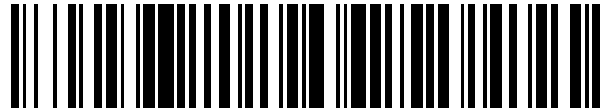


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 550 964**

51 Int. Cl.:

F03D 11/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.12.2012** **E 12008159 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.07.2015** **EP 2740934**

54 Título: **Aerogenerador**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
13.11.2015

73 Titular/es:

NORDEX ENERGY GMBH (100.0%)
Langenhorner Chaussee 600
22419 Hamburg, DE

72 Inventor/es:

NICKEL, VIKTOR y
NITZPON, JOACHIM

74 Agente/Representante:

ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María

ES 2 550 964 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

Aerogenerador

5 La presente invención se refiere a un aerogenerador con un buje de rotor, un generador y un árbol de accionamiento que transmite un par de giro absorbido por el buje del rotor a un árbol de entrada del generador.

A partir del documento EP 2 397 690 A1 se ha dado a conocer un aerogenerador con un árbol flexible. El aerogenerador presenta un soporte de maquinaria y un sistema de generador montado en el lado de sotavento.

10 Asimismo, está previsto un buje de rotor que está montado sobre un árbol en el soporte de maquinaria. El árbol transmite las cargas originadas por la corriente de viento así como el peso del buje del rotor y las palas unidas a este (carga de viento y peso) al soporte de maquinaria, y está unido fijamente con el buje del rotor y el sistema de generador para transmitir un par de giro desde el buje del rotor al sistema de generador. El árbol es un árbol diseñado de forma mecánicamente anisótropa que limita momentos de flexión entre el buje del rotor y el sistema de generador y está hecho de un material compuesto de fibras anisótropo. En este caso, gracias a su anisotropía, el árbol del rotor, por una parte, puede flexionarse en la dirección axial y, por otra parte, es resistente a la torsión en la dirección circunferencial. Dado que la flexibilidad del generador evita la transmisión de momentos de flexión entre el rotor y el generador, se reduce la fatiga del material de estos componentes. En este sentido, los extremos del árbol del rotor pueden estar dotados de bridas de unión metálicas que se fijan a los extremos del árbol hecho de material compuesto de fibras.

A partir del documento EP 1 677 005 B1, se conoce un aerogenerador con rodamiento de doble hilera de rodillos cónicos. El aerogenerador comprende un árbol principal en el que están montadas las palas de la turbina eólica. Está previsto un engranaje con el que se multiplica la rotación del árbol principal para conseguir mayores números de revoluciones y transmitirlos a un árbol de salida. El árbol de salida del engranaje opera un generador. Un acoplamiento conecta el árbol principal con un árbol de entrada del engranaje. Sobre un rodamiento de doble hilera de rodillos cónicos, se dispone el árbol principal para absorber la totalidad de la carga radial, la carga de empuje y la carga de flexión y no transmitir las al engranaje. El acoplamiento entre el árbol principal y el árbol de entrada del engranaje se realiza a través de un acoplamiento dentado.

30 A partir del documento WO 02/33254 A1 se conoce un aerogenerador con un árbol de turbina, soportado sobre rodamientos en dos puntos, y un árbol de generador unido a este. El árbol de generador impulsa un rotor interno del generador y está soportado sobre rodamientos en dos puntos respecto al estator. El estator, que se dispone externamente, está asegurado en su posición mediante un acoplamiento no giratorio, no ejerciendo el acoplamiento fundamentalmente ningún momento de flexión ni ninguna fuerza axial sobre el estator cuando se produce una flexión del árbol de la turbina debido a las fuerzas que inciden del buje del rotor.

A partir del documento WO 2011/061 363 A1, se ha dado a conocer un aerogenerador con un tren de potencia accionado directamente. El tren de potencia presenta un árbol principal y un árbol del generador, accionando el árbol del generador un generador de imanes permanentes. El generador y el buje del rotor del aerogenerador se disponen en lados opuestos de un soporte de maquinaria. El buje del rotor se dispone, respecto al soporte de maquinaria, sobre un rodamiento principal de modo que no se transmiten momentos de flexión a través del árbol principal. Las conexiones entre el rodamiento principal, el árbol principal y el árbol del generador están configuradas de manera que el par de giro del rotor eólico se transmite al árbol del generador sin momentos de flexión.

45 A partir del documento DE 10 2011 008 029 A1, se conoce un aerogenerador que presenta un soporte de maquinaria y, en lados opuestos del soporte de maquinaria, un rotor y un generador, estando acoplados entre sí el rotor y el generador —sin necesidad de engranajes— mediante un árbol de rotor, un árbol de generador y un acoplamiento dispuesto en medio de estos, y el generador está configurado como inducido exterior.

50 A partir del documento DE 10 2009 015 926 A1, se conoce un aerogenerador cuyo árbol principal está compuesto por varias partes. El aerogenerador presenta dos generadores cuyos rotores forman parte del árbol principal. Otras secciones del árbol sirven para disponer el árbol principal sobre un soporte de maquinaria y para fijarlo al buje del rotor. Las secciones del árbol se unen mediante un sistema de acoplamiento con uniones de acoplamiento rígidas.

55 La invención se basa en el objetivo de facilitar un aerogenerador cuyo árbol de accionamiento esté configurado de forma especialmente compacta y pueda integrarse bien en un diseño de tren de potencia en el que un generador, configurado como inducido exterior, se dispone detrás de la torre, así como de manera que no quepa esperar variaciones fundamentales del entrehierro ocasionadas por los componentes del tren de potencia utilizado y su

disposición.

Según la invención, el aerogenerador presenta un buje de rotor al que se fija al menos una pala del rotor. Asimismo, el aerogenerador presenta un generador. Además, el aerogenerador dispone de un árbol de accionamiento que
 5 presenta una sección de árbol del rotor unida al buje del rotor, una sección de árbol intermedia y una sección de árbol del generador unida con el rotor del generador. Según la invención, la sección de árbol del rotor, la sección de árbol intermedia y la sección de árbol del generador están configuradas como componentes independientes que se unen entre sí mediante un sistema de acoplamiento con dos acoplamientos. En este sentido, entre la sección de árbol del rotor y la sección de árbol intermedia está previsto un primer acoplamiento del sistema de acoplamiento.
 10 Asimismo, entre la sección de árbol del generador y la sección de árbol intermedia está previsto un segundo acoplamiento del sistema de acoplamiento. Según la invención, el sistema de acoplamiento puede compensar un desfase radial entre la sección de árbol del rotor y la sección de árbol del generador.

Preferiblemente, la sección de árbol del rotor tiene una longitud en su dirección axial que es menor que el diámetro
 15 máximo de la sección de árbol del rotor en la zona de su unión al buje del rotor. El diámetro máximo de la sección de árbol del rotor viene dado por el diámetro máximo de la sección de árbol del rotor en un plano perpendicular al eje de la sección de árbol del rotor. Este diseño de la sección de árbol del rotor permite una configuración especialmente corta de la sección de árbol del rotor. Gracias a la configuración corta de la sección de árbol del rotor, se ahorra peso. Asimismo, la configuración compacta ofrece ventajas para la fabricación de la sección de árbol del rotor. El
 20 diseño de la sección de árbol del rotor se ha optimizado de modo que puede someterse a elevadas cargas mecánicas y, a pesar de ello, fabricarse de forma sencilla mediante un proceso de fundición. En este sentido, es importante que el diseño de la sección de árbol del rotor permita utilizar moldes de fundición —tales como coquillas de fundición— que tienen una forma sencilla. Asimismo, gracias a dicha configuración de la sección de árbol del rotor, se posibilita una solidificación encauzada del cuerpo de fundición durante el proceso de fundición. A través de
 25 ello, se evita que durante el proceso de enfriamiento se formen centros térmicos cerrados en el cuerpo de fundición.

Preferiblemente, el aerogenerador dispone de un generador que presenta un rotor situado externamente y un estator situado internamente.

30 Preferentemente, el aerogenerador dispone de un árbol de accionamiento que presenta una sección de árbol del rotor unida con el buje del rotor, una sección de árbol del generador unida con el rotor del generador y una sección de árbol intermedia que se une con la sección de árbol del rotor y la sección de árbol del generador. En particular, en el aerogenerador la sección de árbol del rotor puede estar configurada como un componente independiente que se une con la sección de árbol intermedia.

35 El buje del rotor, el rotor del generador y el árbol de accionamiento que une el buje del rotor y el generador rotan alrededor de ejes al menos paralelos —preferiblemente, alrededor de un eje común—. La dirección del eje de rotación alrededor del cual rota el árbol de accionamiento describe la dirección axial del árbol de accionamiento. La sección de árbol unida al buje del rotor presenta, en su lado dirigido al buje del rotor en la dirección axial, una zona
 40 en la dirección axial en la que se une con el buje del rotor —la zona de su unión al buje del rotor—. La unión entre el buje del rotor y la sección de árbol del rotor unida a este se realiza preferiblemente, por ejemplo, mediante una unión roscada con tornillos y/o espigas y/o retenciones y/o remaches. En caso de unión atornillada, preferiblemente, el buje del rotor y la sección de árbol del rotor pueden presentar en cada caso orificios con o sin rosca interior, a través de los cuales se enrosca el extremo de un tornillo, que se asegura mediante una tuerca roscada, o a través de los
 45 cuales se enrosca un perno roscado, que se asegura mediante tuercas a ambos lados. Asimismo, el buje del rotor puede presentar un orificio pasante con o sin roscado interior y la sección de árbol del rotor unida a este puede presentar un orificio ciego con rosca, o bien el buje del rotor presenta un orificio ciego con roscado interior y la sección de árbol del rotor que se une a este presenta un orificio pasante con o sin roscado interior. En este caso, para la fijación se enrosca primero un tornillo a través del orificio pasante si el orificio presenta un roscado y después
 50 se enrosca en el orificio ciego. En la zona en la que se efectúa una unión de este tipo entre el buje del rotor y la sección de árbol del rotor que se une a este, el diámetro exterior máximo de la sección de árbol del rotor es mayor que la longitud de la sección de árbol del rotor unida al buje del rotor en su dirección axial. En este sentido, la unión entre el buje del rotor y la sección de árbol del rotor unida a este se sitúa en la dirección radial, preferiblemente, en la zona exterior del diámetro exterior máximo de la sección de árbol del rotor, a saber, en el intervalo entre el 85 % y el
 55 99 % del diámetro exterior máximo —preferiblemente, entre el 92 % y el 98 % del diámetro exterior máximo y, de forma especialmente preferida, entre el 94 % y el 97 % del diámetro exterior máximo—.

Preferentemente, la unión entre el buje del rotor y la sección de árbol del rotor se realiza en uno o varios círculos de forma concéntrica alrededor de un eje común del buje del rotor y la sección de árbol del rotor, alrededor del cual

rotan ambos. Preferiblemente, los elementos de unión —tales como tornillos, remaches, pernos, espigas— se disponen en la dirección circular de forma homogénea sobre el o los círculos alrededor del eje común del buje del rotor y la sección de árbol del rotor, pudiendo disponerse en distintos círculos diferente número de elementos de unión. Al mismo tiempo, todos o algunos de los elementos de unión en uno o varios de los círculos en los que se disponen los elementos de unión puede utilizarse para unir un disco de detención para el aerogenerador con la sección de árbol del rotor.

La relación entre el diámetro máximo de la sección de árbol del rotor y su longitud en la dirección axial se sitúa, en particular, entre un mínimo de 1,5:1 y un máximo de 3:1 —preferiblemente, un mínimo de 2:1 y un máximo de 2,5:1 y, de forma especialmente preferida, un mínimo de 2,2:1 y un máximo de 2,3:1—. Las ventajas de la relación elegida entre el diámetro máximo de la sección de árbol del rotor y su longitud en la dirección axial consisten en un flujo optimizado de las fuerzas aplicadas por el rotor sobre la sección de árbol del rotor, una geometría optimizada para la fabricación de la sección de árbol del rotor —en particular, para su fabricación como pieza de fundición— y una geometría optimizada de la sección de árbol del rotor para también poder montar de forma sencilla un disco de detención y/o disco de freno o segmentos de un disco de freno en la sección de árbol del rotor.

En un perfeccionamiento preferido de la invención, la sección de árbol del rotor presenta en su extremo dirigido al buje del rotor una primera zona de brida que, a través de una curvatura, se transforma en un cuerpo de árbol, el cual, en una forma de realización preferida, está realizado de forma cilíndrica respecto al eje de la sección de árbol del rotor. Preferentemente, la curvatura describe un ángulo —respecto al eje de la sección de árbol del rotor— tal que la zona de brida sobresale hacia fuera del cuerpo de árbol. Este ángulo adquiere un valor entre 70° y 110° —preferiblemente, entre 85° y 95° y, de forma especialmente preferida, de 90°—. En este caso, la sección de árbol del rotor puede terminar en la zona de brida, pero también puede presentar la zona de brida en su zona final y continuar adicionalmente en la dirección axial, más allá de la zona de brida, en dirección al buje del rotor. De forma alternativa, el cuerpo de árbol también puede discurrir de forma cónica —referido al eje de la sección de árbol del rotor—, preferiblemente, con un ángulo constante respecto al eje de la sección de árbol del rotor que, preferentemente, es inferior a 10° y, de forma especialmente preferida, inferior a 5°.

La relación entre el diámetro máximo de la sección de árbol del rotor y el diámetro exterior de un cuerpo de árbol cilíndrico o el diámetro exterior mínimo de un cuerpo de árbol que se estrecha de forma cónica en dirección al buje del rotor o el diámetro exterior máximo de un cuerpo de árbol que se ensancha de forma cónica en dirección al buje del rotor se sitúa preferentemente entre 1,2:1 y 2:1 —de forma preferida, entre 1,3:1 y 1,7:1 y, de forma especialmente preferida, entre 1,4:1 y 1,5:1—. De esta relación se desprende en qué medida la zona de brida se transforma, a través del cuerpo de árbol, en la base de la brida.

La medida absoluta de la parte saliente de la zona de brida se obtiene de la diferencia entre el diámetro máximo de la sección de árbol del rotor y el diámetro exterior de un cuerpo de árbol cilíndrico o el diámetro exterior mínimo de un cuerpo de árbol que se estrecha de forma cónica en dirección al buje del rotor o el diámetro exterior máximo de un cuerpo de árbol que se ensancha de forma cónica en dirección al buje del rotor. Preferiblemente, dicha parte saliente de la zona de brida no está totalmente curvada sino que, tras la curvatura, está realizada de forma recta. Preferentemente, entre el 15 % y el 60 % de la parte exterior del saliente es recta —de forma especialmente preferida, entre el 20 % y el 50 % de la parte exterior del saliente es recta y, de forma especialmente preferida, entre el 30 % y el 40 % de la parte exterior del saliente es recta—.

A través de la curvatura en la sección de árbol del rotor para formar la zona de brida, se genera una zona de brida que sobresale hacia fuera, está configurada de forma integrada con la sección de árbol del rotor y no tiene que fijarse a la sección de árbol del rotor como un componente independiente. Más bien, la sección de árbol del rotor unida al buje del rotor puede fabricarse como una pieza de fundición hecha de hierro fundido. Preferiblemente, en este caso, el hierro fundido está dotado de grafito esférico, es decir, es un material de fundición compuesto fundamentalmente por hierro, carbono y silicio, en el que el carbono se presenta principalmente en forma de partículas esféricas de grafito. Este tipo de materiales se conocen, en particular, de la norma DIN EN 1563:2012-03 de marzo de 2012. De forma especialmente preferida, el hierro fundido con grafito esférico del que está hecha la sección de árbol del rotor presenta una estructura ferrítica que, en especial, es la estructura que domina en el material. Preferiblemente, el material de fundición de la sección de árbol del rotor presenta tras la fabricación un alargamiento de rotura de al menos 12 % —de forma especialmente preferida, de al menos 15 %, de forma más preferida, de al menos 17 %, y, de forma óptima, de al menos 18 %—, medida en muestras de piezas de muestra fundidas con un grosor de pared determinante $t \leq 30$ mm que se fabricaron mediante un tratamiento mecánico (determinado según la norma DIN EN 1563:2012-03 de marzo de 2012, véase, en particular, la tabla 1). Asimismo, el material de fundición de la sección de árbol del rotor presenta tras su fabricación una resistencia a la tracción de al

menos 300 MPa —preferiblemente, de al menos 350 Mpa, de forma especialmente preferida, de 380 MPa, y, de forma óptima, de al menos 400 MPa—, medida también en muestras de piezas de muestra fundidas con un grosor de pared determinante $t \leq 30$ mm que se fabricaron mediante un tratamiento mecánico (determinado según la norma DIN EN 1563:2012-03 de marzo de 2012, véase, en particular, la tabla 1). De forma especialmente ventajosa, el material de fundición de la sección de árbol del rotor presenta tanto el valor óptimo de alargamiento de rotura de al menos el 18 % como también el valor óptimo de resistencia a la tracción de al menos 400 MPa. En este sentido, cabe citar a modo de posibles materiales ventajosos como material de fundición de la sección de árbol del rotor los materiales EN-GJS-400-18 y EN-GJS-400-18-LT citados en la norma DIN EN 1563:2012-03 de marzo de 2012.

10 Mediante una mazarota lateral (alimentación de material) al cuerpo de árbol —preferiblemente, en el extremo del lado del generador del cuerpo de árbol—, es posible un comportamiento de enfriamiento y solidificación especialmente favorable, enfriándose y solidificándose primero la zona de brida del lado del buje de la sección de árbol del rotor. Preferiblemente, el tiempo de solidificación de la sección de árbol del rotor es —en caso de una longitud de la sección de árbol del rotor de 1,30 m a 1,90 m y un diámetro máximo de la sección de árbol del rotor de 15 3 m a 4 m— inferior a 4 horas —de forma más preferida, menos de 3 horas y, de forma especialmente preferida, menos de 2 horas—. Tras la solidificación, la zona de la mazarota en la pieza de fundición, en la que se han acumulado escorias e impurezas, se retira desde abajo.

En un perfeccionamiento preferido, la sección de árbol del rotor se dispone sobre un rodamiento respecto al soporte de maquinaria. La disposición sobre rodamiento de la sección de árbol del rotor se realiza directamente sobre el soporte de maquinaria o respecto a este.

Preferentemente, el rodamiento que soporta la sección de árbol del rotor está configurado como un rodamiento de doble hilera de rodillos cónicos. Un rodamiento de doble hilera de rodillos cónicos tiene la ventaja de que los momentos de flexión y las fuerzas que actúan en la dirección axial y radial pueden ser absorbidos por el rodamiento de doble hilera de rodillos cónicos y desviados al soporte de maquinaria sin tener que transmitirlos por la siguiente sección del árbol de accionamiento del lado del generador. Para disponer el rodamiento sobre la sección de árbol del rotor, el cuerpo de árbol de la sección de árbol del rotor puede presentar además uno o varios salientes que sobresalen hacia fuera. Preferiblemente, la superficie de apoyo del rodamiento se dispone en los salientes radiales en la dirección axial hacia el generador. Preferentemente, todos los salientes radiales se disponen en un plano perpendicular al eje de la sección de árbol del rotor. Un saliente radial puede estar realizado de forma circundante alrededor del contorno de la sección de árbol del rotor o estar configurado solo en secciones parciales del contorno. En dicho saliente, el anillo interior del rodamiento, que también puede estar realizado en varias piezas, puede disponerse tanto en el lado del buje como también en el lado del generador. La disposición puede realizarse directamente o separada por medio de uno o varios elementos separadores, preferiblemente, mediante uno o varios anillos separadores. En una forma de realización preferida, el saliente que sobresale radialmente hacia fuera o varios salientes que sobresalen hacia fuera presentan orificios, o bien orificios ciegos con una abertura hacia el lado del buje del saliente o los salientes o bien orificios pasantes. Dichos orificios presentan preferiblemente un roscado interior. Con tornillos avellanados o pernos roscados y tuercas puede fijarse, con ayuda de los orificios, un disco de freno o segmentos de disco de freno al saliente radial o los salientes radiales. Preferiblemente, todos los orificios están dispuestos en un radio alrededor del eje de la sección de árbol del rotor. El saliente radial o los salientes radiales se disponen —respecto a la longitud de la sección de árbol del rotor en la dirección axial— aproximadamente en la mitad de la sección de árbol del rotor. Esto quiere decir en particular que —referido a la longitud axial de la sección de árbol del rotor— el centro del saliente o los salientes está separado como máximo el 45 50% —preferiblemente entre el 30 % y el 45 % y, de forma especialmente preferida, entre el 35 % y el 42 %— del extremo del lado del buje de la sección de árbol del rotor. Preferentemente, el saliente radial o los salientes radiales se disponen en la zona de la sección de árbol del rotor que aún no presenta curvatura, en particular, en la zona que, en la dirección axial, se une directamente a la zona curvada. La separación entre la zona curvada y el extremo del lado del buje del saliente radial o los salientes radiales es, en especial, de hasta el 10 % de la longitud de la sección de árbol del rotor en la dirección axial —preferentemente, de hasta el 5 % y, de forma especialmente preferida, de hasta el 3 % de la longitud de la sección de árbol del rotor en la dirección axial—. De forma especialmente preferida, la zona curvada de la sección de árbol del rotor se transforma directamente en el saliente radial o los salientes radiales. En su extremo del lado del generador, la sección de árbol del rotor puede presentar una superficie —en particular, perpendicular al eje de la sección de árbol del rotor— que presente al menos un orificio ciego con rosca. 55 Mediante dicho orificio, pueden fijarse cuerpos de posición por medio de unión roscada, por ejemplo, con ayuda de tornillos que se enroscan en los orificios, de modo que, con los cuerpos de posición, puede fijarse el rodamiento de la sección de árbol del rotor en la dirección axial y, en caso necesario, también pretensarse.

En una forma de realización preferida de la invención, la primera zona de brida presenta además otros orificios que

presentan una separación respecto al eje de la sección de árbol del rotor diferente de la separación que presentan los orificios que unen el buje con la sección de árbol del rotor. Estos orificios presentan preferiblemente un roscado. Mediante dichos orificios puede fijarse un disco de detención a la primera zona de brida por medio de una unión atornillada en la que se emplean, en especial, tornillos. En este caso, el disco de detención se dispone
5 preferentemente sobre el lado del generador de la primera zona de brida.

En una forma de realización preferida, se disponen orificios en la primera zona de brida de la sección de árbol del rotor para fijar el disco de detención a dos círculos alrededor del eje de la sección de árbol del rotor con diferentes radios, atornillándose en uno de los dos círculos, con ayuda de los orificios, el disco de detención y la sección de
10 árbol del rotor —preferiblemente, en una primera etapa de montaje (premontaje)—, y atornillándose en el otro de los dos círculos, con ayuda de los orificios, el disco de detención, la sección de árbol del rotor y el buje del rotor —preferentemente, en una segunda etapa de montaje (montaje final)—.

Mediante el disco de detención, que presenta uno o varios orificios de detención a una distancia del eje de la sección
15 de árbol del rotor que supera el radio máximo de la primera zona de brida, puede fijarse el rotor del aerogenerador deslizando un perno a través de al menos un orificio de retención.

En una configuración preferida, la sección de árbol del rotor está dotada, en su extremo dirigido al generador, de una segunda sección de brida que sobresale radialmente hacia dentro. Preferentemente, la segunda sección de brida
20 presenta orificios distribuidos por su contorno que están previstos para la unión con otra sección de árbol —preferiblemente, la sección de árbol intermedia— o un plano de compensación dispuesto antes de dicha otra sección de árbol. En caso de que esté presente una sección de árbol intermedia, otro plano de compensación une la sección de árbol intermedia y la sección de árbol del generador. Los planos de compensación están formados por varios elementos de compensación que, preferiblemente, están realizados como laminillas de acero, por ejemplo, un
25 acoplamiento de laminillas de acero.

Los dos elementos de compensación en combinación con la sección de árbol intermedia representan, como sistema de acoplamiento, un acoplamiento cardánico que está en condiciones de absorber los desfases radiales, angulares y
30 axiales que pueden presentarse entre la sección de árbol del rotor y la sección de árbol del generador. Estos desfases pueden ser resultado de tolerancias de fabricación y montaje así como de la deformación del tren de potencia del aerogenerador, en particular, del árbol de accionamiento, debido a las cargas de peso de los componentes del tren de potencia y las cargas de viento, en particular, sobre las palas del rotor del aerogenerador.

Dado que entre los dos acoplamientos individuales con sus planos de compensación del acoplamiento cardánico se
35 encuentra la sección de árbol intermedia, puede producirse un mayor desfase radial entre la sección de árbol del rotor y la sección de árbol del generador sin que ello conlleve cargas mecánicas de los componentes. Preferentemente, la longitud de la sección de árbol intermedia en dirección al eje del árbol de accionamiento se sitúa entre el 35 % y el 70 % de la longitud total del árbol de accionamiento del tren de potencia en su dirección axial, el cual está formado por la sección de árbol del rotor, la sección de árbol intermedia y la sección de árbol del
40 generador. De forma especialmente preferida, la longitud de la sección de árbol intermedia en dirección al eje del árbol de accionamiento se sitúa entre el 40 % y el 60 % de la longitud total del árbol de accionamiento del tren de potencia y, de forma especialmente preferida, se sitúa entre el 45 % y el 50 % de la longitud total del árbol de accionamiento del tren de potencia.

En especial gracias a la configuración de corta dimensión de la sección de árbol del rotor, es posible, con una
45 longitud limitada del árbol de accionamiento del tren de potencia del aerogenerador, elegir una separación especialmente grande entre los distintos acoplamientos del acoplamiento cardánico y, con ello, una gran longitud para la sección de árbol intermedia. Gracias a ello, se aumenta el desfase radial entre la sección de árbol del rotor y la sección de árbol del generador que es posible sin que la carga mecánica de los componentes del árbol de
50 accionamiento del tren de potencia sea demasiado grande y, debido a ello, puedan producirse daños en los componentes. Por tanto, un aerogenerador según la invención es especialmente adecuado para poder operar de forma fiable y sin fallos también con fuertes solicitaciones por viento, tal como, por ejemplo, en caso de cargas de viento muy elevadas y/o cambiantes sobre las palas del rotor del aerogenerador, por ejemplo, en aerogeneradores emplazados en mar abierto (*offshore*). Por tanto, los aerogeneradores según la invención presentan largos tiempos
55 de servicio y elevada disponibilidad técnica asociada.

Cada uno de los planos de compensación del tren de potencia se realiza por medio de un acoplamiento. En este sentido, puede utilizarse, por ejemplo, un acoplamiento de garras, un acoplamiento de membrana o un acoplamiento dentado, aunque preferiblemente se utiliza un acoplamiento de laminillas de acero. En este caso, se atornillan

paquetes de laminillas de acero, alternando en la dirección circunferencial, tanto a la segunda zona de brida de la sección de árbol del rotor como también a los dos extremos de la sección de árbol intermedia —si está presente— y también al extremo del lado del rotor de la sección de árbol del generador.

5 El uso de acoplamientos de laminillas de acero brinda las ventajas de que las distintas laminillas de acero pueden reemplazarse de forma sencilla sin que, como en el caso de otros acoplamientos, sea necesario utilizar una grúa para el reemplazo. Las laminillas de acero utilizadas pueden desplazarse —en una medida limitada— en la dirección axial del tren de accionamiento (desfase axial) y en la dirección circular (desfase angular), pero están fijadas en la dirección radial. No obstante, en caso de un acoplamiento cardánico con dos acoplamientos de laminillas de acero,
10 también puede compensarse un desfase radial entre la sección de árbol del rotor y la sección de árbol del generador.

El árbol intermedio está hecho preferiblemente de un material compuesto de fibra. En este caso, los extremos del árbol intermedio pueden estar dotados, de forma ventajosa, de bridas de unión metálicas que se unen con los
15 extremos del árbol hechos de material compuesto de fibra. Las bridas de unión metálicas se atornillan entonces con los acoplamientos en el tren de accionamiento, en caso de un acoplamiento de laminillas de acero, con los paquetes de laminillas de acero. La orientación de las fibras está inclinada, al menos en una zona parcial de la sección de árbol intermedia, respecto a su eje longitudinal de modo que, por ejemplo, presentan un recorrido cambiante.

20 A continuación, se describe de forma detallada un ejemplo de realización de la invención. Las figuras muestran lo siguiente:

la fig. 1, una vista desde un lado del tren de potencia con buje del rotor y generador;

25 la fig. 2, una vista desde arriba del tren de potencia;

la fig. 3, una sección longitudinal a través del tren de potencia vista desde un lado;

la fig. 4, el detalle Z de la figura 3 ampliado en una representación en corte vista desde un lado;

30

la fig. 5, el detalle Y de la figura 3 en una vista desde un lado; y

la fig. 6, una vista de una sección de árbol intermedia con dos dispositivos de acoplamiento.

35 La figura 1 muestra, en una vista desde un lado, un buje de rotor 10, un soporte de maquinaria 12 y un generador 14. El buje del rotor 10 está formado por un componente que presenta tres aberturas circulares 16 para la unión en cada caso de una pala de rotor. En la representación de la figura 1 pueden observarse la abertura 16 que se dirige hacia abajo y la abertura 16 que se dirige aproximadamente a las 2 horas (observando el reloj desde fuera sobre el buje en la dirección del eje de rotación del árbol de accionamiento). La abertura 16 que se dirige a la posición de las
40 10 horas queda cubierta y solo puede observarse parcialmente. El buje del rotor 10 porta las palas del rotor (no mostradas) y es girado por estas, transmitiéndose el par de giro absorbido a través de un árbol.

El soporte de maquinaria 12 presenta una zona de conexión 18 para la unión con una conexión de giro acimutal, a través de la cual el soporte de maquinaria 12 se dispone de forma giratoria sobre una torre del aerogenerador. Para
45 poder absorber mejor los momentos y fuerzas que inciden, el soporte de maquinaria 12 no está configurado como una plataforma sino que presenta una estructura prácticamente cerrada en la que están previstas distintas interrupciones, tales como la interrupción 20. Gracias a su estructura cerrada, el soporte de maquinaria 12 permite una unión estable, preferiblemente rígida, del generador 14 a una zona de brida 24 que está prevista en un extremo del soporte de maquinaria dirigido al generador. También en su extremo dirigido al buje del rotor presenta el soporte
50 de maquinaria una zona de unión 24A cerrada circular. Gracias a las interrupciones del soporte de maquinaria 12, puede observarse el árbol de accionamiento 31 que une el buje del rotor 10 con el generador 14.

El generador 14 está configurado como un inducido exterior que se dispone por fuera del soporte de maquinaria. La estructura del tren de potencia se caracteriza porque el buje del rotor 10 y el generador 14 están dispuestos en lados
55 opuestos del soporte de maquinaria 12. El generador 14 presenta un inducido exterior 14A, que es accionado por el buje del rotor 10, y un estator interior 14B, que está unido fijamente con el soporte de maquinaria 12 en la zona de brida 24.

En la figura 1 puede observarse que el sistema formado por el buje del rotor y el generador presenta una inclinación

(ángulo de inclinación) que desciende hacia el generador 14. El ángulo de inclinación elegido depende del tamaño del aerogenerador y las palas del rotor del aerogenerador. En este caso, el ángulo de inclinación ha de elegirse de modo que también en caso de una flexión de palas de rotor largas estas presenten un recorrido libre respecto a la pared de la torre del aerogenerador.

5

En la figura 1 también puede observarse que —referido al eje de giro X del tren de potencia, compuesto por buje del rotor 10, un árbol de accionamiento 31 que une el buje del rotor con el generador 14 y el generador 14— el soporte de maquinaria 12, con su zona de unión 18 para la conexión giratoria acimutal, tiene un diámetro menor que el diámetro del generador 14. El generador 14, dispuesto detrás del soporte de maquinaria 12, presenta, con su inducido exterior 14A, un diámetro mayor que el buje del rotor 10, y sobresale lateralmente del soporte de maquinaria 12.

10

La figura 2 muestra la representación de la figura 1 vista desde arriba. Puede observarse claramente que el soporte de maquinaria 12 presenta bridas de unión 28 que sobresalen lateralmente, a través de las cuales el soporte de maquinaria se dispone sobre la torre y/o sobre una conexión giratoria acimutal de la torre. También pueden observarse las interrupciones en el soporte de maquinaria 12, tales como la interrupción 20'. Las interrupciones permiten el acceso al interior del soporte de maquinaria sin debilitar de forma significativa su rigidez.

15

La figura 3 muestra un corte a lo largo de la línea A-A de la figura 2 que se corresponde con el eje de giro X del tren de potencia. La representación en corte permite ver el árbol de accionamiento 31, que presenta una sección de árbol del rotor 32, una sección de árbol intermedia 34 y una sección de árbol del generador 36. Las secciones del árbol 32, 34, 36 están configuradas como componentes independientes que se unen unos con otros en cada caso y están realizadas en cada caso como árboles huecos. La sección de árbol del rotor 32 está unida con el buje del rotor 10 a través de una unión roscada fuera del soporte de maquinaria. Preferiblemente, la sección de árbol del rotor 32 está hecha de hierro fundido con grafito esférico, por ejemplo, el material GJS-400-18-LT según la norma DIN EN 1563:2012-03 de marzo de 2012.

20

25

En la figura 3 están realizados dos orificios roscados, alineados uno con otro, en el buje del rotor 10 y en la sección de árbol del rotor 32 como un orificio pasante 38, en el que se atornillan tornillos 38' para unir el buje del rotor 10 con la sección de árbol del rotor 32. En el lado del generador de la unión entre el buje del rotor 10 y la sección de árbol del rotor 32, está previsto un disco de detención 40 que permite una detención mecánica del buje del rotor para realizar trabajos de mantenimiento. Para la fijación, el disco de detención 40 también presenta, preferiblemente, orificios que están alineados con los orificios pasantes 38. Mediante tornillos 38' se une entonces también el disco de detención 40 con la sección de árbol del rotor 32.

30

35

La sección de árbol del rotor 32 presenta un cuerpo de árbol cilíndrico 42 y una curvatura 44. La curvatura 44 de la sección de árbol del rotor 32 describe una inclinación de 90°, de modo que se origina una primera zona de brida 41 que sobresale hacia fuera para la unión con el buje del rotor 10. El cuerpo de árbol cilíndrico 42 de la sección de árbol del rotor 32 se adentra en el soporte de maquinaria 12 y se dispone en el soporte de maquinaria 12 sobre un rodamiento de doble hilera de rodillos cónicos 46. El rodamiento de doble hilera de rodillos cónicos dispone, a modo de un rodamiento, de dos filas de rodillos cónicos inclinadas entre sí. La inclinación es tal que el rodamiento de doble hilera de rodillos cónicos adquiere una configuración en forma de O en la que la dirección de la normal de la superficie de rodadura del lado del generador interseca con la dirección de la normal de la superficie de rodadura opuesta del lado del generador del rodamiento 46 en el lado del generador en el eje de rotación X del árbol de accionamiento. El rodamiento de doble hilera de rodillos cónicos está configurado para absorber totalmente, en la dirección axial y radial, los momentos y fuerzas que actúan, a través del buje del rotor, en la sección de árbol del rotor 32, y desviarlos al soporte de maquinaria 12. En su extremo dirigido a la sección de árbol intermedia 34, la sección de árbol del rotor 32 está dotada de una segunda sección de brida 45 que sobresale hacia dentro y sirve para fijar el dispositivo de acoplamiento.

45

50

A la sección de árbol del rotor 32 se une la sección de árbol intermedia 34. La sección de árbol intermedia 34 es la sección de árbol más larga. La sección de árbol intermedia 34 no está dispuesta sobre un rodamiento sino que está unida con la sección de árbol del rotor 32 y la sección de árbol del generador 36. La sección de árbol intermedia 34 está hecha de un material compuesto reforzado con fibras y, por tanto, es claramente más elástica que la sección de árbol del rotor 32 fabricada de metal —preferiblemente, de hierro fundido con grafito esférico—. Para la unión con la sección de árbol del rotor 32 y la sección de árbol del generador 36, la sección de árbol intermedia 34 presenta en sus extremos en cada caso un adaptador 47 con una sección de brida 48 en cada caso que se une con la sección de árbol intermedia 34, con un manguito de unión cilíndrico 50, a través de remaches o tornillos. Adicionalmente, el manguito de unión 50 también puede estar adherido a la sección de árbol intermedia 34.

55

- La sección de árbol intermedia 34, hecha de un material compuesto de fibras, presenta —debido a la orientación de las fibras, que, preferiblemente, se dirigen prácticamente en la dirección axial X del árbol de accionamiento— una reducida resistencia a la torsión. Preferentemente, la orientación de las fibras en la sección de árbol intermedia se desvía, al menos por una zona fundamental de la sección de árbol intermedia, como máximo 15° —preferiblemente, como máximo 10° y, de forma especialmente preferida, como máximo 5°— de la dirección axial del árbol de accionamiento. Gracias a ello, se obtienen, por una parte, ventajas en determinados casos de cargas extremas con las que se solicita el tren de potencia del aerogenerador dado que el árbol intermedio presenta una reducida rigidez en la dirección axial. Se consigue una mayor amortiguación en el material del tren de potencia en la zona de la sección de árbol intermedia, gracias a lo cual las oscilaciones en el árbol de accionamiento se desvanecen con mayor rapidez y se presenta un mejor comportamiento en caso de cortocircuito del generador. Además, el peso del tren de accionamiento se reduce gracias al uso del material compuesto de fibras. Preferiblemente, se utiliza plástico reforzado con fibra de vidrio (PRFV) como material compuesto de fibras.
- 15 En el lado del generador, la sección de árbol intermedia 34 se une con la sección de árbol del generador 36. La sección de árbol del generador 36 presenta una zona 52 que se ensancha de forma cónica hacia el generador, a la cual se une una sección de rodamiento cilíndrica 54. La sección de árbol del generador 36 se extiende desde el soporte de maquinaria 12 al generador 14 —compuesto por el inducido exterior 14A del generador y el estator interior 14B del generador—. La sección de árbol del generador 36 está dispuesta, en su sección de rodamiento cilíndrica 54, sobre un rodamiento de doble hilera de rodillos cónicos 56. El rodamiento de doble hilera de rodillos cónicos 56 tiene una configuración en forma de O, al igual que el rodamiento de doble hilera de rodillos cónicos 46 del árbol del rotor. El extremo del lado del generador de la sección de árbol del generador 36 está unido, a través de una brida interior 58, con una placa del rotor 60, a través de la cual el rotor exterior 60A del generador se une con la sección de árbol del generador 36.
- 25 La figura 4 muestra una vista detallada de la sección de árbol del rotor 32. Puede observarse claramente que el rodamiento de doble hilera de rodillos cónicos 46 sirve para alojar el árbol del rotor. El rodamiento está formado por dos anillos interiores 62 configurados independientes, entre los cuales puede disponerse, dado el caso, un anillo intermedio y un anillo exterior 64 común. Los anillos interiores 62 se sujetan, mediante dos cuerpos de posición 68 y 68', sobre la sección de árbol del rotor 32. Los cuerpos de posición 68 y 68' ejercen una fuerza en la dirección axial sobre los anillos interiores 62 para, de este modo, pretensar de forma correspondiente el rodamiento de doble hilera de rodillos cónicos y posicionarlo en correspondencia con la posición del anillo exterior. El anillo exterior 64 está unido, mediante un tornillo 70, con el soporte de maquinaria 12. En este caso, el cuerpo de posición 68' del lado del buje se sitúa en un saliente dirigido radialmente hacia fuera, el cual preferiblemente se extiende como anillo por todo el contorno de la sección de árbol del rotor. No obstante, también pueden distribuirse varios salientes radiales por el contorno de la sección de árbol del rotor 32. Preferiblemente, el cuerpo de posición 68' es un anillo de separación. En este caso, el cuerpo de posición 68 del lado del generador se fija mediante un tornillo 68A, a través de lo cual se pretensa también el rodamiento de doble hilera de rodillos cónicos 46. En este sentido, el cuerpo de posición 68 presenta un orificio, preferiblemente, un orificio roscado. Este se alinea con un orificio ciego con rosca en la sección de árbol del rotor 32. Dicho orificio ciego está dispuesto en el extremo del lado del generador de la sección de árbol del rotor 32.
- La unión entre la sección de árbol del rotor 32 y la sección de árbol intermedia 34 se realiza mediante un acoplamiento de laminillas 72. El acoplamiento de laminillas 72 está formado por elementos de acoplamiento 74 que se colocan entre tornillos de acoplamiento 76. Entre dos tornillos de acoplamiento 76 contiguos se extiende en cada caso un elemento de acoplamiento 74 que está compuesto, por ejemplo, por un paquete de laminillas de acero. Los tornillos de acoplamiento 76 están unidos en este caso, alternando en la dirección circunferencial, con la sección de árbol del rotor 32 y la zona de brida de la sección de árbol intermedia 34.
- 50 La estructura del acoplamiento de laminillas 72 y su unión a la sección de árbol intermedia 34 se muestra en una vista en perspectiva desde un lado en la figura 6. La sección de árbol intermedia 34 presenta en cada uno de sus extremos un acoplamiento de laminillas 72 que está unido en cada caso, con el adaptador 47, con la sección de árbol colindante. La zona de brida 78 circundante del adaptador 47 en la sección de árbol intermedia 34 presenta, de forma alterna, orificios 80 y escotaduras abiertas 82. Los orificios 80 están previstos en cada caso para fijar un tornillo de acoplamiento 76 con el acoplamiento de laminillas 72. Un tornillo de fijación 84, que se sitúa contiguo a los tornillos de acoplamiento 76, no está unido con la zona de brida 78 de la sección de árbol intermedia 34 sino con la sección de árbol del rotor 32 o la sección de árbol del generador 36. La cabeza del tornillo de fijación 84 se aloja en la escotadura 82 de la brida de fijación 78. Los elementos de acoplamiento elásticos 74 (por ejemplo, hechos de acero para muelles) están dispuestos de forma que pueden moverse entre los tornillos de fijación 76, 84, de modo

que los acoplamientos de laminillas forman planos de compensación en los que puede compensarse un desfase radial y axial y un desfase angular entre las secciones de árbol. Preferiblemente, la compensación del desfase angular es claramente menor que la compensación del desfase axial, es decir, la relación de la longitud del desfase se sitúa especialmente en 1:2 —preferiblemente, en 1:5 y, de forma especialmente preferida, en 1:10—. Asimismo, la compensación del desfase angular es claramente menor que la compensación del desfase radial, es decir, la relación de la longitud del desfase se sitúa especialmente en 1:6 —preferiblemente, en 1:15 y, de forma especialmente preferida, en 1:30—. La compensación de la longitud del desfase axial respecto a la longitud del desfase radial se sitúa preferiblemente en la relación 1:2 a 1:4 —de forma preferida, en la relación 1:2,5 a 1:3,5 y, de forma especialmente preferida, en la relación 1:2,8 a 1:3,2—. La zona de brida 78 circundante de la sección de árbol intermedia está fijada, con el manguito de unión 50, a la sección de árbol intermedia 34.

La unión de la sección de árbol intermedia 34 a la sección de árbol del generador se lleva a cabo de forma correspondiente.

15 La figura 5 muestra el detalle Y de la figura 3. Puede observarse claramente la sección de árbol del generador 36, que presenta una zona 52 ensanchada de forma cónica hacia el generador y una sección 54 cilíndrica. La zona que se ensancha de forma cónica discurre preferiblemente formando el ángulo α constante hacia fuera en dirección al generador. El ángulo α se sitúa, en especial, entre 0° y 30° —preferiblemente, entre 5° y 15° , y, de forma especialmente preferida, entre 7° y 10° —. La sección cilíndrica 54 presenta, en la zona del rodamiento de doble hilera de rodillos cónicos 56, una zona de pared reforzada 86 en la que se dispone el anillo interior del rodamiento de doble hilera de rodillos cónicos 56. En este caso, el anillo interior puede estar realizado en dos o tres partes. Gracias a ello, se facilita el montaje del rodamiento de doble hilera de rodillos cónicos 56. La zona de pared reforzada 86 se delimita, por el lado del generador, por un saliente 88 que entra hacia dentro y, hacia el buje del rotor, por un saliente 90 que sobresale. El saliente 90 sirve como tope para el anillo interior 92 del rodamiento de doble hilera de rodillos cónicos 56. La fijación y pretensión del anillo interior 92 se realiza mediante un anillo de retención en el saliente 88 que entra hacia dentro. De forma alternativa, el rodamiento de doble hilera de rodillos cónicos también puede fijarse y pretensarse mediante un cuerpo de posición, al igual que en el caso del rodamiento de doble hilera de rodillos cónicos 46 de la sección de árbol del rotor. El rodamiento de doble hilera de rodillos cónicos se dispone descentrado respecto a la dirección axial del generador y, en concreto, en el estator 14B, en la mitad de la sección de árbol del generador que se dirige hacia el buje del rotor. Respecto a la longitud L de la zona activa del generador en la dirección axial, que en el ejemplo de realización mostrado está limitada por el apoyo del estator 14B, el rodamiento de doble hilera de rodillos cónicos está separado, en la dirección axial, del extremo del lado del generador de la zona activa del generador entre un 1 % y un 50 % de la longitud L —de forma preferida, entre el 3 % y el 40 % y, de forma especialmente preferida, entre el 5 % y el 30 %—. La posición del rodamiento de doble hilera de rodillos cónicos 56 en la dirección axial se ha elegido en este caso, de forma ventajosa, de modo que, por una parte, se consigue una larga vida útil y, al mismo tiempo, gracias al rodamiento de doble hilera de rodillos cónicos, se consigue un buen apoyo del estator del generador.

En su extremo dirigido a la sección de árbol intermedia 34, la sección de árbol del generador 36 presenta una brida interior 58 que está unida con una placa de rotor 60 del rotor que se dispone en el exterior. La unión se lleva a cabo mediante una unión de tornillos y espigas, en la que la unión por tornillos soporta las cargas operativas y la unión por espigas soporta las cargas extremas en forma de pares de torsión extremos. Preferiblemente, se utiliza una unión por tornillos de dos hileras. En lugar de la unión por espigas también pueden utilizarse tornillos de ajuste. En el dibujo en corte mostrado en la figura 5, la unión no se muestra debido al corte elegido.

45 El anillo exterior 94 del rodamiento de doble hilera de rodillos cónicos 56 está dispuesto en una pared interior 96 del soporte del estator. El soporte del estator está unido mediante una unión atornillada 98 con el soporte de maquinaria 12 en su zona de brida 24.

50 De forma alternativa al rodamiento de doble hilera de rodillos cónicos 56, también pueden estar previstos dos rodamientos de una hilera de rodillos cónicos en una configuración en O. En el rodamiento de doble hilera de rodillos cónicos o los rodamientos de una hilera de rodillos cónicos, pueden estar previstas jaulas con segmentos de plástico o jaulas con pernos. Los rodamientos pueden presentar una junta de obturación integrada, una junta de obturación de contacto o una junta de obturación laberíntica. También pueden utilizarse simultáneamente varios de estos tipos de juntas de obturación.

Dado que para el rodamiento de doble hilera de rodillos cónicos o los dos rodamientos de una hilera de rodillos cónicos se elige la configuración en O, se presentan rodamientos colocados que durante el montaje se pretensan de forma encauzada en el intervalo elástico. Gracias a ello, en los rodamientos existe en todo momento una carga

mínima, de modo que puede evitarse de forma segura un deslizamiento de los rodamientos que resultaría perjudicial para la estabilidad del rodamiento. Además, gracias a los rodamientos colocados, la sección de árbol del generador se conduce de forma precisa en la dirección axial y radial dado que se reduce el juego de los rodamientos. Esto conlleva menores variaciones del entrehierro en el generador.

5

Gracias a la forma estructural compacta del rodamiento de doble hilera de rodillos cónicos o los dos rodamientos de una hilera de rodillos cónicos configurados en forma de O, el rodamiento o el grupo de rodamientos puede montarse de forma económica. De forma ventajosa, el anillo interior o el anillo exterior del rodamiento de doble hilera de rodillos cónicos o los dos rodamientos de una hilera de rodillos cónicos configurados en O pueden fijarse y

10

asegurarse a través de cuerpos de posición mediante un tornillo, lo cual posibilita un montaje sencillo.

De forma ventajosa, el rodamiento de doble hilera de rodillos cónicos 46 que soporta la sección de árbol del rotor 32 y el rodamiento de doble hilera de rodillos cónicos 56 que soporta la sección de árbol del generador 36 y, con ello, el rotor del generador 14A, se utilizan como piezas iguales para conseguir con ello ventajas en términos de costes.

15

La sección de árbol del generador 52 que se estrecha de forma cónica hacia la sección de árbol intermedia 34 presenta una zona de curvatura 100 que forma una zona de brida que sobresale hacia fuera. La zona de brida está unida por su contorno, de forma alterna, con la zona de brida de la sección de árbol intermedia 34 con el paquete de laminillas del acoplamiento de laminillas mediante tornillos de fijación 84'.

20

REIVINDICACIONES

1. Aerogenerador con un buje de rotor (10) al que se fija al menos una pala del rotor, un generador (14) y un árbol de accionamiento (31) que presenta una sección de árbol del rotor (32) unida con el buje del rotor (10), una
5 sección de árbol intermedia (34) y una sección de árbol del generador (36) unida con el rotor del generador, estando configuradas la sección de árbol del rotor (32), la sección de árbol intermedia (34) y la sección de árbol del generador (36) como componentes independientes que están unidos unos con otros mediante un sistema de acoplamiento con dos acoplamientos (72), estando previsto un primer acoplamiento (72) del sistema de acoplamiento entre la sección de árbol del rotor (32) y la sección de árbol intermedia (34) y un segundo
10 acoplamiento del sistema de acoplamiento, entre la sección de árbol del generador (36) y la sección de árbol intermedia (34), **caracterizado porque** el sistema de acoplamiento está configurado para compensar un desfase radial ente la sección de árbol del rotor (32) y la sección de árbol del generador (36).
2. Aerogenerador según la reivindicación 1, **caracterizado porque** la sección de árbol del generador
15 (36) y la sección de árbol del rotor (32) se disponen sobre rodamientos.
3. Aerogenerador según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado porque** la sección de árbol intermedia (34) se dispone, sin rodamiento, entre la sección de árbol del rotor (32) y la sección de árbol del generador (36).
- 20 4. Aerogenerador según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado porque** la sección de árbol intermedia (34) presenta un cuerpo de árbol hecho de material compuesto de fibras, en particular, un material compuesto de fibras reforzado con fibra de vidrio.
5. Aerogenerador según la reivindicación 4, **caracterizado porque** la orientación de las fibras en la
25 sección de árbol intermedia (34), al menos por un área fundamental de la sección de árbol intermedia, se desvía un máximo de 15° de la dirección axial del árbol de accionamiento (31).
6. Aerogenerador según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado porque** la longitud de la
30 sección de árbol intermedia (34) en dirección al eje del árbol del accionamiento (31) es entre un 35 % y un 70 % de la longitud total del árbol de accionamiento (31).

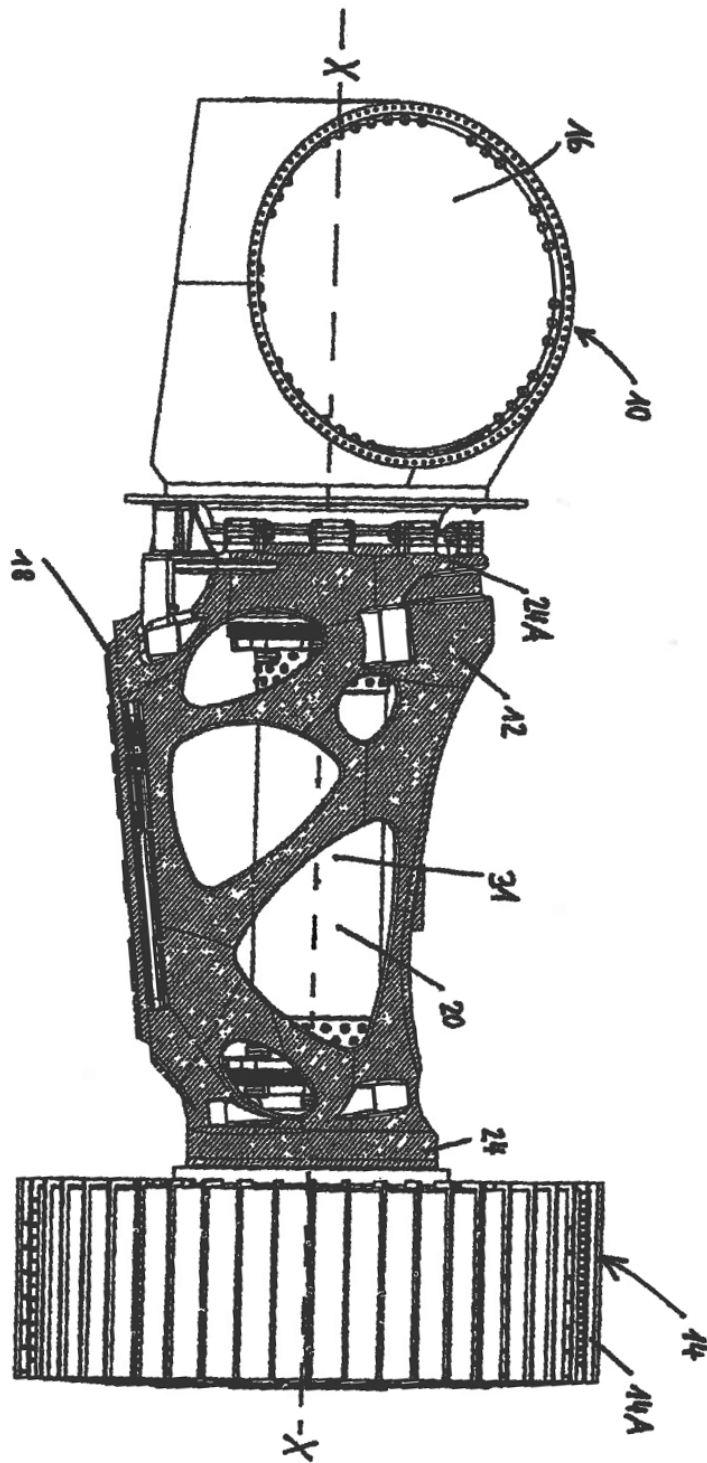


Fig. 1

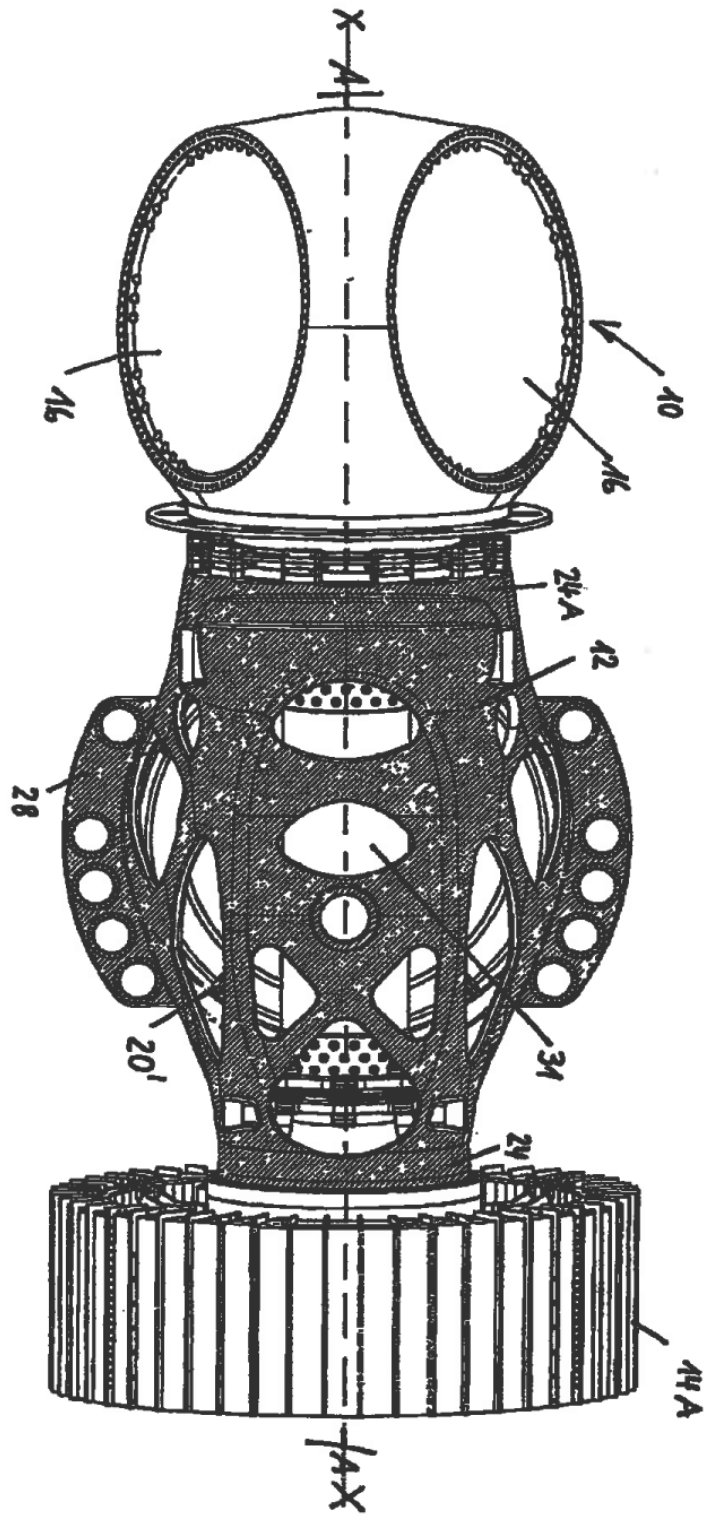
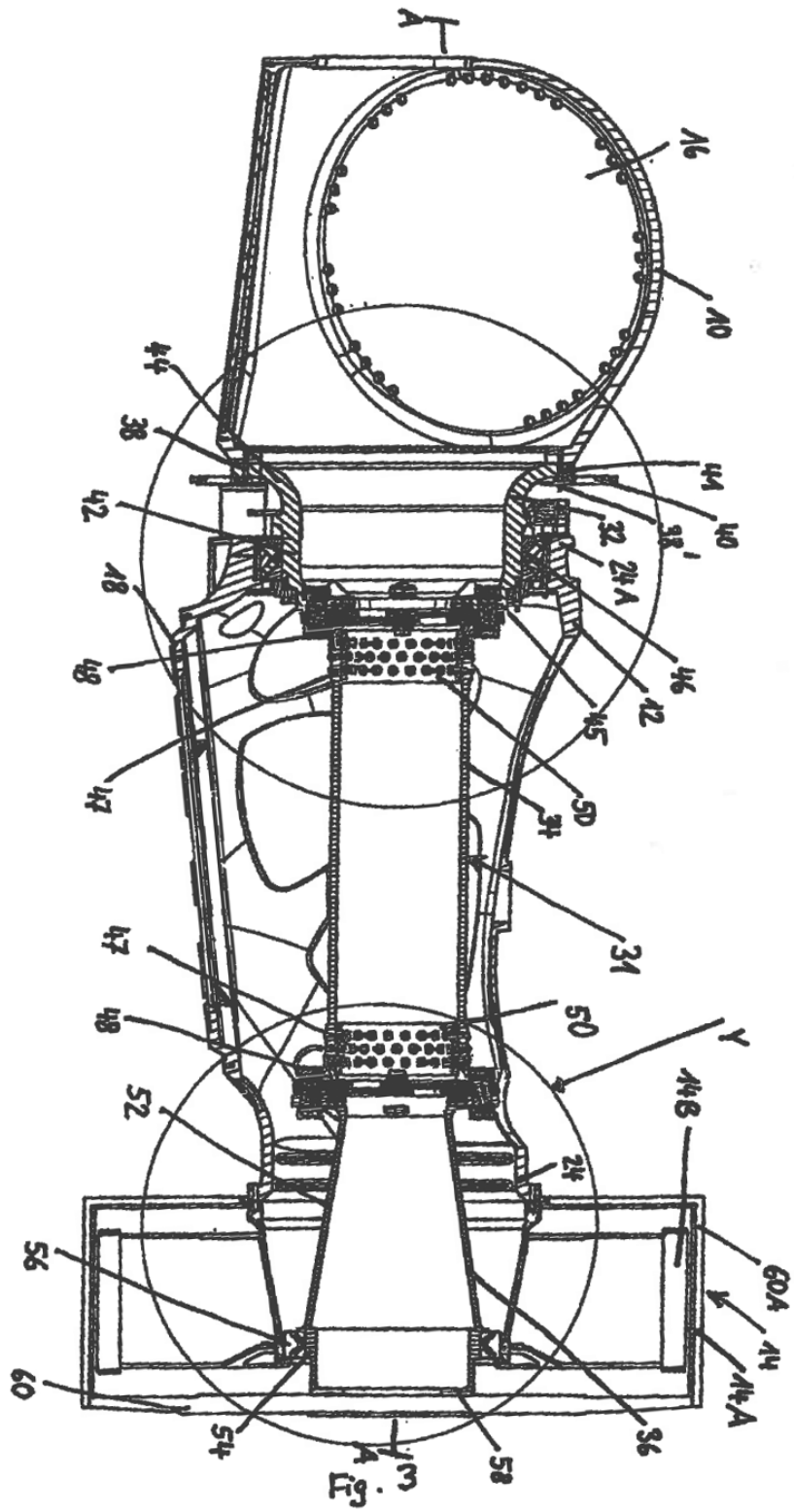


Fig. 2



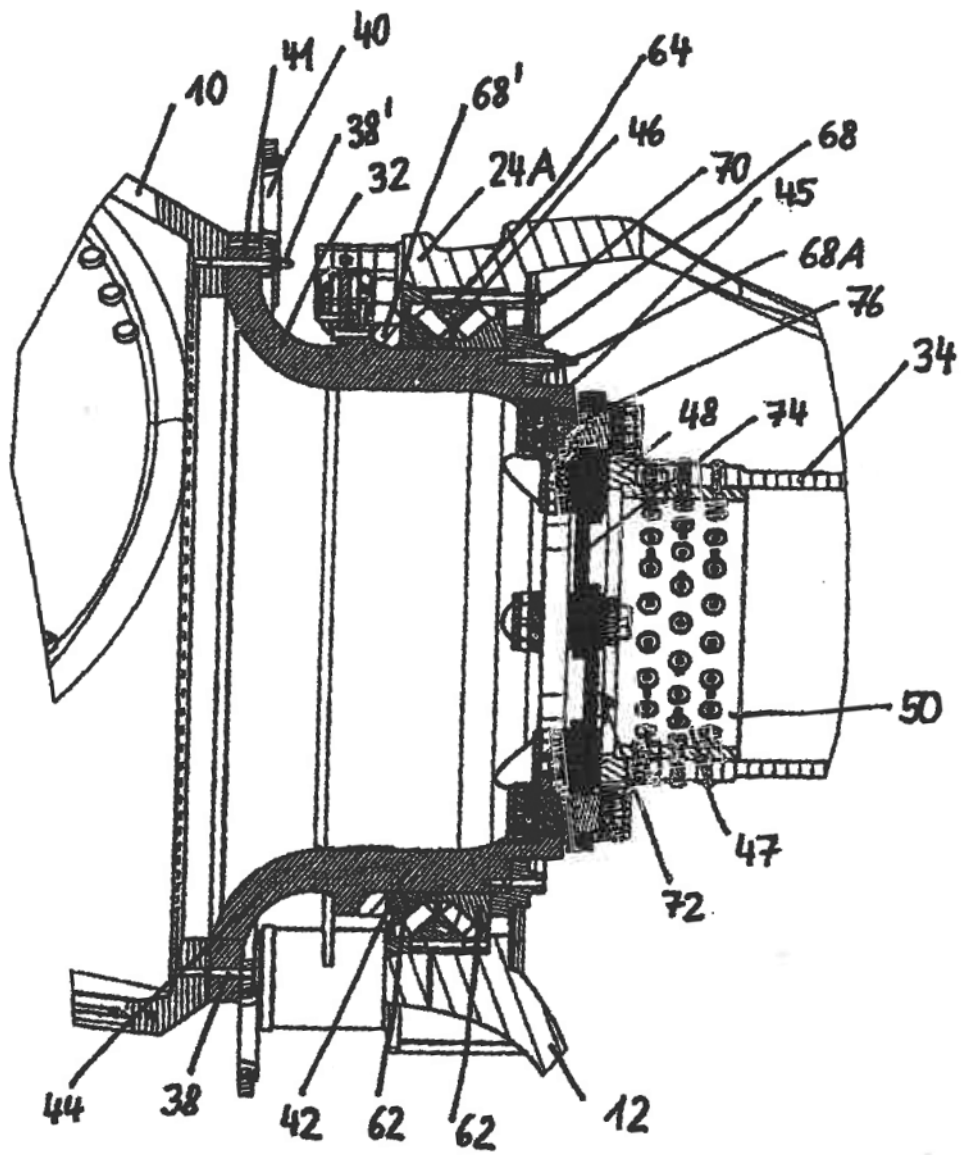


Fig. 4

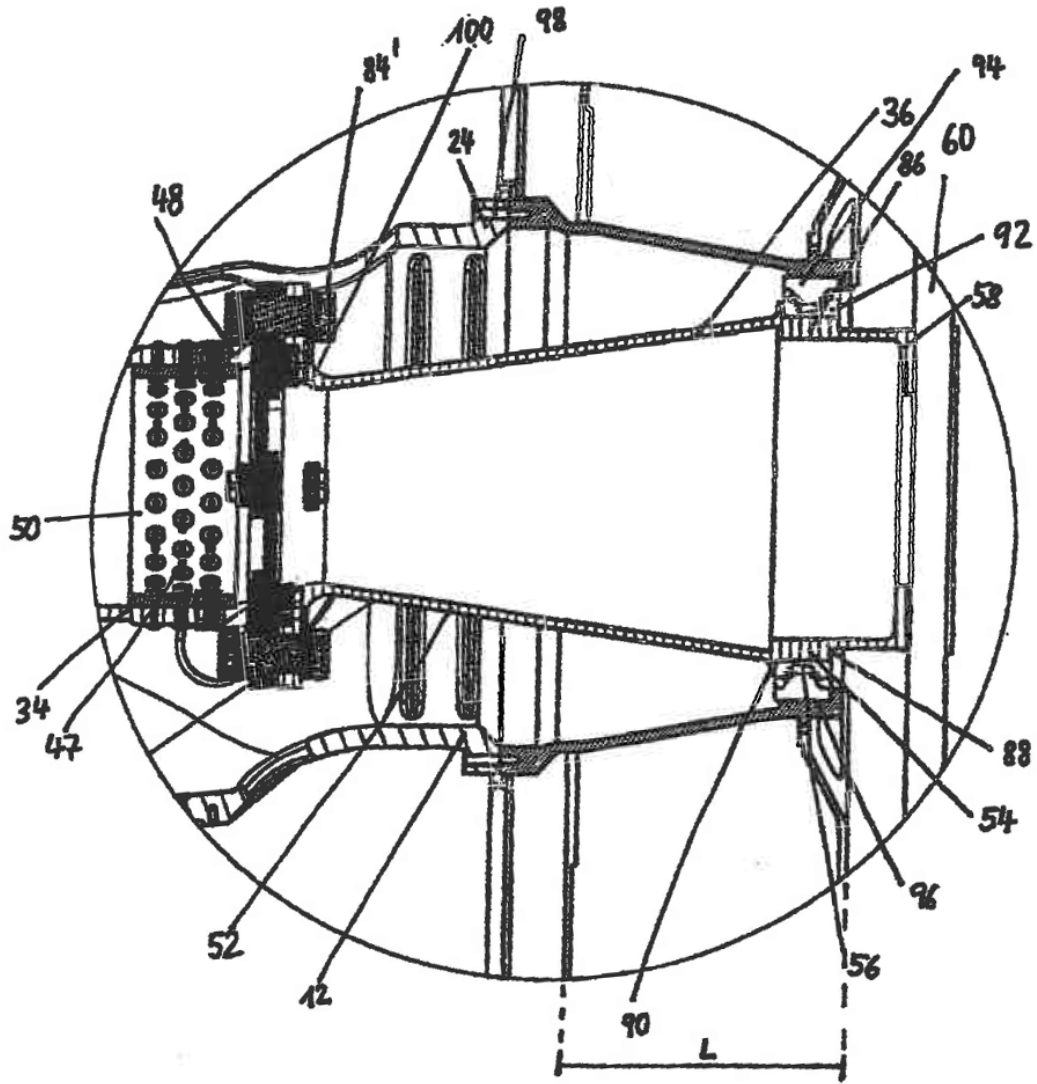


Fig. 5

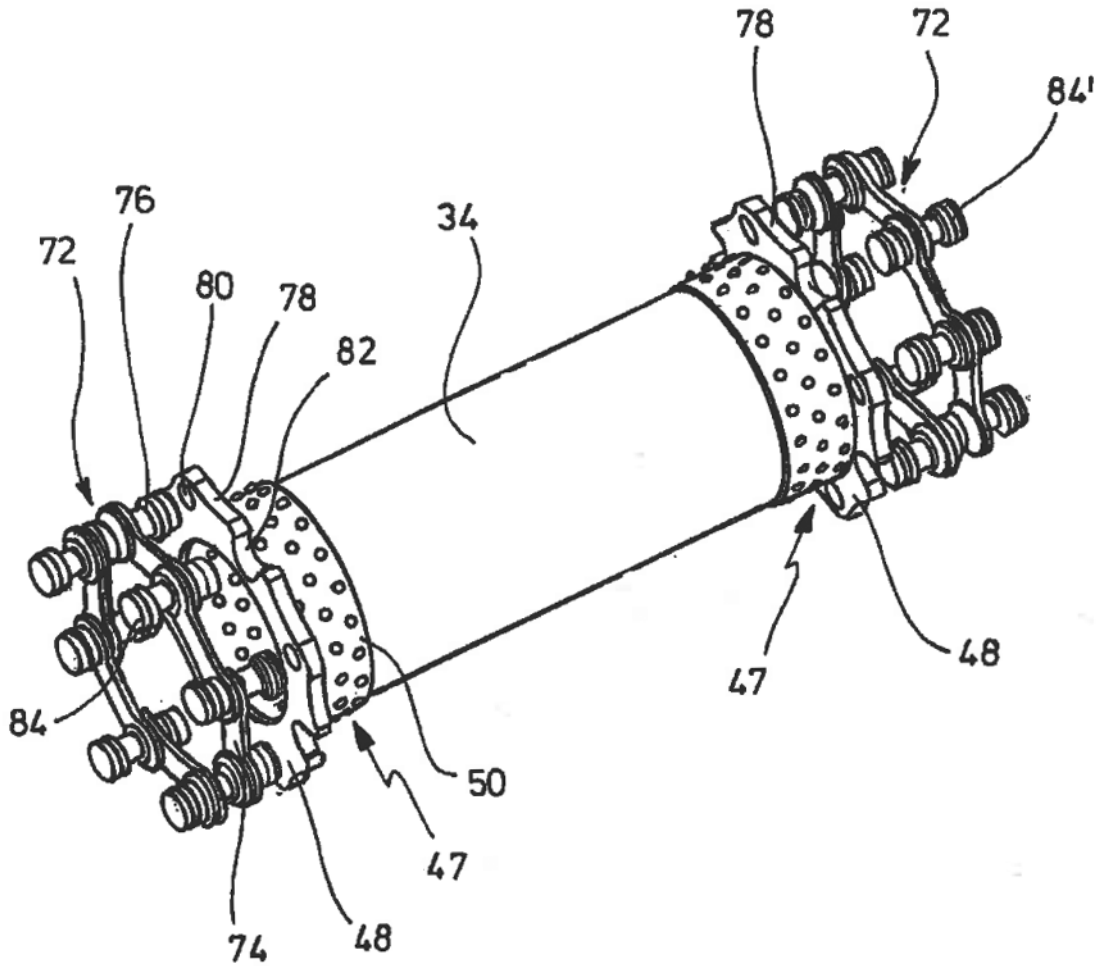


FIG. 6