ou uma alteração imediata da forma de operação.

Para isto, durante a ultrapassagem de um valor de frequência permitido, é transmitido um sinal para um módulo de decisão de operação

19 (figura 3) e é produzido um aviso de estado correspondente. Por sua vez, o aviso de estado é transmitido para uma unidade de entrada e de saída 20, que é parte da unidade de avaliação 12 e abrange, por exemplo, um módulo de saída binário, através do qual os avisos de estado podem ser transmiti-
5 dos de modo redundante, externo e com segurança própria ao sistema de controle da instalação 22. Uma visualização dos dados medidos, dos dados depositados e referentes à ocorrência é, do mesmo modo, realizada através de uma unidade de entrada e de saída 20, ou também através de um servi-
10 dor de backup 21 ao qual um usuário autorizado para isso pode ter acesso, através de um Browser da Web.

De modo alternativo ao registro da frequência de valores de carga também podem ser usados os valores de amplitude da aceleração, medidas em relação ao tempo, para a avaliação da carga das pás do rotor individuais e de toda a instalação. Neste caso, os valores da amplitude são de-
15 positados para a sua avaliação sobre o estado de uma pá do rotor ou de toda a instalação com valores de carga definidos, contudo a avaliação ocorre diretamente por meio dos valores de amplitude. Estes valores são obtidos diretamente dos valores de aceleração relacionados ao tempo e, com referência à frequência de sua ocorrência, são avaliados do modo descrito aci-
20 ma, a fim de determinar as cargas acumuladas através de um intervalo de tempo definido e, deste modo, determinar o estado de uma ou de várias pás do rotor de uma instalação de energia eólica. Neste caso, como valor de amplitude é determinado um valor máximo de amplitude dos valores de aceleração dependentes do tempo, registrados dentro de um ciclo de medição.
25 Com referência a uma outra avaliação dos valores de amplitude é remetido às execuções acima.

Em diversas aplicações pode ser necessário realizar a determinação da solicitação das pás do rotor independente dos sinais de som do corpo, que são transmitidos pela barra de acionamento da instalação de e-
30 nergia eólica para as pás do rotor 1. Neste caso, paralelamente às medições de som do corpo das pás do rotor 1, na forma descrita acima, as solicitações podem ser determinadas e avaliadas, com um ou, de preferência, com vá-

rios sensores 5 de uma ou várias dimensões. Com estes espectros de interferência são, então, corrigidos os espectros das medições nas pás do rotor 1.

Além disso, durante a medição do estado da pá do rotor 1, através do próprio sistema, com um módulo de meteorologia 17, bem como, com um módulo de dados de operação 18 podem ser transmitidos valores de medição atuais à unidade de computador central 13, como, por exemplo, temperatura da pá do rotor 1, a potência da instalação de energia eólica, ou de modo substituto, a velocidade do vento e a duração de operação da respectiva pá do rotor 1. Com isto, na avaliação a um período de medição de valores de carga definidos, podem ser coordenadas certas influências externas ou específicas à instalação.

Em determinados períodos fixos e em ocorrências, os dados obtidos dos ciclos de medição da unidade de computador central 13 são depositados diretamente e por meio de transmissão remota de dados através de um ponto de interseção 15 apropriado em um servidor de backup 21 independente da unidade de computador central 13 que, por sua vez, está integrado em uma segurança de dados.

Lista de números de Referência

20	1	pá do rotor
	2	cubo
	3	gôndola
	4	torre
	5	sensor, sensor de aceleração
25	6	concha aerodinâmica
	7	placa de retenção, suporte
	8	orientação de movimento
	9	componentes de suporte
	10	cabo
30	11	unidade de pré-processamento do valor de medição e de alimentação do sensor
	12	unidade de avaliação

- 13 unidade de computador central
- 14 ângulo de rotação
- 15 ponto de interseção
- 16 base da pá do rotor
- 5 17 módulo de meteorologia
- 18 módulo de dados de operação
- 19 módulo de decisão de operação
- 20 unidade de entrada e de saída
- 21 outro computador, servidor de backup
- 10 22 sistema de controle da instalação
- I, II, III, IV classes de cargas

REIVINDICAÇÕES

1. Processo para o monitoramento da solicitação de pás do rotor em instalações de energia eólica por meio de medição de aceleração em, pelo menos, uma pá do rotor de uma instalação de energia eólica, e para a
5 determinação da carga da pá do rotor dos sinais de aceleração registrados, caracterizado pelo fato de que, a aceleração é determinada nos sinais de tempo como grandeza independente da frequência, ou as amplitudes de aceleração determinadas disso de certas frequências características são determinadas como carga, e sua intensidade e frequência da ocorrência de
10 valores de carga individuais são determinados e avaliados através de um certo período de tempo.

2. Processo para o monitoramento da solicitação de pás do rotor de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que, é definida uma carga limite e um valor de frequência ou uma distribuição de um valor
15 de carga pré-definido, em cujo alcance ou ultrapassagem é tomada uma decisão sobre a outra forma de operação da instalação de energia eólica.

3. Processo para o monitoramento da solicitação de pás do rotor de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que, a decisão sobre a outra forma de operação da instalação de energia eólica se refere
20 ao seu desligamento.

4. Processo para o monitoramento da solicitação de pás do rotor de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que, a decisão sobre a outra forma de operação da instalação de energia eólica se refere à influência sobre o algoritmo de regulação da regulação de pitch.

25 5. Processo para o monitoramento da solicitação de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que, as cargas que surgem possivelmente são subdivididas em uma sequência de áreas limitadas de valores de carga (classes de carga), e é determinada a frequência da ocorrência das classes de carga, sendo que, uma carga limite se define co-
30 mo valor de frequência de uma classe de carga predefinida.

6. Processo para o monitoramento da solicitação de acordo com uma das reivindicações anteriores, caracterizado pelo fato de que, as cargas

são determinadas a partir das amplitudes de, pelo menos, uma frequência característica da pá do rotor.

5 7. Processo para o monitoramento da solicitação de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que, é determinada a frequência característica de um modo de oscilação mais alto do que o primeiro modo de oscilação.

10 8. Processo para o monitoramento da solicitação de acordo com a reivindicação 6 ou 7, caracterizado pelo fato de que, as amplitudes que surgem possivelmente são subdivididas em uma sequência de áreas limitadas de valores de amplitude (classes de amplitude), e é determinada a frequência da ocorrência das classes de amplitude, sendo que, uma carga limite se define como valor de frequência de uma classe de amplitude predefinida.

15 9. Processo para o monitoramento da solicitação de acordo com uma das reivindicações anteriores, caracterizado pelo fato de que, as distribuições de frequência são determinadas para, pelo menos, duas pás do rotor de uma instalação de energia eólica, e são comparadas entre si.

20 10. Processo para o monitoramento da solicitação de acordo com uma das reivindicações anteriores, caracterizado pelo fato de que, a avaliação das amplitudes também pode ser utilizada para que, no caso de ultrapassagem de valores limite, possa ter influência sobre o controle da instalação de energia eólica, por exemplo, a fim de alterar o pitch, a fim de reduzir a sobrecarga.

FIG 1

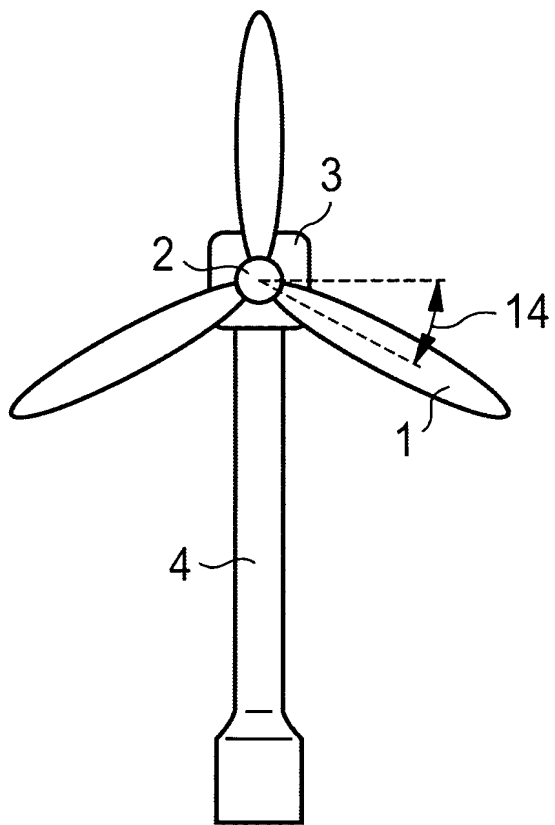


FIG 2

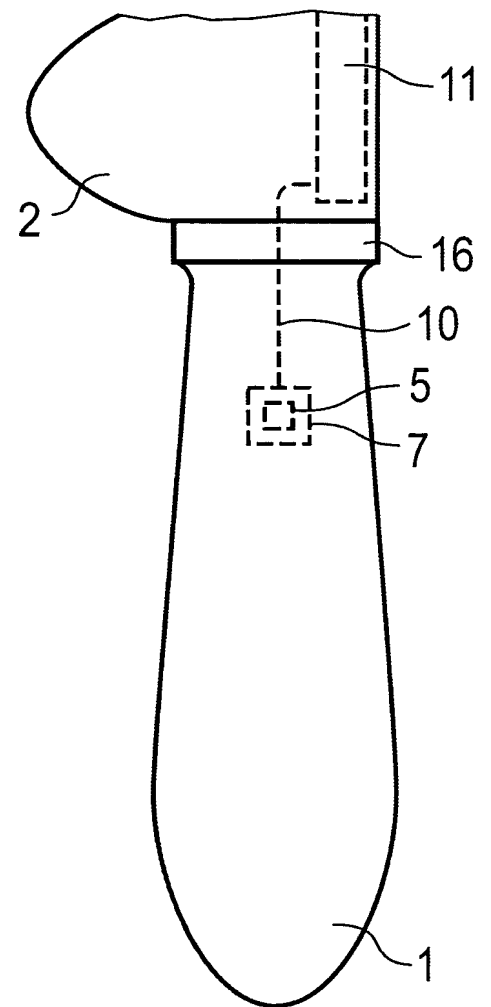
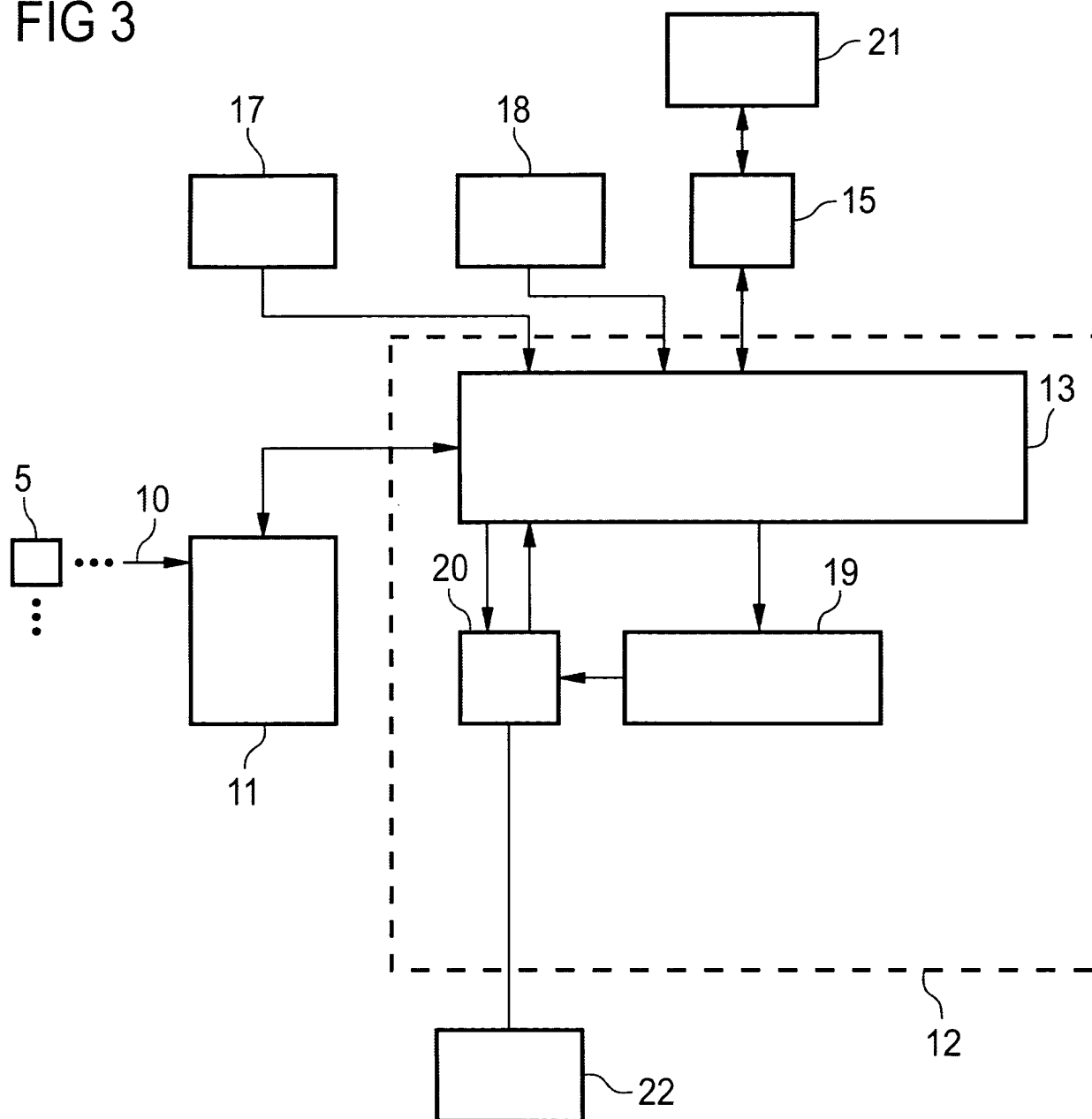
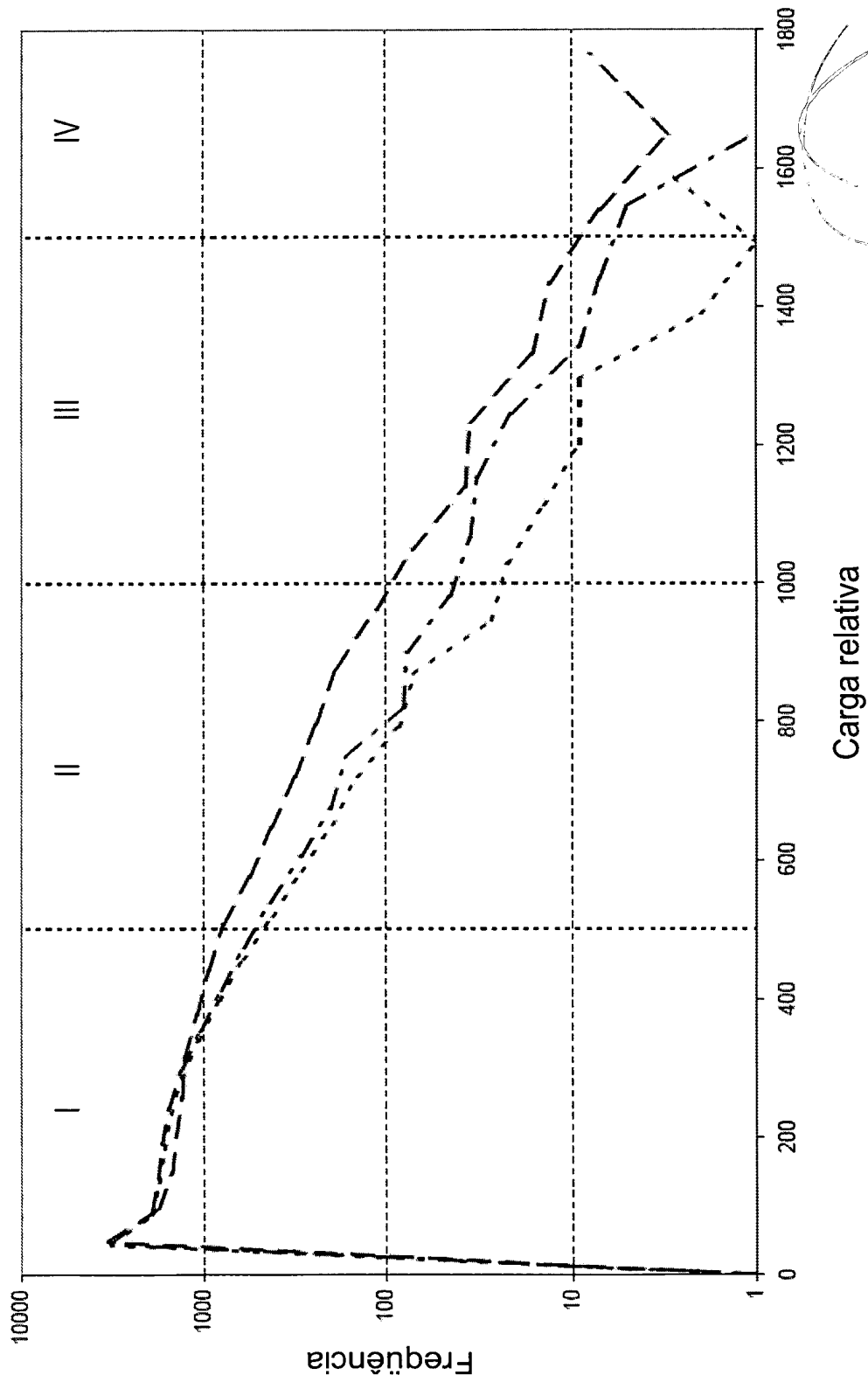


FIG 3





RESUMO

Patente de Invenção: "PROCESSO E DISPOSITIVO PARA O MONITORAMENTO DO ESTADO DE PÁS DO ROTOR EM INSTALAÇÕES DE ENERGIA EÓLICA".

- 5 A invenção, que se refere a um processo para o monitoramento da solicitação de pás do rotor em instalações de energia eólica por meio de medição de aceleração em, pelo menos, uma pá do rotor de uma instalação de energia eólica, e para a determinação da carga da pá do rotor dos sinais de aceleração registrados, cabe a tarefa de indicar um processo com o qual
- 10 os estados de carga dinâmicos, também não críticos possam ser detectados de forma diferenciada e combinada em uma forma apropriada e para uma avaliação, a fim de influenciar, se possível antes da ocorrência de um dano na pá do rotor, sobre a forma de operação da instalação de energia eólica, em particular, a forma do controle de pitch ou o ajuste de ângulo de pás do
- 15 rotor reguladas rigidamente tanto com referência a todas as pás do rotor em conjunto como também a uma pá do rotor individual. Essa tarefa é solucionada pelo fato de que, a frequência da ocorrência de valores de carga é determinada através de um certo período de tempo a partir das amplitudes do sinal de tempo ou das amplitudes de oscilações naturais selecionadas dos
- 20 espectros da frequência obtidos de acordo com a transformada de Fourier.