

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 552 878**

51 Int. Cl.:

**F03D 11/00** (2006.01)

**F16C 23/06** (2006.01)

**F16C 35/067** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.09.2011 E 11770683 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.10.2015 EP 2622217**

54 Título: **Turbina eólica con soporte de cojinete**

30 Prioridad:

**30.09.2010 US 388202 P**  
**30.09.2010 DK 201070418 P**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**02.12.2015**

73 Titular/es:

**VESTAS WIND SYSTEMS A/S (100.0%)**  
**Hedeager 42**  
**8200 Aarhus N, DK**

72 Inventor/es:

**DEMTRÖDER, JENS**

74 Agente/Representante:

**ARIAS SANZ, Juan**

**ES 2 552 878 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**

Turbina eólica con soporte de cojinete

**Campo de la invención**

5 La invención se refiere a un generador de turbina eólica con un sistema de cojinetes mejorado, y en particular a un sistema de cojinetes mejorado de una clase para controlar y soportar de manera precisa un árbol principal de la turbina eólica.

**Antecedentes de la invención**

10 Se usa un generador de turbina eólica (WTG, *wind turbine generator*) para recoger energía eólica y transformar la energía en otra forma de energía. Con este fin, la mayor parte de generadores de turbina eólica incluyen un árbol que en un extremo está acoplado a un rotor que comprende varias palas de turbina eólica. En el extremo opuesto, el árbol está conectado normalmente a una parte de turbina eólica accionada. Esta parte de turbina eólica accionada puede ser un elemento de entrada de una caja de engranajes o un elemento de entrada o elemento de transferencia de par motor de un generador de energía eléctrica. Con la rotación del árbol, en respuesta al viento que actúa sobre las palas, puede transformarse la energía.

15 Para controlar con precisión la rotación del árbol mientras se soporta también el árbol, el árbol se soporta mediante varios cojinetes colocados a lo largo del árbol. Estos cojinetes están previstos para transferir cargas desde el árbol y hacia una estructura de soporte de los cojinetes y los cojinetes están previstos para permitir que se transfiera el par motor de rotación del árbol hacia la caja de engranajes y/o el generador.

20 Las cargas principales son normalmente en una dirección axial del árbol así como, y por ejemplo debido al peso del rotor, en el sentido de la gravedad o sustancialmente en el sentido de la gravedad. En una denominada turbina eólica de eje horizontal, tal como se realiza en el presente documento, tales cargas se transfieren normalmente más hacia delante hacia una estructura similar a un armazón en la góndola de la turbina eólica y desde ahí a través de un sistema de guiñada hacia la torre de la turbina eólica y hacia la base en el terreno.

25 Puesto que el tamaño de las turbinas eólicas tiende a aumentar, las cargas que actúa sobre uno o más de los cojinetes y su estructura de soporte respectiva también tienden a aumentar.

Las fuerzas que actúan sobre el árbol también están presentes, además de las direcciones de carga principales mencionadas, en direcciones que son radiales al árbol pero no sustancialmente en el sentido de la gravedad. Tales fuerzas se deben, entre otras cosas, a la variación dinámica del viento, tanto en dirección como en amplitud, y se deben a un movimiento de guiñada de la góndola.

30 Se han considerado diversos sistemas y soluciones de cojinetes para controlar con precisión la rotación del árbol a la vez que se proporciona un soporte estacionario y preciso del árbol de la turbina eólica. En opinión del presente inventor y solicitante, puede considerarse que estas soluciones tienen uno o más de los siguientes ejemplos de desventajas.

35 Algunas soluciones tienden a proporcionar un sistema de cojinetes de uno o más cojinetes y sus soportes que se ha demostrado que son tan pesados y/o están dotados de dimensiones relativamente grandes que se ha demostrado que son difíciles y/o lleva bastante tiempo la instalación o mantenimiento de estos sistemas de cojinetes. Todavía otras de tales soluciones, en las que un único cojinete con estructura de soporte puede pesar aproximadamente 600-1200 kilos, han demostrado ser bastante costosas de producir.

40 Algunas soluciones tienden a necesitar una colocación muy precisa de partes de cojinete con relación a la estructura de soporte y/o tienden a requerir tolerancias de fabricación costosas y/o muy precisas tanto para el cojinete como para el soporte, con el fin de controlar y soportar con precisión el árbol y las cargas que actúan sobre el árbol.

Todavía otras y en algunas soluciones, con el mantenimiento de un cojinete, ha demostrado ser difícil y/o requerir mucho tiempo intercambiar el cojinete, es decir separar el cojinete de su estructura de soporte. En algunos casos, esto se debe al menos parcialmente a la corrosión.

45 Se ha demostrado que algunas soluciones no podían resistir las cargas que actúan sobre el árbol, o se ha demostrado al menos que estas soluciones no podían resistir las cargas de manera controlada con precisión en la cantidad de años que se evaluó inicialmente y se ha demostrado aún que algunas soluciones de manera adicional o alternativa son demasiado caras cuando se considera su eficacia global.

50 El documento DE 10 2008 052 412 A1 da a conocer una turbina eólica que comprende un sistema de cojinetes según el preámbulo de la reivindicación 1.

**Sumario de la invención**

Puede considerarse un objetivo de la presente invención proporcionar un generador de turbina eólica con un sistema

de cojinetes mejorado. Preferiblemente, la invención alivia, mitiga o elimina una o más de las desventajas anteriores u otras individualmente o en cualquier combinación.

5 En particular, puede considerarse un objeto de la invención proporcionar un generador de turbina eólica con un sistema de cojinetes, sistema de cojinetes que permite un soporte preciso y controlado de uno o más cojinetes en el sistema a la vez que el sistema de cojinetes también es relativamente eficiente de producir e instalar.

Por consiguiente, se proporciona una turbina eólica que comprende un sistema de cojinetes, comprendiendo el sistema de cojinetes

- un cojinete para soportar un árbol que tiene un eje central, comprendiendo el cojinete al menos una superficie de cojinete

10 - un soporte para soportar el cojinete, comprendiendo el soporte al menos una superficie de soporte

- una conexión bloqueable entre dicho cojinete y dicho soporte, tal como una conexión que comprende pernos, en la que la conexión bloqueable comprende la al menos una superficie de cojinete y comprende la al menos una superficie de soporte, en la que la superficie de soporte se acopla directamente y de manera rígida con y soporta la superficie de cojinete cuando la conexión bloqueable está bloqueada y en la que se transfieren fuerzas desde el árbol mediante el cojinete y hacia el soporte a través de dicha superficie de cojinete que se acopla con dicha superficie de soporte, y en la que dicha conexión bloqueable garantiza una distancia fija entre el cojinete y el soporte mediante las superficies que se acoplan directamente y de manera rígida, y en la que un ángulo de soporte de dicha superficie de soporte, en relación con un plano de árbol formado rotando el árbol alrededor de un primer eje, primer eje que es perpendicular al eje central y primer eje que está comprendido en un plano vertical, oscila entre 5 grados inclusive y 70 grados inclusive.

15

20

Por tanto, se proporciona una turbina eólica con un sistema de cojinetes mejorado. La mejora o ventaja de la turbina eólica con el sistema de cojinetes descrito puede encontrarse posiblemente en que la turbina eólica con tal sistema de cojinetes permite un soporte preciso y controlado de uno o más cojinetes en el sistema a la vez que el sistema de cojinetes también es relativamente eficiente de producir e instalar.

25 En particular, puede considerarse una posible ventaja del sistema de cojinetes, que pueden proporcionarse tanto un cojinete como un soporte del cojinete según la presente invención usando menos material y/o usando material que tiene una menor densidad y/o que es relativamente más económico y/o que no es necesario que tenga la misma resistencia en comparación con otras soluciones.

30 Puede considerarse que las mejoras o ventajas del sistema de cojinetes tal como se describe en el presente documento, y en particular de una superficie de soporte que forma un ángulo tal como se describe, permiten que puedan proporcionarse tanto el cojinete como el soporte del cojinete usando menos material y/o usando material que tiene una menor densidad y/o que es relativamente más económico y/o que no es necesario que tenga la misma resistencia en comparación con otras soluciones.

35 Cuando se proporciona la superficie de soporte según la presente invención, puede transferirse una cantidad dada de fuerzas radiales o componentes de fuerzas radiales en el plano de árbol desde el árbol mediante el cojinete y hacia el soporte como fuerzas normales.

40 Esto va en contra de una solución en la que un ángulo de la superficie de soporte en relación con el plano de árbol es de 0 grados y en la que una conexión entre una superficie de cojinete y una superficie de soporte sólo comprende por tanto la transferencia de componentes de fuerza radial en el plano de árbol debido al rozamiento entre tal superficie de cojinete y tal superficie de soporte. En una solución de este tipo, se necesitan superficies de cojinete y superficies de soporte correspondientes relativamente más grandes para transferir una magnitud dada de fuerzas radiales en el plano de árbol y/o una cantidad relativamente mayor de presión para presionar las superficies unas hacia otras, para transferir una magnitud dada de componentes de fuerza en el plano de árbol, en comparación con el presente sistema de cojinetes.

45 Aún más, se ha encontrado que un conjunto de, por ejemplo, dos superficies de soporte y dos superficies de cojinete correspondientes según la presente invención pueden estar previstas de manera relativamente independiente a una distancia exacta entre las dos superficies de soporte y las dos superficies de cojinete correspondientes. Cuando tales superficies están sustancialmente a ras y dotadas de sustancialmente el mismo o los mismos ángulos, puede determinarse una diferencia más o menos menor en una distancia entre dos superficies de soporte en relación con una anchura entre dos superficies de cojinete correspondientes, de modo que el cojinete sólo se levantaría o se haría descender algo en su soporte en relación con el plano de árbol, aunque pudiendo soportarse por y pudiendo acoplarse de manera apropiada con la estructura de soporte.

50

55 Esto va en contra de un sistema de cojinetes en el que un conjunto de dos superficies de cojinete correspondientes y dos superficies de soporte están todas dotadas de un ángulo con relación al plano de árbol que es de 90 grados. En una solución de este tipo, una desviación en la anchura entre dos superficies de cojinete correspondientes daría como resultado una conexión que no encaja y que no puede acoplarse apropiadamente para controlar con precisión,

- 5 por ejemplo, la posición del cojinete y por tanto el árbol para el cojinete en ambas direcciones radiales paralelas al plano de árbol. Para garantizar un acoplamiento apropiado, puede considerarse que tales soluciones requieren una tolerancia relativamente baja de, por ejemplo, la distancia entre dos superficies de soporte y superficies de cojinete correspondientes, y por tanto tales soluciones son más caras de producir y ensamblar, en relación con la presente solución.
- Aún más, se ha encontrado que puede considerarse que el generador de turbina eólica mejorado con el sistema de cojinetes descrito, especialmente en realizaciones particulares del mismo, tiene la ventaja adicional de que el cojinete es de autocentrado en comparación con otras soluciones.
- 10 Además, puede considerarse que una posible ventaja del presente sistema de cojinetes es que el presente sistema de cojinetes proporciona una posición precisa del cojinete y el soporte de manera relativa entre sí de un modo eficaz y alternativo. Puede considerarse que esta ventaja se proporciona por la superficie de soporte que se acopla directamente y de manera rígida con la superficie de cojinete cuando la conexión bloqueable está bloqueada y garantizando por tanto una distancia fija entre el cojinete y el soporte a la vez que el ángulo de soporte descrito se añade a la precisión y eficacia del sistema de cojinetes de manera que en la práctica se ha encontrado que es sinérgico.
- 15 En la presente realización, el sistema y los medios de bloqueo, es decir los pernos, garantizan que la conexión permanece rígida y por tanto que existe, por ejemplo, una distancia fija entre el cojinete 202 y el soporte 206.
- 20 Por ejemplo, se ha encontrado que ángulos de soporte superiores a 0 grados pero inferiores a aproximadamente 5 grados permiten que se transfiera una cantidad de fuerza demasiado pequeña como fuerza normal entre las superficies. Por tanto, se ha encontrado que tales soluciones proporcionan una ventaja demasiado pequeña en comparación con la dificultad adicional de proporcionar con precisión ángulos correspondientes correctos y precisos de la superficie de cojinete y la superficie de soporte. Para los ángulos entre 70 y 90 grados, se ha encontrado que estos ángulos permiten que se transfiera una cantidad innecesariamente alta de fuerzas radiales como fuerzas normales en una dirección del plano de árbol. Aún más, puede considerarse que tales ángulos transfieren un grado
- 25 demasiado alto de fuerzas que actúan en el sentido de la gravedad o de manera opuesta a la gravedad a fuerzas que actúan en una dirección radial paralela al plano de árbol. Aún más, diferentes anchuras de las distancias entre conjuntos correspondientes de superficies de cojinete y soporte a tales ángulos levantarán o harán descender tanto una posición de soporte de cojinete que puede encontrarse inapropiado.
- 30 Por tanto, cuando el ángulo de soporte oscila entre 5 grados inclusive y 60 inclusive, todavía se aplican las ventajas descritas anteriormente, aunque por ejemplo la desventaja de proporcionar menos elevación o descenso de la posición del cojinete con una determinada tolerancia de una distancia entre superficies de cojinete y soporte correspondientes disminuye algo.
- 35 Cuando el ángulo de soporte oscila entre 10 grados inclusive y 45 inclusive, puede considerarse una ventaja aumentada de este intervalo ya que puede transferirse una cuota algo aumentada de fuerzas con una componente en el plano de árbol como fuerzas normales y por ejemplo que se transfiere una cuota todavía menor de fuerzas que actúan en el sentido de la gravedad o de manera opuesta a la gravedad a la dirección radial del plano de árbol.
- Puede considerarse que se halla un valor óptimo del ángulo de soporte, junto con estas y otras maneras descritas en el presente documento, cuando el ángulo de soporte está predeterminado y fijado en un ángulo en un intervalo desde 15 grados inclusive hasta 30 inclusive.
- 40 Cuando una pluralidad de superficies de soporte están previstas y en la que cada una de la pluralidad de superficies de soporte está dispuesta para que cada superficie forme parte de un lado de un prisma virtual con varios lados, se proporciona una manera de colocar uno o más conjuntos de superficies de soporte y sus superficies de cojinete correspondientes. En el presente documento, las superficies de soporte también se proporcionan en simetría de manera relativa entre sí, lo que puede considerarse que simplifica la producción de un cojinete de este tipo y el
- 45 soporte correspondiente.
- 50 Las características opcionales del cojinete que está previsto en una pluralidad de secciones, tales como una primera sección y una segunda sección, en las que al menos una de la pluralidad de secciones, tales como la segunda sección, comprende una superficie de cojinete conectada a la superficie de soporte, son ventajosas puesto que mediante tales características el cojinete puede intercambiarse fácilmente en una dirección radial a la vez que las ventajas de la presente invención todavía están englobadas en el cojinete. Según una realización adicional, el cojinete está dotado de un alojamiento de cojinete intermedio en el que el alojamiento de cojinete comprende una superficie de alojamiento de cojinete conectada a una superficie de soporte y posiblemente este alojamiento de cojinete también está dotado de una pluralidad de secciones en las que al menos una de la pluralidad de secciones comprende una superficie de alojamiento de cojinete conectada a una superficie de soporte.
- 55 Al menos dos superficies de soporte pueden estar previstas, preferiblemente en un único cojinete, y el ángulo de soporte de al menos una de las al menos dos superficies de soporte va a medirse en un plano que comprende una dirección radial del árbol. De manera similar, al menos dos superficies de soporte pueden estar previstas, preferiblemente en un único cojinete, y al menos una de las al menos dos superficies de soporte va a medirse en un

plano que comprende una dirección axial del árbol.

5 Cuando un cojinete del sistema de cojinetes incluye un conjunto de dos superficies de cojinete colocadas de manera opuesta con una distancia entre ellas y dos superficies de soporte correspondientes y dos superficies de cojinete y soporte correspondientes están previstas con el mismo o sustancialmente el mismo ángulo en relación con el plano de árbol, una posible ventaja es que pueden transferirse fuerzas radiales en el plano de árbol según la presente invención en ambos sentidos opuestos. Especialmente y en el presente documento, se proporciona una posible ventaja de proporcionar un cojinete que es de autoajuste hacia una posición en la que las superficies son paralelas entre sí.

10 Cuando el soporte para soportar el cojinete, tal como un cojinete más adyacente al rotor, incluye dos superficies de soporte formando un ángulo de manera simétrica, y posiblemente también colocadas de manera simétrica en relación con una parte central del generador de turbina eólica, una posible ventaja es que el cojinete es de autocentrado hacia una parte central predeterminada del WTG.

15 Según las realizaciones de la invención, dos superficies de soporte están previstas en un soporte y adaptadas para que se acoplen con dos superficies de cojinete correspondientes en la mitad más inferior de un único cojinete, con relación al sentido de la gravedad, de ese cojinete.

Cuando un cojinete, tal como un cojinete menos adyacente al rotor o tal como el cojinete más delantero hacia el rotor, incluye al menos una superficie de soporte con un ángulo de soporte que se mide en un plano que comprende una dirección axial del árbol, se proporciona un cojinete que puede ser particularmente adecuado para transferir fuerzas axiales.

20 Debe entenderse que puede considerarse cualquier ventaja mencionada como una posible ventaja proporcionada por la invención, pero también puede entenderse que la invención es particularmente ventajosa, pero no de manera exclusiva, para obtener la ventaja descrita.

En general, los diversos aspectos y ventajas de la invención pueden combinarse y acoplarse de cualquier manera posible dentro del alcance de la invención.

25 Estos y otros aspectos, características y/o ventajas de la invención resultarán evidentes a partir de y se dilucidarán con referencia a las realizaciones descritas a continuación en el presente documento.

### Breve descripción de los dibujos

Se describirán realizaciones de la invención, únicamente a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos, en los que la figura 1 muestra un WTG de referencia,

30 la figura 2 es una ilustración de una vista en sección transversal A-A en el interior de una góndola de un WTG,

la figura 3 muestra un sistema de cojinetes que incluye soporte en la vista en sección transversal A-A que ilustra una vista en sección transversal de un ángulo de soporte en relación con un plano de árbol,

las figuras 4 y 5 son ilustraciones de prismas de soporte virtuales,

la figura 6 es una ilustración en la vista A-A de fuerzas de un árbol principal del WTG,

35 la figura 7 es una ilustración de un cojinete con soporte, en la que el cojinete está previsto en dos secciones,

la figura 8 es una ilustración de un sistema de cojinetes que comprende una superficie de cojinete y soporte adicional,

la figura 9 es una ilustración de una vista desde arriba de un sistema de cojinetes y

40 la figura 10 muestra una vista en sección transversal B-B indicada en la figura 9 y en la que el ángulo de soporte se ilustra en una vista desde arriba y en relación con una dirección axial.

### Descripción de realizaciones

La figura 1 muestra un generador de turbina eólica 102 con una góndola 104, y un rotor 106 montado de manera pivotante en la góndola 104 mediante un árbol. La góndola 104 está montada en una torre de turbina eólica 108 mediante una junta rotatoria que permite una rotación de guiñada de la góndola en relación con la torre.

45 El rotor 106 de la turbina eólica del presente ejemplo incluye tres palas de turbina eólica 110 unidas al rotor en un extremo de raíz de las palas. El rotor está fijado a un árbol principal (no se observa en la figura 1, por ejemplo remítase a la figura 2) de la turbina eólica y rota de manera precisa y controlada con el árbol principal. El árbol principal tiene un eje central 112. El eje central se sitúa sustancialmente en la parte central o en la parte central de, por ejemplo, la torre del WTG. La longitud de las palas de la turbina eólica en el ejemplo mostrado es de

aproximadamente 40 metros, pero longitudes de pala tales como de entre 25 y 70 metros también son habituales. En la figura, la línea recta de trazos mixtos ilustra un plano vertical 114.

A la izquierda del dibujo, se muestra la turbina eólica en una vista lateral. En la vista lateral, la línea recta de trazos mixtos ilustra un primer eje 116 que es perpendicular al eje central 112 del árbol principal.

5 La figura 2 es una ilustración de una vista en sección transversal a lo largo del eje central 112 del árbol principal 204 en el interior de la góndola 104 de una realización de un WTG según la presente invención.

Se deduce a partir de la figura que el rotor 106 a la izquierda de la figura está conectado al árbol principal 204 y que el árbol está soportado por dos cojinetes 202 situados a lo largo del árbol e ilustrados a dos distancias diferentes del rotor y a la derecha de la figura. El árbol puede ser hueco o no y un diámetro típico de tal árbol es de 1-3 metros. Los  
10 dos cojinetes pueden denominarse el cojinete más delantero hacia y el más adyacente al rotor 106 y se muestran a la izquierda de la figura y un cojinete 202 a la derecha de la figura y por tanto menos adyacente al rotor 106. El cojinete más delantero puede denominarse cojinete principal de la turbina eólica y puede preferirse posiblemente que el sistema de cojinetes según la invención se use para tal cojinete principal. Las figuras ilustran soportes 206,  
15 uno para cada cojinete 202, que conducen a un armazón principal del WTG, armazón principal que está conectado a la torre 108 mediante una junta rotatoria.

Se determina una vista en sección transversal perpendicular al eje central 112, perpendicular a y a través del cojinete más delantero 204 en la figura y se indica con A-A. La vista en sección transversal se observa en una dirección que se aleja del rotor. Esta vista en sección transversal puede observarse en la figura 3.

20 La figura 3 muestra la vista en sección transversal A-A indicada en la figura 2. En particular, la figura da a conocer un sistema de cojinetes 302 que incluye un cojinete 202 para soportar un árbol 204 que tiene un eje central 112 (no mostrado en la figura 3, véase por ejemplo la figura 2), incluyendo el cojinete al menos una superficie de cojinete 304 y un soporte 206 para soportar el cojinete 202, en el que el soporte incluye al menos una superficie de soporte 306. En la realización mostrada, se muestran dos superficies de cojinete y dos superficies de soporte correspondientes.

25 Las superficies están adaptadas para formar parte de una conexión bloqueable entre el cojinete 202 y el soporte 206. En el ejemplo mostrado, la conexión bloqueable incluye dos ejemplos diferentes de pernos 314, 315. En la figura, no se ilustran tuercas o roscas u orificios de soporte oblongos para ajustar ligeramente la posición de los pernos, etc. La conexión bloqueable incluye la al menos una superficie de cojinete 304 y la al menos una superficie de soporte 306, superficie de soporte que está adaptada para acoplarse directamente y de manera rígida con y  
30 soportar la superficie de cojinete cuando la conexión bloqueable está bloqueada y en la que se transfieren fuerzas desde el árbol 204 mediante el cojinete 202 y hacia el soporte 206 a través de la superficie de cojinete 304 que se acopla con la superficie de soporte 306. En el ejemplo mostrado, la conexión bloqueable se bloquea de manera rígida mediante las superficies que se sujetan directamente a y unas hacia otras y posiblemente se desvían unas hacia otras con una presión predeterminada dada mediante los pernos. Se deduce que los pernos y orificios para los  
35 pernos o medios de bloqueo similares están previstos a través superficies de cojinete y soporte. En la presente realización, el sistema y los medios de bloqueo, es decir los pernos, garantizan que la conexión permanece rígida y, por tanto, que existe por ejemplo una distancia fija entre el cojinete 202 y el soporte 206.

La figura además da a conocer e ilustra que un ángulo de soporte 312 de al menos una de las superficies de soporte 306, en relación con un plano de árbol 310 formado rotando el árbol alrededor del primer eje ilustrado 116, primer  
40 eje que es perpendicular al eje central 112 y primer eje que está comprendido en un plano vertical (114, mostrado en la figura 1), está dotado de un ángulo que es de 30 grados o sustancialmente de 30 grados.

Tal como se detalla adicionalmente en el presente documento, el ángulo puede seleccionarse, entre otros, y predeterminarse en respuesta a uno o más de diversos factores tales como; la longitud de las palas de turbina eólica, el peso del rotor que comprende varias palas, el número de palas y/o las condiciones particulares del viento  
45 esperadas y, por tanto, generalmente y como ejemplo, seleccionarse en respuesta a una distribución de fuerzas particulares desde el árbol del generador de turbina eólica.

Aunque el ángulo ilustrado es de aproximadamente 30 grados, los intervalos preferidos y ventajosos para este ángulo que se encuentran adecuados para turbinas eólicas de eje horizontal con dos o tres palas cada una que tienen una longitud de entre 25 y 70 metros y ángulo que es adecuado para cargas de viento experimentadas  
50 normalmente en diversos emplazamientos de instalación por los generadores de turbina eólica de hoy en día, se ha encontrado que son de desde 5 grados inclusive hasta 70 grados inclusive.

La figura 3 ilustra además que las dos superficies de cojinete 304 y las dos superficies de soporte 306 están adaptadas de modo que están a ras y son paralelas entre sí. También se ilustra que las dos superficies de soporte 306 proporcionadas tienen un ángulo de soporte 312 que se mide en un plano que comprende una dirección radial 316 del árbol. Aún más, se ilustra que las superficies de soporte 306 y sus superficies de cojinete correspondientes 304 están formando un ángulo de manera simétrica en relación con el primer eje 116. En la realización mostrada, las superficies de soporte también están colocadas de manera simétrica en relación con el primer eje 116 una a cada  
55 lado del primer eje. Particularmente, se da a conocer que dos superficies de soporte 306 están previstas y

adaptadas para que se acoplen con dos superficies de cojinete correspondientes 304 en la mitad más inferior 308, con relación al sentido de la gravedad cuando se colocan tal como se ilustra en el WTG, del cojinete 202.

5 Finalmente, la figura 3 también ilustra un cojinete con un conjunto de dos superficies de cojinete colocadas de manera opuesta 304 con una distancia 318 entre ellas y dos superficies de soporte correspondientes 306 también con la misma distancia 318 entre ellas. En el ejemplo, las dos superficies de cojinete y soporte correspondientes también están previstas con el mismo ángulo 312 en relación con el plano de árbol.

El cojinete puede seleccionarse, como ejemplo, de los siguientes tipos de cojinetes: un tipo de cojinete de bolas, un cojinete rodante cilíndrico, un cojinete rodante esférico, un cojinete deslizante.

10 El material del cojinete, tal como el material de aquella parte del cojinete que incluye la superficie de cojinete, tal como un anillo externo del cojinete o el alojamiento de cojinete, puede proporcionarse como ejemplo de acero o de un material sintético o de un material compuesto.

El material del soporte puede elegirse, como ejemplo, para que sea acero, un material sintético, tal como un material que incluye un material de plástico sintético, hormigón o un material similar a hormigón, un material compuesto, tal un material compuesto que incluye un material de refuerzo tal como fibras de carbono.

15 Las figuras 4 y 5 ilustran secciones transversales A-A de superficies de soporte en las que una pluralidad de superficies de soporte 306 están previstas y en las que cada una de la pluralidad de superficies de soporte está dispuesta para que cada superficie 306 forme parte de un lado de un prisma virtual 402 con varios lados, prisma que en el presente ejemplo puede trazarse para que rodee una circunferencia del cojinete. En el ejemplo ilustrado en las figuras 9 y 10, la superficie de soporte también puede darse a conocer como que está comprendida en lados de tal prisma virtual, pero en ese ejemplo el prisma no rodea el cojinete.

20 El número de lados, N, ilustrado en la sección transversal de los prismas es de 4, pero el número de lados puede ser de 3, 5, 6, 7, 8, 12 o incluso 16 ó 24. Las superficies de soporte pueden extenderse tal como se muestra en la figura 4 o tal como se muestra en la figura 5. Ha de entenderse que las superficies de soporte tienen superficies de cojinete prismáticas correspondientes.

25 La figura 6 es una ilustración de una distribución de fuerzas desde un árbol principal (no ilustrado) soportado por el cojinete, en la sección transversal A-A tal como se indica en la figura 1. Las fuerzas están actuando en la ilustración sobre un cojinete más delantero adyacente al rotor de la turbina eólica. El cojinete más delantero se muestra con fines de ilustración con líneas discontinuas y superpuesto a la distribución. En el ejemplo, el cojinete está dotado de dos superficies de cojinete 304, una superficie colocada de manera simétrica en lados opuestos del cojinete con relación a un eje central del cojinete.

30 Las fuerzas tienen diferentes amplitudes y direcciones. Esto se ilustra con una longitud y dirección diferentes de las flechas 604, flechas que simbolizan las fuerzas. En el ejemplo mostrado, las fuerzas están distribuidas generalmente de manera simétrica en relación con un plano vertical a lo largo del centro del cojinete. Sólo las fuerzas a la izquierda de la ilustración están dotadas de números de referencia.

35 Las fuerzas también varían a lo largo del tiempo, debido principalmente a variaciones en la carga del viento. La distribución ilustrada es una muestra ilustrativa de las direcciones y amplitudes a lo largo de un periodo de muestra dado tal como una hora, 24 horas, una semana, uno o más meses o uno o más años. Las fuerzas están presentes en todas o sustancialmente en todas las direcciones, y se ilustran desde el centro del cojinete hacia un límite de la distribución 608, pero sólo se ilustra un número finito e ilustrativo de fuerzas y, por tanto, de direcciones y amplitudes.

La línea algo más gruesa 606 ilustra un vector de fuerza resultante cuando la distribución de fuerzas al lado derecho del dibujo y, por tanto, hacia una lado del cojinete con relación al centro, se resumen durante el periodo de muestra.

45 Se ilustra que el ángulo de la superficie de cojinete 304, y por tanto también de una superficie de soporte a ras, paralela (no ilustrada) correspondiente a la superficie de cojinete 304, en relación con un plano de árbol 310 formado rotando el árbol (no mostrado) alrededor del primer eje (116, véase la figura 1 ó 3), es perpendicular o sustancialmente perpendicular al vector de fuerza resultante 606. El ángulo 312 de la superficie 304 en relación con el plano de árbol es de 30 grados en el ejemplo mostrado.

50 La figura 7 muestra un cojinete 202 con un soporte de cojinete correspondiente 206 y se ilustra que el cojinete está dotado de una pluralidad de secciones, tales como una primera sección más superior 702 y una segunda sección más inferior 704, en la que la sección más inferior incluye dos superficies de cojinete que están conectadas a dos superficies de soporte. Tal cojinete con secciones independientes puede estar previsto, entre otras cosas, para poder sustituir una o más de las secciones o el árbol para tales cojinetes en una dirección radial.

55 Dado que el tamaño de un vector de fuerza resultante y sustancialmente radial que actúa en paralelo al plano de árbol sobre el acoplamiento entre estas dos secciones es bastante más pequeño que las fuerzas radiales que actúan sobre la conexión entre el cojinete completo y el soporte de cojinete en paralelo al plano de árbol, tal como

aproximadamente el 10-50% del mismo, el acoplamiento y la conexión entre las dos secciones pueden no estar formando un ángulo en relación con el plano de árbol tal como se muestra, pero puede elegirse, tal como en situaciones de cargas extremas, tales como las debidas a condiciones de carga del viento extremas, en línea con el ángulo de soporte 312 dado a conocer en el presente documento.

5 La figura 8 ilustra que la conexión entre el cojinete 202 y el soporte 206 puede comprender una superficie de cojinete que no forma un ángulo 804 y una superficie de soporte que no forma un ángulo correspondiente 802, en relación con el plano de árbol. En tal caso, el ángulo de soporte de las superficies de cojinete y soporte que forman un ángulo pueden estar previstas o no con un ángulo algo disminuido en comparación con que no estuvieran presentes la superficie de soporte que no forma un ángulo 802 y la superficie de cojinete correspondiente.

10 La figura 9 es una ilustración de una vista desde arriba de un sistema de cojinetes 904 con dos cojinetes 202. Los cojinetes están colocados alrededor del árbol en dos posiciones a lo largo de la extensión axial del árbol, uno adyacente al rotor 106 y otro menos adyacente al rotor. El cojinete menos adyacente al rotor es en cierta medida fuerzas dedicadas en una dirección axial del árbol principal.

15 La figura 10 muestra una vista en sección transversal B-B a través del cojinete menos adyacente al rotor tal como se indica en la figura 9. La figura ilustra que el ángulo de soporte 312 de una superficie de soporte de este cojinete se mide en un plano que comprende la dirección axial 902 del árbol.

Brevemente, se da a conocer en el presente documento que para proporcionar un generador de turbina eólica con un árbol y un sistema de cojinetes, sistema de cojinetes que, por ejemplo, se proporciona usando menos material o usando material que es relativamente más económico o que no es necesario que tenga la misma resistencia en comparación con algunas otras soluciones, se da a conocer un generador de turbina eólica con un sistema de cojinetes que incluye una conexión bloqueable que comprende una superficie de cojinete y una superficie de soporte, superficies que se acoplan cuando la conexión bloqueable está bloqueada y en la que se transfieren fuerzas desde el árbol mediante el cojinete y hacia el soporte a través de la superficie de cojinete y en el que un ángulo de soporte de la superficie de soporte, en relación con un plano de árbol formado rotando el árbol alrededor de un primer eje, primer eje que es perpendicular al eje central y primer eje que está comprendido en un plano vertical, oscila entre 5 grados inclusive y 70 grados inclusive.

Aunque se ha descrito la presente invención en relación con realizaciones preferidas, no se pretende que esté limitada a la forma específica expuesta en el presente documento. Más bien, el alcance de la presente invención está limitado únicamente por las reivindicaciones adjuntas.

30 En esta sección, se exponen ciertos detalles específicos de la realización dada a conocer con fines de explicación más que de limitación, de modo que se proporcione una comprensión clara y exhaustiva de la presente invención. Además, en este contexto, y con fines de brevedad y claridad, se han omitido descripciones detalladas de aparatos, circuitos y metodologías bien conocidos, de modo que se eviten detalles innecesarios y una posible confusión.

35 En las reivindicaciones, el término "que comprende" no excluye la presencia de otros elementos o etapas. Adicionalmente, aunque pueden incluirse características individuales en diferentes reivindicaciones, estas pueden posiblemente combinarse ventajosamente, y la inclusión en diferentes reivindicaciones no implica que una combinación de características no sea factible y/o ventajosa. Además, las referencias en singular no excluyen una pluralidad. Por tanto, las referencias a "un/o", "una", "primer(o)/primera", "segundo/segunda" etc. no excluyen una pluralidad.

40

**REIVINDICACIONES**

1. Turbina eólica (102) que comprende un sistema de cojinetes, comprendiendo el sistema de cojinetes (302):
  - un cojinete (202) para soportar un árbol (204) que tiene un eje central (112), comprendiendo el cojinete (202) al menos una superficie de cojinete (304),
- 5 - un soporte (206) para soportar el cojinete (202), comprendiendo el soporte (206) al menos una superficie de soporte (306),
  - una conexión bloqueable entre dicho cojinete (202) y dicho soporte (206), tal como una conexión que comprende pernos, en la que la conexión bloqueable comprende:
    - 10 - la al menos una superficie de cojinete (304) y comprende la al menos una superficie de soporte (306),
      - en la que la superficie de soporte (306) se acopla directamente y de manera rígida con y soporta la superficie de cojinete (304) cuando la conexión bloqueable está bloqueada,
      - y en la que se transfieren fuerzas desde el árbol (204) mediante el cojinete (202) y hacia el soporte (206) a través de dicha superficie de cojinete (304) que se acopla con dicha superficie de soporte (306),
      - 15 - y en la que dicha conexión bloqueable garantiza una distancia fija entre el cojinete y el soporte mediante las superficies que se acoplan directamente y de manera rígida,
      - y en la que dicha superficie de cojinete (304) y dicha superficie de soporte (306) están adaptadas de modo que la superficie de soporte y la superficie de cojinete están a ras y son paralelas entre sí,
      - 20 caracterizada por que un ángulo de soporte (312) de dicha superficie de soporte (306), en relación con un plano de árbol formado rotando el árbol alrededor de un primer eje (116), primer eje que es perpendicular al eje central (112) y primer eje que está comprendido en un plano vertical, oscila entre 5 grados inclusive y 70 grados inclusive.
- 25 2. Turbina eólica según la reivindicación 1, en la que el ángulo de soporte (312) se fija en un ángulo en un intervalo desde 5 grados inclusive hasta 60 grados inclusive.
3. Turbina eólica según la reivindicación 1, en la que el ángulo de soporte (312) se fija en un ángulo en un intervalo desde 10 grados inclusive hasta 45 grados inclusive.
4. Turbina eólica según la reivindicación 1, en la que el ángulo de soporte (312) se fija en un ángulo en un intervalo desde 15 grados inclusive hasta 30 grados inclusive.
- 30 5. Turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que una pluralidad de superficies de soporte están previstas y en la que cada una de la pluralidad de superficies de soporte está dispuesta para que cada superficie forme parte de un lado de un prisma virtual con un número de lados.
6. Turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el cojinete está provisto en una pluralidad de secciones (702, 704), tales como una primera sección (702) y una segunda sección (704), y en la que al menos una de la pluralidad de secciones, tales como la segunda sección (704), comprende una superficie de cojinete conectada a la superficie de soporte.
- 35 7. Turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el cojinete está provisto de un alojamiento de cojinete y en la que el alojamiento de cojinete comprende una superficie de alojamiento de cojinete conectada a una superficie de soporte.
- 40 8. Turbina eólica según la reivindicación 7, en la que el alojamiento de cojinete está provisto de una pluralidad de secciones y en la que al menos una de la pluralidad de secciones comprende una superficie de alojamiento de cojinete conectada a una superficie de soporte.
9. Turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que al menos dos superficies de soporte están previstas y en la que el ángulo de soporte de al menos una de las al menos dos superficies de soporte se mide en un plano que comprende una dirección radial (316) del árbol.
- 45 10. Turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que al menos dos superficies de soporte están previstas y en la que el ángulo de soporte de al menos una de las al menos dos superficies de soporte se mide en un plano que comprende una dirección axial (902) del árbol.
11. Turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende un sistema de cojinetes con un cojinete con un conjunto de dos superficies de cojinete posicionadas de manera opuesta (304) con
- 50

una distancia (318) entre ellas y dos superficies de soporte correspondientes (306) y en la que dos superficies de cojinete y soporte correspondientes están provistas con el mismo o sustancialmente el mismo ángulo (312) en relación con el plano de árbol.

- 5 12. Turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que dos cojinetes están provistos para soportar el árbol, uno adyacente a un rotor (106) de la turbina eólica y uno menos adyacente al rotor y en la que el árbol es un árbol principal de la turbina eólica.
13. Turbina eólica según la reivindicación 12, en la que el soporte para soportar el cojinete más adyacente al rotor comprende dos superficies de soporte formando un ángulo de manera simétrica con relación al primer eje.
- 10 14. Turbina eólica según la reivindicación 13, en la que las superficies de soporte están provistas y adaptadas para que se acoplen con dos superficies de cojinete correspondientes en la mitad más inferior, con relación al sentido de la gravedad, del cojinete.
- 15 15. Turbina eólica según la reivindicación 12, en la que el soporte para soportar el cojinete menos adyacente al rotor comprende al menos una superficie de soporte con un ángulo de soporte que se mide en un plano que comprende una dirección axial del árbol.

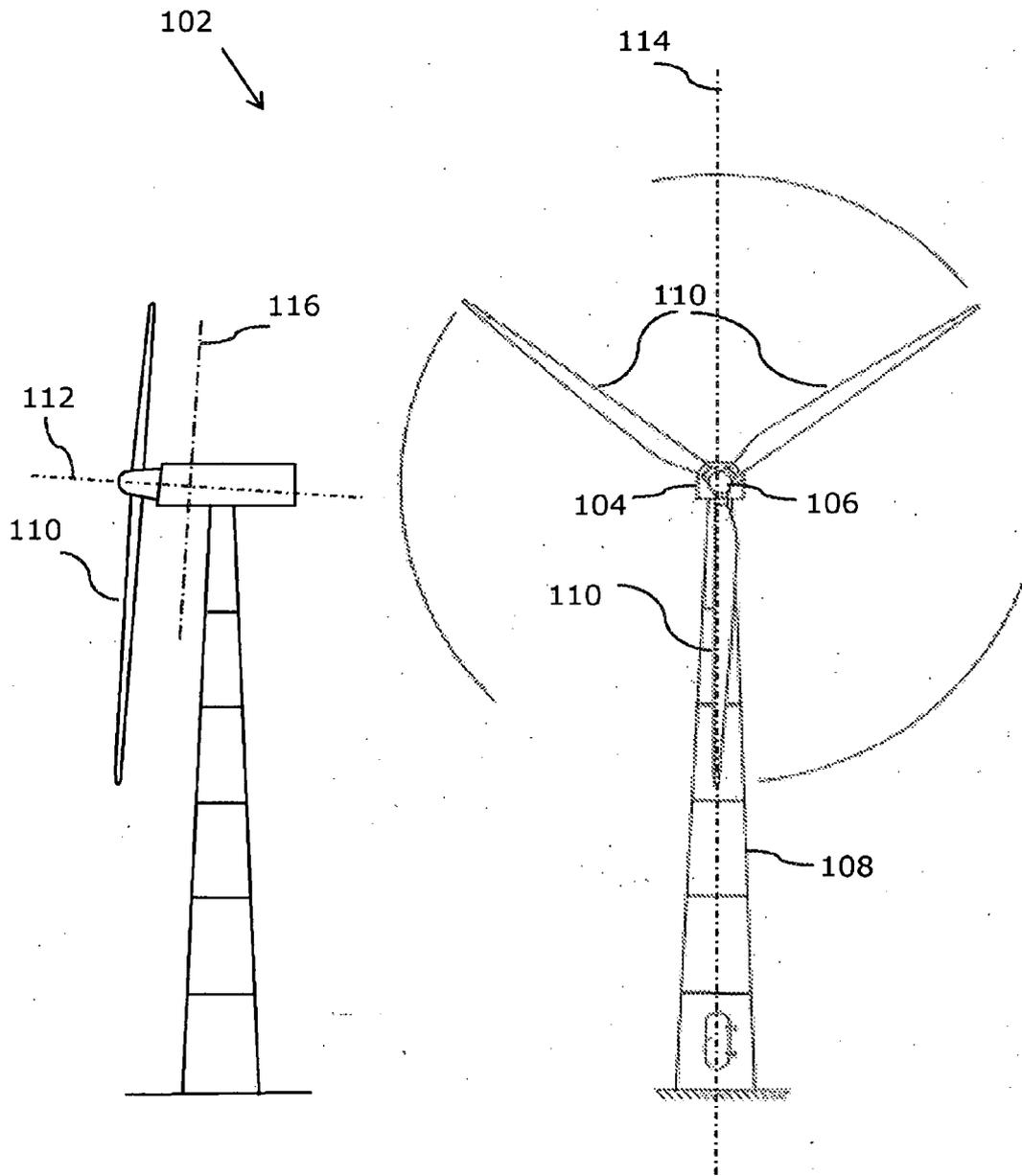


FIG. 1

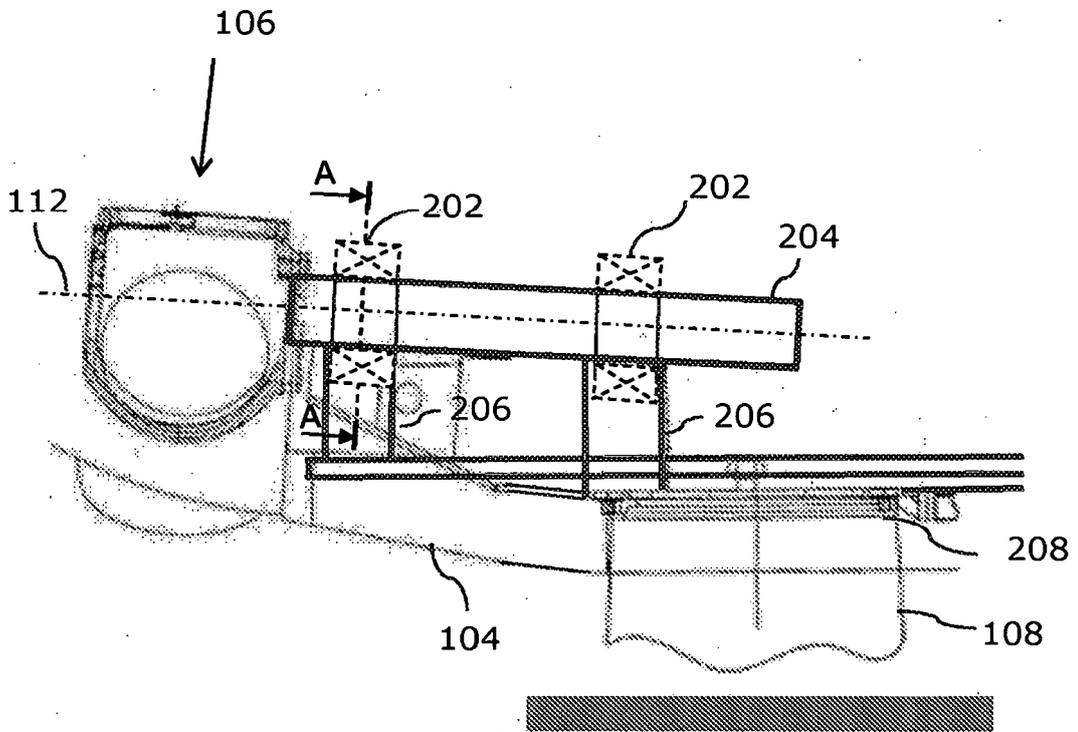


FIG. 2

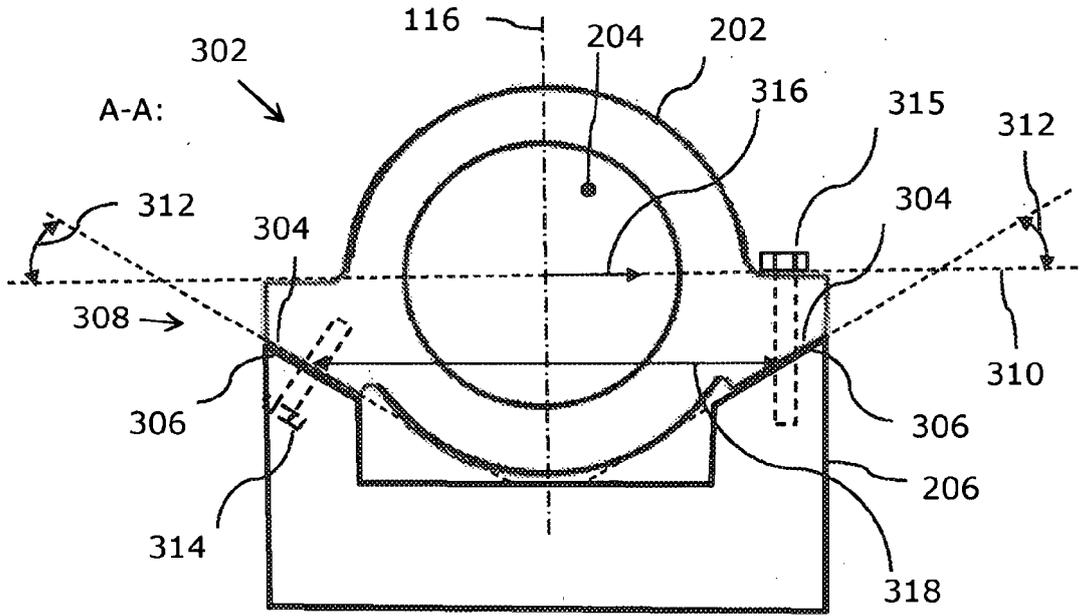


FIG. 3

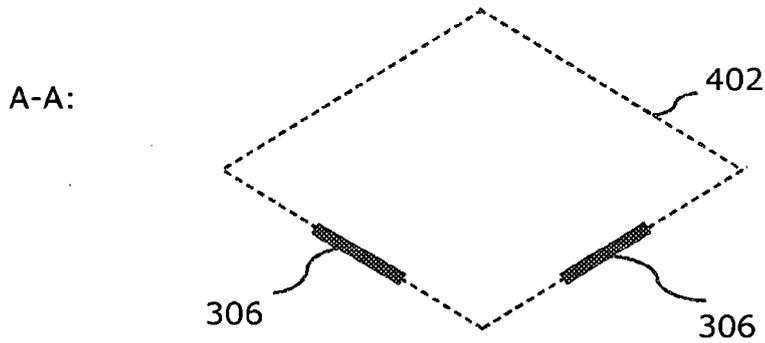


FIG. 4

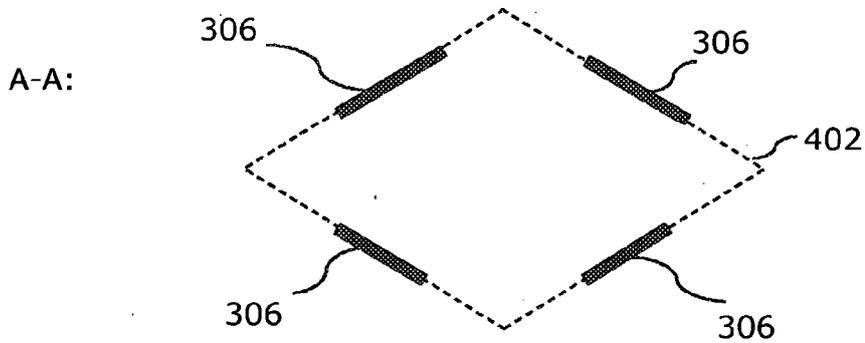


FIG. 5

A-A:

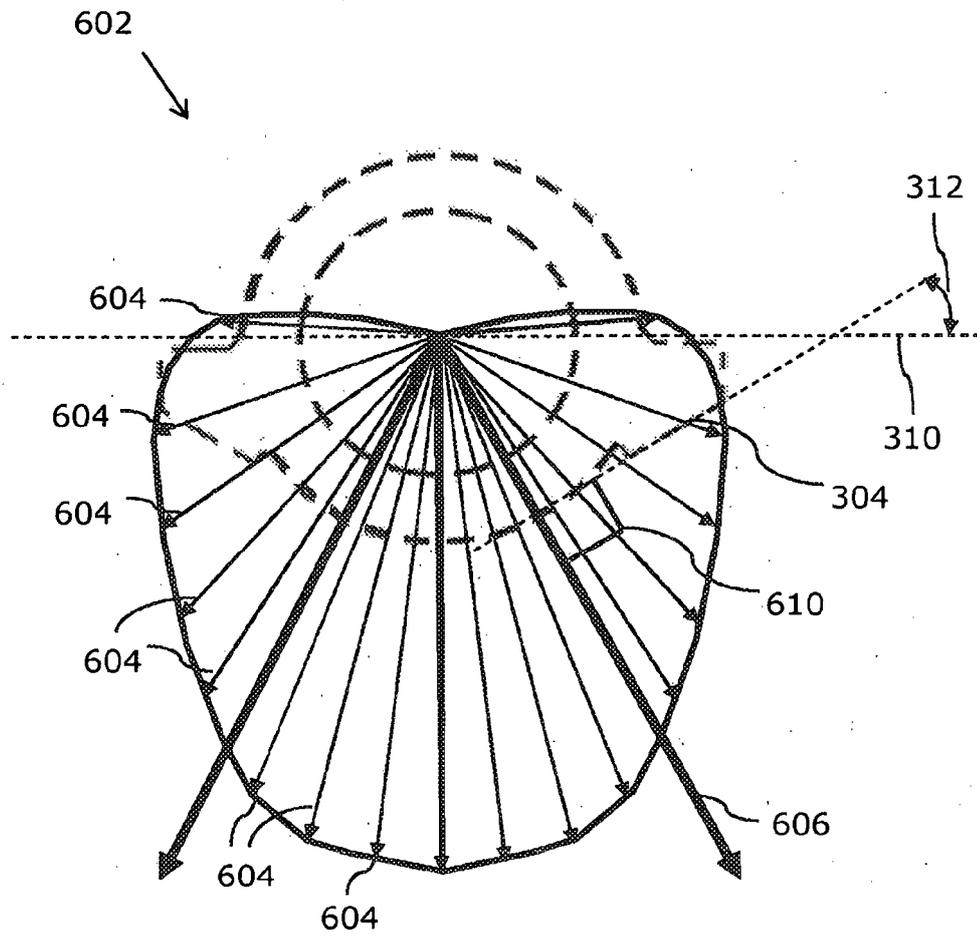


FIG.6

A-A:

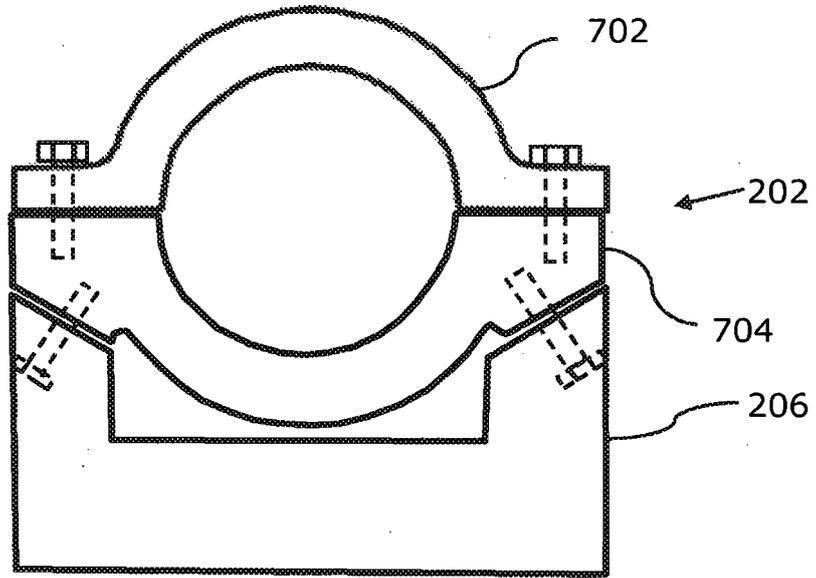


FIG. 7

A-A:

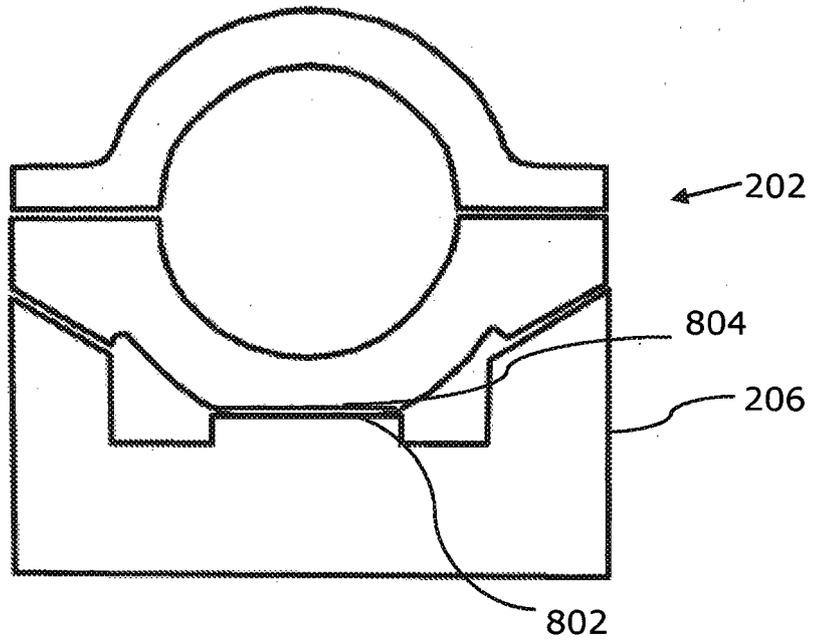


FIG. 8

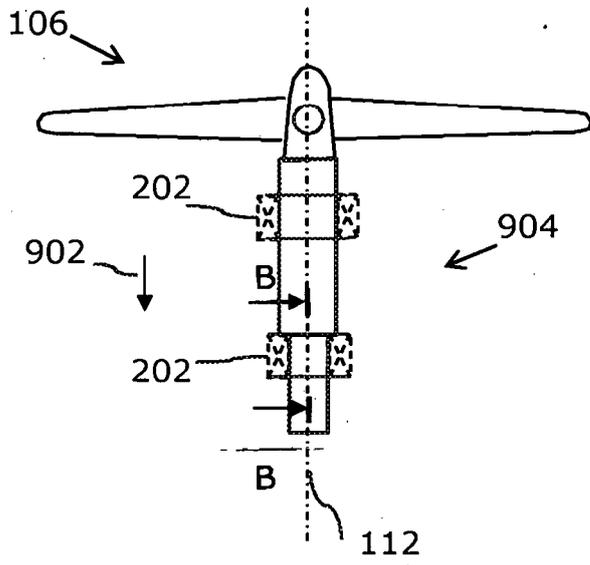


FIG. 9

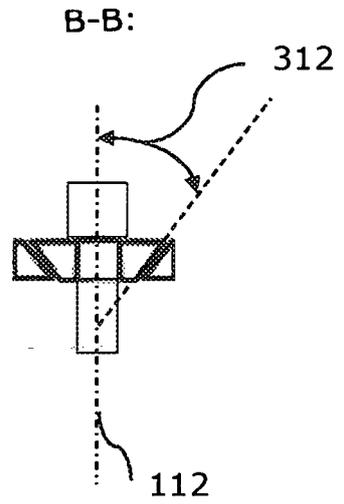


FIG. 10