

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 671 694**

51 Int. Cl.:

**F03D 80/70** (2006.01)

**F03D 15/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.07.2016 E 16177929 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.03.2018 EP 3121443**

54 Título: **Cojinete de tren de transmisión de un aerogenerador y aerogenerador**

30 Prioridad:

**22.07.2015 DE 102015009325**

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

**08.06.2018**

73 Titular/es:

**SENVION GMBH (100.0%)  
Überseering 10  
22297 Hamburg, DE**

72 Inventor/es:

**TREDE, ALF**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

**ES 2 671 694 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

Cojinete de tren de transmisión de un aerogenerador y aerogenerador

La invención se refiere a un cojinete de tren de transmisión de un aerogenerador con un rotor, un árbol de rotor orientado fundamentalmente de forma horizontal, un engranaje planetario y un soporte de máquina que comprende un apoyo de rotor del lado del rotor frente al engranaje planetario, un rodamiento del portador planetario para un portador planetario del lado del rotor del rodamiento del portador planetario y al menos un soporte del momento de torsión lateral unido por uno de los lados del engranaje planetario al engranaje planetario, configurándose el apoyo de rotor como rodamiento fijo para la absorción de cargas axiales. La invención se refiere además a un aerogenerador correspondiente.

Muchos aerogeneradores modernos de la categoría de megavatios y multimegavatios, véase por ejemplo el documento EP 1878917 A, en el presente caso instalaciones de eje horizontal con ejes de árboles de rotor fundamentalmente horizontales, presentan en una góndola o en una sala de turbinas, en la punta de la torre, un engranaje que conecta el rotor a un generador. En estos aerogeneradores el árbol de rotor se monta de manera horizontal o ligeramente inclinada frente a la horizontal, lo que ofrece la ventaja de una mayor distancia de las palas de rotor respecto a la torre. En la góndola se dispone un soporte de máquina en el que se apoyan el generador así como el engranaje. Dado que el soporte de máquina también tiene que portar el rotor, se emplea en estos casos normalmente un apoyo de tres puntos o un apoyo de cuatro puntos como cojinete para el tren de transmisión formado por el rotor, el árbol de rotor y el engranaje. Por un cojinete de tren de transmisión se entiende a continuación, en el marco de la presente invención, un cojinete de rotor y de engranaje.

El apoyo de tres puntos a indicar a modo de ejemplo comprende un rodamiento como apoyo de rotor, por el que pasa el árbol de rotor y que apoya el árbol de rotor. El árbol de rotor desemboca en el engranaje. Otros dos puntos de apoyo se disponen lateralmente en el engranaje y fijan el engranaje en el soporte de máquina. Estos apoyos laterales absorben el momento de giro del engranaje y los momentos de flexión del árbol de rotor y se definen como asientos o asientos de engranaje.

En el caso de los apoyos de tres puntos las fuerzas de las cargas de cabeceo y de guiñada, es decir, los momentos de flexión del árbol de rotor así como el momento de giro debido a la rotación del rotor (carga torsional), se transmiten a través de los asientos al soporte de máquina. Un diseño blando de los casquillos en los asientos laterales conduce no sólo a una reducción de la excitación torsional y, por consiguiente, a un buen desacoplamiento del ruido propagado por estructuras sólidas, sino también a un mayor desplazamiento del engranaje bajo esfuerzos de flexión. Esto puede dar lugar a desplazamientos inadmisibles del acoplamiento del generador o incluso del cojinete principal. La introducción de esfuerzos de flexión en una construcción de soporte de máquina abierta también plantea un reto.

Los apoyos de cuatro puntos, como los que se emplean, por ejemplo, en las series de construcción 5M y 6M de la solicitante, constituyen una alternativa. Los mismos presentan, además de casi siempre dos asientos laterales o apoyos de momento de giro en el engranaje, dos apoyos separados para el árbol de rotor delante del engranaje, diseñándose uno de los rodamientos de árbol de rotor como rodamiento de árbol de rotor libre y el otro como rodamiento fijo que absorbe las fuerzas axiales sobre el rotor y las transmite al soporte de máquina, de manera que el engranaje ya no quede expuesto a fuerzas axiales. Los dos rodamientos de árbol de rotor absorben también los esfuerzos de flexión del árbol de rotor, por lo que los apoyos de momento de giro ya sólo tienen que absorber las cargas por torsión causadas por el giro del rotor y el engranaje y ya no se desplaza, como en el caso de los apoyos de tres puntos.

La presente invención, en cambio, tiene por objeto proporcionar un cojinete de tren de transmisión sencillo y eficaz así como un aerogenerador con un cojinete de tren de transmisión de este tipo.

Esta tarea se resuelve por medio de un cojinete de tren de transmisión de un aerogenerador con un rotor, un árbol de rotor de orientación fundamentalmente horizontal, un engranaje planetario y un soporte de máquina que comprende un apoyo de rotor del lado del rotor frente al engranaje planetario, un apoyo del portador planetario para un portador planetario del lado del rotor del engranaje planetario y al menos un apoyo lateral de momento de giro unido por uno de los lados del engranaje planetario al engranaje planetario, diseñándose el apoyo de rotor como rodamiento fijo para la absorción de cargas axiales perfeccionado, por que se prevé un cojinete radial para la absorción de esfuerzos de flexión del árbol de rotor que comprende un elastómero anular dispuesto en un plano del apoyo del portador planetario y apoyado en una estructura de fijación del soporte de máquina.

En el caso clásico de dos apoyos de momento de giro dispuestos simétricamente a ambos lados del engranaje se trata en este cojinete de tren de transmisión según la invención de un apoyo de cuatro puntos. En un tren de transmisión con un engranaje planetario, el árbol de rotor se sujeta por bridas por el lado del engranaje de un portador planetario central de una, especialmente de una primera etapa planetaria del engranaje planetario, que se ha dispuesto en una prolongación del árbol de rotor. El portador planetario se apoya por medio de un apoyo del portador planetario, configurado en la mayoría de los casos como rodamiento, frente a una carcasa del engranaje planetario.

Según la invención se dispone en el plano del apoyo del portador planetario el elastómero anular, de manera que apoye la carcasa del portador planetario radialmente frente al soporte de máquina. De este modo el apoyo del

- portador planetario, de por sí existente, transmite los momentos de flexión a través del elastómero anular al soporte de máquina. Éste se dispone en el plano del apoyo del portador planetario, con lo que se solapa en dirección axial con al menos una parte del apoyo del portador planetario para que se consiga un flujo de fuerza radial ventajoso sin desplazamiento axial, es decir, por el camino más directo adaptado al flujo de fuerza. Así se transmiten los momentos de flexión sin cargar los elementos dentados del engranaje.
- Una adaptación también conviene en el sentido de diseñar el apoyo del portador planetario de forma que aguante la transmisión adaptada al flujo de fuerza de los esfuerzos de flexión desde el árbol de rotor a la estructura de fijación del soporte de máquina.
- El cojinete de tren de transmisión según la invención se puede comparar con un apoyo de rotor doble, pero sin el segundo apoyo de rotor. Frente al estado de la técnica, se suprime según la invención un rodamiento propio por el lado del engranaje para el árbol de rotor, que no sea al mismo tiempo un rodamiento para el engranaje. Por otra parte, los esfuerzos de flexión y las cargas torsionales se introducen a través de diferentes elementos, separados por funciones, en la estructura de soporte de máquina.
- El apoyo de rotor del lado del rotor sirve, según la invención, como rodamiento fijo para cargas axiales, mientras que el rodamiento radial dispuesto en el engranaje absorbe con el apoyo del portador planetario y el elastómero anular los esfuerzos de flexión del árbol de rotor, absorbidos previamente por el apoyo de rotor del lado del engranaje, con lo que hasta ese momento se había producido una reducción de los esfuerzos de flexión sobre el apoyo del portador planetario, y los introduce en el soporte de máquina. Con el cojinete según la invención se consigue un buen apoyo del árbol de rotor y se reduce la sollicitación por fuerzas de cizallamiento y flexión del engranaje planetario, que en el marco de la invención comprende también un engranaje planetario / de ruedas dentadas. En lugar del engranaje planetario también se puede apoyar de manera correspondiente un engranaje de ruedas dentadas.
- En una variante ventajosamente perfeccionada, el rodamiento radial se diseña como rodamiento libre para el árbol de rotor en relación con las cargas axiales del árbol de rotor. Esto simplifica la configuración del rodamiento radial y resulta posible por el hecho de que el apoyo de rotor del lado del rotor ya se ha realizado como rodamiento fijo.
- El elastómero anular presenta preferiblemente una dureza Shore (A) de más de 70, especialmente de más de 90, en especial de más de 120. Por lo tanto se realiza relativamente duro y reduce los desplazamientos radiales del engranaje en caso de esfuerzos por flexión, con lo que también se protege el engranaje.
- El elastómero anular se apoya preferiblemente en segmentos del soporte de máquina con estribo atornillado o atornillable, o con una estructura perimetral completa.
- El al menos un apoyo de momento de giro lateral se diseña ventajosamente para la absorción de cargas torsionales. Para ello, uno o varios cuerpos de elastómero del al menos un apoyo de momento de giro lateral se realiza o se realizan preferiblemente blandos en dirección de la presión, especialmente con una dureza Shore (A) de entre 30 y 80, en especial de entre 35 y 65. Esta dureza, en comparación reducida, permite un buen desacoplamiento del ruido propagado por estructuras sólidas que es especialmente importante en relación con las excitaciones torsionales. La elección de de durezas tan reducidas es posible gracias a la absorción de los esfuerzos de flexión en el rodamiento radial, dado que el engranaje se puede apoyar torsionalmente de forma muy blanda como consecuencia de la separación funcional de los distintos elementos para la absorción de esfuerzos de flexión o cargas torsionales, sin que se produzca ningún desplazamiento inadmisibles bajo los momentos de flexión.
- El o los apoyo/s de momento de giro se diseña/n preferiblemente sin pretensión. Esto es posible por que a causa del momento de giro del rotor orientado siempre de forma igual durante el funcionamiento de producción del aerogenerador se ajusta automáticamente una pretensión de servicio. Alternativa o adicionalmente se dispone ventajosamente un tope amortiguador para la recuperación elástica.
- En una variante de realización ventajosamente perfeccionada, el apoyo de momento de giro comprende cuerpos de elastómero dispuestos en forma de tejado y/o en forma de casquillo.
- Se prevén preferiblemente dos apoyos de momento de giro situados simétricamente a ambos lados del engranaje planetario. Esta disposición permite una introducción uniforme de fuerzas torsionales en el soporte de máquina con una sollicitación local menor que la que se produce en el caso de un único apoyo de momento de giro.
- La tarea de la invención se resuelve además por medio de un aerogenerador con un rotor, un árbol de rotor orientado fundamentalmente de forma horizontal, un engranaje planetario y un soporte de máquina, que comprende un cojinete de tren de transmisión, según la invención, antes descrito. El aerogenerador comparte con el cojinete de tren de transmisión, según la invención, sus características, propiedades y ventajas antes descritas.
- Otras características de la invención resultan de la descripción de formas de realización según la invención en combinación con las reivindicaciones y los dibujos que se acompañan. Las formas de realización según la invención pueden cumplir algunas características o una combinación de varias características.
- La invención se describirá a continuación, sin limitación de la idea general de la invención, a la vista de ejemplos de realización y con referencia a los dibujos, señalándose en relación con todos los detalles según la invención no explicados de forma pormenorizada expresamente los dibujos. Se ve en la

Figura 1 una sección transversal esquemática de la góndola de un aerogenerador conocido;

Figura 2 una vista esquemática en perspectiva de un cojinete de tren de transmisión según la invención;

Figura 3 una representación esquemática de sección transversal y en perspectiva de un rodamiento radial según la invención.

5 En los dibujos los elementos y/o las piezas respectivamente iguales o similares están provistos de las mismas referencias, por lo que se prescinde de una nueva representación.

10 En la figura 1 se muestra una representación de sección transversal de una góndola de un aerogenerador conocido, por ejemplo del aerogenerador MD70 de la solicitante. La góndola 3 se encuentra en una torre 2, representándose la sección cercana a la góndola de la misma. A la izquierda de la figura 1 se ilustra un rotor con un cubo de rotor 4 y palas de rotor 5 representadas sólo en la zona de la raíz de las palas de rotor. Las palas de rotor 5 presentan en la zona de la raíz de las palas de rotor, respectivamente, un rodamiento de pala de rotor 6 sobre el que actúa un accionamiento de ajuste de pala 7. El accionamiento de ajuste de pala 7 es activado por un sistema de control 8 y cambia durante el funcionamiento del aerogenerador 1 el ángulo de ajuste de la respectiva pala de rotor 5.

15 La góndola 3 aloja un soporte de máquina 12, unido a través de una corona giratoria de la cabeza de torre 9 a la torre 2. Sobre la corona giratoria de la cabeza de torre 9 actúan motores de seguimiento del viento 10 de un mecanismo de regulación acimutal que orientan la góndola o el rotor en dirección de la dirección de viento reinante. Para ello se prevén cuatro motores de seguimiento del viento 10, dos de los cuales se disponen por el lado representado y dos ocultos por detrás por el otro lado del soporte de máquina 12. Sobre la corona dentada de la cabeza de torre 9 actúan igualmente unos frenos acimutales 11, que sirven para retener la posición acimutal del rotor.

20 El rotor acciona un árbol de rotor 13 alojado de forma rotatoria en un apoyo de rotor 14 configurado a modo de rodamiento. El árbol de rotor 13 impulsa un engranaje planetario 15 que transforma el movimiento de giro lento del árbol de rotor en un movimiento de giro rápido de un árbol de generador 19, representado con engranajes, que a su vez acciona un generador 20 para la producción de energía eléctrica provisto de un intercambiador de calor 21.

25 El cojinete de tren de transmisión se ha configurado en el caso del aerogenerador MD70 de la solicitante, mostrado en la figura 1, como apoyo de tres puntos. El apoyo de rotor 14 se ha configurado a modo de rodamiento fijo que sólo permite unos pocos milímetros de holgura en dirección axial del árbol de rotor 13. Otros dos puntos de apoyo consisten en las suspensiones elásticas del engranaje o en los asientos 16, de los que se representa uno en la figura 1, mientras que el otro se encuentra simétricamente por el otro lado del engranaje planetario 15, por lo que queda cubierto por el engranaje planetario 15. Los mismos se diseñan de manera que absorban tanto las cargas torsionales como los esfuerzos de flexión del árbol de rotor 13 que se transmiten a través del engranaje planetario 15 a los asientos 16 y posteriormente al soporte de máquina 12.

30 El asiento 16 o la suspensión elástica del engranaje se configuran de forma convencional y se componen de cuerpos de elastómero cilíndricos huecos de dos cuerpos parciales semicilíndricos dispuestos alrededor de un perno cilíndrico. Con sus apoyos cilíndricos, cuyo eje cilíndrico se orienta paralelo al árbol de rotor 13, se trata en el caso del asiento 16 de un rodamiento libre, dado que debido a su blandura en esta dirección sólo absorbe un poco de la fuerza de empuje del rotor en dirección del eje del árbol de rotor.

35 Sin embargo, los cuerpos de elastómero en forma de casquillo de los asientos 16 se realizan en comparación rígidos en dirección radial. El engranaje planetario 15 presenta además un freno de rotor 17 y un transformador de anillo rozante 18.

40 La figura 2 muestra en perspectiva un ejemplo de realización según la invención de un cojinete de tren de transmisión 30. Abajo a la izquierda se muestra una parte del apoyo de rotor 14 configurado como rodamiento fijo para el apoyo axial y radial del árbol de rotor 13. El mismo se fija mediante una brida de árbol de rotor 131 en un portador planetario 151 que forma parte de una primera etapa planetaria de un engranaje planetario 15. El portador planetario 151 se apoya por medio de un rodamiento de portador planetario 152 no visible en la figura 2 frente a una carcasa 154 del engranaje planetario 15. Un rodamiento radial 32 se forma por que la carcasa 154 del engranaje planetario 15 se sujeta y apoya adicionalmente por medio de un elastómero anular 153 respecto a una estructura de fijación 121 atornillada al soporte de máquina 12. A estos efectos la estructura de fijación 121 presenta un estribo semicircular 122 que termina en dos bridas roscadas del estribo que se atornillan con las bridas roscadas correspondientes 124 del soporte de máquina 12. Este rodamiento radial 32 con el elastómero anular relativamente duro resulta igualmente relativamente duro.

45 La combinación de apoyo de rotor 14 y rodamiento radial 32 absorbe todos los esfuerzos de flexión del rotor o del árbol de rotor 13 y los transmite al soporte de máquina sin aplicar cargas al dentado del engranaje planetario 15.

50 La carcasa 154 del engranaje planetario 15 presenta a ambos lados respectivamente un apoyo de momento de giro 160 alojado cada uno en un bastidor 125 entre los cuerpos de elastómero 161. En el sentido de un buen desacoplamiento del ruido propagado por estructuras sólidas se pueden diseñar blandos, dado que sólo tienen que absorber cargas torsionales pero no los esfuerzos de flexión del árbol de rotor 13. Los bastidores 125 se atornillan por su cara inferior al soporte de máquina 12 y presentan por su cara superior respectivamente una tapa 126.

55 En la figura 3 se ilustra la estructura interior del rodamiento radial 32 de la figura 2 en una sección transversal mostrada parcialmente en perspectiva. Además de los detalles reconocibles en la figura 2, se puede ver en la figura

3 el modo de abridar el árbol de rotor 13 por medio de la brida de árbol de rotor 13 en el portador planetario 151. También se muestra el apoyo del portador planetario 152 entre el portador planetario 151 y la carcasa 154 del engranaje planetario. La carcasa 154 presenta un saliente en dirección al árbol de rotor 13, cuya cara exterior está enfrentada a la cara interior del estribo 122 de la estructura de fijación 121, quedando un resquicio. Este resquicio se rellena en parte con el elastómero anular 153.

5 En un plano perpendicular al eje central del árbol de rotor 13 se solapan el elastómero anular 153 y el rodamiento del portador planetario 152 de manera que se produzca un flujo de fuerza radial directo desde el portador planetario 151 a través del rodamiento del portador planetario 152, la carcasa 154 y el elastómero anular a la estructura de fijación periférica 121 y, por lo tanto, al soporte de máquina 12.

10 En el marco de la invención las características identificadas con “especialmente” o “preferiblemente” han de entenderse como características facultativas.

Lista de referencias

	1	Aerogenerador
15	2	Torre
	3	Góndola
	4	Cubo de rotor
	5	Pala de rotor
	6	Rodamiento de pala de rotor
20	7	Accionamiento de ajuste de pala
	8	Sistema de control del mecanismo de ajuste de pala
	9	Corona giratoria de la cabeza de torre
	10	Motores de seguimiento del viento
	11	Frenos acimutales
25	12	Soporte de máquina
	13	Árbol de rotor
	14	Apoyo de rotor
	15	Engranaje planetario
	16	Suspensión elástica del engranaje
30	17	Freno de rotor
	18	Transformador de anillo rozante
	19	Árbol de generador con engranajes
	20	Generador
	21	Intercambiador de calor
35	30	Cojinete de tren de transmisión
	32	Rodamiento radial
	121	Estructura de fijación
	122	Estribo
	123	Brida roscada de estribo
40	124	Brida roscada
	125	Bastidor
	126	Tapa
	131	Brida de árbol de rotor
	151	Portador planetario
45	152	Apoyo de portador planetario

## ES 2 671 694 T3

- 153 Elastómero anular
- 154 Carcasa
- 160 Apoyo de momento de giro
- 161 Cuerpo de elastómero

5

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Cojinete de tren de transmisión (30) de un aerogenerador (1) con un rotor, un árbol de rotor (13) orientado fundamentalmente de forma horizontal, un engranaje planetario (15) y un soporte de máquina (12), que comprende un apoyo de rotor (14) del lado del rotor frente al engranaje planetario (15), un apoyo de portador planetario (152) para un portador planetario (151) del engranaje planetario (15) del lado del rotor y al menos un apoyo lateral de momento de giro (160, 160') unido por uno de los lados del engranaje planetario (15) al engranaje planetario (15), diseñándose el apoyo de rotor (14) como rodamiento fijo para la absorción de cargas axiales, caracterizado por que se prevé un rodamiento radial (32) para la absorción de esfuerzos de flexión del árbol de rotor (13) que comprende un elastómero anular (153) que se dispone en un plano del apoyo del portador planetario (152) y que está alojado en una estructura de fijación (121) del soporte de máquina (12).
- 10 2. Cojinete de tren de transmisión (30) según la reivindicación 1, caracterizado por que el rodamiento radial (32) se diseña como rodamiento libre para el árbol de rotor (13) en relación con las cargas axiales del árbol de rotor (13).
- 15 3. Cojinete de tren de transmisión (30) según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado por que el elastómero anular (153) presenta una dureza Shore (A) de más de 70, especialmente de más de 90, en especial de más de 120.
- 20 4. Cojinete de tren de transmisión (30) según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que el elastómero anular (153) se dispone en un plano del apoyo del portador planetario (152) del lado del rotor y se apoya en una estructura de fijación (121) del soporte de máquina (12), especialmente en segmentos del soporte de máquina (12) con estribo (122) atornillado o atornillable o en una estructura perimetral completa.
- 25 5. Cojinete de tren de transmisión (30) según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por que al menos un apoyo lateral de momento de giro (160) se configura para la absorción de cargas torsionales.
- 30 6. Cojinete de tren de transmisión (30) según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por que uno o varios de los cuerpos de elastómero (161) del al menos un apoyo lateral de momento de giro (160) se realizan o son blandos en dirección de la presión, especialmente con una dureza Shore (A) de entre 30 y 80, en especial de entre 35 y 65.
- 35 7. Cojinete de tren de transmisión (30) según una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado por que el apoyo de momento de giro (160) o los apoyos de momento de giro (160) se diseñan sin pretensión y/o por que para la recuperación elástica se prevé un tope amortiguador.
- 40 8. Cojinete de tren de transmisión (30) según una de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado por que el apoyo de momento de giro (160) comprende cuerpos de elastómero dispuestos en forma de tejado y/o en forma de casquillo.
- 45 9. Cojinete de tren de transmisión (30) según una de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado por que comprende dos apoyos de momento de giro (160) dispuestos simétricamente a ambos lados del engranaje planetario (15).
10. Aerogenerador (1) con un rotor, un árbol de rotor (13) orientado fundamentalmente de forma horizontal, un engranaje planetario (15) y un soporte de máquina (12) que comprende un cojinete de tren de transmisión (30) según una de las reivindicaciones 1 a 9.

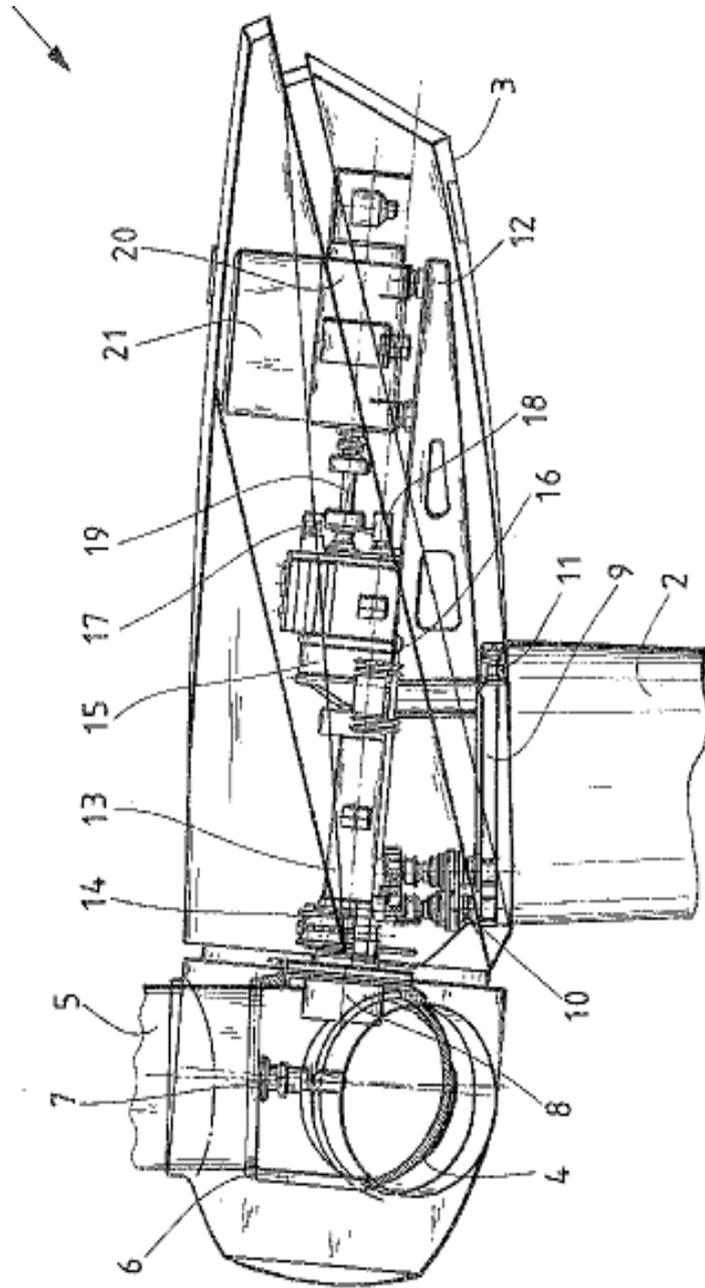


Fig. 1

Estado de la técnica



Fig. 3

