

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 416 085**

51 Int. Cl.:

F03D 7/02 (2006.01)

F03D 7/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.06.1998 E 05101832 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.04.2013 EP 1544458**

54 Título: **Regulación angular para el ajuste de la pala de rotor para una turbina eólica**

30 Prioridad:

25.07.1997 DE 19731918

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

30.07.2013

73 Titular/es:

**WOBEN PROPERTIES GMBH (100.0%)
Dreekamp 5
26605 Aurich, DE**

72 Inventor/es:

WOBEN, ALOYS

74 Agente/Representante:

ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María

ES 2 416 085 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Regulación angular para el ajuste de la pala de rotor para una turbina eólica

- 5 La invención se refiere a una instalación de energía eólica con un rotor con al menos una pala de rotor para la transformación de la energía de flujo del viento en energía mecánica, con un dispositivo de ajuste para el ajuste individual de al menos una pala de rotor, con un generador para la transformación de la energía mecánica del rotor en energía eléctrica y con una unión activa entre el rotor y el generador para la transmisión de la energía mecánica del rotor al generador.
- 10 Las instalaciones de energía eólica de este tipo forman parte del estado de la técnica. Por ejemplo, el libro técnico alemán "Windkraftanlagen" de Erich Hau, editorial Springer, 2ª edición, 1996, páginas 52, 175, 222 a 242, 269, 320 muestra instalaciones de energía eólica de este tipo. En estas instalaciones de energía eólica conocidas, la velocidad del rotor y la potencia suministrada puede regularse con ayuda de una regulación del ángulo de ataque de la pala del rotor.
- 15 Además, la regulación conocida del ángulo de ataque de la pala de rotor sirve para la protección de una velocidad excesiva del rotor en caso de elevadas velocidades del viento o en caso de un fallo de la red, en el que el momento del generador queda suprimido de forma repentina. En ambos casos se trata de proteger la instalación de energía eólica de la destrucción por un rotor que gira a una velocidad excesiva.
- 20 Como otro estado de la técnica, se remite al documento US-A-4193 005. Este documento da a conocer una instalación de energía eólica con un rotor, que está conectado mediante un engranaje con un generador, en el que se mide un par mediante un transformador (transductor), que se fija en el árbol que conecta el engranaje y el generador.
- Existen fundamentalmente dos vías para provocar una reducción de la velocidad del rotor con ayuda del ajuste de la pala: por un lado, el ángulo de ataque de la pala puede reducirse en la dirección de ángulos de ataque aerodinámicos más pequeños, para reducir de esta forma la absorción de potencia del rotor. Por otro lado, es posible conseguir mediante el ajuste del ángulo de ataque de la pala de rotor hacia ángulos de ataque más grandes el ángulo de ataque aerodinámico crítico, el llamado estado "stall". La última posibilidad ofrece la ventaja del ajuste por la vía más corta, aunque conlleva el inconveniente que el desprendimiento del flujo (stall) va unido a elevadas cargas para el rotor y toda la instalación de energía eólica. No obstante, las dos posibilidades de ajuste tienen en común que sólo tienen en cuenta una velocidad de viento media que actúa sobre toda la instalación de energía eólica o una velocidad límite del rotor determinada como señal de inicio para el ajuste del ángulo de pala.
- 25 Las dos posibilidades del estado de la técnica anteriormente mencionadas no tienen en cuenta que, en particular, en caso de un diámetro grande del rotor, puede producirse una distribución irregular de las condiciones de viento en la superficie del rotor. Esto tiene como consecuencia, a su vez, diferentes cargas sobre determinadas palas de rotor, así como cargas asimétricas para la cadena de accionamiento de la instalación de energía eólica, es decir, el cubo, el árbol de accionamiento y los cojinetes correspondientes. No obstante, las diferentes cargas asimétricas de este tipo no sólo se producen a partir de una determinada velocidad del rotor o a partir de una determinada velocidad del viento, sino que se producen continuamente, también durante el servicio normal de la instalación de energía eólica. Por lo tanto, la regulación del ángulo de pala conocida hasta ahora por el estado de la técnica no puede reaccionar a variaciones de la velocidad del viento y las variaciones de carga que van unidas a ello en la zona del rotor, puesto que en las instalaciones conocidas tiene lugar un ajuste unificado, sincrónico de las palas del rotor.
- 30 Si bien en instalaciones más recientes (véase en particular la pág. 238 del libro técnico arriba indicado), se ha propuesto, por un lado, un ajuste individual eléctrico de cada pala de rotor, no obstante, también esta propuesta se basa en la suposición de una velocidad de viento media, que actúa sobre la instalación de energía eólica. Con esta y la otra suposición, de que la velocidad de viento aumenta con la altura, se propone una corrección fija, cíclica según la rotación del ángulo de ataque de la pala del rotor, para poder compensar al menos en parte las cargas variables por el aumento de la velocidad del viento con la altura. También en esta técnica de ajuste de la pala del rotor es un inconveniente que el ángulo de ataque de las palas de rotor está fijamente predeterminado, por lo que no puede reaccionar a variaciones locales y transitorias de la velocidad de viento en una zona parcial del rotor. Por lo tanto, también con esta propuesta se produce una carga asimétrica que acorta, por consiguiente, la vida útil de los componentes de la instalación de energía eólica en caso de puntas locales visto a lo largo de la superficie del rotor.
- 45 Por lo tanto, el objetivo de la invención es evitar los problemas arriba indicados y proporcionar una instalación de energía eólica en la que se reducen las cargas, que pueden producirse debido a puntas locales y transitorias en la velocidad de

viento en zonas parciales de la superficie del rotor.

El objetivo se consigue según la invención con las características de la reivindicación 1 y 22. En las reivindicaciones subordinadas se indican variantes ventajosas

- 5 Según la invención, en una instalación de energía eólica del tipo indicado al principio están previstos medios de medición, que determinan la solicitación momentánea de una parte de la instalación de energía eólica, además de estar previstos medios de control, que determinan una posición deseada para la solicitación momentánea de al menos una pala de rotor y que ajustan la pala de rotor correspondientemente con ayuda del dispositivo de ajuste, además de estar
10 previstos medios de conexión, que conectan el dispositivo de ajuste y los medios de medición con los medios de control.

- Gracias a la instalación de energía eólica según la invención se permite con ayuda del dispositivo de ajuste para el ajuste individual de al menos una pala de rotor adaptar la instalación de energía eólica a solicitaciones momentáneas, que se producen sólo en una parte de la instalación de energía eólica y que se determinan mediante medios de medición con
15 ayuda de medios de control. De esta forma se consigue de forma ventajosa evitar puntas locales en la carga de las palas del rotor, del cubo, del accionamiento del eje y de los cojinetes usados. Esto conlleva, a su vez, que se alarga la vida útil de la instalación de energía eólica o que no se acorta de forma inconsciente, puesto que se evitan en gran parte las solicitaciones asimétricas de partes de la instalación de energía eólica que acortan la vida útil.

- 20 Además, la instalación de energía eólica según la invención permite aprovechar óptimamente la distribución momentánea de las velocidades del viento en la superficie del rotor y contribuir, por lo tanto, a un mayor rendimiento de la instalación de energía eólica, puesto que todas las palas del rotor funcionan siempre con el ángulo de pala deseado y, por lo tanto, óptimo, por lo que aumenta el rendimiento por pala de rotor en comparación con el rendimiento de instalaciones de energía eólica del estado de la técnica.

- 25 Es especialmente preferible que la posición de la pala del rotor o de las palas del rotor se adapte continuamente a la carga momentánea de la instalación de energía eólica. De esta forma puede garantizarse que la instalación de energía eólica funcione continuamente en el margen de trabajo óptimo, quedando protegida al mismo tiempo de puntas de carga, provocadas por puntas de la velocidad de viento localmente existentes en la zona del rotor.

- 30 En una forma de realización preferible de la invención, los medios de medición determinan para la determinación de la solicitación local de una pala de rotor una velocidad de viento que existe en la pala de rotor. Para ello, los medios de medición presentan preferiblemente un anemómetro dispuesto en la pala del rotor. Debido a que el anemómetro está dispuesto directamente en la pala de rotor, es posible un control muy preciso de la posición angular de la pala de rotor
35 como reacción a una mayor o menor velocidad del viento. Gracias a la medición de la velocidad del viento directamente en el lugar en el que también se procede a un ajuste de la instalación de energía eólica, es decir, directamente en la pala de rotor a ajustar, es posible una adaptación rápida y exacta de la posición del ángulo de la pala del rotor a variaciones locales de la velocidad del viento.

- 40 Otra forma de realización preferible se caracteriza porque los medios de medición determinan una carga mecánica que existe en un tramo parcial de la zona del rotor. En esta forma de realización se da una información precisa a los medios de control gracias a la determinación directa de la carga mecánica que existe en un tramo parcial del rotor, con ayuda de la cual pueden determinar una posición deseada de al menos una pala de rotor ajustable, teniendo en cuenta los datos de geometría, carga y/o materiales predeterminados.

- 45 En esta forma de realización es especialmente ventajoso si los medios de medición determinan una carga mecánica que existe en la pala de rotor ajustable. Si se determina la carga directamente en la pala del rotor, puede obtenerse una información muy precisa acerca del perfil de la intensidad del viento a lo largo de la superficie del rotor, de forma similar a la determinación directa de la velocidad de viento en la pala de rotor arriba indicada. Con una información tan exacta, los
50 medios de control son capaces de controlar una reacción especialmente exacta del dispositivo de ajuste, de modo que pueda reducirse muy rápidamente una punta de carga existente en un tramo parcial del rotor.

- Otra forma de realización de la invención con un cubo de rotor para el alojamiento de las palas de rotor presenta medios de medición que miden una carga mecánica existente en el cubo del rotor. También en esta forma de realización puede
55 realizarse una adaptación rápida de las palas de rotor a la situación de carga modificada. Lo mismo es válido para las formas de realización con un muñón del eje para el alojamiento del rotor, en el que los medios de medición determinan una carga que existe en el muñón del eje y en una instalación de energía eólica con un árbol de accionamiento, que une el rotor y el generador directamente o mediante una carga existente en el árbol de accionamiento o en los cojinetes del árbol de accionamiento o del muñón del eje. Todas las formas de realización anteriormente indicadas permiten una

- determinación exacta de las condiciones de carga locales en la zona del rotor y, por lo tanto, un control exacto del dispositivo de ajuste mediante los medios de control. Es especialmente preferible que los medios de medición para la medición de la carga mecánica presenten calibres extensométricos, que están dispuestos en las partes respectivamente cargadas de la instalación de energía eólica. Es decir, los calibres extensométricos pueden estar dispuestos en la pala del rotor, en el interior de la pala del rotor, en el cubo del rotor o en el interior del cubo del rotor, en el muñón del eje o en el interior del muñón del eje, en el árbol de accionamiento o en el interior del árbol de accionamiento o en los cojinetes. En todas las variantes de colocación anteriormente indicadas es posible una determinación sencilla de la carga mecánica existente y, por lo tanto, el ajuste individual según la invención de la pala del rotor.
- 5
- 10 Otra forma de realización preferible de la invención presenta medios de medición que determinan un ángulo de ataque del viento que existe en la pala de rotor a ajustar. De esta forma es posible determinar de forma ventajosa también la dirección de la corriente de ataque del viento respecto a la pala de rotor a ajustar. Con ayuda de este valor de medición, los medios de control también pueden reaccionar a una variación de la dirección del viento existente en una zona parcial del rotor.
- 15 En particular en combinación con los medios de medición de carga arriba indicados, los medios de control reciben una información muy exacta acerca de las condiciones de viento momentáneas a lo largo de la superficie del rotor: gracias a los medios de medición de carga, los medios de control pueden tener en cuenta una carga existente de forma absoluta y gracias a los medios de medición para la determinación del ángulo de ataque puede procederse también a una
- 20 determinación exacta de la magnitud del ángulo a ajustar, teniendo en cuenta la posición real de la pala del rotor. Una adaptación exacta en el caso de condiciones de viento que varían rápidamente queda así garantizada de forma ventajosa gracias a la aplicación combinada de la medición del ángulo de ataque y de la medición de carga en las palas del rotor. Es especialmente ventajoso realizar la medición del ángulo de ataque mediante una aleta fijada en la pala del rotor.
- 25 Otra forma de realización preferible de la invención se caracteriza porque un tramo parcial de una pala de rotor es ajustable de forma asíncrona respecto a otro tramo parcial ajustable de otra pala de rotor. De esta forma puede reducirse el esfuerzo constructivo, en particular en el caso de diámetros grandes del rotor, realizándose preferiblemente el tramo parcial exterior de la pala del rotor de forma ajustable, puesto que la generación de potencia del rotor se concentra en
- 30 gran medida en la zona exterior de la pala.
- En una forma de realización ventajosa de la invención, la posición deseada para una sollicitación momentánea determinada de la o de las palas de rotor puede predeterminarse con medios de entrada conectados con los medios de control. De esta forma, la instalación de energía eólica según la invención puede adaptarse in situ después del
- 35 montaje a condiciones de viento dado el caso imprevistas o después de una reparación a cambios de los grosores de material o a cambios en los perfiles de la pala de rotor.
- Ha resultado ser especialmente ventajoso tomar el valor real de la posición angular de la pala de rotor de un mecanismo ajustable, que junto con un servomotor forma el dispositivo de ajuste. Aquí es especialmente ventajoso si los medios de
- 40 control realizan el ajuste de la pala de rotor prácticamente al mismo tiempo con la detección de los valores de medición de los calibres extensométricos, el anemómetro o la aleta después del ajuste con el valor real del mecanismo ajustable mediante el servomotor. Gracias a una reacción instantánea de este tipo a cambios de carga en la zona de las palas de rotor se garantiza que puedan evitarse eficazmente cargas perjudiciales o cargas asimétricas del rotor.
- 45 Un procedimiento ventajoso para la adaptación de una instalación de energía eólica a sollicitaciones momentáneas, que existen sólo en un tramo parcial local de la instalación de energía eólica, se caracteriza porque la carga momentánea de una parte de la instalación de energía eólica se detecta con medios de medición y la posición deseada de al menos una de las palas de rotor para una carga momentánea se determina mediante medios de control y porque la pala de rotor se ajusta correspondientemente con el dispositivo de ajuste, estando conectados el dispositivo de ajuste y los medios de
- 50 medición con los medios de control con ayuda de medios de conexión. Gracias a este procedimiento sencillo puede conseguirse un aumento eficaz de la vida útil y de la eficiencia de la instalación de energía eólica según la invención.
- Otras formas de realización ventajosas están descritas en las reivindicaciones subordinadas.
- 55 A continuación, se describirá una forma de realización de la invención haciéndose referencia a los dibujos adjuntos, en los que:
- la figura 1, muestra un corte parcial a través de una instalación de energía eólica según la invención,

la figura 2, una vista frontal de una instalación de energía eólica según la invención y

la figura 3, un diagrama de bloque, que representa el control de la pala de rotor ajustable en una forma de realización preferible de la invención.

5

La figura 1 muestra una instalación de energía eólica 1 en un corte parcial. La instalación de energía eólica 1 se apoya en una torre 2 (representada sólo en parte). En el extremo superior de la torre 2 está colocada una carcasa 4 en la torre. Por debajo de la carcasa 4 está dispuesta una plataforma de mantenimiento 6 fijada en la torre. La carcasa 4 presenta en su parte posterior (en el dibujo cerrada, representada en el lado derecho) un generador (no representado) y una unidad de mando 8 representada con línea de trazos y puntos. El generador se encuentra detrás de un abombado 10 de la carcasa 4 y está abridado mediante elementos de conexión 12 con su inducido (no representado) en el cubo del rotor 14. El cubo del rotor 14 y las palas de rotor 16 (representadas sólo en parte) forman juntos el rotor 18. El rotor 18 está alojado con su cubo de rotor 14 mediante cojinetes 20 en un muñón de eje 22. El muñón de eje 22 pasa por un orificio 24 previsto en el cubo del rotor 14 atravesando el cubo de rotor 14. El muñón de eje 22 está conectado en el lado de la torre dentro de la carcasa 4 con la torre 2. De la torre 2, que se montará fundamentalmente en la dirección vertical, el muñón de eje 22 sobresale de forma ligeramente inclinada hacia arriba respecto a la horizontal. El muñón de eje 22 está conectado con el estator (no representado) del generador y pasa por el inducido del generador y por el orificio 24 del cubo de rotor 14 y termina después de su salida del orificio 24 en el lado no orientado hacia la torre 2 del rotor 18 con una pieza terminal 26.

20

Las palas de rotor 16 se extienden a su vez perpendicularmente respecto al eje del muñón de eje 22 hacia fuera. Para ello, las palas de rotor 16 pasan por orificios 28 en la carcasa delantera 30. La carcasa delantera 30 es móvil respecto a la carcasa conectada fijamente con la torre 2 y está conectada fijamente con el cubo 14.

25 Las palas de rotor 16 están conectadas mediante una unión abridada con el cubo del rotor 14, de tal forma que sean giratorias alrededor de su eje longitudinal. En la unión abridada 32 está fijado un servomotor 34, que ajusta la pala de rotor 16 mediante un mecanismo ajustable 36. El servomotor 34 y el mecanismo ajustable 36 están conectados con la unidad de mando 8 mediante conexiones 50 ó 46 eléctricas (representadas en la fig. 3). La carcasa delantera 30 envuelve el cubo del rotor 14 con los cojinetes 20, la unión abridada 32, el servomotor 34 y el mecanismo ajustable 36 para protegerlo de la intemperie. La carcasa delantera 30 presenta una sección de forma fundamentalmente semiesférica.

En el muñón de eje 22 están montados calibres extensométricos 38. En el cubo del rotor 14 están montados calibres extensométricos 40. Los calibres extensométricos 38 están conectados mediante una conexión 42 eléctrica con la unidad de mando 8. Los calibres extensométricos 40 están conectados mediante una conexión 48 eléctrica (representada en la fig. 3) con la unidad de mando 8.

La figura 2 muestra partes de la instalación de energía eólica 1 de la figura 1 visto desde el lado del rotor. La figura 2 muestra la torre 2 con el cubo del rotor 14 fijado en su punta. Del cubo del rotor 14 parten tres palas de rotor 16 en forma de estrella. Las palas de rotor 16 están conectadas con el cubo del rotor 14 mediante uniones abridadas 32. Para simplificar la representación, no están representados la carcasa delantera 30, el servomotor 34, el mecanismo ajustable 36, el muñón del eje 22, el orificio 24 y la pieza terminal 26 de la fig. 1.

En las palas de rotor 16 están fijadas aletas 44 para la medición del ángulo de ataque del viento que llega a las palas de rotor 16. Las aletas 44 están conectadas con la unidad de mando 8 (fig. 1) mediante una conexión 52 eléctrica (representada en la fig. 3).

A continuación, el funcionamiento de la instalación de energía eólica según la invención se describirá con ayuda del diagrama de bloque de la figura 3.

50

Durante el servicio de la instalación de energía eólica 1, el rotor 18 gira alrededor del eje del muñón de eje 22. Las palas de rotor 16 presentan una posición angular determinada, predeterminada con ayuda de la unidad de mando 8, el servomotor 34 y el mecanismo ajustable 36 respecto al plano en el que giran las palas de rotor 16. El mecanismo ajustable 36 transmite a la unidad de mando 8 a través de una conexión 46 eléctrica el ángulo momentáneo $\sigma_{\text{momentáneo}}$ de las palas de rotor 16 respecto al plano del rotor como valor real de la posición momentánea de la pala de rotor 16. Al mismo tiempo, la unidad de mando 8 recibe de los calibres extensométricos 38, que están fijados en el muñón de eje 22, a través de la línea 42 ("señal de carga muñón de eje" de la figura 3) los valores de medición que indican la carga momentánea del muñón de eje 22. También al mismo tiempo con la transmisión del ángulo de ajuste momentáneo de las palas de rotor 16, la unidad de mando 8 recibe de los calibres extensométricos 40 en el cubo del rotor a través de la línea

55

48 los valores de medición que indican la carga momentánea del cubo del rotor 14 ("señal de carga cubo" de la figura 3). Si la unidad de mando 8 detecta con ayuda de los calibres extensométricos 38, 40 una carga asimétrica del rotor, la unidad de mando 8 envía una señal σ_{nuevo} a través de la línea 50 al servomotor 34 para el ajuste de la pala de rotor 16 correspondiente variando la diferencia $\sigma_{\text{momentáneo}} - \sigma_{\text{nuevo}}$, teniendo en cuenta el ángulo de ajuste momentáneo $\sigma_{\text{momentáneo}}$ de las palas de rotor 36 y el ángulo de ataque β determinado por la aleta 44.

Puesto que la unidad de mando 8 recibe continuamente los valores de medición de los calibres extensométricos 38 y 40 y emite prácticamente de forma instantánea el comando de trabajo al servomotor 34 para el ajuste de un nuevo ángulo de las palas de rotor 16, teniendo en cuenta el ángulo de ataque β transmitido también continuamente a través de la línea 52 a la unidad de mando 8, se procede en línea a una adaptación de la posición de las palas de rotor 16 cuando varían las condiciones de carga en la zona del rotor procediéndose por lo tanto a una compensación en línea de cargas asimétricas del rotor 18.

Como alternativa a la medición de la sollicitación momentánea de la instalación de energía eólica mediante calibres extensométricos en el cubo del rotor y el muñón del eje, también es pensable una medición de la carga directamente en las palas de rotor mediante calibres extensométricos correspondientes.

Finalmente hay que añadir que las distintas señales (es decir, "señal de carga cubo" 40, "señal de carga muñón del eje" 38, "ángulo momentáneo $\sigma_{\text{momentáneo}}$ " 46 y "ángulo de ataque β " 53), que se usan para determinar el ángulo ideal de la pala, pueden usarse de forma conjunta o también de forma alternativa.

REIVINDICACIONES

1. Instalación de energía eólica (1)
 5 con un rotor (18) con al menos una pala de rotor (16) para la transformación de la energía de flujo del viento en energía mecánica,
 con un dispositivo de ajuste (34, 36) para el ajuste individual de al menos una pala de rotor (16),
 con un generador para la transformación de la energía mecánica del rotor (18) en energía eléctrica,
 con una unión activa entre el rotor (18) y el generador para la transmisión de la energía mecánica del rotor (18)
 10 al generador, estando conectados el rotor y el generador entre sí de forma directa o mediante un engranaje, caracterizada por
 medios de medición (38, 40) que determinan la sollicitación momentánea de una parte de la instalación de energía eólica (1), es decir, de los cojinetes del árbol de accionamiento estando realizados los medios de medición en forma de calibres extensométricos (38, 40) fijados en los cojinetes,
 15 medios de control (8), que determinan una posición deseada para la sollicitación momentánea de al menos una pala de rotor (16) y que ajustan la pala de rotor (16) correspondientemente con ayuda del dispositivo de ajuste (34, 36), y
 medios de conexión (42, 46, 48, 50, 52) que conectan el dispositivo de ajuste (34, 36) y los medios de medición (38, 40) con los medios de control (8).
 20
2. Instalación de energía eólica (1) según la reivindicación 1, caracterizada porque la posición de la pala de rotor (16) o de las palas de rotor (16) se adapta continuamente a la sollicitación momentánea de la instalación de energía eólica (1).
- 25 3. Instalación de energía eólica (1) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque los medios de medición (38, 40) para la determinación de la sollicitación de la pala de rotor (16) determinan una velocidad de viento que existe en la pala de rotor (16).
4. Instalación de energía eólica (1) según la reivindicación 3, caracterizada porque los medios de medición
 30 (38, 40) presentan un anemómetro para la medición de la velocidad del viento.
5. Instalación de energía eólica (1) según la reivindicación 4, caracterizada porque el anemómetro está dispuesto en la pala del rotor (16).
- 35 6. Instalación de energía eólica (1) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque los medios de medición (38, 40) determinan además una carga mecánica que existe en una zona parcial del rotor (18).
7. Instalación de energía eólica (1) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque los medios de medición (38, 40) determinan además una carga que existe en un tramo parcial ajustable del rotor (18).
 40
8. Instalación de energía eólica (1) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque los medios de medición (38, 40) determinan además una carga que existe en la pala de rotor (16) ajustable.
9. Instalación de energía eólica (1) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores con un cubo de rotor
 45 (14), caracterizada porque los medios de medición (38, 40) determinan además una carga que existe en el cubo del rotor (14).
10. Instalación de energía eólica (1) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores con un muñón de eje
 (22) para el alojamiento del rotor (18), caracterizada porque los medios de medición (38, 40) determinan además una
 50 carga que existe en el muñón de eje (22).
11. Instalación de energía eólica (1) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores con un árbol de accionamiento, que conecta el rotor (18) y el generador directamente o mediante un engranaje, caracterizada porque los medios de medición (38, 40) presentan además una carga que existe en el árbol de accionamiento.
 55
12. Instalación de energía eólica (1) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque los medios de medición (38, 40, 44) determinan un ángulo de ataque del viento que existe en la pala de rotor (16) a ajustar.

13. Instalación de energía eólica (1) según la reivindicación 12, caracterizada porque los medios de medición (38, 40, 44) presentan una aleta (44) fijada en la pala de rotor (16) para la medición del ángulo de ataque.
14. Instalación de energía eólica (1) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores con al menos dos palas de rotor, caracterizada porque al menos una pala de rotor (16) puede ajustarse de forma asincrónica respecto a la o las otra(s).
15. Instalación de energía eólica (1) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque al menos un tramo parcial de al menos una pala de rotor (16) puede ajustarse de forma asincrónica respecto a al menos otro tramo parcial ajustable de la misma pala de rotor (16) o respecto a la o las otra(s) pala(s) de rotor (16) o los tramos parciales de las mismas.
16. Instalación de energía eólica (1) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque la posición de la o de las pala(s) de rotor (16) deseada para una sollicitación momentánea determinada puede predeterminarse mediante medios de entrada conectados con los medios de control (8).
17. Instalación de energía eólica (1) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque el dispositivo de ajuste (34, 36) para el ajuste de la pala de rotor (16) presenta un servomotor (34) y un mecanismo ajustable (36) accionado por éste, recibiendo los medios de control (8) del mecanismo ajustable (36) un valor real que indica la posición momentánea de la pala de rotor (16) y ajustando los mismos la pala de rotor (16) mediante el servomotor (34).
18. Instalación de energía eólica (1) según la reivindicación 17, caracterizada porque los medios de control (8) proceden al ajuste de la pala de rotor (16) prácticamente al mismo tiempo que se detectan los valores de medición.
19. Instalación de energía eólica (1) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque la instalación de energía eólica (1) es del tipo de eje horizontal.
20. Instalación de energía eólica (1) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque el rotor (18) es un rotor a barlovento.
21. Procedimiento para la adaptación de una instalación de energía eólica (1) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores a las sollicitaciones momentáneas que existen sólo en una zona parcial de la instalación de energía eólica (1), caracterizado porque mediante medios de medición (38, 40) se determina la sollicitación momentánea de los cojinetes del árbol de accionamiento mediante calibres extensométricos fijados en los cojinetes, porque mediante medios de control (8) se determina una posición deseada para la sollicitación momentánea de al menos una pala de rotor (16) para evitar en gran medida sollicitaciones asimétricas de partes de la instalación de energía eólica que acortan la vida útil, estando conectado el dispositivo de ajuste (34, 36) y los medios de medición (38, 40) con los medios de control (8) con ayuda de medios de conexión (42, 46, 48, 50, 52).

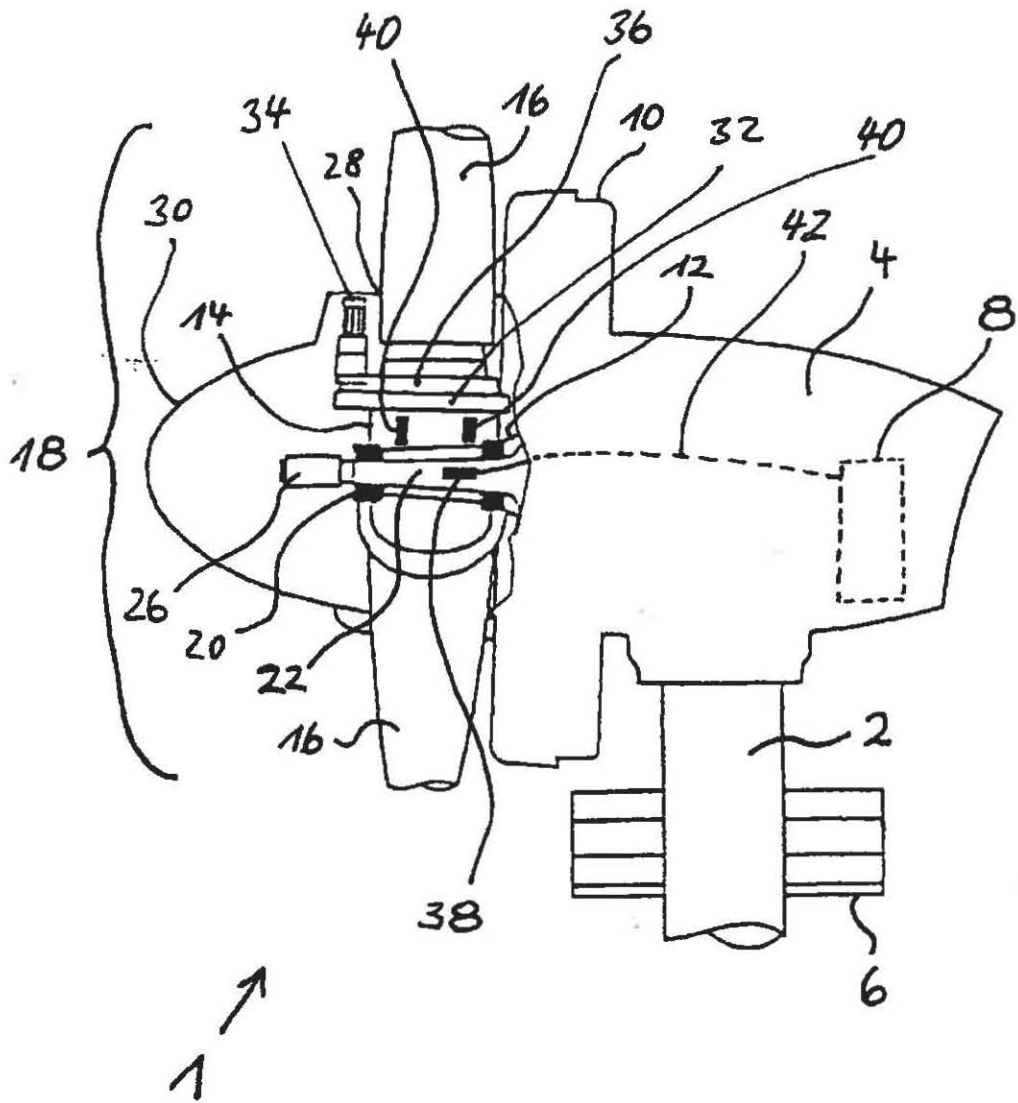


Fig. 1

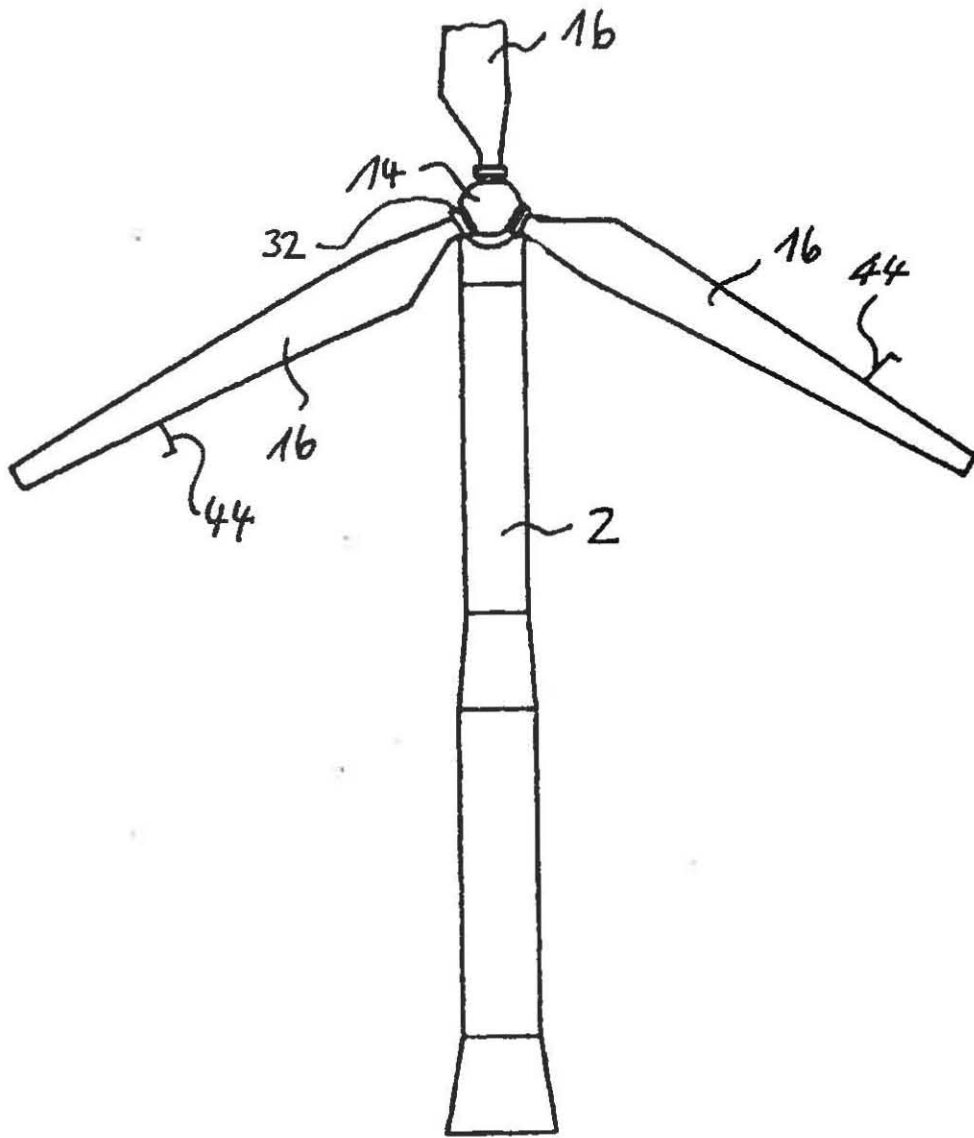


Fig. 2

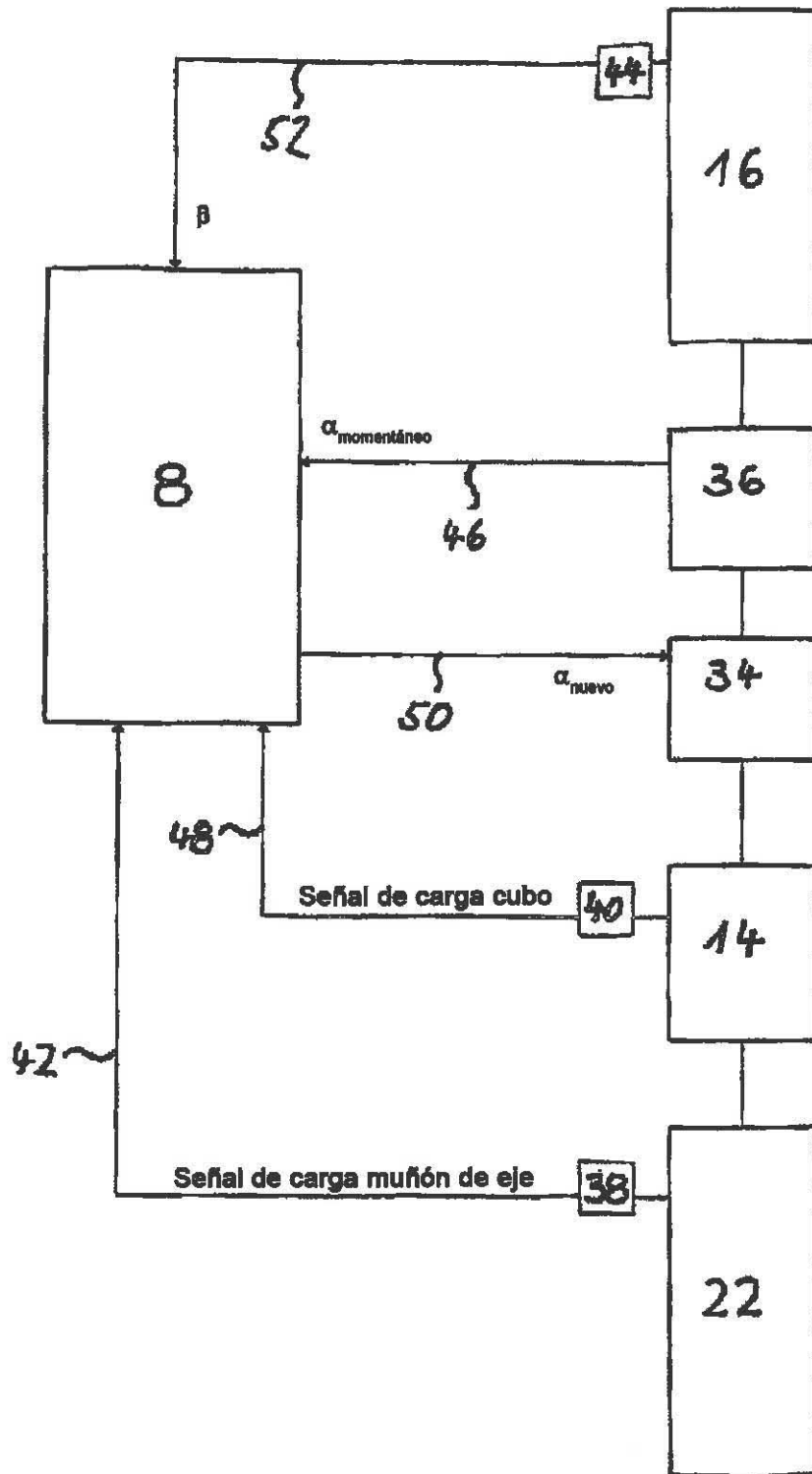


Fig. 3