



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 366 141**

51 Int. Cl.:  
**F03D 11/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **08854737 .7**

96 Fecha de presentación : **27.11.2008**

97 Número de publicación de la solicitud: **2215356**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **11.08.2010**

54 Título: **Procedimiento para amortiguar las oscilaciones de una turbina eólica.**

30 Prioridad: **28.11.2007 DK 2007 01685**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**17.10.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**17.10.2011**

73 Titular/es: **VESTAS WIND SYSTEMS A/S**  
**Alsvej 21**  
**8940 Randers SV, DK**

72 Inventor/es: **Øllgaard, Børge**

74 Agente: **Arias Sanz, Juan**

ES 2 366 141 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**

Procedimiento para amortiguar las oscilaciones de una turbina eólica

**Campo de la invención**

5 La presente invención se refiere a un procedimiento para amortiguar las oscilaciones de una torre de turbina eólica. Además, la presente invención se refiere a una turbina eólica que tiene un montaje de amortiguación de oscilaciones situado cerca de la parte superior de la torre de turbina eólica.

**Antecedentes de la invención**

Diversos montajes de amortiguación para turbinas eólicas han sido sugeridos en la literatura de patentes.

10 Por ejemplo, el documento US 6.672.837 se refiere a una turbina eólica con medios de amortiguación de las oscilaciones dispuestos en la góndola. Los medios de amortiguación de las oscilaciones están diseñados para amortiguar oscilaciones del canto de las palas del rotor en el plano de giro del rotor.

15 En particular, los medios de amortiguación de las oscilaciones sugeridos en el documento US 6.672.837 se refieren a una turbina eólica en la cual los medios de amortiguación de las oscilaciones están dispuestos al final de la góndola, esto es, opuestos al extremo desde el cual se extiende el rotor. Los medios de amortiguación están diseñados para amortiguar oscilaciones de la primera frecuencia fundamental de las palas del rotor en el plano de giro, especialmente oscilaciones que son perpendiculares al eje de giro del rotor.

20 Asimismo, diversos montajes de amortiguación de base eléctrica han sido sugeridos. Por ejemplo, el documento US 2006/066111 divulga una técnica de amortiguación de vibraciones para un sistema de turbina eólica. El sistema de turbina eólica incluye un amortiguador de vibraciones que proporciona una señal variable para controlar el par producido por un generador del sistema de turbina eólica. La señal variable se basa en la velocidad del generador y tiene un primer valor del pico local basado en una frecuencia de resonancia de la oscilación lado a lado de la torre. Otro montaje de amortiguación de base eléctrica se sugiere en el documento EP 1.045.988.

25 El documento EP 1.008.747 A2, que se considera como el estado de la técnica más próximo para el objeto de la reivindicación 1, se refiere a sistemas de amortiguación de vibraciones para torres de turbinas eólicas. El sistema sugerido en el documento EP 1.008.747 A2 aplica un péndulo suspendido y un número de montajes de amortiguación diferentes, tales como amortiguadores de elastómero, amortiguadores hidráulicos y amortiguadores de muelle. Sin embargo, el mecanismo de amortiguación basado en la fuerza de fricción que subyace en la presente invención es diferente fundamentalmente de la amortiguación por fricción de aire aplicada en el documento EP 1.008.747 A2.

30 Se puede ver como un objeto de modos de realización de la presente invención el proporcionar un procedimiento y un montaje para amortiguar las oscilaciones inducidas por las palas del rotor en turbinas eólicas.

Se puede ver como un objeto adicional de los modos de realización de la presente invención el proporcionar un procedimiento y un montaje que pueda ser instalado fácilmente en turbinas eólicas existentes. Otros objetos aparecerán de la descripción y las figuras.

**Descripción de la invención**

35 Los objetos anteriormente mencionados se alcanzan proporcionando, en un primer aspecto, un procedimiento para amortiguar las oscilaciones de una turbina eólica que comprende una torre de turbina eólica, una góndola dispuesta sobre la parte superior de dicha turbina eólica, y un número de palas del rotor conectadas de modo giratorio a la góndola, siendo generadas dichas oscilaciones por fuerzas inducidas sobre la góndola y la torre de la turbina eólica por las palas giratorias del rotor, procedimiento que comprende las etapas de:

40 –proporcionar una estructura de masa de péndulo suspendida internamente que está conectada funcionalmente a una sección superior de la torre,

–proporcionar una plataforma que está unida de modo fijo a la sección superior de la torre, y

45 –proporcionar unos medios de amortiguación que comprenden uno o más miembros de fricción que están dispuestos de modo desplazable con relación a la plataforma, estando adaptados el miembro o los miembros de fricción para ser desplazados con relación a la plataforma en respuesta a movimientos relativos entre la estructura de masa de péndulo suspendida y la plataforma con el fin de disipar por fricción energía de la estructura de masa de péndulo suspendida.

La turbina eólica puede ser en principio cualquier tipo de turbina eólica, tal como por ejemplo turbinas eólicas de

regulación por paso o por pérdida de pala. Asimismo, la turbina eólica puede ser capaz de producir electricidad de unos pocos cientos de kW a varios MWs. De modo similar, la turbina eólica puede estar ubicada en tierra o incluso en el mar, como una turbina eólica marítima.

5 El mecanismo de amortiguación utilizado en la presente invención implica, en principio, todo tipo de mecanismos de amortiguación en donde la amortiguación se proporcione por fricción entre dos o más objetos mutuamente desplazables. Así pues, el término "por fricción" debe ser entendido como un montaje en el que para reducir oscilaciones indeseadas se aplican fuerzas de fricción entre al menos dos objetos, tales como dos placas de fricción.

10 La estructura de masa de péndulo suspendida puede estar conectada funcionalmente a la sección superior de la torre de turbina eólica por medio de una o más barras de suspensión, a través de uno o más cables de suspensión, o través de una combinación de los mismos. Preferiblemente, la estructura de masa de péndulo suspendida está suspendida dentro de la torre de turbina eólica de un modo excéntrico con relación a un eje central longitudinal de la torre. Esto último permite una utilización mejorada del espacio interno de la torre que se puede utilizar, por ejemplo, para un elevador central en la torre.

15 Los miembros de fricción pueden estar adaptados para ser desplazados, directa o indirectamente, por medio de una o más de las barras de suspensión, de uno o más de los cables de suspensión o de una combinación de los mismos. Alternativa o adicionalmente, los miembros de fricción pueden estar adaptados para ser desplazados, directa o indirectamente, por medio de un elemento de activación unido de modo fijo a la estructura de masa de péndulo suspendida. El elemento de activación puede ser una banda unida de modo fijo a la estructura de masa de péndulo suspendida.

20 Los miembros de fricción pueden estar ubicados por encima y/o por debajo de la estructura de masa de péndulo suspendida, o pueden ser integrales con uno o más cables de suspensión o formar parte de los mismos.

25 Los miembros de fricción pueden comprender una pluralidad de placas de fricción apiladas, mutuamente desplazables. Cada placa de fricción puede tener forma de disco con una abertura pasante que está adaptada para recibir un miembro de accionamiento en forma de barra conectado funcionalmente con la estructura de masa de péndulo suspendida, o conectado funcionalmente con uno o más de los cables de suspensión o una o más de las barras de suspensión. Las aberturas pasantes pueden adoptar una forma circular o elíptica, por ejemplo.

30 En un primer modo de realización de la presente invención, la estructura de masa de péndulo suspendida puede ser esencialmente simétrica alrededor de un eje central, formando por ello una estructura de 360°, y puede constituir una estructura esencialmente maciza de, por ejemplo, acero con un peso que represente tan sólo un pequeño porcentaje, o menos, del peso de la torre de la turbina eólica. Así pues, la estructura de masa de péndulo suspendida puede tener una masa en el intervalo de 50 kg-100 t, tal como en el intervalo de 100 kg-9 t, tal como en el intervalo de 500 kg-9 t, tal como en el intervalo de 1-9 t, tal como en el intervalo de 2-8 t, tal como en el intervalo de 3-7 t, tal como, aproximadamente, 5 t.

35 El número de placas de fricción en forma de disco puede estar en el intervalo de 2-10, tal como en el intervalo de 3-9, tal como en el intervalo de 3-8, tal como en el intervalo de 3-7, tal como en el intervalo de 3-6, tal como en el intervalo de 3-5, tal como 4 placas de fricción en forma de disco. La pluralidad de placas de fricción en forma de disco puede estar fabricada en acero inoxidable.

Cada una de la pluralidad de placas de fricción en forma de disco puede tener un diámetro externo en el intervalo de 100-1000 mm. Similarmente, cada una de la pluralidad de placas de fricción en forma de disco puede tener un grosor en el intervalo de 1-100 mm, y un peso en el intervalo de 0,1-10% de la masa de la estructura de masa de péndulo suspendida.

40 En un segundo modo de realización de la presente invención, los medios de amortiguación se disponen por debajo de la estructura de masa de péndulo suspendida. De acuerdo con el segundo modo de realización, los medios de amortiguación no están activados por uno o más de los cables de suspensión, o una o más de las barras de suspensión. Por el contrario, los medios de amortiguación están activados por medio de una barra de accionamiento unida de modo fijo a la estructura de masa de péndulo suspendida. Los miembros de fricción pueden comprender una pluralidad de placas de fricción apiladas, mutuamente desplazables. En términos de implementación, los miembros de fricción pueden ser implementados siguiendo la misma ruta de diseño discutida en conexión con el primer modo de realización de la presente invención.

45 Debe notarse que un montaje de amortiguación que sea una combinación de los modos de realización primero y segundo es igualmente aplicable.

50 En un tercer modo de realización de la presente invención, la estructura de masa de péndulo suspendida puede comprender una estructura de péndulo en forma de arco que comprende un pasaje en su circunferencia, lo que permite que el personal de mantenimiento pase fácilmente la estructura de péndulo en arco cuando la estructura de péndulo en arco está suspendida en la sección superior de la torre. La estructura de péndulo en arco puede extenderse en un ángulo

dentro del intervalo de 275°-325°, tal como, aproximadamente, 300°.

La estructura de masa de péndulo suspendida en arco puede tener una masa en el intervalo de 50 kg-10 t, tal como en el intervalo de 100 kg-9 t, tal como el intervalo de 500 kg-9 t, tal como el intervalo de 1-9 t, tal como en el intervalo de 2-8 t, tal como en el intervalo de 3-7 t, tal como, aproximadamente, 5 t.

5 Los medios de amortiguación de acuerdo con el tercer modo de realización de la presente invención pueden comprender unos conjuntos de miembros de fricción primero y segundo, estando unidos preferentemente los conjuntos de miembros de fricción primero y segundo a dos puntos a lo largo de la circunferencia de la estructura de péndulo en forma de arco. Al igual que con el primer modo de realización de la presente invención, cada uno de los conjuntos de miembros de fricción primero y segundo puede comprender una pluralidad de placas de fricción en forma de disco mutuamente desplazables, 10 teniendo cada una de las placas de fricción en forma de disco una abertura central pasante que está adaptada para recibir un miembro de accionamiento en forma de barra conectado funcionalmente a la estructura de masa de péndulo suspendida, o conectado funcionalmente a uno o más de los cables de suspensión o a una o más de las barras de suspensión. Como se mencionó anteriormente, las aberturas pasantes de las placas de fricción en forma de disco pueden tener, por ejemplo, forma circular o elíptica.

15 En el tercer modo de realización de la presente invención, los miembros de amortiguación pueden comprender además un tercer miembro de fricción que comprende una pluralidad de placas de fricción en forma de disco, apiladas y mutuamente desplazables, cada una de las cuales tiene una abertura central pasante que está adaptada para recibir un miembro de accionamiento en forma de barra conectado funcionalmente a la estructura de masa de péndulo suspendida, o conectado a funcionalmente a uno o más de los cables de suspensión o a una o más de las barras de suspensión. Los 20 miembros de amortiguación terceros pueden estar unidos a un tercer punto a lo largo de la circunferencia de la estructura de péndulo en forma de arco.

El número de placas de fricción en forma de disco que constituyen el tercer miembro de fricción puede estar en el intervalo de 2-10, tal como en el intervalo de 3-9, tal como en el intervalo de 3-8, tal como en el intervalo de 3-7, tal como en el intervalo de 3-6, tal como en el intervalo de 3-5, tal como 4 placas de fricción en forma de disco. La pluralidad de placas de fricción en forma de disco puede estar fabricada en acero inoxidable. Cada una de la pluralidad de placas de fricción en forma de disco puede tener un diámetro externo en el intervalo de 100-1000 mm. Similarmente, cada una de la pluralidad de placas de fricción en forma de disco puede tener un espesor en el intervalo de 1-100 mm, y un peso en el intervalo de 0,1-10% de la masa de la estructura de masa de péndulo suspendida. 25

30 En un segundo aspecto, la presente invención se refiere a una turbina eólica que comprende una torre de turbina eólica, una góndola dispuesta en la parte superior de dicha torre de turbina eólica, y un número de palas de rotor conectadas de modo giratorio a la góndola, comprendiendo además la turbina eólica un montaje para amortiguar oscilaciones que están generadas por fuerzas inducidas sobre la góndola y sobre la torre de turbina eólica por las palas giratorias del rotor, comprendiendo dicho montaje:

35 –una estructura de masa de péndulo suspendida internamente que está conectada funcionalmente a una sección superior de la torre,

–una plataforma dispuesta dentro de la sección superior de la torre y unida de modo fijo a la misma, y

40 –medios de amortiguación que comprenden uno o más miembros de fricción que están dispuestos de modo desplazable con relación a la plataforma, estando adaptado el miembro o los miembros de fricción para ser desplazados con relación a la plataforma como respuesta a movimientos relativos entre la estructura de masa de péndulo suspendida y la plataforma con el fin de disipar por fricción energía de la estructura de masa de péndulo suspendida.

45 Como se estableció anteriormente, la turbina eólica puede ser cualquier tipo de turbina eólica, tal como por ejemplo turbinas eólicas reguladas por paso o por pérdida de pala, de tamaños que abarcan de unos pocos cientos de kW a varios MWs. Similarmente, la turbina eólica puede estar ubicada en tierra firme o incluso en el mar como una turbina eólica marítima.

La turbina eólica puede comprender además medios de encapsulado de seguridad que encapsulan al menos parcialmente la estructura de masa de péndulo suspendida, estando adaptados los medios de encapsulado para mantener la estructura de masa de péndulo suspendida en una posición segura durante condiciones anormales de trabajo de la turbina eólica. En un escenario del peor caso posible, las condiciones anormales de trabajo podrían ser una 50 situación en la que uno o más de los cables de suspensión o una o más de las barras de suspensión se rompen. Los medios de encapsulado de seguridad pueden ser implementados de tal modo que la estructura de masa de péndulo suspendida pueda oscilar con una amplitud máxima predeterminada.

Los medios de encapsulado de seguridad pueden estar unidos de modo fijo a la sección superior de la turbina eólica, o

pueden estar unidos de modo fijo a la plataforma.

Preferiblemente, la estructura de masa de péndulo suspendida se dispone de un modo excéntrico con relación a un eje central longitudinal de la torre. Los miembros de fricción pueden comprender una pluralidad de placas de fricción apiladas, desplazables mutuamente. En términos de implementación, los miembros de fricción pueden ser implementados siguiendo la misma ruta de diseño discutida en conexión con el primer aspecto de la presente invención.

### **Breve descripción de los dibujos**

La presente invención se explicará en mayor detalle con referencia a las figuras adjuntas, en las cuales:

la Fig. 1 muestra una turbina eólica con un amortiguador instalado,

la Fig. 2 muestra un amortiguador de fricción de acuerdo con un primer modo de realización,

la Fig. 3 muestra un boceto detallado de un montaje de amortiguación de acuerdo con el primer modo de realización, y

la Fig. 4 muestra un boceto detallado de un amortiguador de fricción de acuerdo con un segundo modo de realización.

Aunque la invención es susceptible de diversas modificaciones y formas alternativas, en los dibujos se han mostrado modos de realización específicos a modo de ejemplo, y se describirán en detalle a continuación. Debe entenderse, sin embargo, que la invención no pretende estar limitada a las formas particulares divulgadas. Al contrario, la invención pretende cubrir todas las modificaciones, equivalentes, y alternativas que caigan dentro de el espíritu y el ámbito de la invención como se define por las reivindicaciones adjuntas.

### **Descripción detallada de los dibujos**

En su aspecto más amplio, la presente invención se refiere a un procedimiento para amortiguar oscilaciones inducidas por las palas de un rotor en una turbina eólica. Tales oscilaciones están provocadas por fuerzas que actúan sobre una góndola debido a fuerzas inducidas por las palas giratorias del rotor. El viento provoca que las palas del rotor giren y estas fuerzas giratorias se transmiten a un generador de turbina eólica adaptado para producir potencia eléctrica. Las fuerzas transmitidas al generador a menudo se proporcionan a través de una caja de engranajes. Cuando la potencia eléctrica es producida, se inducen un número de fuerzas de reacción sobre la góndola por el generador y la caja de engranajes.

El procedimiento de acuerdo con la presente invención involucra proporcionar una estructura de masa de péndulo suspendida en una sección superior de la torre de la turbina eólica, y proporcionar un montaje de amortiguación basado en fricción para amortiguar movimientos relativos entre la estructura de masas suspendida y la sección superior de la torre eólica. La presente invención se refiere además a una turbina eólica que comprende un montaje de amortiguación.

En referencia a continuación a la fig. 1, se muestra una turbina eólica 1 que comprende una torre 4, una góndola 3 y un conjunto de palas del rotor 2 montadas de modo giratorio. Como se indica por las flechas en la fig. 1, rachas de viento pueden provocar que la turbina eólica oscile de lado a lado. Para amortiguar tales oscilaciones, se suspende un amortiguador de fricción 5 de tipo péndulo de una superficie inferior de una plataforma superior. La masa del péndulo puede ser tan baja como un 1% de la masa de la turbina eólica. Así pues, si la masa de la turbina eólica es 100 t, la masa del péndulo suspendido dentro de la torre puede ser tan baja como 1 t. Sin embargo, son aplicables asimismo masas de péndulo de alrededor de 5 t.

En referencia a continuación a la fig. 2, se muestra una vista en primer plano de la sección superior de la torre. En la fig. 2, el amortiguador de fricción 5 de tipo péndulo está suspendido de un cable de suspensión 6 que, en un extremo, está asegurado a una plataforma superior 9 de la torre, mientras que por el otro extremo está asegurado al péndulo 5. Opcionalmente, la estructura de masa de péndulo suspendida 5 puede ser suspendida de una o más barras de suspensión sustancialmente rígidas, de una pluralidad de cables de suspensión, o de una combinación de los mismos.

Cuando la torre de turbina eólica comienza oscilar de lado a lado debido, por ejemplo, a rachas de viento, el péndulo 5 comienza a oscilar igualmente. Con el fin de amortiguar las oscilaciones de la torre, y por supuesto simultáneamente también de la góndola y de las palas del rotor, el péndulo 5 está conectado funcionalmente a la torre por medio de un montaje de amortiguación 7 que se muestra mayor detalle en la fig. 3. En la fig. 2, el montaje de amortiguación está implementado encima del encapsulado de seguridad 8. Alternativamente, el montaje de amortiguación podría ser implementado igualmente en una plataforma de nivel superior, tal como la plataforma 10.

Debe notarse que se puede proporcionar opcionalmente un montaje para ajustar la longitud del cable de suspensión 6 en la ubicación. Al proporcionar un ajuste de la longitud del cable de suspensión 6, las características de frecuencia mecánica del amortiguador de fricción 5 de tipo péndulo pueden ser igualadas a las características de frecuencia de la turbina eólica, aumentando así la eficiencia de amortiguación del sistema.

5 Como se muestra en la fig. 2, la estructura de masa de péndulo suspendida 5 está encapsulada al menos parcialmente en un encapsulado de seguridad 8 que está unido de modo fijo la plataforma 11, la cual, de nuevo, está unida de modo fijo a la torre de turbina eólica 4. El objetivo del encapsulado de seguridad 8 es evitar que la estructura de masa de péndulo 5 caiga al fondo de la torre de potencia eólica en el caso de que se rompa el cable de suspensión 6. Además, el encapsulado de seguridad 8 impone un máximo para la amplitud de las oscilaciones de la estructura de masa de péndulo 5.

10 Como se muestra en la fig. 2, el encapsulado de seguridad 8 se dimensiona para que la estructura de masa de péndulo 5 pueda oscilar libremente en el encapsulado de seguridad 8 en tanto en cuanto la amplitud no supere un nivel máximo predeterminado. De otro modo, la amplitud puede alcanzar un nivel peligrosamente alto en la situación excepcional de una parada de emergencia súbita de la turbina eólica, debido a la inercia de las palas del rotor y del sistema de transmisión.

15 En la fig. 3, el encapsulado de seguridad 8, un cable de suspensión 6 y la estructura de masa de péndulo suspendida 5 se muestran en una perspectiva de primer plano. Debe notarse que tan sólo se muestra un cable de suspensión 6 en la fig. 3. De nuevo, el cable de suspensión 6 está asegurado en uno de sus extremos a la plataforma superior de la torre, mientras que el otro extremo del cable de suspensión 6 está asegurado al péndulo 5. Obviamente, se pueden aplicar cables de suspensión o barras de suspensión adicionales.

20 La amortiguación de las oscilaciones de la turbina eólica es proporcionada por un montaje de amortiguación que comprende una barra 12 que se extiende en el interior de aberturas pasantes de las placas de fricción 13, 14, 15 y 16, que están dispuestas para ser desplazadas a lo largo de la placa de base 17, que está unida de modo fijo al encapsulado de seguridad 8. Así pues, cuando la torre de turbina eólica y la estructura de masa de péndulo 5 se desplazan relativamente entre sí, las placas de fricción 13, 14, 15 y 16 se desplazan con relación a la placa de base 17 y relativamente entre sí. Debido a fuerzas de fricción internas entre las placas de fricción 13, 14, 15 y 16, y entre la placa de fricción 16 y la placa de base 17, las oscilaciones de la turbina eólica se amortiguan de modo efectivo.

25 La barra 12 funciona como una camisa externa. La camisa externa es desplazable con relación al cable de suspensión 6, y puede estar fabricada en un material de polímero con el fin de tener una interacción esencialmente silenciosa con las placas de fricción 13, 14, 15 y 16. Como se muestra en la fig. 3, la barra/camisa 12 descansa sobre la estructura de masa de péndulo 5 sin estar fijada al cable de suspensión 6.

30 Una ventaja del montaje de amortiguación mostrado en la fig. 3 es que es capaz de amortiguar oscilaciones en todas direcciones, esto es, en las direcciones del plano de la fig. 3, y en una dirección hacia fuera del plano de la fig. 3. El montaje de amortiguación es capaz asimismo de amortiguar oscilaciones que son una combinación de las direcciones anteriormente mencionadas.

35 La fig. 3 muestra la aplicación de tan sólo un montaje de amortiguación. Sin embargo, se pueden aplicar diversos montajes de amortiguación y que funcionen en paralelo. Así pues, el número de montajes de amortiguación puede ser uno, dos, tres o incluso más. Una pluralidad de montajes de amortiguación se puede disponer por encima y/o por debajo de la estructura de masa de péndulo suspendida.

Como se mencionó anteriormente, la masa total del péndulo está en el intervalo de 1-5% de la masa de la estructura que va a ser amortiguada, en este caso la masa de la turbina eólica. En el caso de una turbina eólica de 100 t, la masa del péndulo está en el intervalo de 1-5 t.

40 La forma de la estructura de masa de péndulo suspendida puede variar de modo que satisfaga demandas específicas. Así pues, la estructura de masa de péndulo suspendida puede ser una estructura maciza. Alternativamente, la estructura de masa de péndulo suspendida puede adoptar la forma de una estructura de péndulo en forma de arco suspendida de, por ejemplo, tres cables de suspensión o barras de suspensión. La abertura de la estructura de péndulo en forma de arco permite al personal de mantenimiento pasar a través de la estructura del péndulo con el fin de alcanzar la góndola de la turbina eólica. Así pues, al aplicar una estructura de péndulo en forma de arco que cubre alrededor de 300°, el personal de mantenimiento puede acceder fácilmente a la góndola en caso de que se necesite realizar el mantenimiento, la reparación o la retirada de componentes instalados en la góndola. En caso de que la estructura de péndulo en forma de arco esté suspendida de tres cables de suspensión o barras de suspensión, se aplican tres conjuntos de placas de fricción para proporcionar la amortiguación necesaria. Tal pluralidad de conjuntos de placas de fricción amortigua igualmente oscilaciones en forma de torsión que ocurren más probablemente, por ejemplo, en torres arriostradas.

50 En las figs. 2 y 3, las placas de fricción están activadas por los cables/barras de suspensión. Alternativamente, las placas de fricción pueden estar activadas por un montaje separado unido a la estructura de péndulo, véase la fig. 4, en el que las placas de fricción se ubican por debajo del péndulo. En la fig. 4 se proporciona una abertura 18 en la sección inferior del encapsulado de seguridad 8, y una barra 19 rodeada por una camisa 20 se une a la estructura de péndulo 5. La camisa 20 se desplaza libremente a lo largo de la dirección longitudinal de la barra 19.

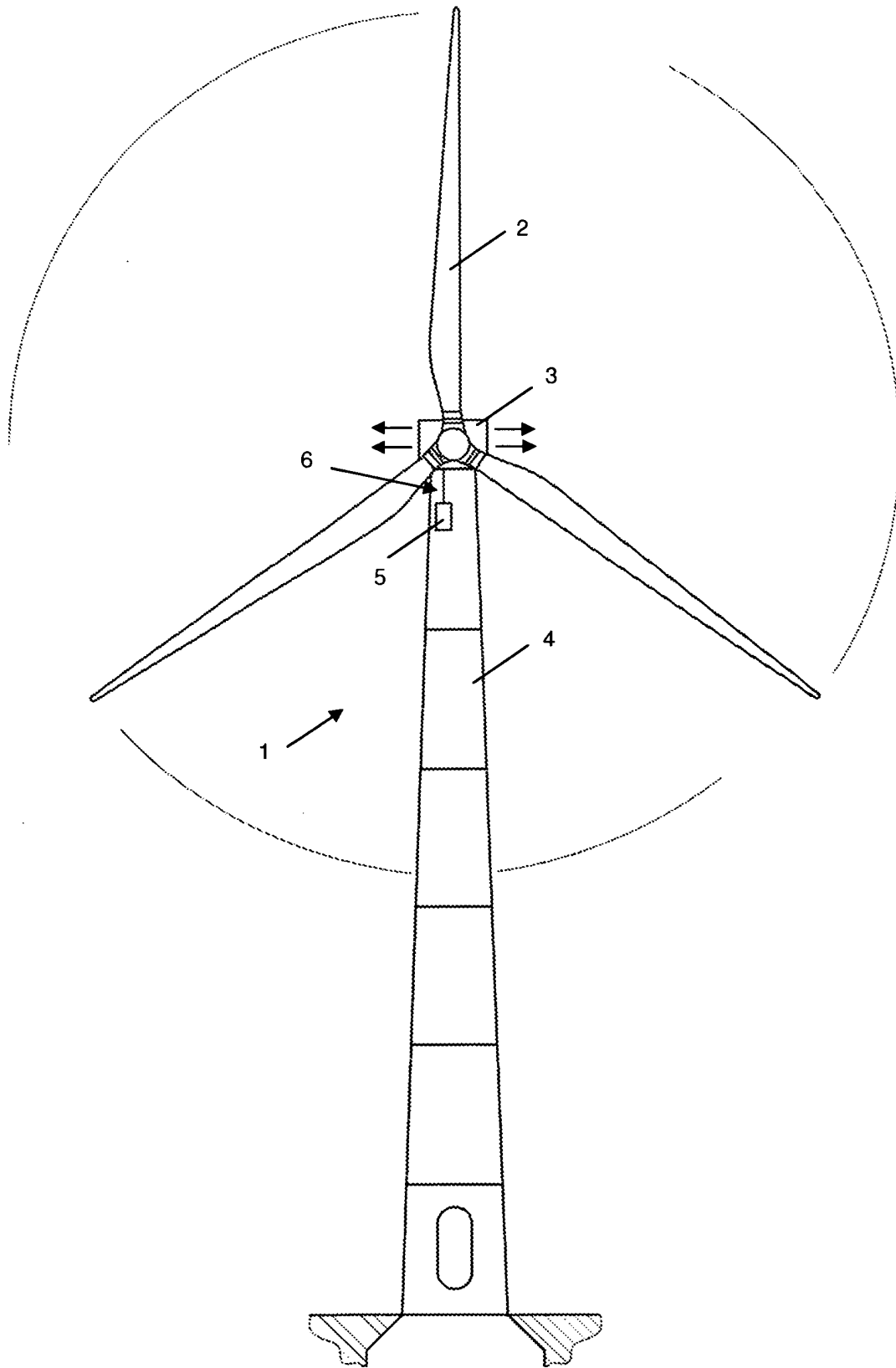
- De aquí, cuando la torre eólica y la estructura de masa de péndulo 5 se desplazan entre sí, las placas de fricción 21, 22, 23 y 24 se desplazan con relación a la placa de base 25 y relativamente entre sí. Debido a las fuerzas de fricción internas entre las placas de fricción 21, 22, 23 y 24, y entre la placa de fricción 24 y la placa de base 25, las oscilaciones de la turbina eólica se amortiguan de modo efectivo. La placa de base 25 esta unidad de modo fijo a la torre de turbina eólica (no mostrada). La camisa externa 20 puede estar fabricada en un material de polímero con el fin de tener una interacción esencialmente silenciosa con las placas de fricción 21, 22, 23 y 24.
- Como se estableció anteriormente, es igualmente aplicable una combinación de los montajes de amortiguación mostrados en las figs. 3 y 4.
- Las placas de fricción pueden estar fabricadas en acero inoxidable, pero otros materiales son igualmente aplicables. Los diámetros de las placas de fricción están típicamente en el intervalo de 10-1000 mm. Los grosores de las placas de fricción pueden ser esencialmente iguales, o pueden ser diferentes. Grosores típicos son 1-100 mm. El peso de las placas de fricción debería ajustarse al peso del péndulo para obtener un amortiguación máxima de las oscilaciones de la torre. Pesos típicos de las placas de fricción están en el intervalo de 0,1-10% de la masa del péndulo.
- En las figs. 2-4, el número de placas de fricción es cuatro, y las placas de fricción se muestran como placas de fricción en forma de disco. Obviamente, el número de placas de fricción puede ser diferente de cuatro, y la forma de las placas de fricción puede ser diferente de una forma de disco, tal como placas de fricción cuadradas o rectangulares.
- Asimismo, debe notarse que las aberturas pasantes pueden ser implementadas como aberturas pasantes de forma, por ejemplo, circular o elíptica. Las dimensiones de las aberturas pasantes están típicamente en el intervalo de 10-200 mm. Con referencia a la fig. 3, la abertura pasante de la placa de fricción 13 es menor que la abertura pasante de la placa de fricción 14. Similarmente, la abertura pasante de la placa de fricción 14 es menor que la abertura pasante de la placa de fricción 15, etc.

## REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para amortiguar oscilaciones de una turbina eólica (1) que comprende una torre de turbina eólica (4), una góndola (3) dispuesta en la parte superior de dicha torre de turbina eólica (4), y un número de palas de rotor (2) conectadas de modo giratorio a la góndola (3), estando generadas dichas oscilaciones por fuerzas inducidas sobre la góndola (3) y la torre de turbina eólica (4) por las palas de rotor (2) giratorias, procedimiento que comprende las etapas de:
- proporcionar una estructura de masa de péndulo (5) suspendida internamente que está conectada funcionalmente a una sección superior de la torre,
  - proporcionar una plataforma (17, 25) que está unida de modo fijo a la sección superior de la torre,
- caracterizado por que
- el procedimiento comprende además las etapas de proporcionar una pluralidad de placas de fricción (13-17, 21-24) apiladas, desplazables mutuamente, que están dispuestas de modo desplazable con relación a la plataforma (17, 25), estando adaptada la pluralidad de placas de fricción (13-17, 21-24) apiladas, mutuamente desplazables, para ser desplazadas con relación a la plataforma (17, 25) en respuesta a movimientos relativos entre la estructura de masa de péndulo suspendida (5) y la plataforma (17, 25) con el fin de disipar por fricción la energía de la estructura del masa de péndulo suspendida (5).
2. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la estructura de masa de péndulo suspendida (5) está conectada funcionalmente con la sección superior de la torre a través de una o más barras de suspensión (6), a través de uno o más cables de suspensión, o a través de una combinación de los mismos.
3. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2, en el que la pluralidad de placas de fricción (13-17, 21-24) apiladas, mutuamente desplazables, está adaptada para ser desplazadas, directa o indirectamente, por medio de una o más de las barras de suspensión (6), de uno o más de los cables de suspensión, o de una combinación de los mismos.
4. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 ó 2, en el que la pluralidad de placas de fricción (13-17, 21-24) apiladas, mutuamente desplazables, está adaptada para ser desplazadas, directa o indirectamente, por medio de un elemento de activación (19), unido de modo fijo a la estructura de masa de péndulo suspendida (5).
5. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la estructura de masa de péndulo suspendida (5) se dispone de un modo excéntrico con relación a un eje central longitudinal de la torre de turbina eólica (4).
6. Una turbina eólica (1) que comprende una torre de turbina eólica (4), una góndola (3) dispuesta en la parte superior de dicha torre de turbina eólica (4), y un número de palas de rotor (2) conectadas de modo giratorio a la góndola (3), turbina eólica (1) que comprende además un montaje para amortiguar oscilaciones que están generadas por fuerzas inducida sobre la góndola (3) y la torre de turbina eólica (4) por las palas de rotor (2) giratorias, comprendiendo dicho montaje:
- una estructura de masa de péndulo suspendida (5) internamente, que está conectada funcionalmente a una sección superior de la torre,
  - una plataforma (17, 25) dispuesta dentro de la sección superior de la torre y unida de modo fijo a la misma, y
- caracterizada por que
- la turbina eólica (1) comprende además una pluralidad de placas de fricción (13-17, 21-24) apiladas, desplazables mutuamente, que están dispuestas de modo desplazable con relación a la plataforma (17, 25), estando adaptada la pluralidad de placas de fricción (13-17, 21-24) apiladas, mutuamente desplazables, para ser desplazadas con relación a la plataforma (17, 25) en respuesta a movimientos relativos entre la estructura de masa de péndulo suspendida (5) y la plataforma (17, 25) con el fin de disipar por fricción la energía de la estructura del masa de péndulo suspendida (5).
7. Una turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 6, que comprende además unos medios de encapsulado de seguridad (8), que encapsulan al menos parcialmente la estructura de masa de péndulo suspendida (5), medios de encapsulado de seguridad (8) que están adaptados para mantener la estructura de masa de péndulo suspendida (5) en una posición segura durante condiciones anormales de trabajo de la turbina eólica.



8. Una turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 7, en la que los medios de encapsulado de seguridad (8) se implementan de tal modo que la estructura de masa de péndulo suspendida (5) puede oscilar con una amplitud máxima predeterminada.
- 5 9. Una turbina eólica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 6-8, en la que los medios de encapsulado de seguridad (8) están unidos de modo fijo con la sección superior de la torre de turbina eólica.
10. Una turbina eólica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 6-8, en el que los medios de encapsulado de seguridad (8) están unidos de modo fijo a la plataforma (17).
- 10 11. Una turbina eólica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 6-10, en la que la estructura de masa de péndulo suspendida (5) se dispone de un modo excéntrico con relación a un eje central longitudinal de la torre de turbina eólica.



**Fig. 1**

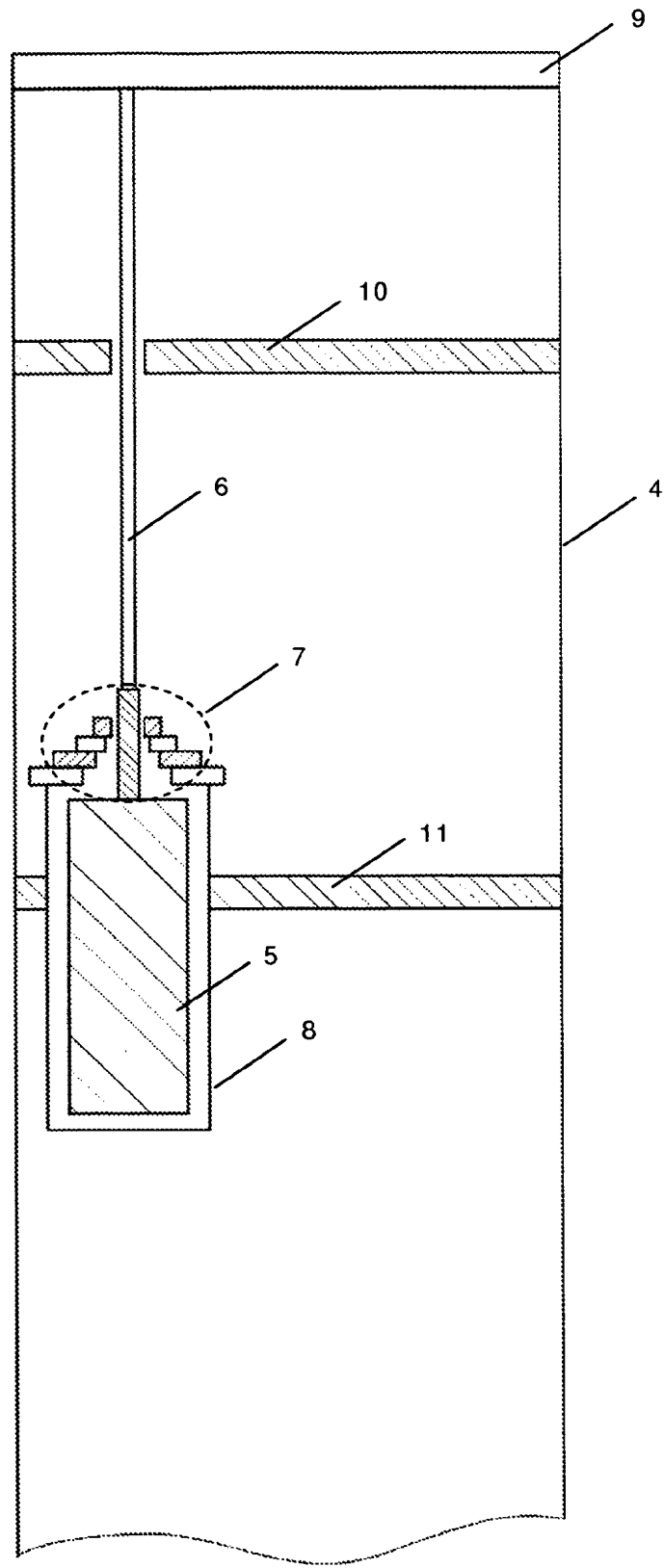


Fig. 2

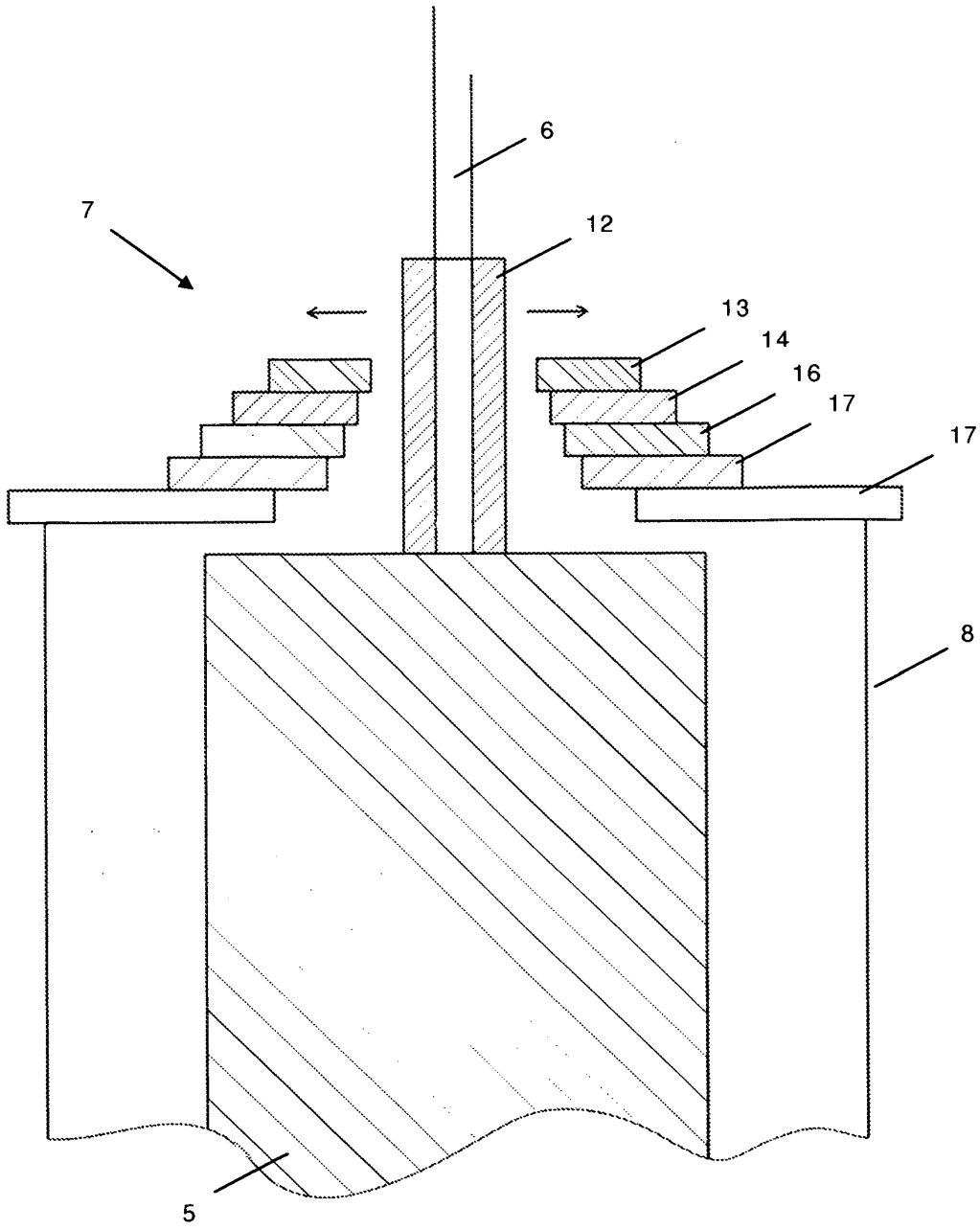


Fig. 3

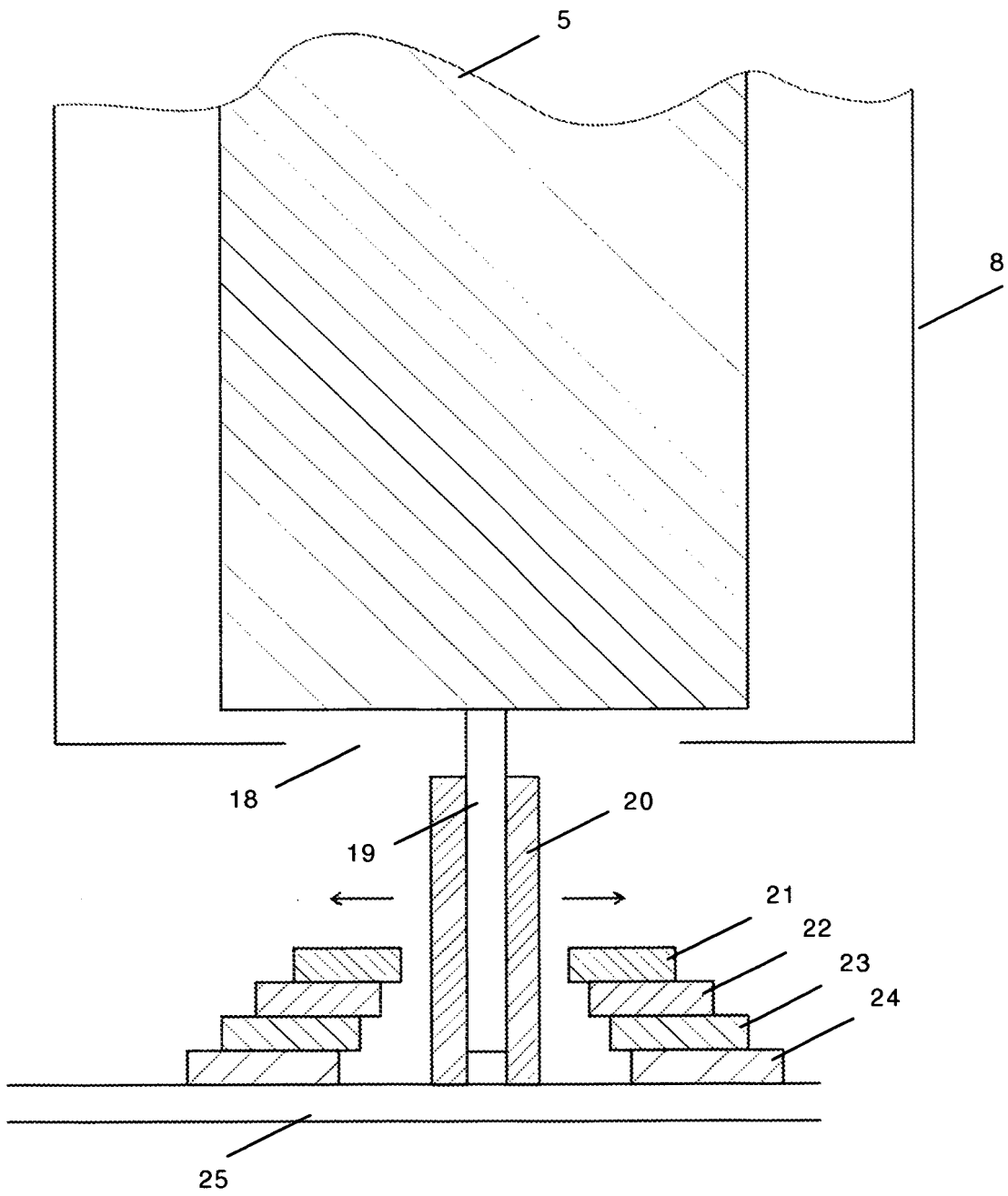


Fig. 4