

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 572 208**

51 Int. Cl.:

F03D 15/00 (2006.01)

F16F 15/14 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.06.2007** **E 11172419 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.04.2016** **EP 2372152**

54 Título: **Turbina eólica que comprende un amortiguador de torsión**

30 Prioridad:

09.06.2006 DK 200600785

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

30.05.2016

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

SLOTH, ERIK BILLESKOV

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 572 208 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 que comprende un amortiguador de torsión

Campo técnico

5 La presente invención se refiere a una turbina eólica, y más particularmente a mejoras a la cadena de accionamiento de la turbina eólica. Realizaciones de la invención abordan problemas relacionados con vibraciones de torsión. El documento WO 03/031811 da a conocer un ejemplo de una turbina eólica de la técnica anterior.

Sumario de la invención

10 Aunque se han realizado mejoras significativas en el desarrollo de cadenas de accionamiento para turbinas eólicas, sigue habiendo problemas en lo relativo a la vida útil de elementos de accionamiento mecánicos, tales como engranajes, y en lo relativo a vibraciones de torsión en la cadena de accionamiento.

15 El presente inventor ha encontrado que fuerzas en la cadena de accionamiento que derivan de, por ejemplo, fuerzas aerodinámicas que actúan sobre las palas de rotor de la turbina eólica, y/o de ruedas dentadas que interactúan en un engranaje de la cadena de accionamiento, tal como la denominada frecuencia de engrane de engranaje, puede excitar resonancias de torsión en la cadena de accionamiento. Como consecuencia de resonancias de torsión excitadas, se transmiten cargas no deseadas en los elementos de accionamiento de la cadena de accionamiento. Además, se ha encontrado que se produce tonalidad, es decir ruido emitido desde la turbina eólica, como consecuencia de vibraciones de torsión en la cadena de accionamiento. Por tanto, es un objeto de realizaciones preferidas de la invención proporcionar una mejora a la cadena de accionamiento de una turbina eólica, que reduce el riesgo de excitación de resonancias de torsión en la cadena de accionamiento. Es un objeto adicional de realizaciones preferidas de la invención proporcionar una mejora a la cadena de accionamiento, que reduce la tonalidad.

20 Por consiguiente, la invención proporciona una turbina eólica según la reivindicación 1.

La invención proporciona adicionalmente un uso de un amortiguador de torsión en una cadena de accionamiento de una turbina eólica según la reivindicación 15.

25 En la turbina eólica y el uso de la invención puede conseguirse que la frecuencia de resonancia de torsión dependa de la inercia de masa y las propiedades elásticas. Por tanto, la frecuencia de resonancia puede controlarse, de modo que no coincide con frecuencias que se producen en la cadena de accionamiento durante el funcionamiento de la turbina eólica. En un caso en el que el amortiguador de torsión permite variar las propiedades elásticas del elemento elástico del amortiguador de torsión, por ejemplo estableciendo una distorsión del elemento elástico, la frecuencia de resonancia de torsión en la cadena de accionamiento puede controlarse o establecerse una vez se ha instalado la turbina eólica en su lugar de funcionamiento, o incluso variarse durante el funcionamiento. Alternativamente, si las frecuencias de excitación se conocen en la fase de diseño de la cadena de accionamiento, los parámetros del amortiguador de torsión, incluyendo la inercia de masa del elemento de masa y/o la elasticidad del elemento elástico, pueden elegirse ya en la fase de diseño mediante un modelado apropiado de la cadena de accionamiento.

30 El amortiguador de torsión puede comprender, por ejemplo, un amortiguador ajustable tal como se da a conocer en la publicación de patente europea n.º EP 1 197 678 A2.

40 El elemento elástico puede estar hecho, por ejemplo, de caucho, látex o cualquier otro material que tiene propiedades elásticas, incluyendo diversos materiales de plásticos, tales como diversos tipos de náilon. Normalmente, se usa náilon en el elemento elástico para desintonizar frecuencias relativamente altas, mientras que se usa caucho o látex para desintonizar frecuencias relativamente bajas.

El convertidor de potencia puede incluir un generador para convertir la fuerza de accionamiento mecánico en electricidad. Sin embargo, debe entenderse que el convertidor de potencia también puede incluir un sistema mecánico, por ejemplo un sistema de engranaje, para la transmisión adicional de fuerza de accionamiento mecánico.

45 El al menos un elemento de accionamiento puede incluir cualquier árbol, engranaje u otro elemento giratorio en la cadena de accionamiento, a través de la cual se transmite una fuerza de accionamiento mecánico.

En el presente contexto, el término frecuencia puede designar una frecuencia medida en vibraciones por segundo (Hz) y/o una velocidad angular medida en radianes por segundo. Las vibraciones de torsión que originan la tonalidad en turbinas eólicas tienen habitualmente una frecuencia de aproximadamente 50 - 1000 Hz.

50 El amortiguador de torsión puede estar montado radialmente alrededor de un árbol de accionamiento de la cadena de accionamiento. Por ejemplo, el elemento elástico puede incluir o tener forma de un elemento elastomérico sustancialmente anular. Este elemento puede estar soportado por una estructura de soporte, tal como uno más elementos anulares, cuya circunferencia o circunferencias internas rodean una circunferencia externa del elemento elástico. Pueden proporcionarse varios elementos elásticos. En una realización, la circunferencia externa del elemento elástico tiene esencialmente forma de v cuando se observa en sección longitudinal. Por tanto, el elemento

elástico puede tener un diámetro externo más pequeño hacia sus extremos que hacia su centro para definir partes cónicas opuestas. En tal realización, la estructura de soporte puede comprender dos elementos de soporte opuestos para engranar las partes cónicas respectivas del elemento elástico, siendo los elementos de soporte esencialmente anulares, definiendo sus circunferencias internas conos invertidos. Los elementos de soporte pueden mantenerse juntos de manera permanente en relación mutua fijada. Alternativamente, su relación mutua, es decir, su posición uno con respecto a otro, puede ser variable. Por ejemplo, pueden mantenerse juntos y fijarse mutuamente mediante un elemento de sujeción liberable, tal como un tornillo o perno. La posición mutua variable de los elementos de soporte permite variar la distorsión del elemento elástico, ya que la fuerza ejercida por los elementos de soporte en el elemento elástico varía con la posición mutua de los elementos de soporte. De ese modo pueden variarse las propiedades elásticas del elemento elástico. Son posibles otras configuraciones, que permiten una distorsión o fuerza variable sobre el elemento elástico, por ejemplo configuraciones, en las que solo un extremo del elemento elástico tiene una circunferencia cónica o de sección decreciente, o configuraciones, en las que el elemento elástico está rodeado por una abrazadera o pinza.

El elemento de masa puede incluir o estar comprendido en cualquier elemento estructural del amortiguador de torsión, o puede formar parte de una estructura para montar el amortiguador de torsión en la cadena de accionamiento. En la realización anterior que incluye uno o más elementos de soporte para el elemento elástico, el elemento o elementos de soporte pueden constituir también el elemento de masa. Alternativamente, el elemento de masa puede proporcionarse como elemento separado dispuesto coaxialmente con respecto al elemento o elementos elásticos y/o desplazarse longitudinalmente de los mismos.

Para aplicaciones típicas, es decir aplicaciones en las que el amortiguador de torsión está montado entre un engranaje de la cadena de accionamiento y el convertidor de potencia, el amortiguador de torsión tiene una inercia de vibración de 0,5 - 5 kgm², tal como 1 - 4 kgm², tal como 1,5 - 3 kgm², tal como 2 - 2,5 kgm². La masa total del amortiguador de torsión está habitualmente entre 25 y 250 kg, tal como 50 - 150 kg, tal como 75 - 125 kg, tal como 90 - 110 kg, incluyendo la masa del elemento de masa. En un caso en el que el amortiguador de torsión incluye un elemento de montaje separado para montar el amortiguador de torsión en la cadena de accionamiento, por ejemplo una brida, la masa de un elemento de montaje de este tipo está normalmente entre 5 y 50 kg, tal como 10 - 40 kg, tal como 15-35 kg, tal como 20 - 30 kg. El elemento o elementos de masa tienen normalmente una masa de 5- 50 kg, tal como 10 - 40 kg, tal como 15- 35 kg, tal como 20 - 30 kg. Generalmente, la relación entre la masa requerida del elemento o elementos de masa y la velocidad de rotación nominal del elemento de accionamiento es que el aumento de velocidad de rotación requiere masas inferiores y viceversa. En un caso en el que el amortiguador de torsión está montado entre un engranaje de la cadena de accionamiento y el convertidor de potencia, es decir aguas abajo del engranaje, normalmente encaja radialmente alrededor de un árbol que tiene un diámetro de 150 - 800 mm, tal como 200 - 500 mm, tal como 250 - 400 mm.

En un caso en el que la cadena de accionamiento comprende un engranaje dispuesto entre el rotor accionado por viento y el convertidor de potencia, en la que un árbol de salida del engranaje gira a una velocidad superior a un árbol de entrada del mismo, el amortiguador de torsión está dispuesto entre el engranaje y el convertidor de potencia. En una aplicación de turbina eólica típica, el árbol de entrada del engranaje gira a la velocidad de rotación del rotor de turbina eólica, es decir aproximadamente a 10-25 rpm. El árbol de salida del engranaje normalmente gira a aproximadamente 80-120 veces esta velocidad, es decir a aproximadamente 800-3000 rpm, tal como a aproximadamente 1000-2500 rpm. El amortiguador de torsión está dispuesto entre el engranaje y el convertidor de potencia para beneficiarse del engranado, es decir para conseguir el efecto de desintonización deseado con una masa comparativamente baja.

El amortiguador de torsión puede estar integrado en o formar parte de otro componente, tal como un componente de la cadena de accionamiento, tal como una caja de engranajes, un freno o un convertidor de potencia. Tal integración del amortiguador de torsión con otro componente alivia las dificultades de montaje, en particular en el lado de alta velocidad del engranaje, es decir entre el engranaje y el convertidor de potencia, donde solo hay disponible un espacio limitado. Ha de entenderse que "integrado en" y "que forma parte de" en el presente contexto pretende dar a entender que el amortiguador de torsión está conectado a o alojado en el otro componente en cuestión, por ejemplo conectado a o alojado en un alojamiento del otro componente. Realizaciones, en las que el amortiguador de torsión está integrado con otro componente son particularmente adecuadas para aplicaciones, en las que el amortiguador de torsión no se proporciona como un componente de instalación posterior, sino en las que el amortiguador de torsión se planifica en la etapa de diseño de la turbina eólica.

Se conciben realizaciones en las que se proporcionan una pluralidad de amortiguadores de torsiones, por ejemplo uno entre el rotor y el engranaje, y uno entre el engranaje y el convertidor de potencia.

El amortiguador de torsión puede estar soportado por un soporte fijo de la cadena de accionamiento, mediante lo cual una interconexión entre el amortiguador de torsión y el soporte fijo es preferiblemente menos elástica que el elemento elástico. En el presente contexto, un soporte fijo ha de entenderse como un soporte, que está fijado en relación con un elemento de accionamiento giratorio de la cadena de accionamiento. Las elasticidades de la interconexión mencionada anteriormente y del elemento elástico del amortiguador de torsión pueden estar definidas de manera conveniente en términos de constantes elásticas, habitualmente constantes elásticas de torsión. Por tanto, la interconexión entre el amortiguador de torsión y el soporte fijo puede definir una primera constante elástica

de torsión, k_1 , y el elemento elástico puede definir una segunda constante elástica de torsión, k_2 . En realizaciones preferidas de la presente invención, la primera constante elástica de torsión k_1 es preferiblemente al menos dos órdenes de magnitud mayor que la segunda constante elástica de torsión k_2 .

5 El amortiguador de torsión define una velocidad de resonancia angular, ω , que es aproximadamente igual a $\sqrt{k/j}$ donde k indica una constante elástica de torsión de amortiguador de torsión, y j indica una inercia de masa efectiva del amortiguador de torsión. Cuando el amortiguador de torsión está montado en la cadena de accionamiento, se ha encontrado que la velocidad de resonancia angular de la propia cadena de accionamiento es aproximadamente igual a la velocidad de resonancia angular del amortiguador de torsión ω . La constante elástica de torsión de amortiguador de torsión es aproximadamente igual a $(k_1*k_2)/(k_1+k_2)$. Por tanto, la constante elástica de torsión de amortiguador de torsión k pasa a ser aproximadamente igual a k_2 cuando k_1 es significativamente mayor que k_2 . Con la finalidad de modelar frecuencias de resonancia, puede ser deseable que k_1 pueda desprejarse en la etapa de diseño. Por tanto, k_1 es, de manera preferible, significativamente mayor que k_2 , lo más preferiblemente al menos dos órdenes de magnitud mayor que k_2 . La interconexión entre el amortiguador de torsión y el soporte fijo es preferiblemente una conexión rígida.

15 Un freno incluido habitualmente en cadenas de accionamiento de turbinas eólicas puede servir convenientemente como soporte fijo para el amortiguador de torsión. El freno se proporciona normalmente aguas abajo del engranaje en la cadena de accionamiento, que también es la ubicación preferida para el amortiguador de torsión. Adicionalmente, debido a su extensión radial y resistencia mecánica, el freno puede proporcionar habitualmente las dimensiones y estabilidad requeridas para soportar el amortiguador de torsión, proporcionándose opcionalmente una brida separada entre el/los elemento(s) de masa del amortiguador de torsión y el freno para aumentar la estabilidad mecánica.

20 Alternativamente, un mecanismo de acoplamiento de la cadena de accionamiento puede servir como soporte fijo para el amortiguador de torsión. El mecanismo de acoplamiento puede comprender, por ejemplo, un disco de acoplamiento, al que está conectado el amortiguador de torsión por medio de una brida. El mecanismo de acoplamiento incluye habitualmente una tubería o árbol flexible como elemento de acoplamiento.

Descripción de los dibujos

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

las figuras 1 y 2 son ilustraciones esquemáticas de cadenas de accionamiento de realizaciones primera y segunda de una turbina eólica según la invención;

30 la figura 3 ilustra la frecuencia de resonancia de torsión en una cadena de accionamiento de la técnica anterior que no incluye amortiguador de torsión alguno;

la figura 4 ilustra frecuencias de resonancia de torsión en una cadena de accionamiento de una turbina eólica según la invención que incluye un amortiguador de torsión;

las figuras 5 y 6 ilustran una realización de un amortiguador de torsión.

35 Las turbinas eólicas ilustradas esquemáticamente en las figuras 1 y 2 comprenden un rotor accionado por viento 100 que comprende, por ejemplo, tres palas de rotor. El rotor 100 acciona un árbol de entrada 102 para un engranaje 104, del cual un árbol de salida 106 se extiende hasta un freno 108. Un árbol aguas abajo 110 se extiende hasta un elemento de acoplamiento 112, que está conectado a un convertidor de potencia 116 por medio de un árbol 114 adicional. Se apreciará que los árboles 102, 106, 110 y 114 así como el engranaje 104, freno 108 y acoplamiento 112 forman parte de una cadena de accionamiento de la turbina eólica para transmitir una fuerza de accionamiento mecánico desde el rotor 100 hasta el convertidor de potencia 116. El convertidor de potencia 116 puede comprender, por ejemplo, un generador para convertir la fuerza de accionamiento mecánico en potencia aprovechable, tal como electricidad.

45 Los elementos anteriores de la cadena de accionamiento definen al menos una frecuencia de resonancia de torsión. El presente inventor ha encontrado que, si las fuerzas que se producen durante el funcionamiento en la cadena de accionamiento excitan frecuencia de resonancia de torsión, entonces se producen cargas no deseadas y tonalidad. Esto se apreciará a partir del diagrama en la figura 3, en el que la amplitud de vibraciones de torsión se representa en función de la frecuencia de las vibraciones. En la figura 3, ω indica la frecuencia de torsión de resonancia de la cadena de accionamiento. Se entenderá que se excita la resonancia de torsión en la cadena de accionamiento, si se imparten fuerzas de torsión a la cadena de accionamiento a una frecuencia que coincide con la frecuencia de resonancia, ω . El presente inventor ha encontrado que tal excitación de resonancia de torsión es a menudo la causa de la tonalidad, y que también puede reducir la vida útil de piezas mecánicas, tales como engranajes.

55 Con el fin de garantizar que la frecuencia de resonancia de torsión de la cadena de accionamiento, ω , no coincide con la frecuencia a la que se imparten fuerzas a la cadena de accionamiento, las turbinas eólicas de las figuras 1 y 2 incluyen un amortiguador de torsión 118 que comprende un elemento de masa 120 y un elemento elástico 122. En la

realización de la figura 1, el amortiguador de torsión 118 está montado en el elemento de acoplamiento 112 tal como se ilustra mediante piezas de montaje 124, y en la realización de la figura 2, el amortiguador de torsión 118 está montado en el freno 118 tal como se ilustra mediante piezas de montaje 126. Gracias a proporcionar el amortiguador de torsión 118, puede conseguirse que la frecuencia de resonancia de torsión dependa de la inercia de masa del elemento de masa y las propiedades elásticas del elemento elástico. Por tanto, la frecuencia de resonancia puede controlarse, de modo que no coincide con frecuencias que se producen en la cadena de accionamiento durante el funcionamiento de la turbina eólica. Por ejemplo, tal como se muestra en la figura 4, el amortiguador de torsión puede dar como resultado que la cadena de accionamiento defina dos frecuencias de torsión de resonancia ω_1 y ω_2 , cada una de las cuales está lejos de la frecuencia de fuerzas impartidas, f_{op} . El efecto de tal control de la frecuencia de resonancia de torsión es que no se producen cargas no deseadas en la misma medida en la cadena de accionamiento en la que se darían en un caso sin el amortiguador de torsión 118, y que se reduce la tonalidad.

Las figuras 5 y 6 ilustran una posible realización de un amortiguador de torsión 118. En la figura 5, el amortiguador de torsión se observa en una vista de extremo, mientras que la figura 6 es una vista de sección transversal a lo largo de la línea A-A en la figura 5. El amortiguador de torsión incluye un elemento elástico anular 130, que está montado de manera circunferencial alrededor de un árbol de accionamiento hueco, por ejemplo el árbol aguas abajo 110 (véanse las figuras 1 y 2). Se proporciona un margen entre una superficie circunferencial interna del elemento elástico 130 y una superficie externa del árbol 110. Una parte de superficie externa del elemento elástico 130 tiene forma de v cuando se observa en sección transversal. Se proporcionan dos elementos de masa anulares 132 y 134, encajando su circunferencia interna con la circunferencia en forma de v externa del elemento elástico 130. Los elementos de masa 132 y 134 también sirven como elementos de soporte para el elemento elástico 130. Se proporcionan unos primeros pernos 136 para mantener los elementos de masa 132 y 134 en una posición mutua fijada y para mantener una distorsión del elemento elástico 130. La distorsión del elemento elástico 130 influye en las propiedades elásticas del elemento elástico 130 y de ese modo la frecuencia de resonancia de torsión del amortiguador de torsión, ω , que puede aproximarse como $\sqrt{k/j}$ donde k indica una constante elástica de torsión del elemento elástico 130, dependiendo la constante elástica de torsión de las propiedades elásticas del elemento 130, y donde j indica la inercia de masa de los elementos de masa 132 y 134, también denominada como la "inercia de masa activa" del amortiguador de torsión. En la mayoría de realizaciones de la invención, la frecuencia de resonancia de torsión del amortiguador de torsión será esencialmente igual a la frecuencia de resonancia de torsión definida por los componentes de la cadena de accionamiento.

Se proporcionan unos segundos pernos 138 para fijar firmemente el elemento elástico 130 y los elementos de masa 132, 134 a una brida 140 que, por medio de unos terceros pernos 142, se conecta a un disco de acoplamiento 144 por medio de un elemento de conexión triangular 143. Se apreciará que el disco de acoplamiento 144 constituye un soporte fijo para el amortiguador de torsión 118, y que el amortiguador de torsión con sus elementos de masa 132 y 134 así como el elemento elástico 130 gira con el árbol 110 durante el funcionamiento de la turbina eólica. En su extremo izquierdo en la figura 6, el árbol 110 está terminado por un disco 146 adicional para conectar el árbol a un elemento de accionamiento adicional o al freno 108 (véanse las figuras 1 y 2).

La interconexión entre el amortiguador de torsión 118 y el disco de acoplamiento 144 define una primera constante elástica de torsión, k_1 , definida por las propiedades de los terceros pernos 142 y su distorsión, así como por la masa de la brida 140. El elemento elástico 130 define una segunda constante elástica de torsión, k_2 , que preferiblemente es al menos dos órdenes de magnitud más pequeña que la primera constante elástica de torsión k_1 . Por tanto, al igual que la constante elástica de torsión total, k, del amortiguador de torsión 118 se aproxima como $(k_1*k_2)/(k_1+k_2)$, la contribución de k_1 es esencialmente despreciable. Para la mayoría de aplicaciones, la segunda constante elástica de torsión k_2 está entre 10^5 y 10^7 Nm/radián, tal como, por ejemplo aproximadamente $2*10^6$ Nm/radián.

En una realización, la longitud L_1 indicada en la figura 6 es de aproximadamente 100 mm, y la longitud L_2 es de aproximadamente 190 mm. El diámetro interno del amortiguador de torsión, D_1 , es de aproximadamente 325 mm, y el diámetro externo D_2 es de aproximadamente 500 mm. La inercia de vibración del amortiguador de torsión es de aproximadamente $2,2 \text{ kgm}^2$, y el peso total de los elementos de masa 132, 134 es de aproximadamente 25 kg. La brida 140 tiene una masa de aproximadamente 25 kg, y la masa total del amortiguador de torsión es de aproximadamente 105 kg. La constante elástica de torsión del elemento elástico 130 es de aproximadamente $1,9*10^6$ Nm/radián. Sin embargo, ha de entenderse que son factibles muchas otras dimensiones, inercias de masa, masas y diseños, dependiendo, por ejemplo, de condiciones de funcionamiento, tal como orden de magnitud de frecuencias que han de desintonizarse y diámetro de los árboles de accionamiento de la cadena de accionamiento. Además, la ubicación del amortiguador de torsión influye en las propiedades del amortiguador de torsión. Por ejemplo, si el amortiguador de torsión se dispusiera aguas arriba del engranaje 104 (véanse las figuras 1 y 2), se requerirían masas mayores.

REIVINDICACIONES

1. Turbina eólica que comprende:
 - un rotor accionado por viento (100) para convertir energía eólica en una fuerza de accionamiento mecánico;
- 5 - un convertidor de potencia (116) para convertir la fuerza de accionamiento en potencia aprovechable;
- una cadena de accionamiento para transmitir de manera giratoria la fuerza de accionamiento al convertidor de potencia (116), comprendiendo la cadena de accionamiento al menos un elemento de accionamiento giratorio (102; 104; 106; 108; 110; 114) y un engranaje (104) dispuesto entre el rotor accionado por viento (100) y el convertidor de potencia (116);
- 10 mediante lo cual al menos el rotor (100) y el al menos un elemento de accionamiento giratorio (102; 104; 106; 108; 110; 114) de la cadena de accionamiento definen al menos una frecuencia de resonancia de torsión;
- caracterizada por que la cadena de accionamiento comprende además un amortiguador de torsión (118) que tiene:
 - 15 - al menos un elemento de masa (120; 132; 134) que tiene una inercia de masa dada;
 - al menos un elemento elástico (122; 130) que tiene propiedades elásticas;
 - estando dispuestos el elemento de masa (120; 132; 134) y el elemento elástico (122; 130) para girar durante el funcionamiento de la turbina eólica, mediante lo cual dicha frecuencia de resonancia de torsión se ve influenciada por dicha inercia de masa y dichas propiedades elásticas,
 - 20 y por qué un árbol de salida (106) del engranaje gira a una velocidad superior a un árbol de entrada (102) del mismo, y en la que el amortiguador de torsión (118) está dispuesto entre el engranaje (104) y el convertidor de potencia (116).
2. Turbina eólica según la reivindicación 1, en la que la cadena de accionamiento comprende además un soporte (124; 126; 143; 144; 146) para el amortiguador de torsión, estando fijado el soporte (124; 126; 143; 144; 146) en relación con un elemento de accionamiento giratorio (102; 104; 106; 108; 110; 114) de la cadena de accionamiento.
- 25 3. Turbina eólica según la reivindicación 2, en la que una interconexión entre el amortiguador de torsión (118) y el soporte (124; 126; 143; 144; 146) tiene una constante elástica de torsión (k_1) superior a la constante elástica de torsión (k_2) de dicho elemento elástico (122; 130).
- 30 4. Turbina eólica según la reivindicación 2 ó 3, en la que una velocidad de resonancia angular del amortiguador de torsión (118), ω , es aproximadamente igual a $\sqrt{k/j}$ donde k indica una constante elástica de torsión de amortiguador de torsión, y j indica una inercia de masa efectiva del amortiguador de torsión (118).
- 35 5. Turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 2-4, en la que la interconexión entre el amortiguador de torsión (118) y el soporte (124; 126; 143; 144; 146) define una primera constante elástica de torsión, k_1 , y en la que el elemento elástico (122; 130) define una segunda constante elástica de torsión, k_2 .
6. Turbina eólica según la reivindicación 5, en la que la primera constante elástica de torsión k_1 es al menos dos órdenes de magnitud mayor que la segunda constante elástica de torsión k_2 .
- 40 7. Turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 2-6, en la que la cadena de accionamiento comprende además un freno (108), que sirve como soporte (124; 126; 143; 144; 146) para el amortiguador de torsión (118).
8. Turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 2-6, en la que la cadena de accionamiento comprende además un mecanismo de acoplamiento (112), que interconecta dos árboles (110; 114) de la cadena de accionamiento y sirve como soporte (124; 126; 143; 144; 146) para el amortiguador de torsión (118).
- 45 9. Turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el amortiguador de torsión (118) está montado radialmente alrededor de un árbol de accionamiento (102; 106; 110; 114) de la cadena de accionamiento.
- 50 10. Turbina eólica según la reivindicación 9, en la que el elemento elástico (122; 130) incluye un elemento elastomérico sustancialmente anular (130), que está soportado por uno o más elementos anulares (132;

134), cuya circunferencia interna engrana con una circunferencia externa del elemento elástico (122; 130).

- 5 11. Turbina eólica según la reivindicación 10, en la que la circunferencia externa del elemento elástico (130) tiene esencialmente forma de v cuando se observa en sección longitudinal, y en la que la estructura de soporte comprende dos elementos de soporte opuestos (132; 134) para engranar las partes cónicas respectivas del elemento elástico (130), siendo los elementos de soporte (132; 134) esencialmente anulares, definiendo sus circunferencias internas conos invertidos.
12. Turbina eólica según la reivindicación 11, en la que los elementos de soporte se mantienen juntos mediante un elemento de sujeción liberable (136), para permitir variar la distorsión del elemento elástico (130).
- 10 13. Turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 10-12, en la que el al menos un elemento de masa (120; 132; 134) está comprendido en la estructura de soporte (132; 134).
14. Turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el amortiguador de torsión (118) está integrado en otro componente de la cadena de accionamiento.
- 15 15. Uso de un amortiguador de torsión (118) en una cadena de accionamiento de una turbina eólica para controlar una frecuencia de resonancia de torsión en la cadena de accionamiento, comprendiendo la turbina eólica un rotor accionado por viento (100) para convertir energía eólica en una fuerza de accionamiento mecánico, y un convertidor de potencia (116) para convertir la fuerza de accionamiento en potencia aprovechable, estando dispuesta la cadena de accionamiento para transmitir de manera giratoria la fuerza de accionamiento al convertidor de potencia (116) y comprendiendo al menos un elemento de accionamiento giratorio (102; 104; 106; 108; 110; 114), mediante lo cual el rotor (100), convertidor de potencia (116) y el al menos un elemento de accionamiento giratorio (102; 104; 106; 108; 110; 114) de la cadena de accionamiento definen dicha frecuencia de resonancia de torsión, teniendo el amortiguador de torsión (118) al menos un elemento de masa (120; 132; 134) que tiene una inercia de masa dada, y al menos un elemento elástico (122; 130) que tiene propiedades elásticas, estando dispuestos el elemento de masa (120; 132; 134) y el elemento elástico (122; 130) para girar durante el funcionamiento de la turbina eólica, mediante lo cual dicha frecuencia de resonancia de torsión se ve influenciada por dicha inercia de masa y dichas propiedades elásticas, y en el que la cadena de accionamiento comprende además un engranaje (104) dispuesto entre el rotor accionado por viento (100) y el convertidor de potencia (116), en el que un árbol de salida (106) del engranaje gira a una velocidad superior a un árbol de entrada (102) del mismo, y en el que el amortiguador de torsión (118) está dispuesto entre el engranaje (104) y el convertidor de potencia (116). .
- 20
- 25
- 30

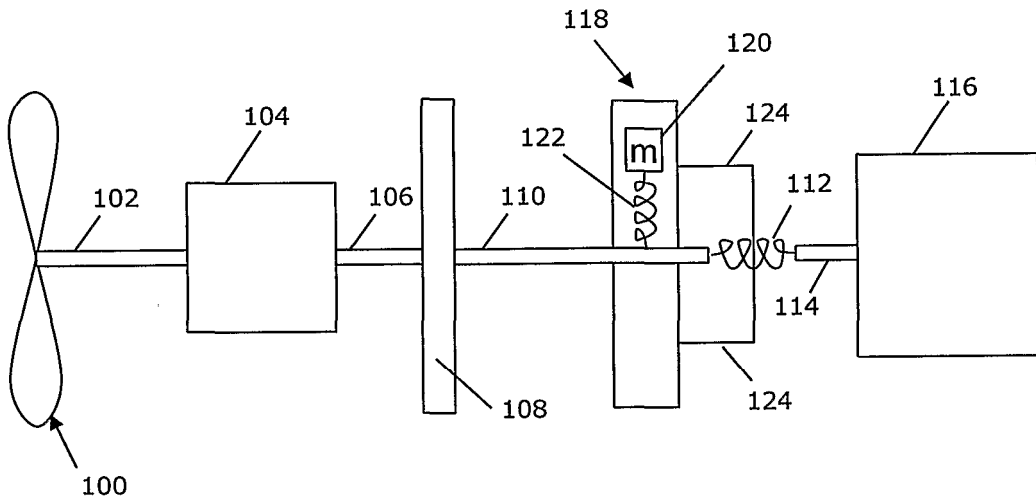


Fig. 1

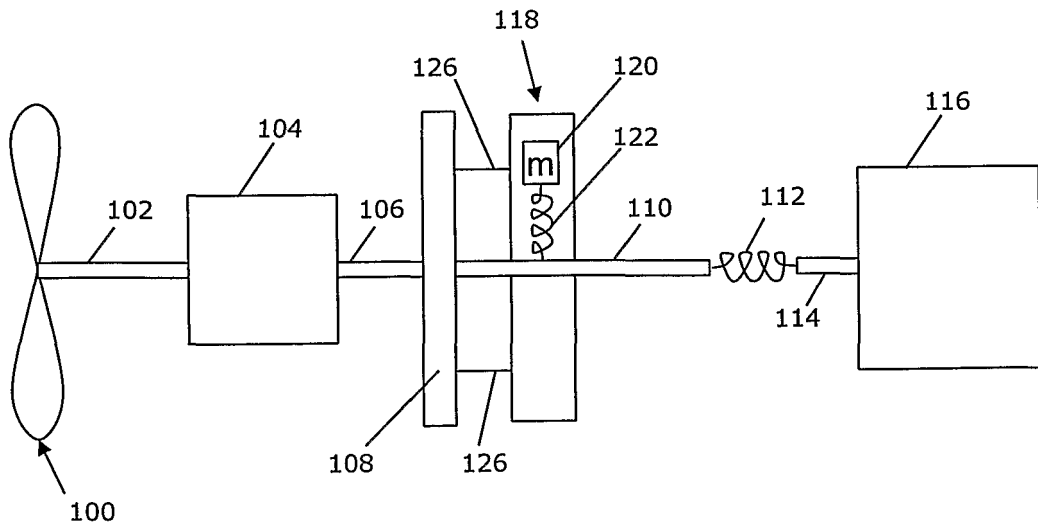


Fig. 2

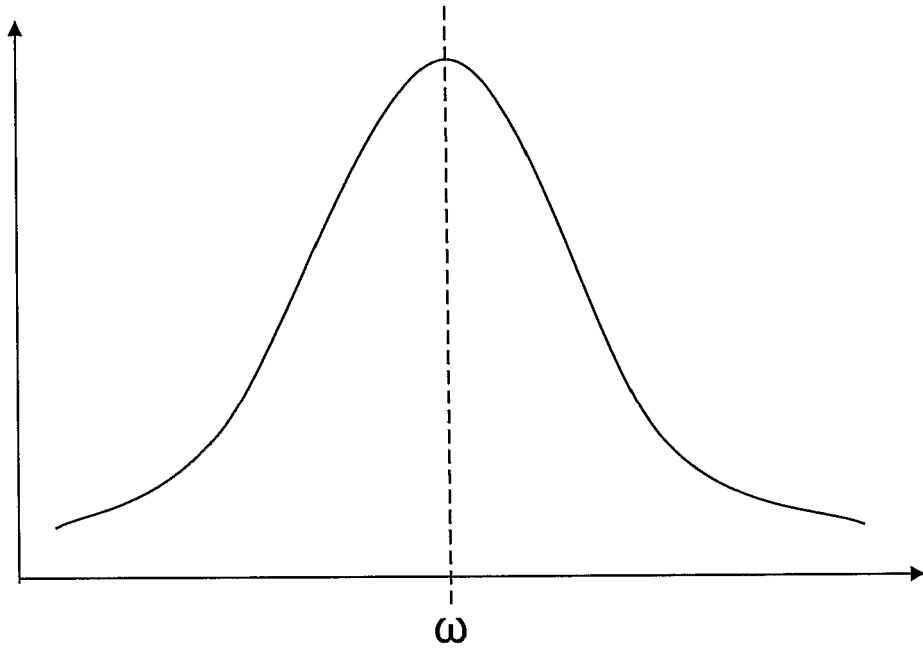


Fig. 3

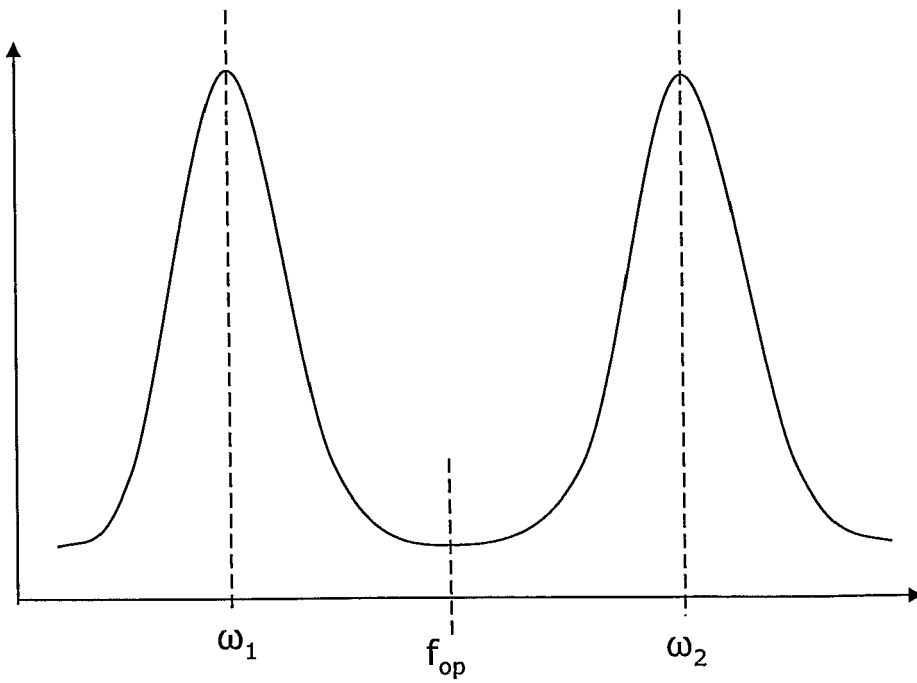


Fig. 4

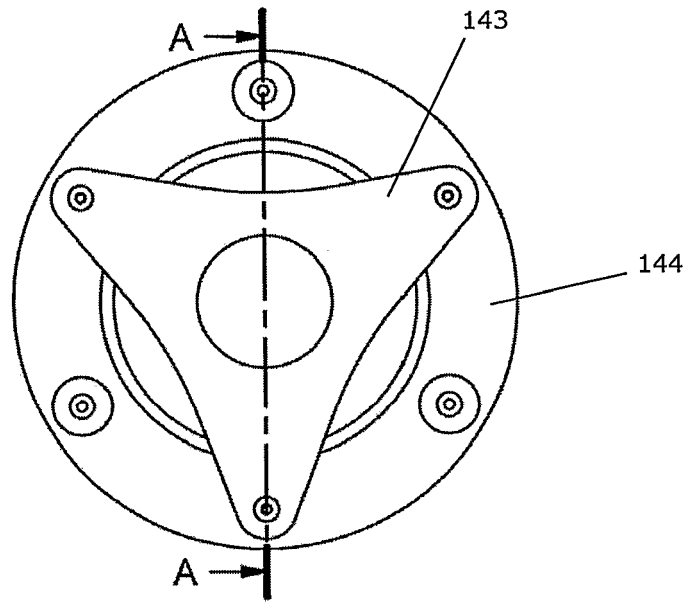


Fig. 5

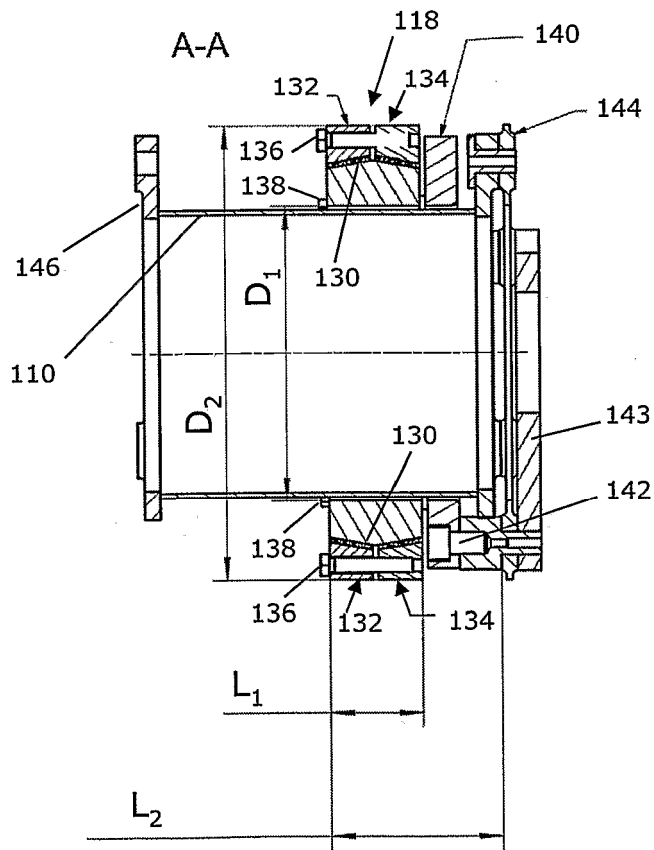


Fig. 6