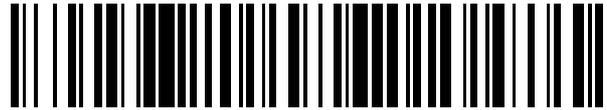


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 543 359**

51 Int. Cl.:

F03D 1/00 (2006.01)

F03D 11/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.12.2009 E 09771491 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.07.2015 EP 2376771**

54 Título: **Turbina eólica con sistema y método de amortiguación de vibraciones**

30 Prioridad:

16.12.2008 DK 200801789

16.12.2008 US 122904 P

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

18.08.2015

73 Titular/es:

VESTAS WIND SYSTEMS A/S (100.0%)

Hedeager 42

8200 Aarhus N, DK

72 Inventor/es:

PEDERSEN, GUNNAR KAMP STORGAARD

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 543 359 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Turbina eólica con sistema y método de amortiguación de vibraciones

La presente invención se refiere a una turbina eólica conectada a una red de suministro eléctrico.

Antecedentes

- 5 En las turbinas eólicas se conoce un fenómeno de funcionamiento en el que se introducen vibraciones en las direcciones longitudinal y transversal especialmente por la presión del viento sobre el rotor y la rotación de las palas de rotor.

Las vibraciones introducidas en la turbina eólica de una magnitud mayor que valores predefinidos pueden suponer un problema en relación con un mayor número de paradas forzadas y de intervalos de mantenimiento para la turbina eólica así como una posible reducción en la vida útil estimada de la turbina eólica.

10 En el pasado se han sugerido diferentes soluciones activas y pasivas para eliminar las vibraciones de las turbinas eólicas por encima de valores predefinidos tales como estrategias de ajuste de paso que reducen la carga de la turbina eólica o pesados amortiguadores dispuestos en la parte superior de la torre, es decir una reducción en la generación de potencia o un aumento significativo en el peso de la turbina eólica, respectivamente. El documento EP 1 008 747 A1 es un ejemplo de esto último y da a conocer diversos amortiguadores para amortiguar vibraciones en la torre y la góndola.

Por tanto, un objeto de la presente invención es proporcionar una solución de amortiguación de vibraciones para una turbina eólica sin los problemas mencionados anteriormente.

20 Una turbina eólica puede incluir un transformador en la góndola. Por ejemplo, en el documento EP 1 677 007 A1 se da a conocer una disposición de la técnica anterior de un transformador en una góndola de una turbina eólica.

Breve descripción de la invención

25 Según la presente invención se proporciona una turbina eólica conectada a una red de suministro eléctrico, comprendiendo dicha turbina eólica una góndola, al menos un transformador para alimentar la potencia generada a la red de suministro eléctrico, y una disposición de suspensión flexible conectada a una estructura con capacidad de carga de la góndola y que suspende dicho transformador por encima de un nivel de suelo de la góndola. Uno o más amortiguadores de movimiento están conectados entre dicho transformador y dicha góndola.

30 La disposición de suspensión permite que el transformador oscile y de este modo se evitan de manera flexible o incluso se contrarrestan las vibraciones de la góndola en lugar de ser una parte rígida de la masa de la góndola que contribuye a las vibraciones. Dado que el transformador es una parte importante del peso total de la góndola, de este modo es posible reducir los demás medios para amortiguar vibraciones en la turbina eólica tal como los amortiguadores independientes dispuestos en la parte superior de la torre.

Asimismo, dado que el transformador está dispuesto sobre una torre de longitud importante y se elimina su masa vibratoria convencional con la invención, también puede ser posible reducir la resistencia o el uso de material de la torre o de la cimentación ya que se enfrentan a menos vibraciones.

35 El término "flexible" en relación con la disposición de suspensión ha de entenderse como cualquier forma de suspensión no rígida que permite que el transformador oscile en al menos una dirección en respuesta a vibraciones de la góndola.

40 En un aspecto de la invención, dicha disposición de suspensión incluye una junta de acoplamiento de cardán, esférico o universal similar en una conexión entre dicha góndola y dicho transformador, que permite que el transformador oscile. De este modo se obtienen realizaciones ventajosas de la disposición de suspensión mediante la integración de la flexibilidad en una disposición independiente con respecto a la estructura de la góndola.

45 En otro aspecto de la invención, dicha disposición de suspensión incluye una parte central con un primer árbol que conecta la disposición a dicha estructura con capacidad de carga y un segundo árbol orientado en perpendicular conectado a dicho transformador, que permite que el transformador oscile en dos direcciones mediante la funcionalidad de cardán. De este modo se obtiene una realización ventajosa de la disposición de suspensión mediante el uso de partes existentes de la estructura de la góndola para establecer una funcionalidad de cardán.

50 En un aspecto adicional de la invención, dichos árboles primero y segundo están orientados en una dirección transversal y longitudinal de la góndola. De este modo se permite que el transformador oscile de manera controlada en las mismas direcciones que las vibraciones introducidas por la carga del rotor procedente del viento y la rotación de las palas de rotor.

En un aspecto de la invención, dicha disposición de suspensión está conectada a una estructura con capacidad de carga del sistema de grúa de góndola interno, por ejemplo dos elementos laterales en forma de vigas de acero

longitudinales bajo el techo de la góndola. La suspensión del transformador se simplifica ventajosamente mediante el uso de estructuras existentes de la góndola preparadas para soportar cargas pesadas.

5 En otro aspecto de la invención, dicha disposición de suspensión está conectada a una estructura con capacidad de carga interna del techo de la góndola, por ejemplo una estructura de armazón autoportante de la góndola. Las góndolas modernas comprenden algún tipo de estructura de armazón autoportante que garantiza que las paredes y el techo pueden soportar un peso importante más allá de la carga de la presión del viento y similares. Por consiguiente, de nuevo es posible simplificar ventajosamente la suspensión mediante el uso de una estructura existente de la góndola.

10 Con los uno o más amortiguadores de movimiento de la invención es posible restringir o incluso controlar el movimiento del transformador de manera ventajosa en lugar de usar algún tipo de topes de extremo mecánicos o restricciones en la disposición de suspensión.

15 En un aspecto de la invención, dichos uno o más amortiguadores de movimiento son dos o cuatro amortiguadores de impactos conectados a regiones de esquina del transformador, por ejemplo en el pie del transformador y a las correspondientes paredes de la góndola. Mediante la conexión a todas las esquinas del transformador o a las esquinas opuestas es más fácil restringir o controlar los movimientos y especialmente evitar la transferencia de cargas desequilibradas a los amortiguadores de movimiento.

20 En un aspecto de la invención, dichos uno o más amortiguadores de movimiento son cilindros hidráulicos. Las soluciones con amortiguadores hidráulicos son ventajosas en situaciones de alto rendimiento y habitualmente en la góndola están presentes otros sistemas hidráulicos que pueden simplificar la implementación de sistemas de control activo.

En un aspecto de la invención, dichos uno o más amortiguadores de movimiento pueden controlarse y/o bloquearse con medios de control con respecto a valores límite predefinidos de movimiento del transformador y/u oscilaciones o cargas de la turbina eólica. Al establecer un sistema de control activo es posible aprovechar el peso del transformador en la amortiguación de vibraciones o cargas en la turbina eólica.

25 La presente invención también proporciona un método para reducir las vibraciones en una góndola y una torre de una turbina eólica conectada a una red de suministro eléctrico, comprendiendo dicha turbina eólica al menos un transformador que puede alimentar la potencia generada a dicha red de suministro eléctrico, caracterizado porque dicho al menos un transformador se suspende por encima de un nivel de suelo en dicha góndola de dicha turbina eólica por medio de una disposición de suspensión flexible conectada a una estructura con capacidad de carga de dicha góndola.

Figuras

A continuación se describirá la invención con referencia a las figuras en las que

la figura 1 ilustra una turbina eólica moderna grande tal como se conoce en la técnica,

35 la figura 2 ilustra una vista en sección transversal simplificada de una góndola con un transformador suspendido, visto desde el lateral,

la figura 3 ilustra en más detalle una realización de la invención que incluye la disposición de suspensión del transformador, vista desde detrás de la góndola,

la figura 4 ilustra una vista lateral en sección ampliada de la disposición de suspensión flexible de la realización en la figura 3, vista desde una viga de acero hacia la otra,

40 la figura 5 ilustra la suspensión del transformador, visto desde arriba, y

la figura 6 ilustra realizaciones adicionales de una disposición de suspensión flexible para el transformador suspendido.

Descripción detallada de la técnica relacionada

45 La figura 1 ilustra una turbina eólica 1 moderna grande tal como se conoce en la técnica, que comprende una torre 2 y una góndola de turbina eólica 3 dispuesta encima de la torre 2. En esta realización, el rotor de turbina eólica 4 comprende tres palas de turbina eólica 5 montadas sobre un buje común 6 que está conectado a la góndola 3 a través del árbol de baja velocidad que se extiende saliendo por la parte delantera de la góndola 3. En otra realización, el rotor de turbina eólica 4 podría comprender un número distinto de palas 5 tal como una, dos, cuatro, cinco o más.

50 La turbina eólica se levanta sobre una cimentación de hormigón 7 dispuesta principalmente bajo el nivel del terreno 8 con el fin de establecer una turbina eólica para su conexión a una red de suministro eléctrico (no ilustrada en la figura) que transfiere la potencia generada a los clientes de la red de suministro.

Descripción detallada de la invención

La figura 2 ilustra una vista en sección transversal simplificada de una góndola 3, vista desde el lateral, por ejemplo sin estar presentes varios de los componentes principales por motivos de claridad.

5 La góndola se ilustra con un transformador 12 suspendido por encima de un nivel de suelo 9 en la parte trasera de la góndola. El transformador está suspendido de una disposición de suspensión flexible 13 unida a una estructura con capacidad de carga 10 de la góndola.

El nivel de suelo 9 se ilustra como parte (o un accesorio) del armazón de base de la góndola conectado a la torre 2, por ejemplo a través de un mecanismo de guiñada (no ilustrado en la figura) que permite transferir la carga del viento del rotor a través del armazón de base a la torre y a la cimentación.

10 La estructura con capacidad de carga 10 pueden ser dos vigas de acero orientadas longitudinalmente en la góndola y unidas al techo de la góndola cerca de las paredes de la góndola. Las vigas de acero forman parte del sistema de grúa interno 11 en la góndola que permite diferentes tipos de operaciones de mantenimiento de mayor envergadura cuando la turbina eólica no está en funcionamiento.

15 El transformador 12 transforma la potencia eléctrica generada por el generador (no ilustrado en la figura) a un nivel de alta tensión diferente para alimentar la potencia a la red de suministro eléctrico. Un transformador convencional en una turbina eólica moderna habitualmente pesa varias toneladas, por ejemplo en el intervalo de 8 a 10 toneladas.

La figura 3 ilustra en más detalle una realización de la invención que incluye la disposición de suspensión 13 del transformador 12, vista desde detrás de la góndola.

20 La disposición de suspensión 13 incluye una parte central 14 por la que penetran un primer y un segundo árbol 15, 16. El primer árbol 15 está sujeto entre las dos vigas de acero 10 del sistema de grúa interno, es decir está dirigido transversalmente/a lo ancho de la góndola. El segundo árbol 15 está sujeto, con placas de conexión 17 en lados opuestos de la parte central, al armazón superior del transformador 12 y está dirigido longitudinalmente/a lo largo de la góndola.

25 Unos canales en los árboles en la parte central 14 permiten que los árboles roten libremente (tal como se ilustra con las flechas) es decir permitiendo que el transformador oscile en dos direcciones mediante la funcionalidad de cardán. Alternativamente, la rotación libre puede establecerse fijando los árboles a la parte central y permitiendo que los árboles roten en las conexiones a las vigas 10 y las placas de conexión 17.

Los árboles 15, 16 perpendiculares pueden disponerse uno por encima del otro según se ilustra en la figura o estar a nivel dividiendo un árbol en dos extremos de árbol.

30 Dado que el transformador 12 se suspende por encima de un nivel de suelo de la góndola y puede oscilar en la disposición de suspensión flexible 13, se ilustra que el transformador también puede estar dotado de amortiguadores de movimiento 18, por ejemplo en la parte inferior del armazón. Los amortiguadores de movimiento pueden garantizar que la oscilación del transformador no aumente más allá de un nivel, definido por ejemplo por las directrices de seguridad generales así como las distancias con respecto a otros componentes y paredes de la góndola.

35 La figura 4 ilustra una vista lateral en sección ampliada de la disposición de suspensión flexible 13 de la realización en la figura 3, vista desde una viga de acero hacia la otra.

40 La figura ilustra especialmente el segundo árbol 16 unido a las dos placas de conexión 17 en lados opuestos de la parte central 14. Además, también ilustra el desplazamiento de los dos árboles, penetrando el segundo árbol 16 en y pasando a través de la parte central 14 por encima del primer árbol 15.

La figura 5 ilustra una vista en sección de la realización en la figura 3, vista desde arriba.

45 La figura ilustra especialmente la unión del primer árbol 15 a las dos vigas de acero 10 y la unión del segundo árbol 16 a las placas de conexión 17 a través de la parte central 14. Además, también ilustra cuatro amortiguadores de movimiento 18 conectados a las cuatro regiones de esquina del transformador 12 y a una estructura de la góndola, ilustrando las flechas su funcionalidad de amortiguación del movimiento del transformador en la disposición de suspensión flexible.

Los amortiguadores de movimiento pueden ser elementos de absorción de impactos convencionales, montantes o un elemento de absorción similar del tipo de los que amortiguan un movimiento de manera pasiva.

50 La figura también ilustra esquemáticamente que uno o más amortiguadores de movimiento 18 pueden controlarse activamente mediante un sistema de control 19, por ejemplo un sistema que incluye diferentes mediciones de la turbina eólica tal como valores de las mediciones de vibración o carga en la góndola, la torre y/o la cimentación, así como valores del movimiento del transformador. El sistema de control puede iniciar, en respuesta a los valores medidos, un control individual de suministro de fluido o electricidad a los amortiguadores de movimiento con el fin de

usar el transformador como peso de amortiguación activo en la turbina eólica.

El sistema de control también puede responder bloqueando los amortiguadores de movimiento en una posición que permite que el transformador sólo realice un movimiento definido con el fin de contrarrestar una situación de vibración o carga dada.

5 La figura 6 ilustra tipos alternativos de disposiciones de suspensión flexible para el transformador 12. Además, la figura ilustra una sección de viga ligeramente inclinada de una estructura con capacidad de carga 10 alternativa de la góndola; representando la sección de viga esquemáticamente una parte de techo de la estructura de armazón autoportante interno de la góndola.

10 La disposición de suspensión flexible se ilustra como poste de conexión entre la estructura con capacidad de carga 10 y el transformador 12, estando el poste dividido por una junta de acoplamiento universal que permite que el transformador oscile en la disposición.

15 Las ampliaciones de la junta de acoplamiento ilustran esquemáticamente dos realizaciones diferentes de juntas de acoplamiento universal. La ampliación de la izquierda ilustra la disposición de suspensión flexible como acoplamiento de cardán y la ampliación de la derecha la ilustra como acoplamiento esférico, manteniendo unos pernos, que atraviesan el lado inferior de la parte de agarre, la bola de manera flexible en su sitio.

La invención se ha ilustrado anteriormente a modo de ejemplo con referencia a ejemplos específicos de la invención que incluyen disposiciones de suspensión flexible. Sin embargo, ha de entenderse que la invención no se limita a los ejemplos particulares descritos anteriormente, sino que puede diseñarse y modificarse en una multitud de variantes dentro del alcance de la invención según se especifica en las reivindicaciones adjuntas.

20 **Lista**

1. Turbina eólica
2. Torre
3. Góndola
4. Rotor
- 25 5. Pala
6. Buje
7. Cimentación
8. Nivel del terreno
9. Placa base o estructura de armazón similar que define un nivel de suelo de la góndola
- 30 10. Estructura con capacidad de carga de la góndola
11. Sistema de grúa de góndola interno
12. Transformador para alimentar la potencia generada a la red de suministro eléctrico
13. Disposición de suspensión flexible
14. Parte central para un primer y un segundo árbol
- 35 15. Primer árbol que conecta la disposición a la estructura con capacidad de carga
16. Segundo árbol conectado a dicho transformador
17. Placas de conexión
18. Amortiguadores de movimiento
19. Sistema de control para los amortiguadores de movimiento

40

REIVINDICACIONES

1. Turbina eólica (1) conectada a una red de suministro eléctrico, comprendiendo dicha turbina eólica (1) una góndola (3), y
al menos un transformador (12) para alimentar la potencia generada a la red de suministro eléctrico,
5 una disposición de suspensión flexible (13) conectada a una estructura con capacidad de carga (10) de la góndola (3) y que suspende dicho transformador (12) por encima de un nivel de suelo de la góndola (3),
caracterizada por que uno o más amortiguadores de movimiento (18) están conectados entre dicho transformador (12) y dicha góndola (3).
- 10 2. Turbina eólica (1) según la reivindicación 1, en la que dicha disposición de suspensión (13) incluye una junta de acoplamiento de cardán, esférico o universal similar en una conexión entre dicha góndola (3) y dicho transformador (12) que permite que el transformador (12) oscile.
- 15 3. Turbina eólica (1) según la reivindicación 1, en la que dicha disposición de suspensión (13) incluye una parte central (14) con un primer árbol (15) que conecta la disposición a dicha estructura con capacidad de carga (10) y un segundo árbol (16) orientado en perpendicular conectado a dicho transformador (12) que permite que el transformador (12) oscile en dos direcciones mediante la funcionalidad de cardán.
4. Turbina eólica (1) según la reivindicación 3, en la que dichos árboles primero y segundo (15, 16) están orientados en una dirección transversal y longitudinal de la góndola (3).
- 20 5. Turbina eólica (1) según cualquiera de las reivindicaciones 2 a 4, en la que dicha disposición de suspensión (13) está conectada a una estructura con capacidad de carga (10) del sistema de grúa de góndola interno, por ejemplo dos elementos laterales en forma de vigas de acero longitudinales bajo el techo de la góndola.
6. Turbina eólica (1) según cualquiera de las reivindicaciones 2 a 4, en la que dicha disposición de suspensión (13) está conectada a una estructura con capacidad de carga interna (10) del techo de la góndola, por ejemplo una estructura de armazón autoportante de la góndola.
- 25 7. Turbina eólica (1) según la reivindicación 1, en la que dichos uno o más amortiguadores de movimiento (18) son dos o cuatro amortiguadores de impactos conectados a regiones de esquina del transformador (12), por ejemplo en el pie del transformador (12) y a las correspondientes paredes de la góndola.
8. Turbina eólica (1) según la reivindicación 1 ó 7, en la que dichos uno o más amortiguadores de movimiento (18) son cilindros hidráulicos.
- 30 9. Turbina eólica (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1, 7 u 8, en la que dichos uno o más amortiguadores de movimiento (18) pueden controlarse y/o bloquearse con medios de control (19) con respecto a valores límite predefinidos de movimiento del transformador y/o de oscilaciones de la turbina eólica.
- 35 10. Método para reducir vibraciones en una góndola (3) y una torre (2) de una turbina eólica (1) conectada a una red de suministro eléctrico, comprendiendo dicha turbina eólica (1) al menos un transformador (12) que puede alimentar la potencia generada a dicha red de suministro eléctrico, caracterizado por que dicho al menos un transformador (12) se suspende por encima de un nivel de suelo en dicha góndola (3) de dicha turbina eólica (1) por medio de una disposición de suspensión flexible (13) conectada a una estructura con capacidad de carga (10) de dicha góndola (3).

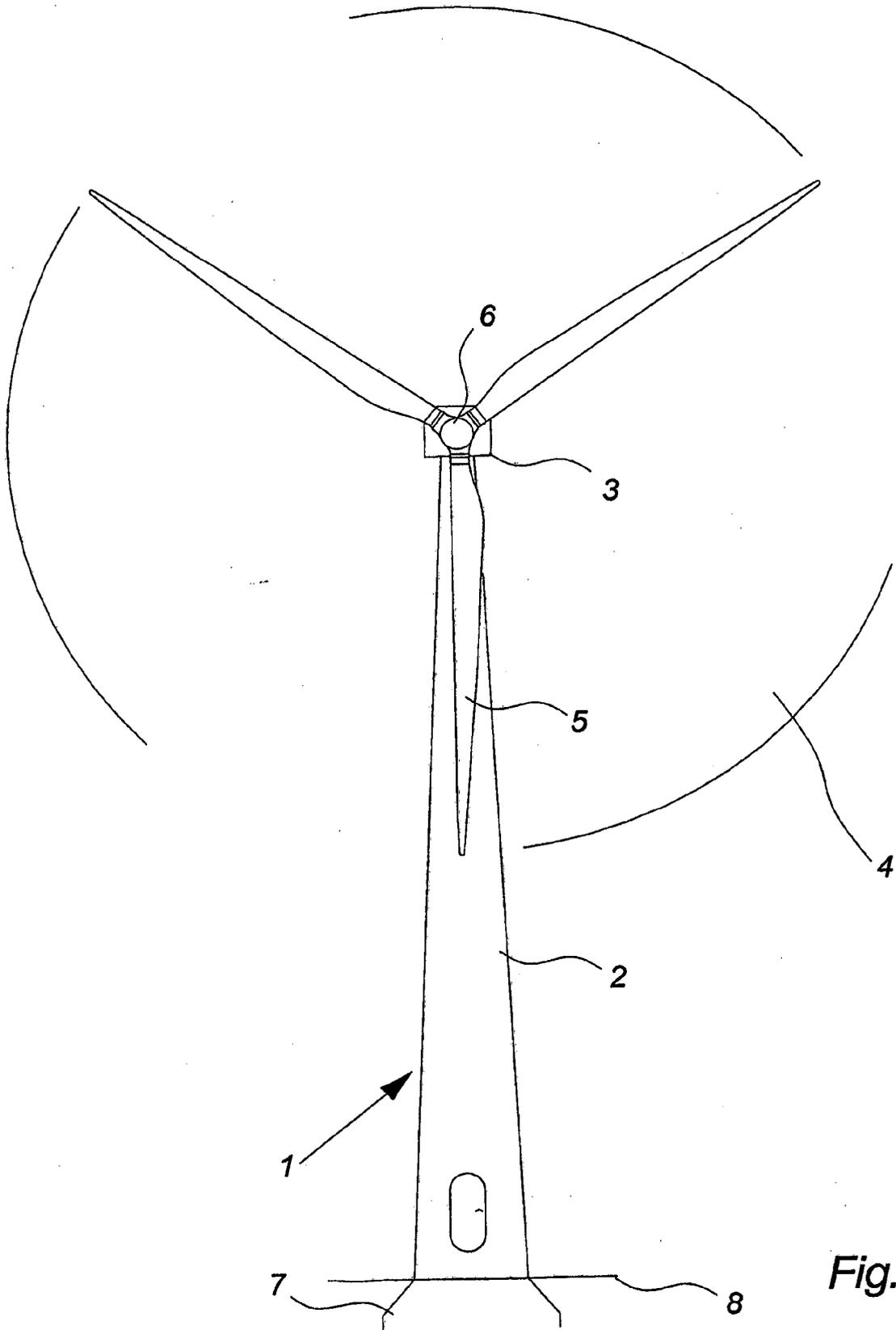


Fig. 1

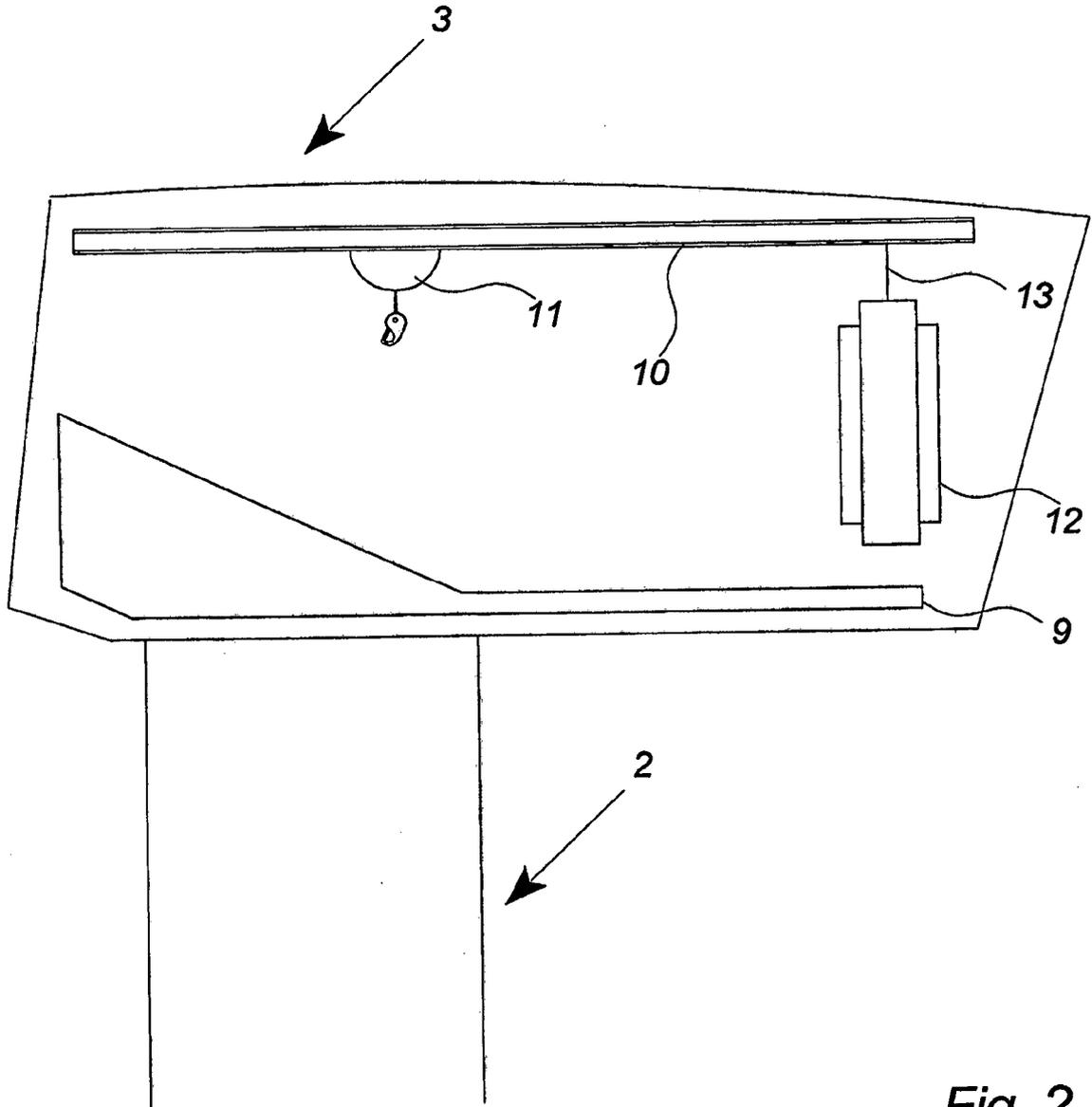


Fig. 2

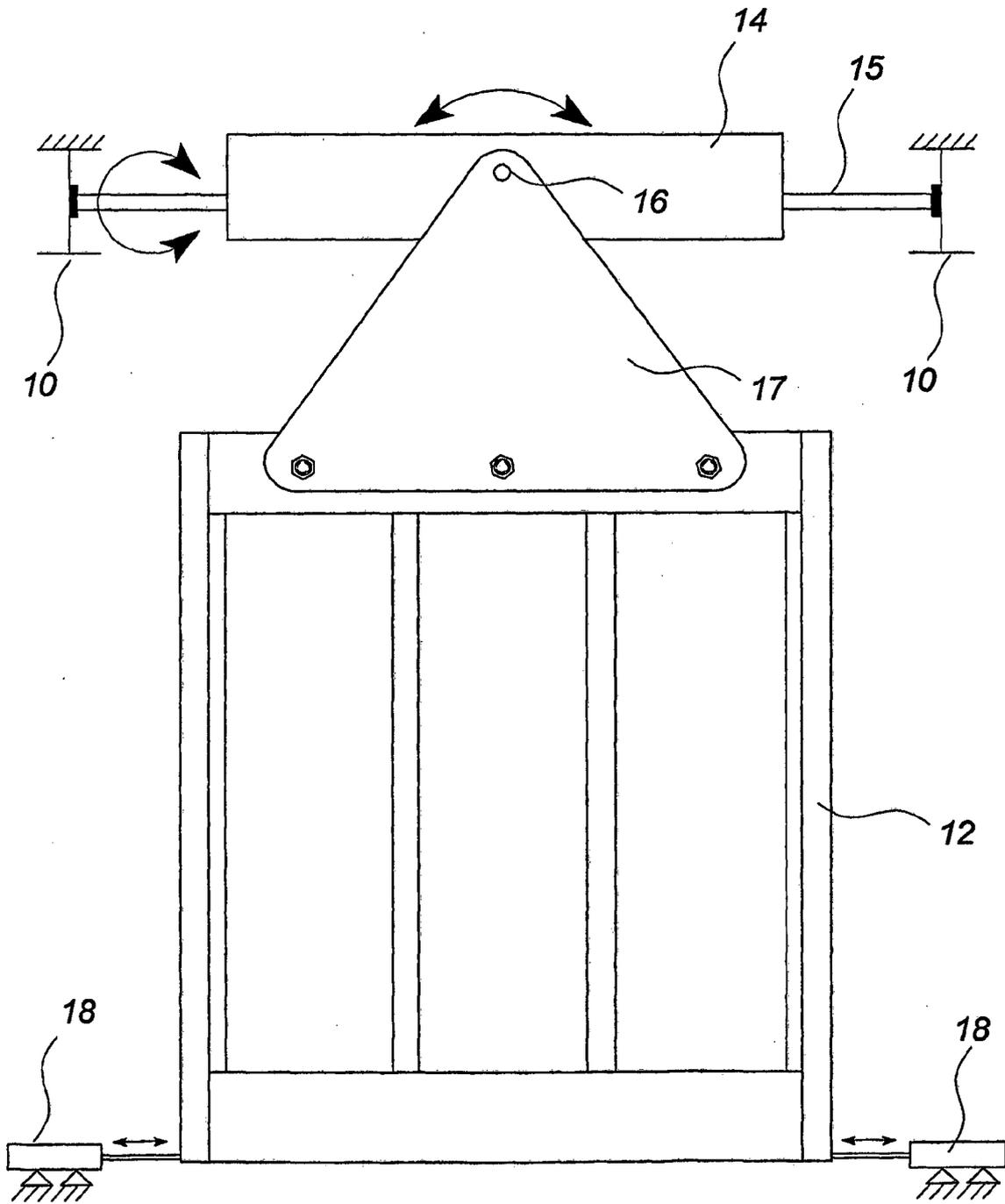


Fig. 3

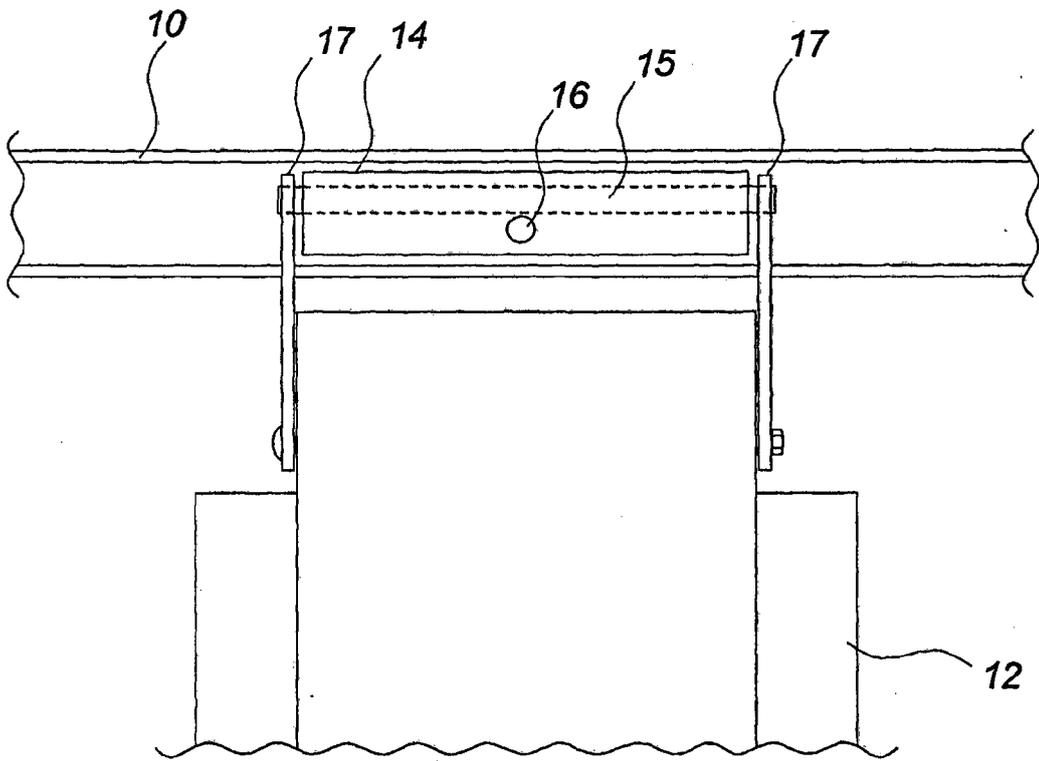


Fig. 4

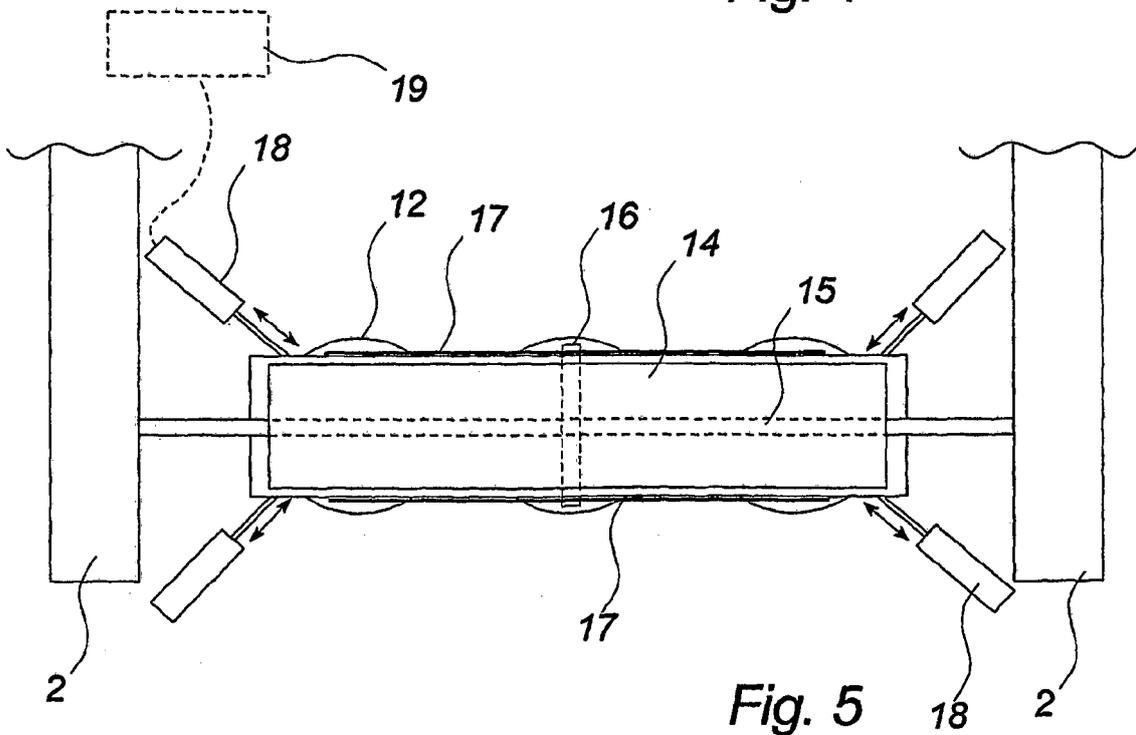


Fig. 5

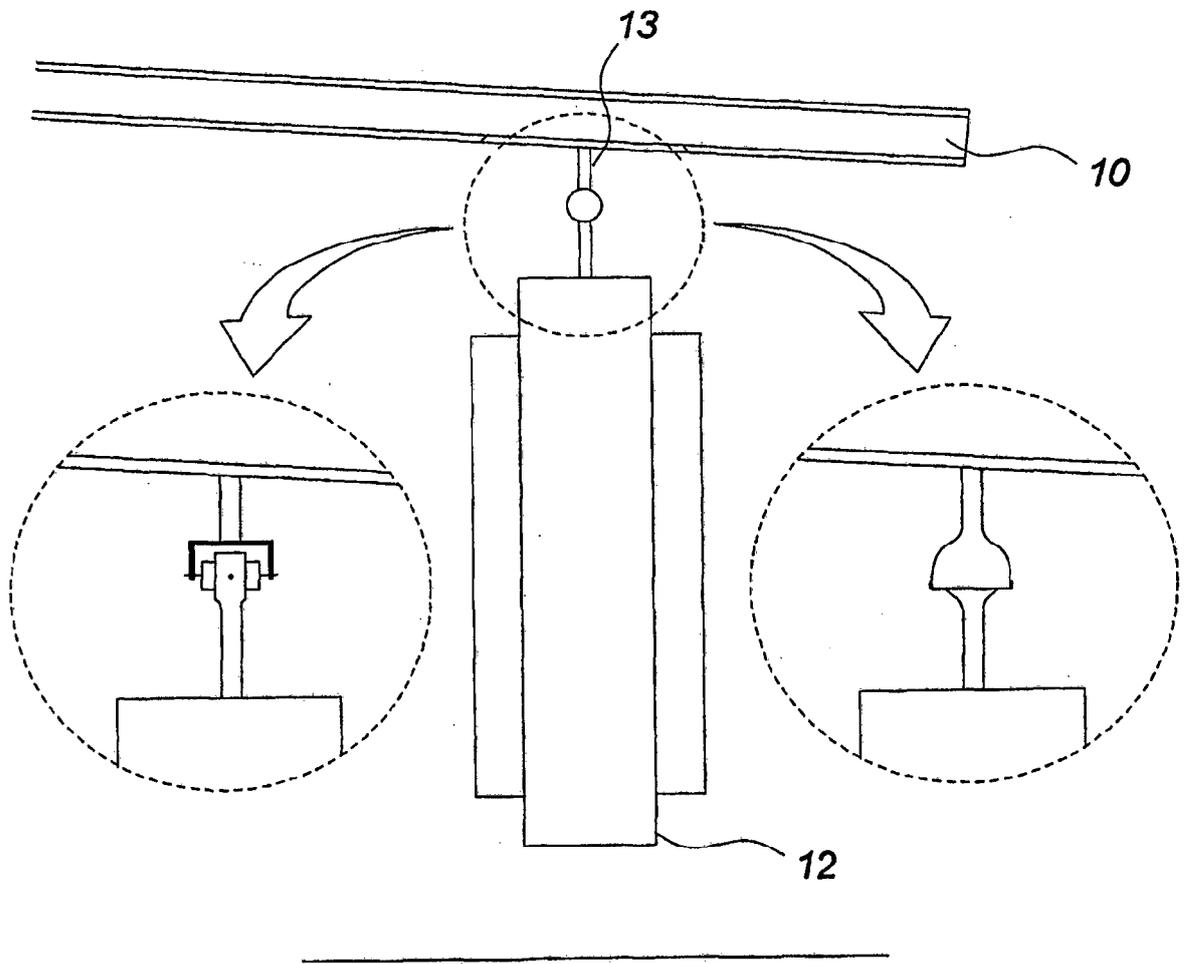


Fig. 6