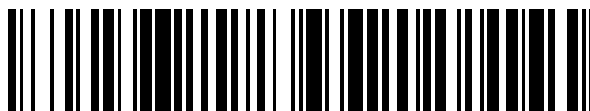


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 761 952**

51 Int. Cl.:

F16C 19/54 (2006.01)

F16C 23/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.08.2013 PCT/SE2013/000128**

87 Fecha y número de publicación internacional: **27.02.2014 WO14031054**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.08.2013 E 13831443 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.10.2019 EP 2938879**

54 Título: **Disposición de eje de rotor de aerogenerador**

30 Prioridad:

21.08.2012 SE 1200500
03.12.2012 SE 1200741

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
21.05.2020

73 Titular/es:

AKTIEBOLAGET SKF (100.0%)
415 50 Göteborg, SE

72 Inventor/es:

WENDEBERG, HANS;
LEANDER, HÅKAN y
REICHERT, JÜRGEN

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 761 952 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

Disposición de eje de rotor de aerogenerador

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a disposiciones de cojinetes de rodadura para aerogeneradores y, más específicamente, a una disposición de eje de rotor de aerogenerador que comprende un eje de rotor para soportar los álabes del aerogenerador, cuyo eje de rotor está soportado en un primer punto de soporte con un cojinete de rodadura autoalineante.

La presente invención se refiere también a un método para fabricar una disposición de eje de rotor de aerogenerador.

Técnica antecedente

10 Debido a las grandes dimensiones y al peso de los aerogeneradores, las capacidades de soporte de carga y el rendimiento de la disposición de cojinetes que soporta el eje de rotor y los álabes del aerogenerador son de gran importancia. Típicamente, para un aerogenerador de tipo de eje de rotor horizontal, o casi horizontal, la disposición de cojinetes debe soportar tanto las cargas axiales como las radiales, en las que las cargas axiales comúnmente comprenden cargas axiales transferidas desde los álabes del aerogenerador durante el funcionamiento, así como las
15 cargas axiales debidas al peso de la disposición de eje de rotor y de álabes de aerogenerador que se monta comúnmente con un ángulo inclinado con relación al plano horizontal con el fin de reducir el riesgo de colisión entre los álabes del aerogenerador y la torre del aerogenerador. Además, el peso y el tamaño de los componentes, así como la ubicación de la disposición de rotor en estructuras similares a una torre aumentan el costo para la sustitución y el mantenimiento, si es necesario.

20 Sin embargo, las disposiciones de cojinetes conocidas para soportar una característica de carga radial y axial determinada de un eje de rotor de aerogenerador requieren una elevada precisión de fabricación de las pistas de rodadura de los cojinetes y de las superficies de los elementos rodantes que contactan con las pistas de rodadura, así como una elevada precisión de la alineación entre el eje de rotor y las estructuras de carcasas de soporte en diferentes puntos de soporte a lo largo del eje del eje de rotor. Además, las complejas geometrías de pistas de rodadura para rodillos que comprenden, por ejemplo, manguitos de guía de rodillos, aumentan los requisitos de precisión y de
25 alineación de los cojinetes, y aumentan asimismo la masa y el coste de material de la disposición de aerogenerador completa. Además, con el fin de proporcionar una función de ubicación axial adecuada, la extensión axial y radial requerida de las soluciones de cojinetes de rodadura conocidas aumentan los requisitos de espacio y el tamaño y el peso globales del armazón de góndola del aerogenerador.

30 En la solicitud de patente N° US2008272602A1 se divulga una disposición de eje de rotor de aerogenerador. El eje del rotor del aerogenerador está soportado por dos puntos de soporte separados, en el que la primera posición de cojinete presenta un cojinete de rodillos toroidales y la segunda posición de cojinete presenta un cojinete de rodillos esféricos de doble fila. El cojinete de rodillos esféricos acomodará las cargas axiales y radiales, en el que el cojinete de rodillos toroidales sólo acomodará las cargas radiales y está dispuesto además de manera que los anillos del cojinete puedan
35 ser desplazados axialmente uno con relación al otro.

Sumario de la invención

En vista de los inconvenientes indicados anteriormente y otros de la técnica anterior, un objeto general de la presente invención es proporcionar una disposición de eje de rotor de aerogenerador mejorada y un método para la fabricación de una disposición de eje de rotor de aerogenerador.

40 Estos y otros objetos se consiguen mediante los objetos proporcionados en las reivindicaciones independientes. Las realizaciones preferidas de la invención se presentan en las reivindicaciones dependientes.

Según un primer aspecto de la misma, la presente invención se refiere a una disposición de eje de rotor de aerogenerador, por ejemplo, de tipo horizontal, que comprende un eje de rotor para soportar los álabes del aerogenerador, una primera estructura de carcasa no giratoria, o estructura de soporte, para soportar el eje de rotor,
45 cuya primera estructura de carcasa está dispuesta para ser montada en un armazón de góndola del aerogenerador, o carcasa de góndola, y un primer cojinete de rodadura dispuesto para soportar, en una primera dirección axial, el eje del rotor con relación a la primera estructura de carcasa en un primer punto de soporte. Además, el primer cojinete de rodadura es un cojinete autoalineante de una sola fila que comprende un anillo interior, un anillo exterior y un conjunto de elementos rodantes formados por rodillos dispuestos en una configuración intermedia entre los anillos interior y exterior, en el que cada rodillo es un rodillo de cojinete simétrico y tiene una superficie de contacto con la pista de
50 rodadura curvada dispuesta en contacto con una pista de rodadura interior curvada del anillo interior y en contacto con una pista de rodadura exterior curvada del anillo exterior, y en el que un ángulo de contacto entre cada rodillo y la pista

de rodadura interior y/o exterior está inclinado con relación a la dirección radial del eje del rotor. Además, el primer cojinete de rodadura es un cojinete de rodillos toroidales de una sola fila.

La invención se basa en la comprensión por parte de los presentes inventores de que una disposición de eje de rotor de aerogenerador mejorada y más compacta se realiza proporcionando un cojinete de rodillos toroidales autoalineante de una sola fila que tiene un ángulo de contacto inclinado pronunciado. Al inclinar el ángulo de contacto, la solución permite una capacidad de carga axial sostenida mientras que pueden reducirse la anchura axial y la extensión radial de la unidad de cojinete de rodadura, reduciendo de esta manera el peso de la góndola de un aerogenerador terminado. Por ejemplo, al tener un ángulo de contacto inclinado, la dirección normal de la pista de rodadura exterior, o la superficie de contacto completa de contacto con el rodillo de la pista de rodadura exterior, forma un ángulo con relación a la dirección radial del eje del rotor.

Además, la función de autoalineación, debido a las superficies de contacto curvadas entre los rodillos y las pistas de rodadura, permite la compensación de una desalineación angular del eje del rotor con relación a la primera estructura de carcasa. Por lo tanto, los requisitos de alineación de la estructura de carcasa para el cojinete cuando se monta a y se fija con relación al armazón de góndola pueden reducirse considerablemente. La capacidad de autoalineación del primer cojinete de rodadura permite además que los requisitos de alineación con relación a cojinetes de rodadura adicionales y estructuras de carcasa asociadas que soportan el eje del rotor en un punto de soporte diferente a lo largo del eje del rotor, puedan reducirse, lo que mejora el tiempo y la rentabilidad del proceso de fabricación. Por ejemplo, los menores requisitos de alineación permiten simplificar el montaje, el desmontaje y la sustitución de componentes individuales de la disposición de eje de rotor.

Además, según la invención, el peso de la disposición de eje de rotor puede reducirse ya que puede reducirse la rigidez y, por lo tanto, el peso del eje, ya que las desviaciones de flexión del eje del rotor que pueden generar una desalineación angular en el punto de soporte pueden ser compensadas por la capacidad de autoalineación del primer cojinete de rodadura. Además, las desviaciones de flexión del armazón de góndola pueden ser compensadas por la capacidad de autoalineación del primer cojinete de rodadura.

La disposición de eje de rotor de aerogenerador según la presente invención es además ventajosa en el sentido de que los rodillos simétricos y las pistas de rodadura correspondientes del primer cojinete de rodadura permiten un funcionamiento fiable, así como costes y tiempo de fabricación eficientes. Además, los rodillos simétricos se mantienen en alineación corregida con relación a la pista de rodadura interior y exterior en la dirección axial durante el funcionamiento debido a la forma curva adaptada de los rodillos y de las pistas de rodadura. Por lo tanto, no hay necesidad de rebordes o proyecciones de guía desde las pistas de rodadura interior o exterior para mantener los rodillos en su posición interpuesta correcta entre los anillos interior y exterior. La geometría de los elementos de rodillo y las pistas de rodadura interior y exterior reduce adicionalmente la fricción estática y dinámica del cojinete, permite un arranque y una salida más eficientes desde una disposición de aerogenerador durante el funcionamiento.

Por ejemplo, al ser simétrico, siendo cada rodillo parte del conjunto de elementos rodantes del cojinete tiene una forma simétrica, en la que los extremos axiales del rodillo son iguales o simétricos entre sí, es decir, tienen dimensiones similares, tales como dimensiones radiales. Más detalladamente, cada rodillo puede comprender un primer eje de simetría que coincide con el eje de rotación del rodillo, y un segundo eje de simetría que es ortogonal al primer eje de simetría. En otras palabras, cada rodillo puede tener una forma que tenga al menos dos ejes de simetría ortogonales separados.

Según una realización ejemplar, la disposición de eje de rotor de aerogenerador comprende además una segunda estructura de carcasa no giratoria, o estructura de soporte, para soportar el eje del rotor, cuya segunda estructura de carcasa está dispuesta para ser montada en el armazón de góndola del aerogenerador, y un segundo cojinete de rodadura dispuesto para soportar, en una segunda dirección axial opuesta, el eje del rotor con relación a la segunda estructura de carcasa en un segundo punto de soporte, cuyo segundo cojinete de rodadura es un cojinete autoalineante que comprende un anillo interior, un anillo exterior y un conjunto de elementos rodantes formados por rodillos dispuestos en una configuración intermedia entre los anillos interior y exterior, en el que cada rodillo es un rodillo de cojinete simétrico y tiene una superficie curvada de contacto con la pista de rodadura dispuesta en contacto con una pista de rodadura interior curvada del anillo interior y en contacto con una pista exterior curvada del anillo exterior, y en el que el ángulo de contacto entre cada rodillo del segundo conjunto de rodillos y la pista de rodadura interior y/o exterior del segundo cojinete de rodadura está inclinado con relación a la dirección radial del eje del rotor.

Según una realización ejemplar, el segundo cojinete de rodadura es un cojinete de una sola fila, es decir, que comprende una sola fila de elementos rodantes.

Según una realización ejemplar, el anillo exterior del primer cojinete de rodadura está dispuesto en el primer punto de soporte, el anillo exterior del segundo cojinete de rodadura está dispuesto en el segundo punto de soporte, en el que los puntos de soporte primero y segundo están dispuestos por separado, uno con relación al otro, a lo largo de la

dirección axial del eje del rotor. En otras palabras, los anillos exteriores de los cojinetes de rodadura respectivos están separados entre sí por una distancia axial.

5 Según una realización ejemplar, las pistas de rodadura exteriores de los cojinetes de rodillos primero y segundo están opuestas una a la otra en la dirección axial. De esta manera, los cojinetes de rodadura primero y segundo están dispuestos en una disposición en O entre sí y cooperan para fijar axialmente el eje del rotor. Por ejemplo, el primer cojinete de rodadura tiene una mayor capacidad de soporte de carga con relación al segundo cojinete de rodadura para soportar la carga axial debida al peso de una disposición de eje de rotor inclinado y a la fuerza transferida al eje del rotor desde los álabes del aerogenerador durante el funcionamiento. Los cojinetes de rodadura primero y segundo pueden estar dispuestos también para cooperar para fijar axialmente el eje del rotor al estar dispuestos en una
10 disposición en X, en el que las pistas de rodadura exteriores están orientadas en una dirección una hacia la otra.

Por ejemplo, considerando el primer cojinete de rodadura, la dirección normal de la superficie de contacto de la pista de rodadura exterior a lo largo de toda la pista de rodadura o de la longitud completa de la misma a lo largo de la dirección axial está inclinada con relación a la dirección radial del eje del rotor en una dirección que se aleja desde el segundo cojinete de rodillos, y viceversa.

15 Según una realización ejemplar, el segundo cojinete de rodadura es un cojinete de rodillos esféricos de una sola fila o un cojinete de rodillos toroidales de una sola fila. Al ser un cojinete de una sola fila, el cojinete comprende, o solo comprende, una sola fila de elementos rodantes que sitúan axialmente el eje del rotor en la segunda dirección axial. Por lo tanto, en el segundo punto de soporte, el eje del rotor solo está soportado por el segundo cojinete de rodadura, en el que el segundo cojinete de rodadura comprende solo una fila de rodillos.

20 Una característica común para los tipos de cojinetes de rodillos esféricos y toroidales es que cada pista de rodadura de cada cojinete tiene una sección transversal curvada cuando se considera en un plano que coincide con la dirección axial de los anillos interior o exterior. Además, cada rodillo está provisto de una superficie de contacto con la pista de rodadura que tiene una sección transversal curvada cuando se considera en un plano que coincide con el eje de rotación del rodillo. En otras palabras, los rodillos tienen forma de barril y tienen una superficie de contacto con la pista
25 de rodadura convexa. Además, para un cojinete de tipo esférico, la curvatura de la pista de rodadura exterior tiene un radio de curvatura que corresponde, o que es igual, al radio de la pista de rodadura exterior y los rodillos están dispuestos para moverse con relación a la pista de rodadura exterior y para desplazarse con la pista de rodadura interior durante el movimiento de autoalineación del cojinete esférico. Para el cojinete de tipo toroidal, la curvatura de la pista de rodadura exterior tiene un radio de curvatura que excede el radio de la pista de rodadura exterior, lo que
30 permite cierto desplazamiento axial de los rodillos con relación a la pista de rodadura, en el que los rodillos están dispuestos para moverse con relación tanto a la pista de rodadura exterior como a la pista de rodadura interior durante el movimiento de autoalineación del cojinete toroidal. Por ejemplo, para el cojinete de tipo toroidal, la relación entre el radio de curvatura y el radio de la pista de rodadura es mayor que 1,1, o 1,2, o 1,5, 2 o 5.

35 Según una realización ejemplar, la primera estructura de carcasa y la segunda estructura de carcasa están dispuestas para ser montadas por separado en el armazón de la góndola. De esta manera, el montaje de las estructuras de carcasa se facilita considerablemente y un aerogenerador puede montarse y desmontarse de una manera más eficiente y rentable. De manera alternativa, según una realización ejemplar, la primera estructura de carcasa y la segunda estructura de carcasa están formadas de manera integral en una unidad de estructura de carcasa de soporte dispuesta para ser montada en el armazón de la góndola. Por ejemplo, las estructuras de carcasa primera y segunda
40 se forman comúnmente en una estructura de carcasa de soporte de una pieza que comprende partes de soporte separadas axialmente para recibir y asegurar los anillos exteriores respectivos de los cojinetes de rodadura primero y segundo.

45 Según la invención, el primer cojinete de rodadura es un cojinete de rodillos toroidales de una sola fila. Por lo tanto, el eje del rotor solo está soportado por el primer cojinete de rodadura en el primer punto de soporte, en el que el primer cojinete de rodadura comprende solo una fila de rodillos que sitúan axialmente el eje del rotor en la primera dirección axial.

50 Según una realización ejemplar, el ángulo de contacto de los cojinetes de rodadura primero y/o segundo está comprendido entre 10 y 45 grados, o entre 15 y 35 grados. El ángulo de contacto puede definirse como el ángulo entre la línea a lo largo de la cual la carga resultante es transmitida a través de un elemento de rodillo desde una pista de rodadura a otra, típicamente a lo largo de una parte central axial del rodillo.

El ángulo de contacto de los cojinetes primero y segundo puede describirse también como el ángulo entre el eje de rotación de los rodillos simétricos y la dirección axial del eje del rotor.

Según una realización ejemplar adicional de la presente invención, se refiere además a una disposición de aerogenerador que comprende la disposición de eje de rotor de aerogenerador y un armazón de góndola, en la que el

eje del rotor está soportado por, y está montado en, el armazón de la góndola a través de las estructuras de carcasa primera y segunda.

Según otra realización ejemplar de la presente invención, cada estructura de carcasa está dispuesta radialmente fuera del eje del rotor. Por ejemplo, la primera estructura de carcasa está dispuesta radialmente fuera del eje del rotor, en el que el anillo exterior del primer cojinete está unido y fijado con relación a la primera estructura de carcasa y el anillo interior gira con el eje del rotor durante el funcionamiento. Además, para el caso que comprende cojinetes de rodadura primero y segundo, las estructuras de carcasa primera y segunda pueden estar dispuestas radialmente fuera del eje del rotor, en el que los anillos exteriores respectivos de los cojinetes de rodadura primero y segundo están unidos y fijados con relación a las estructuras de carcasa respectivas y los anillos interiores respectivos giran con el eje del rotor durante el funcionamiento.

Según todavía una realización ejemplar de la presente invención, cada estructura de carcasa está dispuesta radialmente en el interior del eje del rotor. Por ejemplo, la primera estructura de carcasa está dispuesta radialmente en el interior del eje del rotor, en el que el anillo interior del primer cojinete está unido y fijado con relación a la primera estructura de carcasa y el anillo exterior gira con el eje del rotor durante el funcionamiento. Además, para el caso que comprende cojinetes de rodadura primero y segundo, las estructuras de carcasa primera y segunda pueden estar dispuestas radialmente en el interior del eje del rotor, en el que los anillos respectivos de los cojinetes de rodadura primero y segundo están unidos y fijados con relación a las estructuras de carcasa primera y segunda respectivas y los anillos exteriores respectivos giran con el eje del rotor durante el funcionamiento. Por ejemplo, el eje del rotor tiene una forma hueca tubular, en el que los cojinetes de rodadura y las estructuras de carcasa están dispuestos en el interior del eje del rotor giratorio. Según una realización, la primera estructura de carcasa, o tanto la primera estructura de carcasa como la segunda estructura de carcasa se forman sobre una estructura de carcasa de soporte que se extiende axialmente a una abertura axial del eje de rotor hueco para soportar el eje del rotor desde una posición radialmente interior del eje del rotor.

Según una realización ejemplar, la disposición de eje de rotor de aerogenerador comprende una unidad de cubo para soportar los álabes del aerogenerador, en la que el eje del rotor está formado por una parte de la unidad de cubo. De esta manera, se proporciona un diseño compacto de la disposición de eje de rotor de aerogenerador, en el que la unidad de cubo y el eje del rotor están formados de manera integral. Por ejemplo, la dimensión y la extensión axial combinada del cubo y del eje del rotor pueden reducirse ventajosamente. Según una realización, el primer cojinete de rodadura está dispuesto en una configuración incorporada en la unidad de cubo, en el que el anillo exterior del primer cojinete de rodillos está unido y fijado con relación a la unidad de cubo y gira con la unidad de cubo durante el funcionamiento. De manera alternativa, el anillo interior del primer cojinete de rodadura está unido y fijado con relación a la unidad de cubo y gira con la unidad de cubo durante el funcionamiento.

Según una realización ejemplar, los cojinetes de rodadura primero y/o segundo pueden estar montados sobre/en el interior del eje del rotor con un ajuste cónico o cilíndrico. El orificio de los cojinetes de rodadura primero y/o segundo puede ser cónico o cilíndrico. Cuando el orificio es cónico, el cojinete puede montarse en el eje desplazando axialmente el cojinete sobre el eje, que presenta una superficie cónica correspondiente. De esta manera, el cojinete se fijará firmemente al eje. Si los cojinetes de rodadura primero y segundo se montan en un eje de rotor, las superficies de montaje exteriores de los anillos exteriores de los cojinetes de rodadura pueden ser cónicas o cilíndricas.

Según diversas realizaciones de la disposición de eje de rotor de aerogenerador, los cojinetes de rodadura primero y/o segundo pueden disponerse con una holgura operativa interior positiva, una holgura operativa interior negativa o sin holgura operativa interior. Por ejemplo, los cojinetes pueden disponerse de manera que no tengan sustancialmente juego axial, o pueden disponerse con un juego axial adecuado, dependiendo del diseño preferido del eje de rotor de aerogenerador. Los cojinetes pueden disponerse también con una holgura operativa, o juego, en la dirección radial. Los cojinetes pueden disponerse de manera alternativa con una holgura operativa negativa, es decir, una precarga, con el fin, por ejemplo, de mejorar la rigidez de la disposición de cojinetes o de aumentar la precisión del funcionamiento. Por ejemplo, la aplicación de una precarga puede ser proporcionada mediante muelles con el fin de prevenir daños en los cojinetes como resultado de los movimientos deslizantes de los elementos rodantes.

Además, los cojinetes de rodadura primero y/o segundo pueden, según diversas realizaciones, ser cojinetes separables, en los que los anillos interior y exterior y el conjunto de elementos rodantes son separables, unos de otros. De manera alternativa, los cojinetes de rodadura pueden ser autorretenidos de manera que el conjunto de elementos rodantes y los anillos interior y exterior formen una unidad de cojinete autorretenida. Por ejemplo, la autorretención puede proporcionarse mediante la provisión, por ejemplo, de anillos de retención, manguitos de retención o jaulas de retención. Los cojinetes de rodadura pueden ser también semi-autorretenidos, de manera que solo el conjunto de elementos rodantes y uno de los anillos interior o exterior formen una unidad autorretenida.

Además, según realizaciones alternativas adicionales de la disposición de eje de rotor de aerogenerador, los cojinetes de rodadura primero y/o segundo pueden estar provistos de un revestimiento para un rendimiento y una fiabilidad

operativa mejorados. Más detalladamente, puede aplicarse un revestimiento duradero adecuado a los elementos rodantes, las pistas de rodadura interiores, las pistas de rodadura exteriores, los anillos interiores y/o los anillos exteriores respectivos. Además, puede revestirse un cojinete de rodadura completo. Por ejemplo, problemas tales como microcorrosión por picadura, deslizamiento y descamación quebradiza generada por inclusión, y desgastes similares generados, por ejemplo, por las elevadas fuerzas de cizalla, pueden aliviarse con un revestimiento. Puede emplearse también un revestimiento para reducir o evitar la interacción de aspereza entre los elementos rodantes y las pistas de rodadura y/o para el pulido dinámico de las pistas de rodadura durante el funcionamiento. Según diversas realizaciones, el revestimiento puede basarse o puede comprender compuestos de carbono, óxido, cromo, zinc, manganeso y/o fosfato. Según una realización adicional, el revestimiento puede disponerse para reducir o evitar la ruptura dieléctrica de los componentes del cojinete de rodadura, por ejemplo, usando un revestimiento basado en cerámica que actúa como aislamiento.

Según un aspecto adicional de la misma, la presente invención se refiere a un método para fabricar una disposición de eje de rotor de aerogenerador, cuyo método comprende proporcionar un eje de rotor para soportar los álabes del aerogenerador, que soporta, en una primera dirección axial, el eje del rotor con relación a una primera estructura de carcasa no giratoria, o estructura de soporte, en un primer punto de soporte mediante un primer cojinete de rodadura autoalineante de una sola fila que comprende una fila de elementos rodantes formados por rodillos, en el que cada rodillo es un rodillo de cojinete simétrico, y en el que el primer cojinete de rodadura está provisto de un ángulo de contacto pronunciado con relación a la dirección radial del eje del rotor. El método proporciona una disposición de eje de rotor de aerogenerador mejorada que es ventajosa de maneras similares a las descritas con relación al primer aspecto de la presente invención.

Según una realización ejemplar adicional del método, comprende soportar, en una segunda dirección axial opuesta, el eje del rotor con relación a una segunda estructura de carcasa o estructura de soporte no giratoria, en un segundo punto de soporte mediante un segundo cojinete de rodadura autoalineante que comprende una fila de elementos rodantes formados por rodillos, en el que cada rodillo del segundo cojinete de rodadura es un rodillo de cojinete simétrico, y en el que el segundo cojinete de rodadura está provisto de un ángulo de contacto pronunciado con relación a la dirección radial del eje del rotor.

Al ser no giratorias, debe entenderse que las estructuras de carcasa primera y segunda están fijas con relación al movimiento giratorio principal del eje del rotor durante el funcionamiento. Sin embargo, las estructuras de carcasa no giratorias pueden experimentar otros movimientos de rotación, tales como un movimiento de rotación cuando una unidad de góndola de aerogenerador completa se gira para hacer frente al viento con el fin de conseguir un funcionamiento adecuado y una generación de energía eléctrica favorable.

Cada una de las estructuras de carcasa primera y segunda puede tener un diseño diferente. Por ejemplo, la estructura de carcasa puede referirse a una caja o un recinto de soporte que soporta y fija, por ejemplo, los anillos interiores o exteriores de los cojinetes de rodadura. Más detalladamente, la estructura de carcasa puede formar, por ejemplo, una carcasa envolvente para un cojinete de rodadura, en la que el eje del rotor gira en la estructura de carcasa envolvente. Sin embargo, la estructura de carcasa puede formar también una estructura de soporte no giratoria que soporta y fija, por ejemplo, los anillos interiores o exteriores de los cojinetes de rodadura, en la que la estructura de carcasa no encierra el cojinete de rodadura. Por el contrario, la estructura de carcasa puede formar una estructura de soporte no giratoria que está dispuesta en una disposición radialmente interior en el interior de un eje de rotor hueco, en el que el cojinete de rodadura soporta el eje de rotor hueco con relación a la estructura de soporte radialmente interior de manera giratoria.

En general, otros objetivos, características y ventajas de la presente invención surgirán de la siguiente descripción detallada, de las reivindicaciones dependientes adjuntas, así como de los dibujos, y son igualmente posibles dentro del alcance de la invención.

Breve descripción de los dibujos

A continuación, se describirán realizaciones de la invención, a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La Fig. 1 es una vista esquemática en sección transversal de una realización de la disposición de eje de rotor de aerogenerador según la presente invención.

La Fig. 2 es una vista esquemática en perspectiva de una realización de la disposición de eje de rotor de aerogenerador según la presente invención.

Las Figs. 3a-b son vistas esquemáticas en sección transversal ampliadas de realizaciones alternativas de los cojinetes de rodadura de la disposición de eje de rotor de aerogenerador según la presente invención.

La Fig. 4 es una vista esquemática en sección transversal de una realización de la disposición de eje de rotor de aerogenerador según la presente invención, en la que los cojinetes de rodadura primero y segundo están dispuestos en una disposición en X.

5 La Fig. 5 es una vista esquemática en sección transversal de una realización de la disposición de eje de rotor de aerogenerador según la presente invención, que comprende cojinetes de rodadura de soporte de carga que están dispuestos radialmente en el interior del eje del rotor.

La Fig. 6 es una vista esquemática en sección transversal de una realización de la disposición de eje de rotor de aerogenerador según la presente invención, que comprende cojinetes de rodadura de soporte de carga que están dispuestos radialmente en el interior del eje del rotor, en el que los cojinetes de rodadura primero y segundo están dispuestos en una disposición en X.

10

La Fig. 7 es una vista esquemática en sección transversal de una realización de la disposición de eje de rotor de aerogenerador según la presente invención, que comprende un generador radialmente exterior y una unidad de cubo para soportar los álabes del aerogenerador, cuya unidad de cubo está dispuesta en un extremo axial del eje del rotor.

La Fig. 8 es una vista esquemática de una realización de una disposición de aerogenerador que comprende un conjunto de eje de rotor de aerogenerador según la presente invención.

15

Debe entenderse que los dibujos no están a la escala y, tal como apreciará fácilmente una persona experta en la técnica, dimensiones distintas a las ilustradas en los dibujos son igualmente posibles dentro del alcance de la invención.

Descripción detallada de las realizaciones de la invención

20 En los dibujos, a los elementos similares o iguales se hace referencia mediante números de referencia iguales.

En la Fig. 1, se ilustra una disposición 1 de eje de rotor de aerogenerador que comprende un eje 2 de rotor para soportar los álabes del aerogenerador, cuyo eje 2 de rotor se extiende axialmente a lo largo de un eje de rotor. El eje 2 de rotor está dispuesto para montarse de manera giratoria en un armazón de góndola dispuesto en la parte superior de un cuerpo de soporte con forma de torre de un aerogenerador que tiene una orientación horizontal, o casi horizontal, del eje del rotor. Sin embargo, la disposición 1 de eje de rotor de aerogenerador no está limitada a una orientación de tipo horizontal y puede usarse también en aplicaciones de aerogeneradores que implican orientaciones de eje de rotor de tipo inclinado y vertical. La orientación del eje del rotor se define con relación a su posición operativa montada prevista en un armazón de góndola de un aerogenerador operativo.

25

Tal como se ilustra, se proporciona una primera estructura 10 de carcasa no giratoria para soportar el eje 2 de rotor con relación a un armazón de góndola del aerogenerador. Por ejemplo, la estructura 10 de carcasa está dispuesta para ser montada en un armazón de góndola de aerogenerador, o la estructura 10 de carcasa forma parte de una estructura de armazón de góndola de aerogenerador. Se proporciona además un primer cojinete 11 de rodadura para soportar el eje 2 de rotor con relación a la primera estructura 10 de carcasa en una primera dirección A1 axial. El primer cojinete 11 de rodadura soporta y conecta de manera giratoria el eje 2 de rotor a la primera estructura 10 de carcasa en un primer punto 12 de soporte. El primer cojinete de rodadura es un cojinete autoalineante que comprende un anillo 20 interior, un anillo 21 exterior y un conjunto de elementos rodantes formados por rodillos 15 dispuestos en una configuración intermedia entre los anillos interior y exterior. El anillo 21 exterior está unido y fijado con relación a la primera estructura 10 de carcasa. El anillo 20 interior está unido y fijado con relación al eje 2 de rotor radialmente interior. El conjunto de rodillos 15 está dispuesto circunferencialmente alrededor del eje 2 de rotor en una primera fila. Además, cada rodillo 15 es un rodillo de cojinete simétrico y tiene una superficie de contacto con la pista de rodadura curvada dispuesta en contacto con una pista de rodadura interior curvada del anillo 20 interior y en contacto con una pista de rodadura exterior curvada del anillo 21 exterior con el fin de permitir un desplazamiento angular del eje 2 de rotor con relación a la primera estructura 10 de carcasa. Cada rodillo 15 tiene un perfil convexo simétrico o con forma de barril.

30

35

40

Tal como se ilustra adicionalmente, el primer cojinete 11 de rodadura tiene un ángulo de contacto inclinado pronunciado. En otras palabras, el ángulo de contacto entre cada rodillo 15 y las pistas de rodadura interior y/o exterior está inclinado con relación a la dirección radial del eje 2 de rotor con el fin de transferir las cargas axiales. Al tener una geometría de ángulo de contacto completamente inclinada, tal como se muestra en la Fig. 1, en la que la superficie de contacto con la pista de rodadura completa de cada uno de los rodillos 15 está al menos parcialmente inclinada para transferir las cargas axiales, la capacidad de soporte de carga axial del primer cojinete de rodillos se mejora considerablemente. Además, el pronunciado ángulo de contacto inclinado del primer cojinete de rodadura para transferir las cargas axiales puede implicar que los rodillos, durante el funcionamiento, estén limitados a ajustarse o moverse axialmente con relación a la pista de rodadura exterior del anillo exterior en una región exterior activa de la pista de rodadura, en la que toda la superficie de la región exterior activa de la pista de rodadura está inclinada con relación a la dirección radial del eje del rotor. Además, la configuración del primer cojinete de rodadura permite una

45

50

anchura axial o radial reducida o mínima de la disposición de cojinete, mientras que la capacidad de autoalineación angular del primer cojinete de rodadura reduce considerablemente la precisión de fabricación y de montaje de la disposición.

5 Tal como se ilustra adicionalmente en la Fig. 1, el eje 2 de rotor está soportado también de manera giratoria en un segundo punto 32 de soporte que está separado axialmente del primer punto 12 de soporte. Más detalladamente, se proporciona una segunda estructura 30 de carcasa no giratoria en el segundo punto 32 de soporte para soportar el eje 2 de rotor con relación a un armazón de góndola de aerogenerador. Por ejemplo, la estructura 30 de carcasa está dispuesta para ser montada en un armazón de góndola de aerogenerador o la segunda estructura 30 de carcasa forma parte también de la estructura de armazón de góndola. Se proporciona un segundo cojinete 31 de rodadura para soportar de manera giratoria el eje 2 de rotor con relación a la segunda estructura 30 de carcasa en una segunda dirección A2 axial que es opuesta con relación a la primera dirección A1 axial. De esta manera, los cojinetes de rodadura primero y segundo cooperan para situar y asegurar de manera completamente axial el eje del rotor con relación a las estructuras de carcasa primera y segunda y el armazón de la góndola.

10 El segundo cojinete 31 de rodadura es también un cojinete autoalineante y comprende un anillo 40 interior, un anillo 41 exterior y un segundo conjunto de elementos rodantes formados por rodillos 35 dispuestos en una configuración intermedia entre los anillos 40 y 41 interior y exterior del segundo cojinete 31 de rodadura. De manera similar a la descrita con relación al primer cojinete 11 de rodadura, el segundo conjunto de rodillos 35 están dispuestos circunferencialmente alrededor del eje 2 de rotor en una segunda fila. Además, cada rodillo 35 es un rodillo de cojinete simétrico y tiene una superficie de contacto con la pista de rodadura curvada dispuesta en contacto con una pista de rodadura interior curvada del anillo 40 interior y en contacto con una pista de rodadura exterior curvada del anillo 41 exterior con el fin de permitir un desplazamiento angular del eje 2 de rotor con relación a la segunda estructura 30 de carcasa. Además, cada rodillo 35 tiene un perfil convexo simétrico o con forma de barril, es decir, una parte central axial que tiene una mayor anchura radial con relación a las partes extremas axiales opuestas.

15 El segundo cojinete 31 de rodadura tiene un ángulo de contacto inclinado pronunciado que está inclinado en dirección opuesta con relación a la dirección del ángulo de inclinación del primer cojinete de rodadura. Tal como se muestra, el ángulo de contacto entre cada rodillo 35 y las pistas de rodadura interior y/o exterior está inclinado con relación a la dirección radial del eje del rotor con el fin de transferir las cargas axiales. Al tener una geometría de ángulo de contacto totalmente inclinada, tal como se muestra en la Fig. 1, en la que la superficie de contacto con la pista de rodadura completa de cada uno de los rodillos 35 está al menos parcialmente inclinada para transferir las cargas axiales en la segunda dirección axial, la capacidad de soporte de carga axial del segundo cojinete de rodillos se mejora considerablemente. Además, el pronunciado ángulo de contacto inclinado del segundo cojinete de rodadura para transferir las cargas axiales puede implicar, de manera alternativa o adicional, que los rodillos, durante el funcionamiento, estén limitados a ajustarse o a moverse axialmente con relación a la pista de rodadura exterior del anillo exterior del segundo cojinete de rodadura en una región exterior activa de la pista de rodadura, en la que toda la superficie de la región exterior activa de la pista de rodadura está inclinada con relación a la dirección radial del eje del rotor. Además, la configuración del segundo cojinete 31 de rodadura permite una anchura axial o radial reducida o mínima de la disposición de cojinete, mientras que la capacidad de autoalineación angular del primer cojinete de rodadura reduce considerablemente la precisión de fabricación y de montaje de la disposición.

20 Por ejemplo, los cojinetes de rodadura primero y segundo pueden estar separados una distancia, cuya distancia es igual o superior al 50% o 75% o 100% o 150% del diámetro exterior del eje del rotor en el primer punto de soporte.

25 Tal como se muestra, la pista de rodadura exterior del primer cojinete 11 de rodadura está orientada en la segunda dirección A2 axial, alejándose del segundo cojinete 31 de rodadura, y la pista de rodadura exterior del segundo cojinete 31 de rodadura está orientada en la primera dirección A1 axial, alejándose del primer cojinete 11 de rodadura. En otras palabras, los cojinetes 11 y 31 de rodadura primero y segundo están dispuestos en una configuración dorso-contradorso separados axialmente, es decir, en una disposición en O, dispuestos para acomodar las cargas axiales en ambas direcciones axiales, pero solo con un cojinete de rodadura en cada dirección axial, en la que las líneas de carga de los cojinetes divergen hacia el eje del eje 2 de rotor. La configuración y los ángulos de inclinación de los cojinetes 11 y 31 primero y segundo pueden estar dispuestos también en una configuración alternativa, en la que la pista de rodadura exterior del primer cojinete 11 de rodadura está orientada en la primera dirección A1 axial hacia el segundo cojinete 31 de rodadura, y la pista de rodadura exterior del segundo cojinete 31 de rodadura está orientada en la segunda dirección A2 axial hacia el primer cojinete 11 de rodadura. En otras palabras, los cojinetes de rodadura primero y segundo están dispuestos en una configuración cara-contracara, separados axialmente, es decir, en una disposición en X, tal como se ilustra, por ejemplo, en la Fig. 4, dispuestos para acomodar las cargas axiales en ambas direcciones axiales, pero solo con un cojinete de rodadura en cada dirección axial, en la que las líneas de carga de los cojinetes convergen hacia el eje del eje 2 de rotor.

30 Tal como se muestra adicionalmente, la disposición 1 de eje de rotor de aerogenerador está provista de cojinetes de rodadura primero y segundo de diferentes tamaños y capacidades de soporte de carga. De esta manera, la disposición

está configurada para diferentes capacidades de soporte de carga axial en las direcciones axiales primera y segunda, permitiendo la fabricación de aerogeneradores compactos con un peso reducido.

5 Según realizaciones ejemplares adicionales, los cojinetes 11 y 31 de rodadura primero y/o segundo del eje 1 de rotor de aerogenerador pueden comprender jaulas, o retenedores, para los elementos rodantes. La jaula puede ser guiada y mantenida en una posición deseada en el cojinete de rodadura mediante cualquiera de los anillos interior o exterior. La jaula puede ser guiada también en un anillo guía separado. Además, la jaula puede ser guiada también por los elementos rodantes. Por ejemplo, la jaula puede estar formada en un material metálico y/o polimérico. La jaula puede estar dispuesta además para formar los elementos rodantes y al menos uno de entre el anillo interior o exterior en una unidad autónoma que es mantenida unida como una sola unidad por la jaula. La disposición de rotor de aerogenerador
10 puede comprender también jaulas y/o anillos de guía para guiar la jaula que están dispuestos para elevar el cojinete o partes del cojinete.

15 Además, los cojinetes de rodadura primero y segundo pueden comprender sellos. Por ejemplo, los sellos están fijados a al menos uno de entre los anillos interior y exterior. Según realizaciones opcionales, el eje 2 de rotor puede tener un orificio cónico o cilíndrico. Además, cada uno de los anillos 20 y 40 interiores puede tener orificios cónicos o cilíndricos, por ejemplo, para proporcionar la fijación de los anillos interiores y exteriores y las estructuras de carcasa y el eje del rotor.

20 En la Fig. 2, se muestra una vista esquemática en perspectiva parcial de una realización de la disposición 1 de eje de rotor de aerogenerador. Los cojinetes 11 y 31 de rodadura primero y segundo están fijados por separado al eje 2 de rotor y soportan, de manera giratoria, el eje del rotor en los puntos 12 y 32 de soporte primero y segundo respectivos. Según una realización, el eje 2 de rotor está dispuesto para soportar y para ser fijado a una disposición de rotor de aerogenerador que comprende álabes de aerogenerador de paso ajustable en una primera parte 55 de soporte formada en el extremo axial adyacente al primer punto de soporte. El eje del rotor puede estar conectado además a una caja de engranajes para cambiar la velocidad de rotación del eje 2 de rotor a una velocidad de rotación adecuada para un generador eléctrico. El eje del rotor puede estar acoplado también directamente a un generador de manera que la velocidad de rotación del generador durante el funcionamiento sea igual a la velocidad de rotación del eje 2 del rotor. La caja de engranajes o el generador pueden estar fijados, por ejemplo, a una segunda parte 56 de fijación del eje 2 del rotor situado en el extremo axial opuesto del eje 2 de rotor con relación a la primera parte 55 de soporte, es decir, en el extremo axial del eje 2 de rotor adyacente al segundo punto 32 de soporte.

30 Aunque el eje 2 de rotor de la disposición 1 de eje de rotor de aerogenerador está soportado por los cojinetes 11 y 31 de rodadura primero y segundo, tal como se ilustra en las Figs. 1 y 2, hay varios diseños de cojinete de aerogenerador que son posibles según la presente invención. Por ejemplo, el eje 2 de rotor puede estar soportado por un diseño de cojinete de aerogenerador de dos puntos, en el que los dos puntos están formados por los puntos de soporte primero y segundo y los cojinetes 11 y 31 de rodadura primero y segundo respectivos, y en el que una caja de engranajes para cambiar la velocidad de rotación solo actúa como un convertidor de par. El segundo cojinete 31 de rodadura que soporta el eje 2 de rotor puede estar formado también de manera integral en la caja de engranajes de manera que la propia caja de engranajes soporte el eje 2 de rotor.

35 Por ejemplo, según una realización ejemplar, el eje 2 de rotor de la disposición 1 de eje de rotor de aerogenerador está soportado por un diseño de cojinete de aerogenerador de tres puntos, en el que el segundo cojinete 31 de rodadura forma parte de, o está integrado en, una caja de engranajes, cuya caja de engranajes comprende un tercer cojinete de rodillos que actúa para soportar el eje 2 de rotor y que está separada del segundo cojinete de rodadura y dispuesta en un tercer punto de soporte a lo largo del eje 2 de rotor.

40 Además, la disposición 1 de eje de rotor de aerogenerador puede formar parte de una disposición de aerogenerador hidráulico que comprende un tren de transmisión hidráulico para accionar un generador. Por ejemplo, el eje 2 de rotor puede estar acoplado a una bomba hidráulica dispuesta en la góndola y que está acoplada a una disposición hidráulica de motor y generador con base en tierra, tal como un motor generador en línea o de eje doblado.

45 Según diversas realizaciones, los componentes de una disposición de aerogenerador, tales como cajas de engranajes, dispositivos hidráulicos tales como bombas, dispositivos generadores, etc., pueden montarse y/o acoplarse al eje 2 de rotor entre los cojinetes 11 y 31 de rodadura primero y segundo y/o en las partes 55 y 56 de soporte primera y/o segunda del eje 2 de rotor.

50 Además, los cojinetes 11 y 31 de rodadura primero y segundo separados axialmente pueden estar dispuestos de manera que no tengan sustancialmente juego axial, o pueden estar dispuestos con un juego axial adecuado, dependiendo del diseño de eje de rotor de aerogenerador preferido.

55 En las Figs. 3a-b, se muestran dos vistas esquemáticas ampliadas en sección transversal de realizaciones del segundo cojinete 31 de rodadura y del primer cojinete 11 de rodadura, respectivamente, en los puntos de soporte segundo y primero de un eje 2 de rotor sólido. El eje 2 de los rotores está fijado a un anillo 20 interior que tiene una pista 20a de

rodadura interior y un anillo 21 exterior que tiene una pista 21a de rodadura exterior y rodillos simétricos intermedios que tienen una superficie 15a de contacto con la pista de rodadura, en el que el ángulo de contacto entre el primer cojinete 11 de rodillos se indica mediante el ángulo 6, tal como se muestra en la Fig. 3a.

5 Con referencia a la Fig. 3a, el segundo cojinete de rodillos es un cojinete autoalineante de rodillos esféricos, en el que la pista 21 de rodadura exterior tiene una geometría esférica, tal como se indica mediante el círculo de puntos que tiene un radio R1. Más detalladamente, el radio de curvatura de la pista 21a de rodadura exterior es R1 que corresponde a la dimensión radial del primer cojinete de rodadura, de manera que un punto central radial del radio R1 de la pista de rodadura exterior en los lados radiales respectivos del eje 2 de rotor coincida. Además, la curvatura de la superficie de contacto con la pista de rodadura de los rodillos 15 está adaptada a la curvatura de la pista 21a de rodadura exterior y
10 tiene un radio R2. Por ejemplo, el radio R2 es igual o sustancialmente igual al radio R1.

Con referencia a la Fig. 3b, el primer cojinete de rodadura es un cojinete de rodillos toroidales que tiene capacidades de autoalineación. En esta realización, el radio de curvatura de la pista 21a de rodadura exterior es R3, que es mayor que la dimensión radial del primer cojinete de rodadura, de manera que un punto central radial del radio R3 de la pista 21a de rodadura exterior esté desplazado con relación al eje central del eje 2 de rotor. De esta manera, los puntos
15 centrales respectivos del radio de curvatura de la pista 21a de rodadura exterior en los lados radiales respectivos del eje 2 de rotor no coinciden. El mayor radio de curvatura de la pista 21a de rodadura exterior con relación a la dimensión radial del cojinete permite un mayor movimiento axial de los rodillos 15 con relación a la pista 21a de rodadura exterior en la dirección axial de los rodillos 15, tal como se indica mediante 50. Los ejes 50 y 51 respectivos indican además un primer eje de simetría y un segundo eje de simetría de los rodillos 15, cuyos ejes son ortogonales entre sí.

20 Principalmente, el primer cojinete 11 de rodadura se ilustra y se describe con relación a las Figs. 3b. Sin embargo, cabe señalar que el segundo cojinete 31 de rodadura puede estar dispuesto de manera similar y correspondiente con características correspondientes a las de la realización del primer cojinete 11 de rodadura descrita con relación a, e ilustrada en, las Figs. 3b.

En la Fig. 4, se ilustra una vista esquemática en sección transversal de una realización de la disposición 1 de eje de rotor de aerogenerador, cuya disposición está dispuesta y configurada de manera similar a la disposición de eje de rotor de aerogenerador descrita con referencia a la Fig. 1, a menos que se indique o se ilustre de manera diferente. En particular, la disposición 1 de eje de rotor de aerogenerador en la Fig. 4 difiere en que los cojinetes de rodadura primero y segundo están dispuestos en una configuración cara-contra-cara, separados axialmente, es decir, en una disposición
25 en X en la que las líneas de transferencia de carga de los cojinetes de rodadura respectivos convergen, en una dirección radial hacia el interior, axialmente una hacia la otra.

En la Fig. 5, se muestra una vista esquemática en sección transversal de una realización alternativa de la disposición 1 de eje de rotor de aerogenerador según la presente invención. Una primera estructura 10 de carcasa radialmente interior, no giratoria, está provista en una estructura 70 de carcasa de soporte para soportar un eje 2 de rotor radialmente exterior con relación a un armazón de góndola de aerogenerador (no representado). Se proporciona además un primer cojinete 11 de rodadura para soportar el eje 2 de rotor con relación a la primera estructura 10 de carcasa en una primera dirección A1 axial. El primer cojinete 11 de rodadura soporta y conecta, de manera giratoria, el eje 2 de rotor a la primera estructura 10 de carcasa en un primer punto 12 de soporte. El primer cojinete de rodadura es un cojinete autoalineante que comprende un anillo 20 interior, un anillo 21 exterior y un conjunto de elementos rodantes formados por rodillos 15 dispuestos en una configuración intermedia entre los anillos interior y exterior. El anillo 20
35 interior está unido y fijado con relación a la primera estructura 10 de carcasa. El anillo 21 exterior está unido y fijado con relación al eje 2 de rotor radialmente exterior.

El conjunto de rodillos 15 está dispuesto circunferencialmente en una primera fila alrededor del anillo 20 interior y la estructura 10 de carcasa radialmente interior. Además, cada rodillo 15 es un rodillo de cojinete simétrico y tiene una superficie de contacto con la pista de rodadura curvada dispuesta en contacto con una pista de rodadura interior curvada del anillo 20 interior y en contacto con una pista de rodadura exterior curvada del anillo 21 exterior con el fin de permitir un desplazamiento angular del eje 2 de rotor con relación a la primera estructura 10 de carcasa. Cada rodillo 15 tiene un perfil convexo simétrico o con forma de barril.
45

Tal como se ilustra adicionalmente, el primer cojinete 11 de rodadura tiene un ángulo de contacto inclinado pronunciado. En otras palabras, el ángulo de contacto entre cada rodillo 15 y las pistas de rodadura interior y/o exterior está inclinado con relación a la dirección radial del eje 2 de rotor con el fin de transferir las cargas axiales. Al tener una geometría de ángulo de contacto totalmente inclinada, tal como se muestra en la Fig. 5, en la que la superficie de contacto con la pista de rodadura completa de cada uno de los rodillos 15 está al menos parcialmente inclinada para transferir las cargas axiales, la capacidad de soporte de carga axial del primer cojinete de rodillos se mejora considerablemente. Además, el pronunciado ángulo de contacto inclinado del primer cojinete de rodadura para transferir las cargas axiales puede implicar que los rodillos, durante el funcionamiento, estén limitados a ajustarse o a moverse axialmente con relación a la pista de rodadura exterior del anillo exterior en una región exterior activa de la
50
55

pista de rodadura, en la que la superficie completa de la región exterior activa de la pista de rodadura está inclinada con relación a la dirección radial del eje del rotor. Además, la configuración del primer cojinete de rodadura permite una anchura axial o radial reducida o mínima de la disposición de cojinete, mientras que la capacidad de autoalineación angular del primer cojinete de rodadura reduce considerablemente la precisión de fabricación y de montaje de la disposición.

5 Tal como se ilustra adicionalmente en la Fig. 5, el eje 2 de rotor radialmente exterior está soportado también de manera giratoria en un segundo punto 32 de soporte que está separado axialmente del primer punto 12 de soporte. Más detalladamente, hay una segunda estructura 30 de carcasa no giratoria formada en la estructura 70 de carcasa de soporte en el segundo punto 32 de soporte para soportar el eje 2 de rotor radialmente exterior con relación a un armazón de góndola de aerogenerador. Se proporciona un segundo cojinete 31 de rodadura para soportar de manera giratoria el eje 2 de rotor con relación a la segunda estructura 30 de carcasa en una segunda dirección A2 axial que es opuesta con relación a la primera dirección A1 axial. De esta manera, los cojinetes de rodadura primero y segundo cooperan para situar y asegurar de manera completamente axial el eje del rotor con relación a las estructuras de carcasa primera y segunda y el armazón de góndola.

10 El segundo cojinete 31 de rodadura es también un cojinete autoalineante y comprende un anillo 40 interior, un anillo 41 exterior y un segundo conjunto de elementos rodantes formados por rodillos 35 dispuestos en una configuración intermedia entre los anillos 40 y 41 interior y exterior del segundo cojinete 31 de rodadura. El anillo 40 interior está unido y fijado con relación a la primera estructura 30 de carcasa, y el anillo 41 exterior está unido y fijado con relación al eje 2 de rotor radialmente exterior.

15 De manera similar a la descrita con relación al primer cojinete 11 de rodadura, el segundo conjunto de rodillos 35 está dispuesto circunferencialmente en una segunda fila alrededor del anillo 40 interior y la estructura 30 de carcasa radialmente interior. Además, cada rodillo 35 es un rodillo de cojinete simétrico y tiene una superficie de contacto con la pista de rodadura curvada dispuesta en contacto con una pista de rodadura interior curvada del anillo 40 interior y en contacto con una pista de rodadura exterior curvada del anillo 41 exterior con el fin de permitir un desplazamiento angular del eje 2 de rotor con relación a la segunda estructura 30 de carcasa durante el funcionamiento. Además, cada rodillo 35 tiene un perfil convexo simétrico, o con forma de barril, es decir, una parte axialmente central que tiene una mayor anchura radial con relación a las partes extremas axiales opuestas.

20 El segundo cojinete 31 de rodadura tiene un ángulo de contacto inclinado pronunciado que está inclinado en dirección opuesta con relación a la dirección del ángulo de inclinación del primer cojinete de rodadura. Tal como se muestra, el ángulo de contacto entre cada rodillo 35 y las pistas de rodadura interior y/o exterior está inclinado con relación a la dirección radial del eje del rotor con el fin de transferir las cargas axiales. Al tener una geometría de ángulo de contacto completamente inclinada, tal como se muestra en la Fig. 5, en la que la superficie de contacto con la pista de rodadura completa de cada uno de los rodillos 35 está al menos parcialmente inclinada para transferir las cargas axiales en la segunda dirección axial, la capacidad de soporte de carga axial del segundo cojinete de rodillos se mejora considerablemente. Además, el pronunciado ángulo de contacto inclinado del segundo cojinete de rodadura para transferir las cargas axiales puede implicar, de manera alternativa o adicional, que los rodillos, durante el funcionamiento, estén limitados a ajustarse a moverse axialmente con relación a la pista de rodadura exterior del anillo exterior del segundo cojinete de rodadura en una región exterior activa de la pista de rodadura, en la que toda la superficie de la región exterior activa de la pista de rodadura está inclinada con relación a la dirección radial del eje del rotor. Además, la configuración del segundo cojinete 31 de rodadura permite una anchura axial o radial reducida o mínima de la disposición de cojinete, mientras que la capacidad de autoalineación angular del primer cojinete de rodadura reduce considerablemente la precisión de fabricación y de montaje de la disposición.

Por ejemplo, los cojinetes de rodadura primero y segundo pueden estar separados por una distancia, cuya distancia es igual o superior al 50% o 75% o 100% o 150% del diámetro interior del eje del rotor en el primer punto de soporte.

25 Tal como se muestra en la Fig. 5, la pista de rodadura exterior del primer cojinete 11 de rodadura está orientada en la primera dirección A1 axial, alejándose del segundo cojinete 31 de rodadura, y la pista de rodadura exterior del segundo cojinete 31 de rodadura está orientada en la segunda dirección A2 axial, alejándose del primer cojinete 11 de rodadura. En otras palabras, los cojinetes 11 y 31 de rodadura primero y segundo están dispuestos en una configuración dorso-contra-dorso, separados axialmente, es decir, en una disposición en O, dispuestos para acomodar las cargas axiales en ambas direcciones axiales, pero solo con un cojinete de rodadura en cada dirección axial, en la que las líneas de carga de los cojinetes divergen hacia el eje del eje 2 de rotor.

30 Tal como se ilustra adicionalmente, el eje 2 de rotor forma un cuerpo cilíndrico hueco, en el que las estructuras 10 y 30 de carcasa no giratorias para acomodar los cojinetes de rodadura, cuyos cojinetes están dispuestos para soportar de manera giratoria el eje 2 de rotor, están dispuestas radialmente en el interior del eje 2 de rotor hueco. Las estructuras 10 y 30 de carcasa están formadas por una estructura 70 de carcasa de soporte que se extiende axialmente al interior del vacío radialmente interior del eje 2 de rotor hueco.

En la Fig. 6, se ilustra una vista esquemática en sección transversal de una realización de la disposición 1 de eje de rotor de aerogenerador, cuya disposición está dispuesta y configurada de manera similar a la disposición de eje de rotor de aerogenerador, tal como se describe con referencia a la Fig. 5, a menos que se indique o se ilustre de manera diferente. En particular, la disposición 1 de eje de rotor de aerogenerador en la Fig. 6 difiere en que los cojinetes de rodadura primero y segundo están dispuestos en una configuración cara-contra-cara, separados axialmente, es decir, en una disposición en X, en la que las líneas de transferencia de carga de los cojinetes de rodadura respectivos convergen, en una dirección radial hacia el interior, axialmente una hacia la otra. Según una realización, la curvatura de las pistas de rodadura respectivas de los anillos exteriores de los cojinetes 11 y 31 de rodadura primero y segundo no se ajusta. En otras palabras, la curvatura de las pistas de rodadura respectivas de los anillos exteriores de los cojinetes 11 y 31 primero y segundo no se alinea para formar una geometría esférica común.

En la Fig. 7, se ilustra una vista esquemática en sección transversal de una realización de la disposición 7 de eje de rotor de aerogenerador según la presente invención. La disposición 7 comprende un generador 73 radialmente exterior para la generación de energía eléctrica, y una unidad 71 de cubo para soportar los álabes del aerogenerador (no mostrado), cuya unidad 71 de cubo está dispuesta en un extremo axial del eje 2 de rotor. El generador 73 comprende un rotor 73a radialmente interior que está unido y dispuesto para girar con el eje 2 de rotor. Durante el funcionamiento, el rotor 73a coopera con un estator 73b que está unido y fijado con relación a la estructura 74 de carcasa de góndola. De esta manera, se proporciona una disposición de eje de rotor de aerogenerador compacta y eficiente con un generador de acoplamiento directo. Tal como se ilustra, el generador está situado en una posición axialmente central entre los puntos 12 y 32 de soporte primero y segundo. El generador puede situarse también en una configuración axialmente descentrada en el eje 2 de rotor radialmente exterior con relación a los puntos 12 y 32 de soporte.

Según una realización alternativa, el eje 2 de rotor puede omitirse, tal como se representa en la Fig. 7. En cambio, el eje del rotor puede formarse de manera integral como parte de la unidad 71 de cubo. De esta manera, se proporciona un diseño más compacto de la disposición de eje de rotor de aerogenerador, en el que la unidad de cubo y el eje del rotor están formados de manera integral y un cojinete de rodadura, tal como los cojinetes 11 o 31 de rodadura primero o segundo, está montado y fijado directamente a la unidad 71 de cubo. Por ejemplo, la unidad 71 de cubo puede comprender un espacio de montaje de cojinete que se extiende axialmente hacia el interior, en cuyo espacio se monta el primer cojinete y en cuyo espacio se extiende la estructura 70 de alojamiento de soporte para soportar el primer cojinete de rodadura.

En la Fig. 8, se muestra una vista lateral parcial esquemática de un conjunto 8 de aerogenerador que comprende una realización de la disposición 1 de eje de rotor de aerogenerador según la presente invención. Tal como se ilustra, los álabes 80 del aerogenerador y una unidad 81 de cubo están unidos al eje 2 de rotor que está soportado en un primer punto 12 de soporte mediante un primer cojinete 11 de rodadura y en un segundo punto 32 de soporte mediante un segundo cojinete 31 de rodadura. La disposición 1 está dispuesta en una construcción de armazón de aerogenerador, o carcasa, 84, dispuesta en un miembro 85 de soporte con forma de torre. Además, el eje 2 de rotor está conectado a una caja 82 de engranajes para cambiar la velocidad de rotación del eje 2 de rotor antes de acoplar la rotación del eje 2 de rotor a un generador 83. De manera alternativa, el eje del rotor puede acoplarse directamente al generador sin cambiar la velocidad de rotación del eje del rotor con una caja de engranajes, tal como se describe con relación a la Fig. 7.

Cabe señalar que uno cualquiera de los cojinetes 11 y 31 de rodadura primero y segundo de las realizaciones ejemplares descritas anteriormente puede disponerse de una manera similar con características correspondientes al cojinete de rodadura descrito con relación a, e ilustrado en, las Figs. 3a-b. Además, los cojinetes 11 y 31 de rodadura pueden fijarse, por ejemplo, a las estructuras de carcasa y al eje 2 de rotor mediante técnicas de ajuste a presión y/o usando un dispositivo de bloqueo adecuado.

Además, cabe señalar que la invención se ha descrito principalmente anteriormente con referencia a unas pocas realizaciones. Sin embargo, tal como apreciará fácilmente una persona experta en la técnica, otras realizaciones distintas de las descritas anteriormente son igualmente posibles dentro del alcance de la invención, tal como se define en las reivindicaciones adjuntas.

En las reivindicaciones, la expresión "que comprende" no excluye otros elementos o etapas, y el artículo indefinido "un" o "una" no excluye una pluralidad. Un aparato individual u otra unidad puede cumplir las funciones de varios elementos enumerados en las reivindicaciones. El mero hecho de que ciertas características o etapas del método se reciten en reivindicaciones dependientes mutuamente diferentes no indica que no pueda usarse con ventaja una combinación de estas características o etapas.

REIVINDICACIONES

1. Disposición (1) de eje de rotor de aerogenerador, que comprende:

un eje (2) de rotor para soportar los álabes del aerogenerador,

5 una primera estructura (10) de carcasa no giratoria para soportar el eje del rotor, cuya primera estructura de carcasa está dispuesta para ser montada en un armazón de góndola de aerogenerador, y

un primer cojinete (11) de rodadura dispuesto para soportar, en una primera dirección (A1) axial, el eje (2) de rotor con relación a la primera estructura de carcasa en un primer punto (12) de soporte,

10 cuyo primer cojinete de rodadura es un cojinete autoalineante que comprende un anillo (20) interior, un anillo (21) exterior y un conjunto de elementos rodantes formados por rodillos (15) con forma de barril dispuestos en una configuración intermedia entre los anillos interior y exterior,

en el que cada rodillo (15) es un rodillo de cojinete simétrico y tiene una superficie (15a) de contacto con la pista de rodadura curvada dispuesta en contacto con una pista (20a) de rodadura interior curvada del anillo interior y en contacto con una pista (21a) de rodadura exterior curvada del anillo exterior, y

15 en la que un ángulo de contacto entre cada rodillo (15) y la pista de rodadura interior y/o exterior está inclinado con relación a la dirección radial del eje del rotor, caracterizado porque el primer cojinete (11) de rodadura es un cojinete de rodillos toroidales de una sola fila.

2. Disposición (1) de eje de rotor de aerogenerador según la reivindicación 1, que comprende, además:

una segunda estructura (30) de carcasa no giratoria para soportar el eje del rotor, cuya segunda estructura de carcasa está dispuesta para ser montada en el armazón de góndola de aerogenerador, y

20 un segundo cojinete (31) de rodadura dispuesto para soportar, en una segunda dirección (A2) axial opuesta, el eje (2) de rotor con relación a la segunda estructura de carcasa en un segundo punto (32) de soporte,

cuyo segundo cojinete es un cojinete autoalineante que comprende un anillo (40) interior, un anillo (41) exterior y un segundo conjunto de elementos rodantes formados por rodillos (35) dispuestos en una configuración intermedia entre los anillos interior y exterior,

25 en el que cada rodillo (35) es un rodillo de cojinete simétrico y tiene una superficie de contacto con la pista de rodadura curvada dispuesta en contacto con una pista de rodadura interior curvada del anillo (40) interior y en contacto con una pista de rodadura exterior curvada del anillo (41) exterior, y

30 en el que un ángulo de contacto entre cada rodillo (35) del segundo conjunto de rodillos y la pista de rodadura interior y/o exterior del segundo cojinete (31) de rodadura está inclinado con relación a la dirección radial del eje del rotor.

3. Disposición (1) de eje de rotor de aerogenerador según la reivindicación 2, en la que el anillo (21) exterior del primer cojinete de rodadura está dispuesto en el primer punto (12) de soporte, y el anillo (41) exterior del segundo cojinete de rodadura está dispuesto en el segundo punto (32) de soporte,

35 en el que los puntos (12, 32) de soporte primero y segundo están dispuestos por separado, uno con relación al otro, a lo largo de la dirección axial del eje del rotor.

4. Disposición (1) de eje de rotor de aerogenerador según la reivindicación 2 o 3, en la que las pistas de rodadura exteriores de los cojinetes de rodillos primero y segundo están orientadas en sentido contrario en la dirección axial.

40 5. Disposición (1) de eje de rotor de aerogenerador según una cualquiera de las reivindicaciones 2-4, en la que los cojinetes de rodadura primero y segundo están dispuestos para cooperar para situar axialmente el eje del rotor con relación a las estructuras de carcasa primera y segunda.

6. Disposición (1) de eje de rotor de aerogenerador según una cualquiera de las reivindicaciones 2-5, en la que el segundo cojinete (31) de rodadura es un cojinete de rodillos esféricos de una sola fila o un cojinete de rodillos toroidales de una sola fila.

45 7. Disposición (1) de eje de rotor de aerogenerador según una cualquiera de las reivindicaciones 2-6, en la que la primera estructura de carcasa y la segunda estructura de carcasa están dispuestas para ser montadas por separado en el armazón de la góndola.

8. Disposición (1) de eje de rotor de aerogenerador según una cualquiera de las reivindicaciones 2-6, en la que la primera estructura de carcasa y la segunda estructura de carcasa están formadas de manera integral en una unidad de estructura de carcasa de soporte dispuesta para ser montada en el armazón de la góndola.
- 5 9. Disposición (1) de eje de rotor de aerogenerador según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el ángulo de contacto de los cojinetes de rodadura primero y/o segundo está comprendido entre 10 y 45 grados, o entre 15 y 35 grados.
10. Disposición (1) de eje de rotor de aerogenerador según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que cada estructura (10, 30) de carcasa está dispuesta radialmente fuera del eje (2) de rotor.
- 10 11. Disposición (1) de eje de rotor de aerogenerador según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en la que el eje (2) de rotor es hueco y cada estructura (10, 30) de carcasa está dispuesta radialmente en el interior del eje (2) de rotor.
12. Disposición (1) de eje de rotor de aerogenerador según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además una unidad de cubo para soportar los álabes del aerogenerador,
- en la que el eje (1) de rotor está formado por una parte de la unidad de cubo.
- 15 13. Disposición de aerogenerador que comprende el conjunto de eje de rotor de aerogenerador según una cualquiera de las reivindicaciones 2-8, o una cualquiera de las reivindicaciones 9-12 cuando depende de la reivindicación 2,
- 20 cuya disposición de aerogenerador comprende un armazón de góndola, en el que el eje (2) de rotor está soportado y montado en el armazón de góndola mediante las estructuras (10, 30) de carcasa primera y segunda.
14. Método para fabricar una disposición de eje de rotor de aerogenerador, que comprende:
- proporcionar un eje (2) de rotor para soportar los álabes del aerogenerador,
 - soportar, en una primera dirección axial, el eje de rotor con relación a una primera estructura (10) de carcasa no giratoria en un primer punto de soporte mediante un primer cojinete de rodadura autoalineante
- 25 que comprende elementos rodantes formados por rodillos (15) con forma de barril,
- en el que cada rodillo es un rodillo de cojinete simétrico, y
- en el que el primer cojinete de rodadura está provisto de un ángulo de contacto pronunciado con relación a la dirección radial del eje del rotor, caracterizado porque el primer cojinete de rodadura es un cojinete de rodillos toroidales de una sola fila que comprende una fila de elementos rodantes.
- 30 15. Método según la reivindicación 15, que comprende, además:
- soportar, en una segunda dirección axial opuesta, el eje del rotor con relación a una segunda estructura (30) de carcasa no giratoria en un segundo punto de soporte mediante un segundo cojinete de rodadura autoalineante que comprende una fila de elementos rodantes formados por rodillos (35),
- en el que cada rodillo del segundo cojinete de rodadura es un rodillo de cojinete simétrico, y
- 35 en el que el segundo cojinete de rodadura está provisto de un ángulo de contacto pronunciado con relación a la dirección radial del eje del rotor.

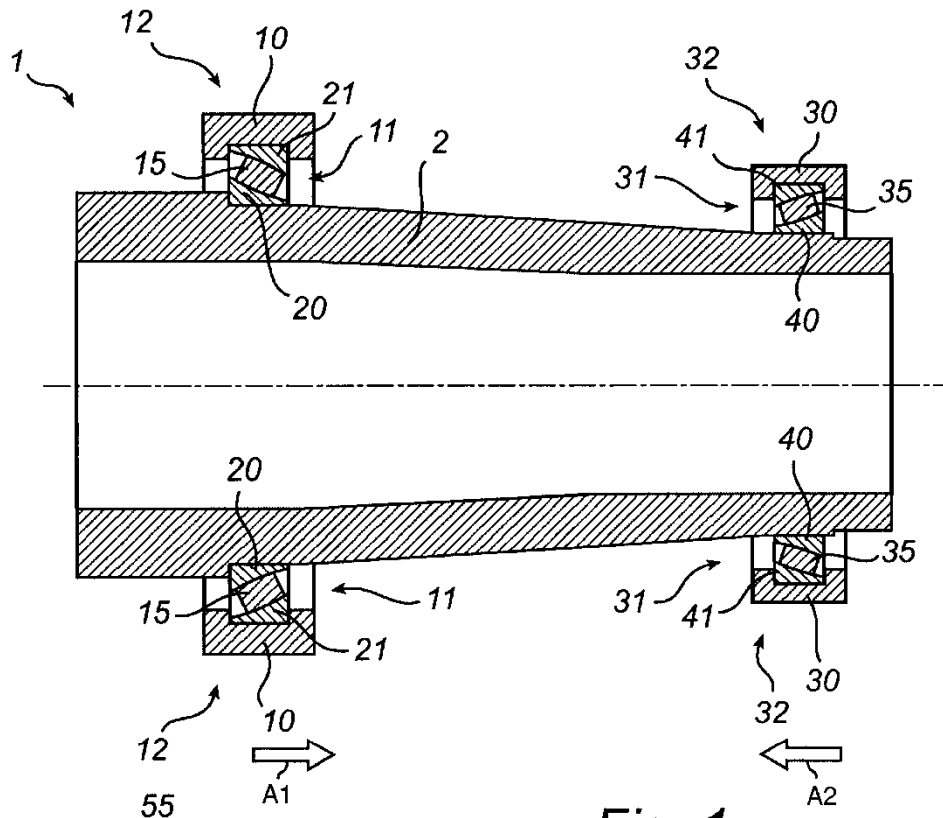


Fig. 1

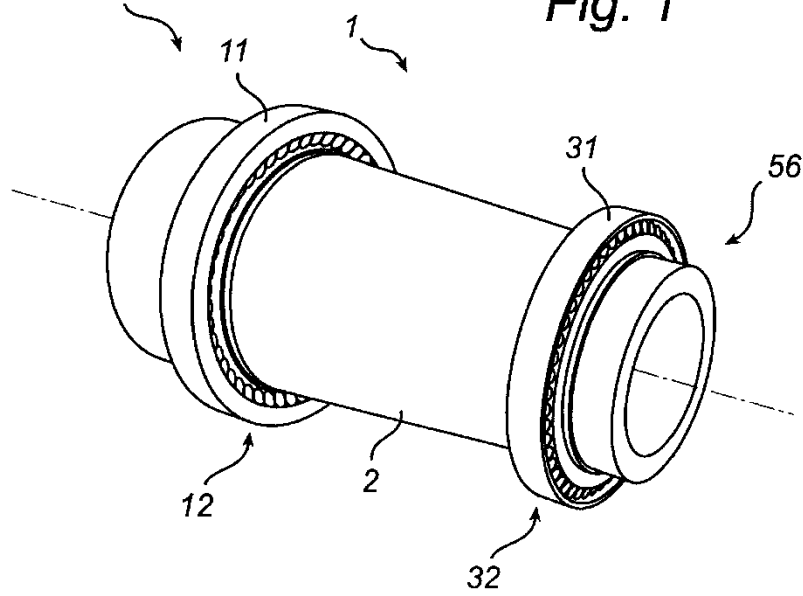


Fig. 2

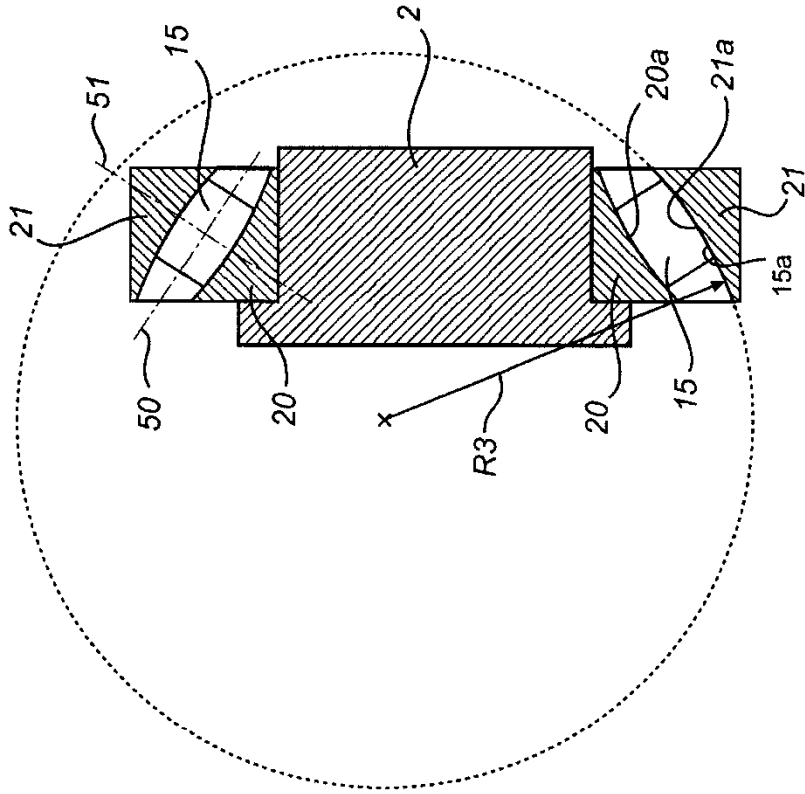


Fig. 3a

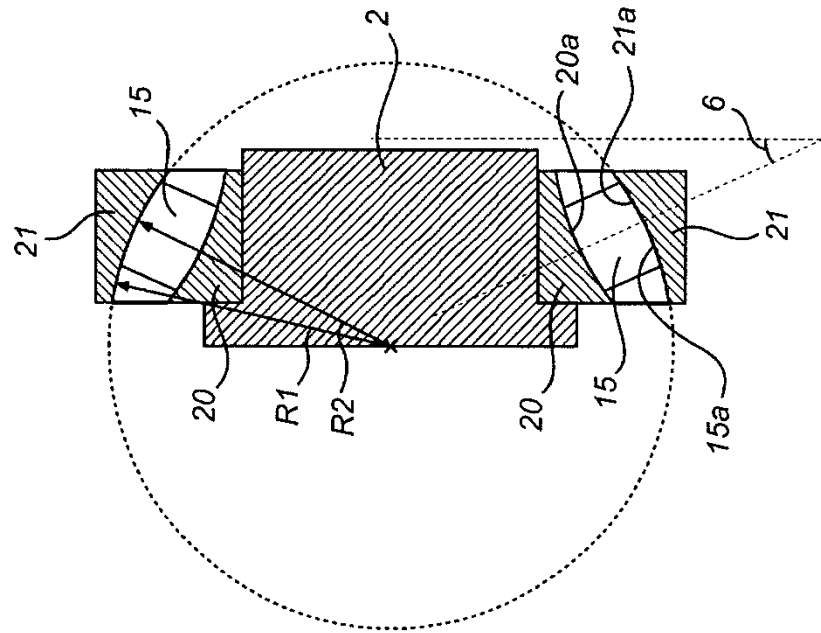


Fig. 3b

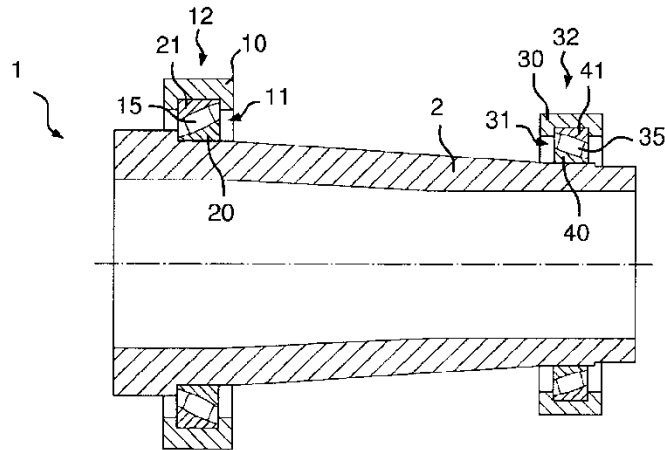


Fig. 4

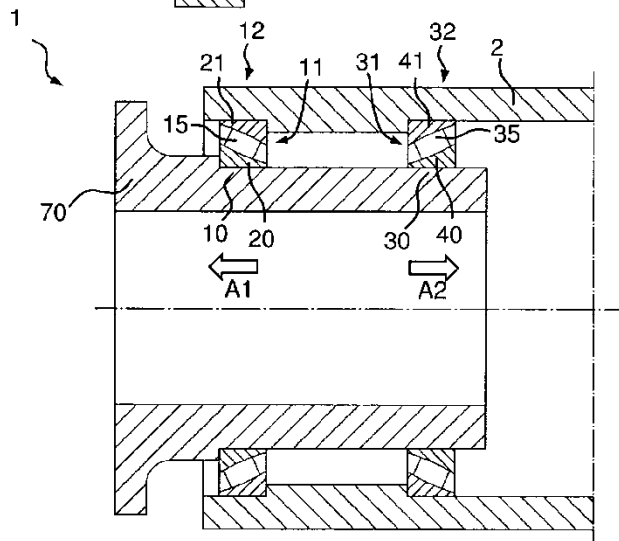


Fig. 5

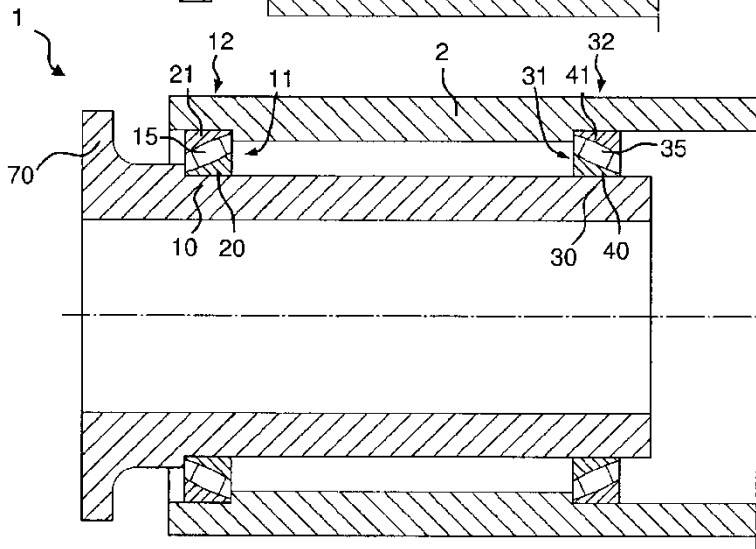


Fig. 6

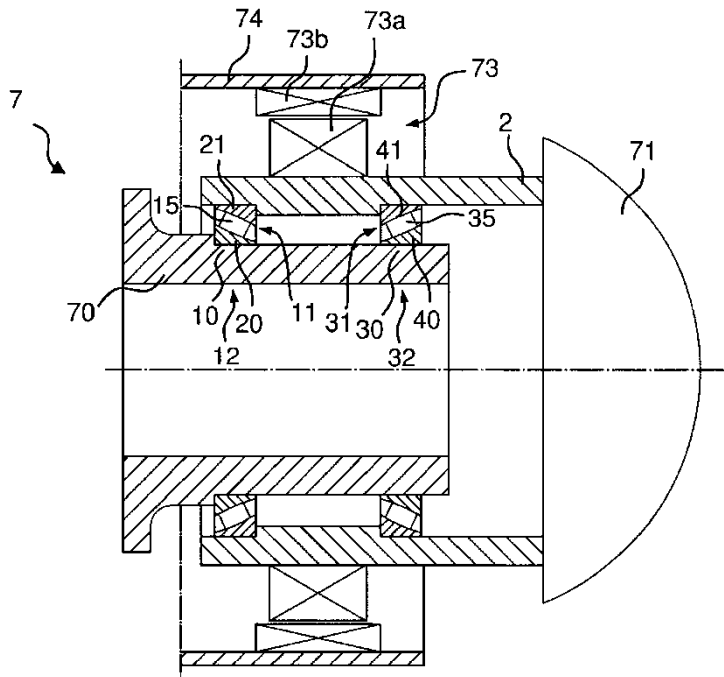


Fig. 7

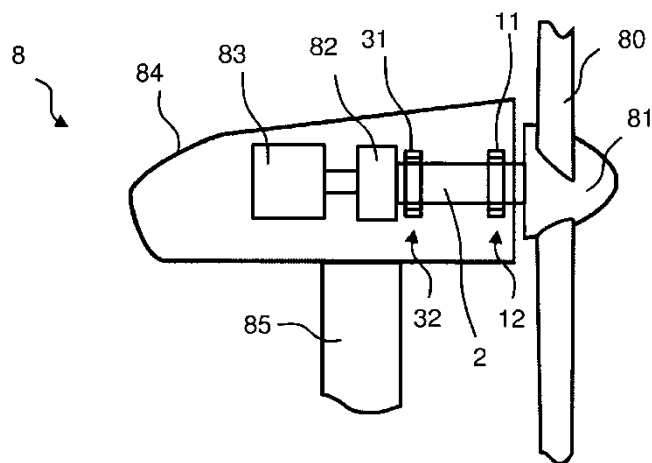


Fig. 8