

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 685 834**

51 Int. Cl.:

**F03D 7/02** (2006.01)

**E04H 12/08** (2006.01)

**F03D 13/20** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.06.2007 PCT/DK2007/000316**

87 Fecha y número de publicación internacional: **03.01.2008 WO08000265**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.06.2007 E 07764446 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.08.2018 EP 2035699**

54 Título: **Una torre de turbina eólica y método para alterar la frecuencia propia de una torre de turbina eólica**

30 Prioridad:

**30.06.2006 DK 200600895**

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

**11.10.2018**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**NIEUWENHUIZEN, JOHN JOHANNES MATHIAS  
HUBERTUS**

74 Agente/Representante:

**ARIAS SANZ, Juan**

ES 2 685 834 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

Una torre de turbina eólica y método para alterar la frecuencia propia de una torre de turbina eólica

### 5 Antecedentes de la invención

La invención se refiere a una turbina eólica de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1 y a un método de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 10 para la modificación de la frecuencia propia de una torre de una turbina eólica.

10

### Descripción de la técnica relacionada

Una turbina eólica conocida en la técnica comprende una torre de turbina eólica cónica y una góndola de turbina eólica situada en la parte superior de la torre. Un rotor de turbina eólica con una serie de palas de la turbina eólica se conecta a la góndola a través de un eje de baja velocidad, que se extiende fuera del frontal de la góndola tal como se ilustra en la Figura 1.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

La frecuencia crítica natural (también conocida como la frecuencia propia o frecuencia de resonancia) de una torre de turbina eólica es un problema conocido en la industria de turbinas eólicas. Por ejemplo, una torre de turbina eólica de 50 m de altura tendrá la tendencia de balancearse hacia atrás y hacia delante, por ejemplo, cada tres segundos. La frecuencia con la que la torre oscila atrás y adelante también se conoce como la frecuencia propia de la torre. La frecuencia propia depende, entre otras cosas, de la altura de la torre, del espesor de sus paredes, del tipo de acero, y del peso de la góndola y del rotor. Cada vez que una pala del rotor pasa por el abrigo del viento de la torre, el rotor se empujará un poco menos contra la torre. Si el rotor gira con una velocidad de giro de tal manera que una pala del rotor pasa por la torre cada vez que la torre está en una de sus posiciones finales, a continuación la pala del rotor puede amortiguar o amplificar las oscilaciones de la torre.

Las propias palas del rotor son también flexibles, y pueden tener una tendencia a vibrar a una frecuencia de, por ejemplo, 1 a 2 Hz, lo que en determinadas circunstancias puede amplificar o amortiguar adicionalmente las oscilaciones de la torre. En el peor de los casos, varios factores que actúan simultáneamente podrían hacer que la torre oscile a un grado en el que la torre u otras partes de la turbina eólica sufran daños, en el que la vida de la torre u otras partes se vean severamente reducidas o reduzcan, al menos, la eficacia de la turbina eólica.

Una forma de tratar este problema es tomar diferentes medidas durante la fase de diseño de la turbina eólica, por ejemplo, haciendo que la torre sea más rígida, reduciendo el peso de la góndola y del rotor u otro. Pero estas medidas chocan, a menudo, con otras cualidades deseadas de la turbina eólica tales como bajo coste de producción, alta eficacia y otras.

Por lo tanto, otra manera de tratar este problema se ha desarrollado y una de éstas se divulga en la Solicitud de Patente Alemana nº. DE-A 10309825. Esta aplicación divulga una forma de amortiguar los movimientos de la torre por tres cables arriostrados conectados en cimientos individuales en el suelo que rodea la turbina eólica, cada uno equipado con un amortiguador hidráulico de auto-control. Los amortiguadores aseguran que el movimiento de la torre ligera y flexible no se haga tan grande e incontrolable, lo que pone en peligro la turbina eólica. Sin embargo, para que este sistema funcione los cables arriostrados tienen que ser relativamente largos y estar fijados relativamente lejos de la torre para que los amortiguadores reciban el movimiento suficiente para que funcionen correctamente. Esto es, por supuesto, desventajoso porque la turbina eólica ocupará por tanto más espacio y porque, estéticamente, este diseño es más indeseado. Además, todo el sistema y especialmente los cimientos separados para los cables arriostrados aumentarán el coste total de la turbina eólica considerablemente haciendo que este diseño sea menos rentable, particularmente con turbinas eólicas mar adentro.

Un objeto de la invención es, por lo tanto, proporcionar una turbina eólica sin las desventajas mencionadas.

Especialmente, un objeto de la invención es proporcionar una técnica ventajosa y rentable para reducir el riesgo de oscilaciones de la torre que causan daño a la turbina eólica o reduciendo su eficacia.

### La invención

La invención proporciona una turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende un rotor de turbina eólica con al menos una pala de la turbina eólica, una torre de turbina eólica, tal como una torre estándar de acero tubular, colocada sobre un cimiento y conectada a la turbina eólica rotor a través de una góndola de turbina eólica, y medios de control para establecer los valores de control de oscilación de la turbina eólica. La turbina eólica es tal que la torre comprende medios de alteración de carga para la optimización de la frecuencia propia de la torre en respuesta a los valores de los medios de control y en la que un extremo de los medios de alteración de carga se conecta a la torre y otro extremo de los medios de alteración de carga se conecta también a la torre o directa o indirectamente al cimiento.

5 Casi todos los sistemas mecánicos tienen una o más frecuencias de resonancia, donde el sistema absorbe más energía de las oscilaciones cuando la frecuencia de las oscilaciones de los sistemas coincide o sustancialmente coincide con la frecuencia de resonancia de vibración de los sistemas. Al proporcionar la torre con medios de alteración de carga es posible ajustar la carga en la torre o en una parte de la torre, alterando así la frecuencia propia de las torres, haciendo que sea diferente de, por ejemplo, la frecuencia de las vibraciones inducidas por el rotor.

10 La mayoría de las turbinas eólicas modernas comprenden ya medios de control para establecer los valores de control de oscilación de la turbina eólica. Al proporcionar la turbina eólica con medios de alteración de carga y basar el control de estos medios de alteración de carga en los valores, es posible alterar las frecuencias críticas naturales de las torres cambiando su rigidez y, por este medio, amortiguar las oscilaciones de la torre. Esto es ventajoso en que proporciona una forma simple y rentable de amortiguar las oscilaciones de la torre y en que mediante la optimización de la frecuencia propia de la torre es posible obtener una estructura más estable de la torre de turbina eólica, con lo que se pueden obtener, por ejemplo, ahorros de material.

15 Un sistema de acuerdo con la invención tiene además la ventaja de poder reaccionar antes de que ocurran las oscilaciones críticas, porque el sistema se basa en los valores de control de oscilación, que se pueden utilizar para predecir el estado de oscilación de la torre.

20 En un aspecto de la invención, dichos medios de alteración de carga comprenden medios para ajustar la carga en dicha torre o en una parte de dicha torre.

25 El ajuste de la carga en la torre o en una parte de la torre es ventajoso porque proporciona una forma simple y rentable de alterar las frecuencias críticas naturales de las torres y así prevenir o al menos reducir las oscilaciones de la torre.

En un aspecto de la invención, dichos medios de alteración de carga comprenden medios de conexión que conectan verticalmente una posición de torre con al menos una posición inferior de la torre o con el cimiento.

30 Mediante la conexión de diferentes porciones de torre entre sí o al cimiento por medio de los medios de conexión, es posible controlar la rigidez de la torre o de partes específicas de la torre. Esto puede aumentar la posibilidad de obtener ahorros de material.

35 En un aspecto de la invención, dichos medios de conexión incluyen cable o varillas de acero.

Mediante el uso de cable o varillas de acero como dichos medios de conexión, se obtiene una solución económica para la optimización de la frecuencia propia de la torre.

40 En un aspecto de la invención, dichos medios de conexión incluyen medios amortiguadores.

45 Al proporcionar los medios de conexión con medios amortiguadores es posible reducir los esfuerzos máximos (por ejemplo, de tirones repentinos en los medios) en los medios de conexión mediante la distribución de las cargas a lo largo del tiempo. Esto es ventajoso porque los medios de conexión y su conexión con la torre o cimiento pueden ser más simples y económicos. Además, los medios amortiguadores reducirían también la emisión de ruido de los medios de alteración de carga.

En un aspecto de la invención, dichos medios de alteración de carga incluyen al menos un medio de accionamiento que actúa directa o indirectamente sobre dichos medios de conexión.

50 Al actuar directa o indirectamente sobre dichos medios de conexión, se obtiene un fácil control de la tensión de los medios de conexión.

55 En un aspecto de la invención, el al menos un medio de accionamiento son accionadores hidráulicos o eléctricos que cambian la tensión de dichos medios de conexión en respuesta a dichos valores de control de los medios de control.

60 Mediante la alteración de la tensión de los medios de conexión es posible alterar la rigidez de la torre de turbina eólica, con lo que la frecuencia natural crítica o frecuencias de la torre pueden también alterarse. Mediante la alteración de la rigidez de la torre, es posible evitar o parcialmente evitar las resonancias en la estructura de torre de la turbina eólica. Es, además, una posibilidad utilizar la optimización de la rigidez de la torre antes mencionada como una solución temporal durante el alzamiento de la turbina eólica.

65 En un aspecto de la invención, dichos medios de control incluyen sensores como acelerómetros, galgas extensométricas, anemómetros, termómetros u otros para la medición de valores de oscilación de la turbina eólica.

Al hacer que los medios de control incluyan sensores que detectan, por ejemplo, la velocidad del viento o la aceleración de las oscilaciones de la torre, es posible establecer valores de control de oscilación más precisos que permiten que los medios de alteración de carga se puedan controlar con mayor precisión.

5 En un aspecto de la invención, dichos medios de alteración de carga se sitúan dentro de dicha torre.

Mediante la colocación de los medios de alteración de carga dentro de la torre, un acceso más fácil a los medios puede obtenerse. Además, los medios de alteración de carga estarán colocados en un entorno más controlado y protegido de la lluvia, nieve, niebla salina y otros haciendo así posible evitar o al menos severamente reducir la  
10 corrosión y otro desgaste de los medios de alteración de carga.

En un aspecto de la invención, dichos medios de alteración de carga son al menos tres medios de alteración de carga independientes uniformemente separados sobre dicha torre por ejemplo, dos conjuntos de medios de conexión sustancialmente verticales situados en lados opuestos de la superficie interior de dicha torre.

15 Mediante el uso de al menos tres medios de alteración de carga independientes uniformemente separados es posible obtener un mayor y más uniforme control sobre la frecuencia propia de la torre sin importar la dirección del viento ni/o la dirección de las oscilaciones.

20 En un aspecto de la invención, dichos medios de control se configuran para activar dichos medios de alteración de carga si dichos valores de control de oscilación están fuera de uno o más límites predefinidos.

Si, por ejemplo la torre no oscila o si no hay ningún viento o si la amplitud o la aceleración de las oscilaciones o la velocidad del viento está por debajo de un cierto nivel u otro, podría ser ventajoso no activar los medios de alteración de carga, porque así es posible reducir el desgaste de los medios y de esta manera prolongar su vida.

25 En un aspecto de la invención, dichos medios de control comprenden medios para ajustar dichos medios de alteración de carga dinámica y/o proporcionalmente en relación con dichos valores de control de oscilación.

30 Al hacer que los medios de control ajusten los medios de alteración de carga dinámicamente y/o proporcionalmente con respecto a los valores sería, por ejemplo, posible infligir movimientos contrarios proporcionales si se producen oscilaciones de la torre o sería posible rigidizar dinámicamente una parte específica de la torre en relación con la dirección y/o la velocidad del viento. Esto es ventajoso porque es así posible amortiguar las oscilaciones de la torre de forma más eficaz proporcionando tan poca tensión extra a la estructura de torre como sea posible.

35 La alteración de la frecuencia propia de la torre mediante el ajuste de la carga en la torre o en una parte de la torre es ventajoso porque es una forma simple y rentable de controlar las oscilaciones en la torre y basando este control en los valores de control de oscilación se proporciona un control más preciso.

40 La invención también proporciona un método de acuerdo con la reivindicación 10 para alterar la frecuencia propia de una torre de una turbina eólica de acuerdo con cualquiera de las turbinas eólicas mencionadas anteriormente. El método comprende las etapas de:

- establecer los valores de control de oscilación de la turbina eólica por medio de medios de control, y
- optimizar la frecuencia propia de la torre por medio de los medios de alteración de carga de la torre en respuesta a los valores de control de oscilación.

45 De este modo se consigue un método ventajoso para reducir el riesgo de oscilaciones de la torre que causan daño a la turbina eólica o reducen su eficacia.

50 En un aspecto de la invención, dichos valores de control de oscilación se establecen sobre basándose en la oscilación de dicha torre.

55 Las oscilaciones de la torre se amortiguan basándose en los valores de control de oscilación mediante el ajuste de la frecuencia propia de la torre y es, por lo tanto, ventajoso que los valores de control de oscilación se establezcan directamente basándose en la oscilación de la torre.

60 En un aspecto de la invención, dichos medios de alteración de carga optimizan la frecuencia propia de la torre mediante el ajuste de la carga en dicha torre o en una parte de dicha torre.

En un aspecto de la invención, dichos medios de alteración de carga comprenden medios de conexión que conectan verticalmente una posición de torre con al menos una posición inferior de la torre o con el cimiento.

65 En un aspecto de la invención, dicha carga se ajusta ajustando la tensión de dichos medios de conexión.

En un aspecto de la invención, dichos medios de alteración de carga se activan si dichos valores de control de oscilación están fuera de uno o más límites predefinidos.

**Figuras**

- 5 La invención se describirá a continuación con referencia a las Figuras en las que
- la Figura 1 ilustra una gran turbina eólica moderna, según se ve desde la parte delantera,
- 10 la Figura 2 ilustra una realización de turbina eólica que comprende medios de alteración de carga, según se ve desde el lateral,
- la Figura 3 ilustra otra realización de turbina eólica que comprende medios de alteración de carga, según se ve desde la parte delantera,
- 15 la Figura 4 ilustra una sección transversal de una torre de turbina eólica, según se ve desde la parte superior,
- la Figura 5 ilustra una parte de sección transversal de una torre de turbina eólica que comprende una junta de sección de la torre, según se ve desde el lateral,
- 20 la Figura 6 ilustra una realización adicional de turbina eólica que comprende medios de alteración de carga, según se ve desde el lateral, y
- 25 la Figura 7 ilustra otra realización adicional de turbina eólica que comprende medios de alteración de carga, según se ve desde el lateral.

**Descripción detallada**

30 La Figura 1 ilustra una turbina eólica 1 conocida en la técnica, que comprende una torre cónica 2, que se subdivide en una serie de secciones de torre 8 montadas sobre un cimiento 6. Una góndola 3 de turbina eólica se sitúa en la parte superior de la torre 2.

35 En esta realización de la invención, el rotor 4 de la turbina eólica comprende tres palas 5 de la turbina eólica, que se conectan al concentrador del rotor 4 a través de mecanismos de paso. Cada mecanismo de paso incluye un cojinete de pala 7 que permite que la pala 5 pase en relación con el viento. El cubo se conecta a la góndola 3 conectándola directamente a un engranaje de turbina eólica en el frontal de la góndola o por medio de un eje directamente conectado a un generador o indirectamente a través de un mecanismo de engranajes y ejes de baja/alta velocidad en los que las conexiones pueden comprender uno o más cojinetes de eje tales como cojinetes del rotor y del generador.

40 La Figura 2 ilustra una realización de turbina eólica que comprende medios de alteración de carga, según se ve desde el lateral.

45 En esta realización de la invención, la torre 2 comprende medios de alteración de carga 9 en la forma de medios de conexión 10 formados como dos cables, varillas o similares 14, 24 fijados en la parte superior de la torre 2 de turbina eólica. Los cables 14, 24 se fijan, en esta realización, en las pestañas de la torre en la parte superior y en las pestañas inferiores de la torre. Los medios de alteración de carga 9 comprenden además accionadores 16, 26 colocados en una de juntas de secciones 17 de la torre.

50 En otra realización de la invención, los medios de conexión 10 se pueden fijar en cualquier lugar en la pared de la torre, brindando el beneficio de optimizar la rigidez en cualquier área o punto de la estructura de torre de turbina eólica.

55 En una realización adicional de la invención el uno o más accionadores 16, 26 se colocan en el extremo del cable, varillas o similares 14, 24 lo que proporciona la posibilidad de controlar y cambiar la tensión de los cables, varillas o similares 14, 24 tirando del extremo de los medios de conexión 10.

60 Los cables o varillas 14, 24 se pueden conectar a los medios de amortiguación 18, 28, lo que facilita la posibilidad de amortiguar cualquier tirón brusco en el cable, brindando el beneficio de evitar que el cable o varilla 14, 24 se rompa o sobrecargue. Los amortiguadores 18, 28 pueden ser amortiguadores hidráulicos, amortiguadores neumáticos, amortiguadores de resorte o similares. Los cables se pueden accionar por uno o más accionadores 16, 26, que están controlando la tensión de los cables o varillas 14, 24. Los accionadores pueden fijarse en la pared de la torre por medio de imanes, pernos, conexiones o similares, y podrían colocarse en diferentes puntos de la estructura de torre.

65

Mediante el control de la tensión del cable o varilla 14, 24, es posible controlar y alterar la frecuencia rigidez y/o resonancia de la torre 2. Los accionadores 16, 26 pueden además controlarse en función de diferentes variables, por ejemplo, la amplitud o la aceleración de la vibración de la torre 2, la velocidad y/o dirección del viento, la temperatura, la velocidad del rotor o la velocidad de giro de otros ejes o similares. Los cables 14, 24 y los accionadores 16, 26 se pueden colocar preferentemente de forma simétrica y/o igualmente separadas en la estructura de torre.

En esta realización de la invención la turbina eólica de control 1 comprende medios de control para establecer los valores de control de oscilación. La tensión de los medios de conexión 10 de los medios de alteración de carga 9 se ajusta, a continuación, basándose en estos valores. Por ejemplo, si la velocidad del viento se encuentra por encima de un cierto nivel o si los medios de control detectan oscilaciones en una cierta amplitud, los medios de control podrían hacer que ambos accionadores 16, 26 se extiendan, que solo un accionador 16, 26 se extienda dependiendo de la dirección de las oscilaciones o del viento, o los accionadores 16, 26 podrían extenderse de forma dinámica y/o proporcional a los valores de control de oscilación.

La Figura 3 ilustra otra realización de la turbina eólica 1 que comprende medios de alteración de carga 9, según se ve desde la parte delantera.

En esta Figura se divulga una colocación alternativa de los medios de alteración de carga 9 que comprende cables, varillas o similares 14, 24, al menos un accionador 16, 26, accionando cada cable 14, 24 y al menos una disposición de amortiguación 18, 28, que protege de los cables 14, 24 de tirones bruscos. Mediante la colocación de los medios de alteración de carga 9 en un área dada de la estructura de torre, es posible optimizar la rigidez de la torre 2 en un punto o área sustancialmente específica en la estructura de torre. Se observa que una pluralidad de medios de alteración de carga 9 se puede colocar en una pluralidad de diferentes áreas de la torre 2.

En una realización de la invención, los accionadores 16, 26, y/o los extremos de los cables, varillas o similares, se colocan en y/o conectan a las juntas de sección de la torre (no mostradas en la Figura 3).

La Figura 4 ilustra una sección transversal de una torre 2 de turbina eólica, según se ve desde la parte superior.

En esta realización de la invención, la torre 2 comprende cuatro accionadores simétricamente situados y separados uniformemente 16, 26, 36, 46 en la torre 2 de turbina eólica. En otra realización de la invención, la torre 2 podría comprender otro número de accionadores 16, 26, 36, 46 como uno, dos o tres, que podrían colocarse a diferentes alturas en la torre 2 y pueden colocarse de forma asimétrica, por ejemplo, si el viento en un sitio específico de la turbina eólica viene siempre desde solo unas cuantas direcciones u otros.

La Figura 5 ilustra una parte de la sección transversal de una torre 2 de turbina eólica, que comprende una junta de sección 17 de la torre, según se ve desde el lateral.

Como se ilustra en la Figura 1, una torre de turbina eólica tradicional 2 comprende un número de secciones de torre redondas y cónicas 6 montadas una sobre otra. Las secciones de torre 6 se atornillan entre sí a través de pestañas horizontales colocadas internamente 55, que se sueldan a la parte superior e inferior de cada sección 6.

Debido a las pestañas 55, la estructura de torre es particularmente fuerte en las juntas de sección 17 de la torre. Esto hace que de las juntas 17 un área ventajosa para la colocación de los accionadores (no mostrados en la Figura 5).

La Figura 6 ilustra una realización adicional de la turbina eólica 1 que comprende medios de alteración de carga 9, según se ve desde el lateral.

En esta realización de la invención, la tensión de los cables 14, 24 se controla mediante uno o más accionadores 16, 26, colocados en la parte inferior de la torre 2. Los medios de conexión 10 se pueden conectar a la pestaña inferior de la torre, el cimientado o similar mediante al menos un aparejo 49, 59 o similar. Los cables, varillas o similares 14, 24 se pueden mantener a una distancia de las paredes de la torre por medio de medios de guía 11, que en este caso se proporcionan en forma de barras 47, 57 que se extienden desde las paredes de la torre. Las barras 47, 57 pueden, en el extremo que está en contacto con los medios de conexión 10, comprender además uno o más aparejos, ruedas o similares para formar los medios de guía 11.

Los medios de conexión 10 se conectan además, en esta realización, a uno o más medios de amortiguación 18, 28. Los medios de amortiguación se podrían colocar en cualquier lugar en los cables 14, 24, por ejemplo, en uno de los extremos del cable o barra 14, 24.

En una realización adicional de la invención los medios de alteración de carga 10 se pueden colocar fuera de la torre.

La Figura 7 ilustra otra realización adicional de la turbina eólica 1 que comprende medios de alteración de carga 9, según se ve desde el lateral.

5 En esta realización de la invención los medios de conexión 10 en forma de dos cables, barras o similares 14, 24 se fijan en la parte superior de la torre 2 de turbina eólica. Los cables 14, 24 se fijan, en esta realización, en las pestañas de la torre en la parte superior y en la parte inferior de la torre. Los accionadores 16, 26 se colocan en una de las juntas de sección 17 de la torre.

10 En esta realización, los accionadores 16, 26 se controlan por un sistema de control 62. El sistema de control 62 puede comprender uno o más sensores 64, 65, 66, 67, por ejemplo, acelerómetros, galgas extensométricas, radares, termómetros, anemómetros o de otro tipo que miden, por ejemplo, las vibraciones en la torre, la velocidad del viento u otro y controlan los accionadores 16, 26 basándose en las mediciones del uno o más sensores 64, 65, 66, 67. El sistema de control 62 puede comprender además una pluralidad de diferentes variables, por ejemplo, la velocidad del viento, medida por un anemómetro, y puede controlar los accionadores 16, 26 basándose en las mediciones y/o algoritmos. El sistema de control 62 puede controlar los accionadores 16, 26 individualmente, así como en grupos. Se observa que una pluralidad de sensores 64, 65, 66, 67 se puede colocar en varios puntos de la turbina eólica 1, brindando la posibilidad de controlar los accionadores 16, 26 basándose en mediciones precisas y fiables de toda la turbina eólica 1.

20 En una realización de la invención, el sistema de control 62 controla una pluralidad de medios de alteración de carga 10 basándose en las mediciones de dicho uno o más sensores 64, 65, 66, 67.

25 En otra realización de la invención, los medios de conexión 10 se conectan solo directa o indirectamente en un punto de la estructura de torre, por ejemplo, la pestaña de torre 55 en la parte superior de la torre, y no toca la torre 2 ni directa o indirectamente en ningún punto, entre los puntos de conexión de los cables, barras 14, 24 o similares. El otro extremo de los cables, barras o similares, se puede conectar directa o indirectamente al cimiento 6. Los accionadores 16, 26, por ejemplo, medios de tracción, se colocan en algún lugar entre los puntos de extremo o en el uno o más extremos de los cables o barras 14, 24.

30 En otra realización de la invención, los extremos de los medios de conexión 10 se conectan ambos a la estructura de torre y el medio de conexión 10 no toca la pared de la torre en ningún punto entre los puntos de conexión de los medios de conexión 10. Al menos uno de los extremos de los cables, barras 14, 24 o similares se conecta a un accesorio, lo que evita que el cable, barra 14, 24 se ponga en contacto con la pared de la torre en cualquier punto entre los dos puntos de conexión. Los accionadores 16, 26 pueden colocarse en uno o ambos extremos de los cables, barras 14, 24 o similares.

En otra realización de la invención, los cables, barras 14, 24 o similares pueden ser sinfín.

40 La invención se ha ejemplificado anteriormente haciendo referencia a ejemplos específicos de turbinas eólicas 1, medios de alteración de carga 9, medios de conexión 10 y otros. Sin embargo, se debe entender que la invención no se limita a los ejemplos particulares descritos anteriormente sino que puede diseñarse y modificarse en una multitud de variedades dentro del alcance de la invención tal como se especifica en las reivindicaciones.

**Lista:**

- 45
1. Turbina eólica
  2. Torre de turbina eólica que incluye al menos dos secciones de torre
  3. Góndola de la turbina eólica
  4. Concentrador de la turbina eólica
  - 50 5. Pala de la turbina eólica
  6. Cimiento de la turbina eólica
  7. Cojinete de pala
  8. Sección de torre
  9. Sistema de alteración de carga
  - 55 10. Medios de conexión
  11. Medios de guía
  - 14, 24, 34, 44. Cable, barras o similares
  - 16, 26, 36, 46. Accionador
  17. Junta de sección de la torre
  - 60 18, 28, 38, 48. Medios amortiguadores
  - 42, 52. Pared de la torre
  - 47, 57. Barra
  - 49, 59. Aparejo
  55. Pestaña horizontal
  - 65 62. Sistema de control
  - 64, 65, 66, 67. Sensor

**REIVINDICACIONES**

1. Una turbina eólica (1) que comprende  
 un rotor (4) de turbina eólica con al menos una pala (5) de turbina eólica,  
 5 una torre (2) de turbina eólica, tal como una torre de acero tubular estándar (2), situada sobre un cimientto (6) y  
 conectada a dicho rotor (4) de turbina eólica a través de una góndola (3) de la turbina eólica y  
 medios de control para establecer valores de control de oscilación de la turbina eólica (1),  
 caracterizada por que  
 10 la torre (2) comprende medios de alteración de carga (9) para optimizar la frecuencia propia de la torre en respuesta  
 a dichos valores de dichos medios de control y en la que dichos medios de alteración de carga (9) se sitúan dentro  
 de dicha torre (2) y comprenden medios de conexión (10) que conectan verticalmente una posición de torre con al  
 menos una posición de torre inferior o con el cimientto (6), y en la que los medios de conexión (10) incluyen cables  
 (14, 24, 34, 44).
- 15 2. Una turbina eólica (1) de acuerdo con la reivindicación 1, en la que dichos medios de alteración de carga (9)  
 comprenden medios para ajustar la carga en dicha torre (2) o una parte de dicha torre (2).
3. Una turbina eólica (1) de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en la que dichos medios de conexión (10) incluyen  
 20 medios amortiguadores (18, 28, 38, 48).
4. Una turbina eólica (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en la que dichos medios de  
 alteración de carga (9) incluyen al menos un medio de accionamiento que actúa directa o indirectamente sobre  
 dichos medios de conexión (10), en la que preferentemente al menos un medio de accionamiento son accionadores  
 25 hidráulicos o eléctricos (16, 26, 36, 46) que cambian la tensión de dichos medios de conexión (10) en respuesta a  
 dichos valores de control de los medios de control.
5. Una turbina eólica (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que los medios de  
 conexión (10) incluyen cable de acero (14, 24, 34, 44).
- 30 6. Una turbina eólica (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que los medios de  
 conexión (10) se forman como dos cables (14, 24) fijados en una parte superior de la torre (2) de turbina eólica.
7. Una turbina eólica (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que los medios de  
 35 accionamiento (16, 26) y/o los extremos de los cables (14, 24) se colocan en y/o conectan a las juntas de sección de  
 la torre.
8. Una turbina eólica (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que dichos medios de  
 alteración de carga (9) son al menos tres medios de alteración de carga (9) independientes separados  
 40 uniformemente en dicha torre (2), por ejemplo, dos conjuntos de medios de conexión sustancialmente verticales (10)  
 colocados en lados opuestos de la superficie interior de dicha torre (2).
9. Una turbina eólica (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que dichos medios de  
 control comprenden medios para ajustar dichos medios de alteración de carga (9) dinámicamente y/o  
 45 proporcionalmente en relación con dichos valores de control de oscilación.
10. Un método para alterar la frecuencia propia de una torre (2) de una turbina eólica, comprendiendo dicho método  
 las etapas de  
 • establecer los valores de control de oscilación de dicha turbina eólica (1) por medio de medios de control y  
 • optimizar la frecuencia propia de la torre por medio de medios de alteración de carga (9) de dicha torre (2) en  
 50 respuesta a dichos valores de control de oscilación,  
 • en el que dichos medios de alteración de carga (9) se sitúan dentro de dicha torre (2) y comprenden medios  
 de conexión (10) que conectan verticalmente una posición de torre con al menos una posición de torre inferior  
 o con el cimientto (6), y en el que los medios de conexión (10) incluyen cables (14, 24, 34, 44).
- 55 11. Un método de acuerdo con la reivindicación 10, en el que dichos valores de control de oscilación se establecen  
 basándose en la oscilación de dicha torre (2).
12. Un método de acuerdo con la reivindicación 10 u 11, en el que dichos medios de alteración de carga (9)  
 60 optimizan la frecuencia propia de la torre ajustando la carga en dicha torre (2) o en una parte de dicha torre (2).
13. Un método de acuerdo con la reivindicación 12, en el que dicha carga se ajusta ajustando la tensión de dichos  
 medios de conexión (10).
14. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 10 a 13, en el que dichos medios de alteración de  
 65 carga (9) se activan si dichos valores de control de oscilación están fuera de uno o más límites predefinidos.



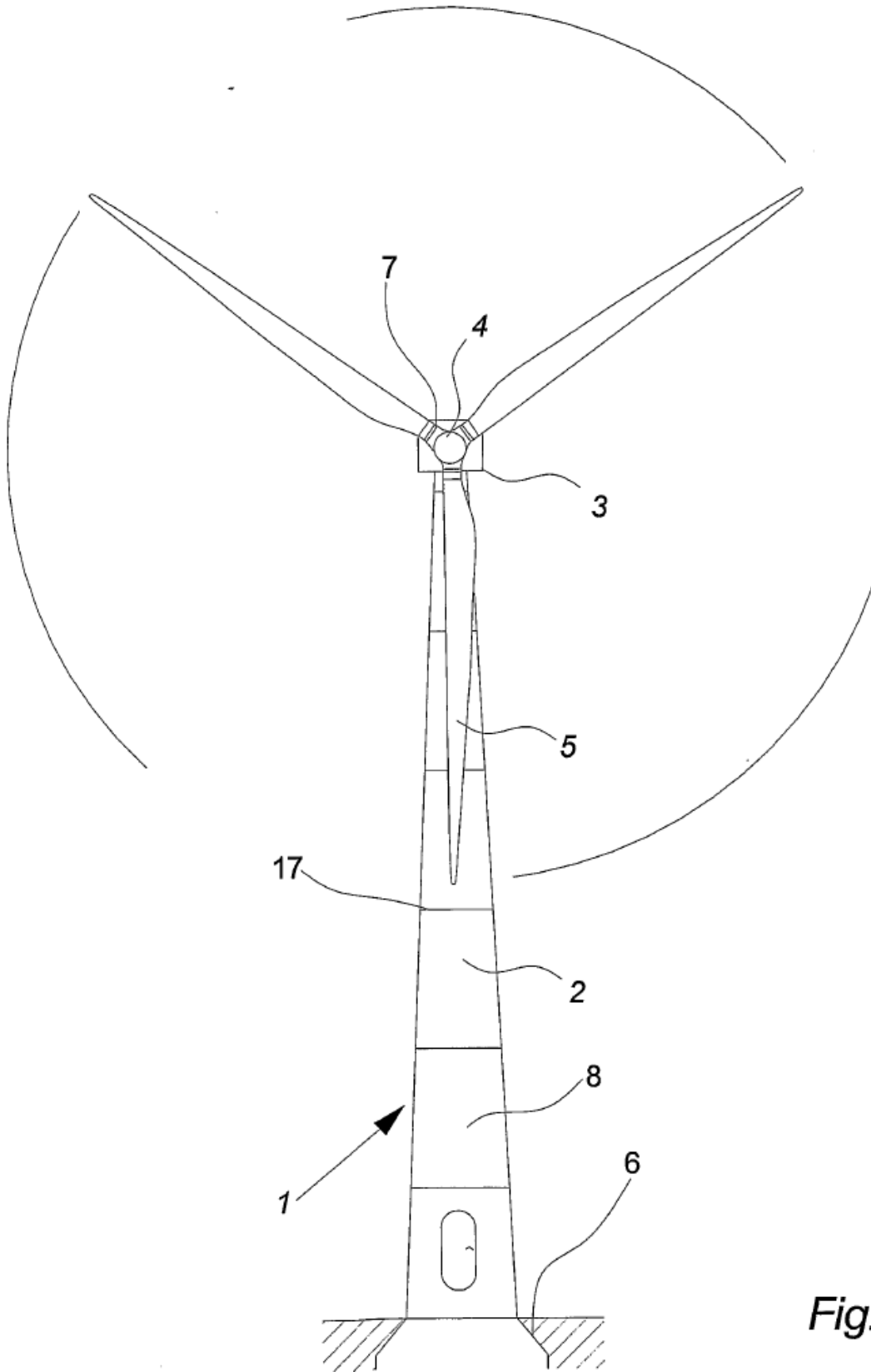


Fig. 1

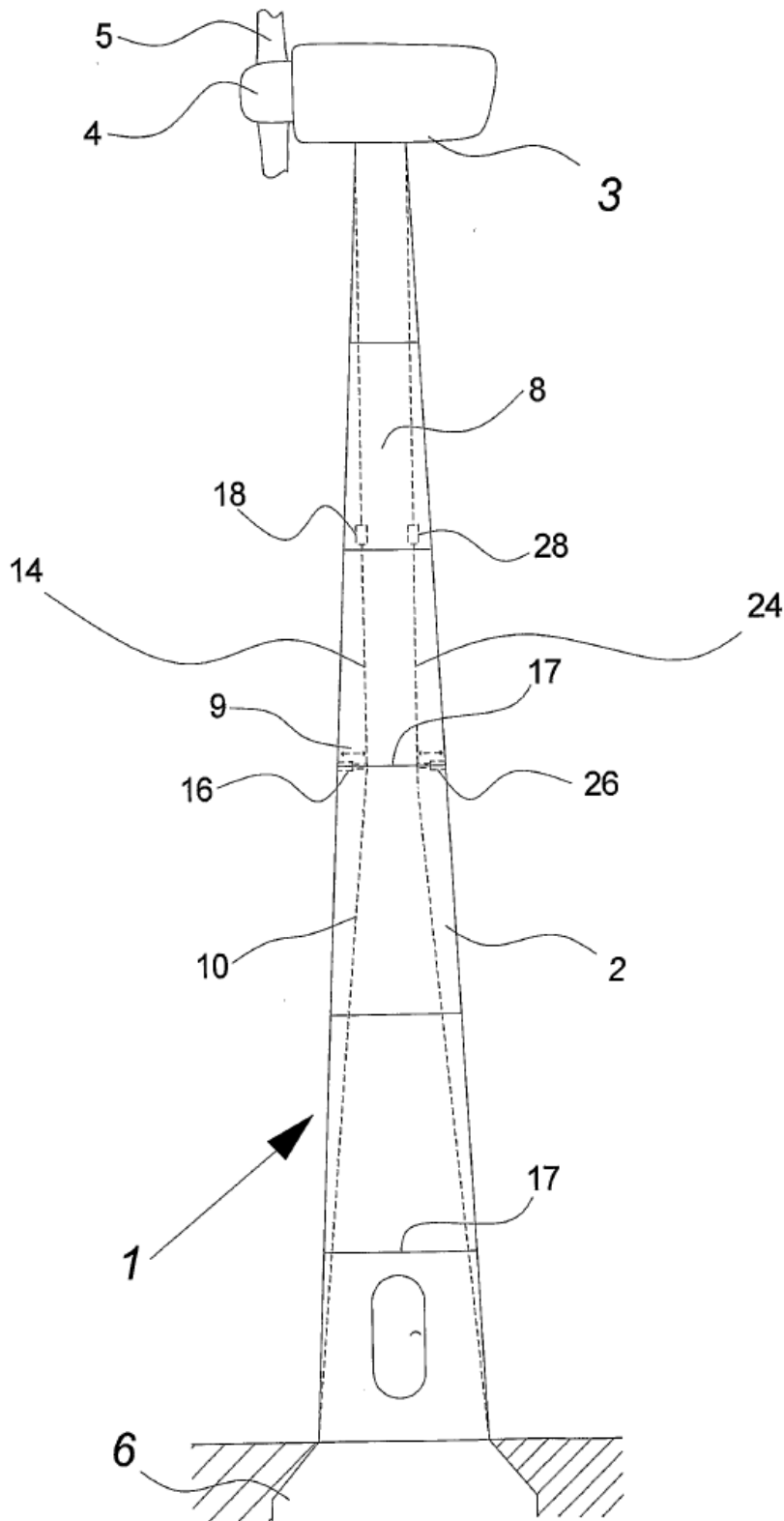


Fig. 2

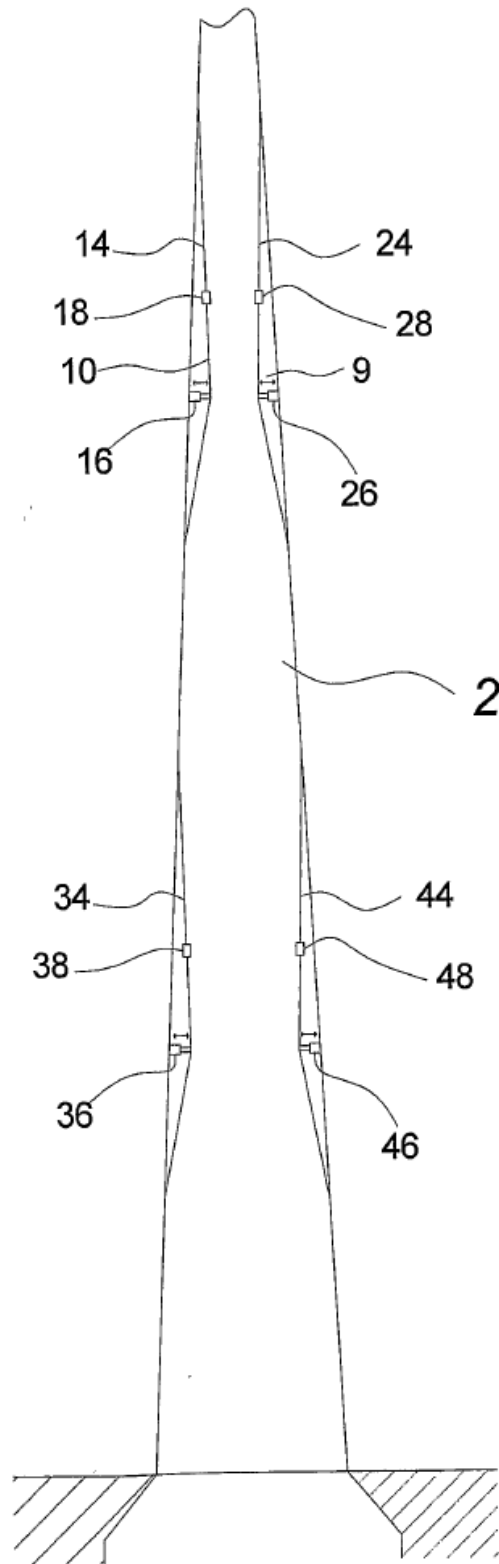
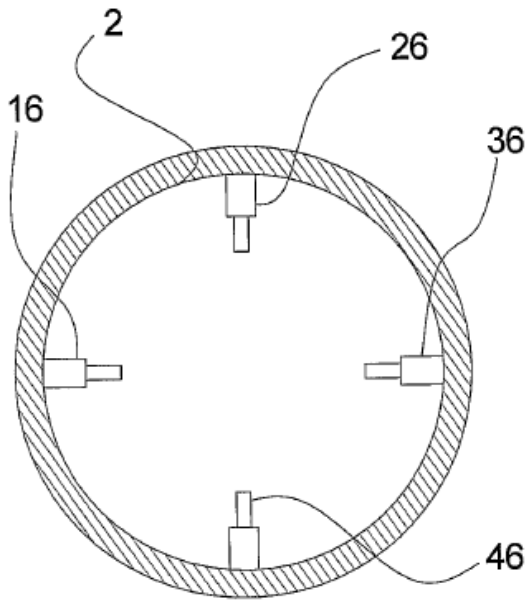
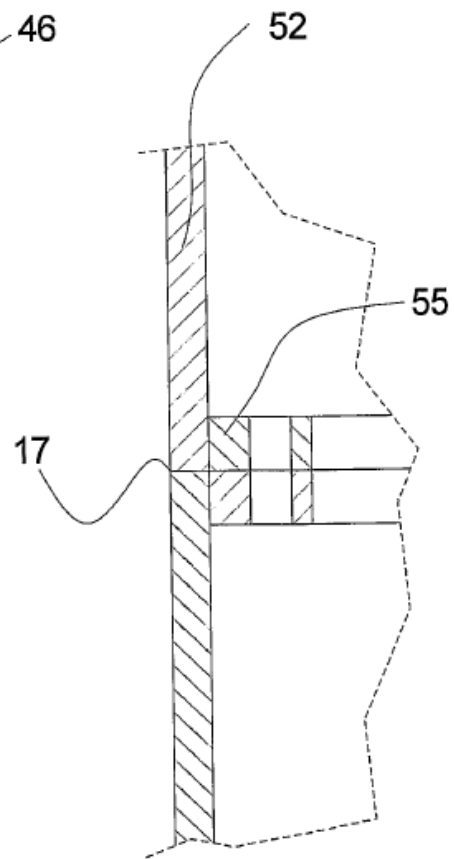


Fig. 3



*Fig. 4*



*Fig. 5*

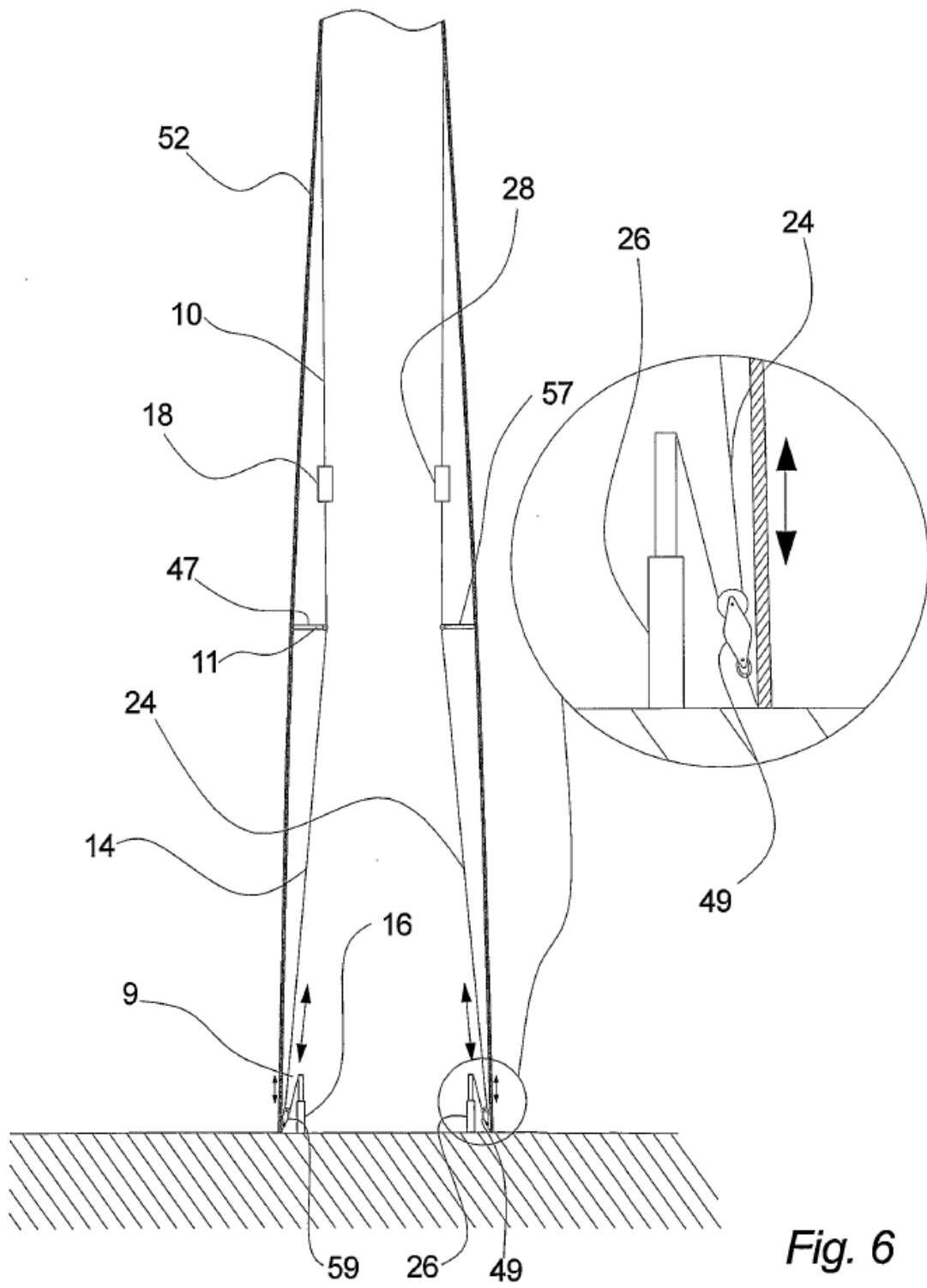


Fig. 6

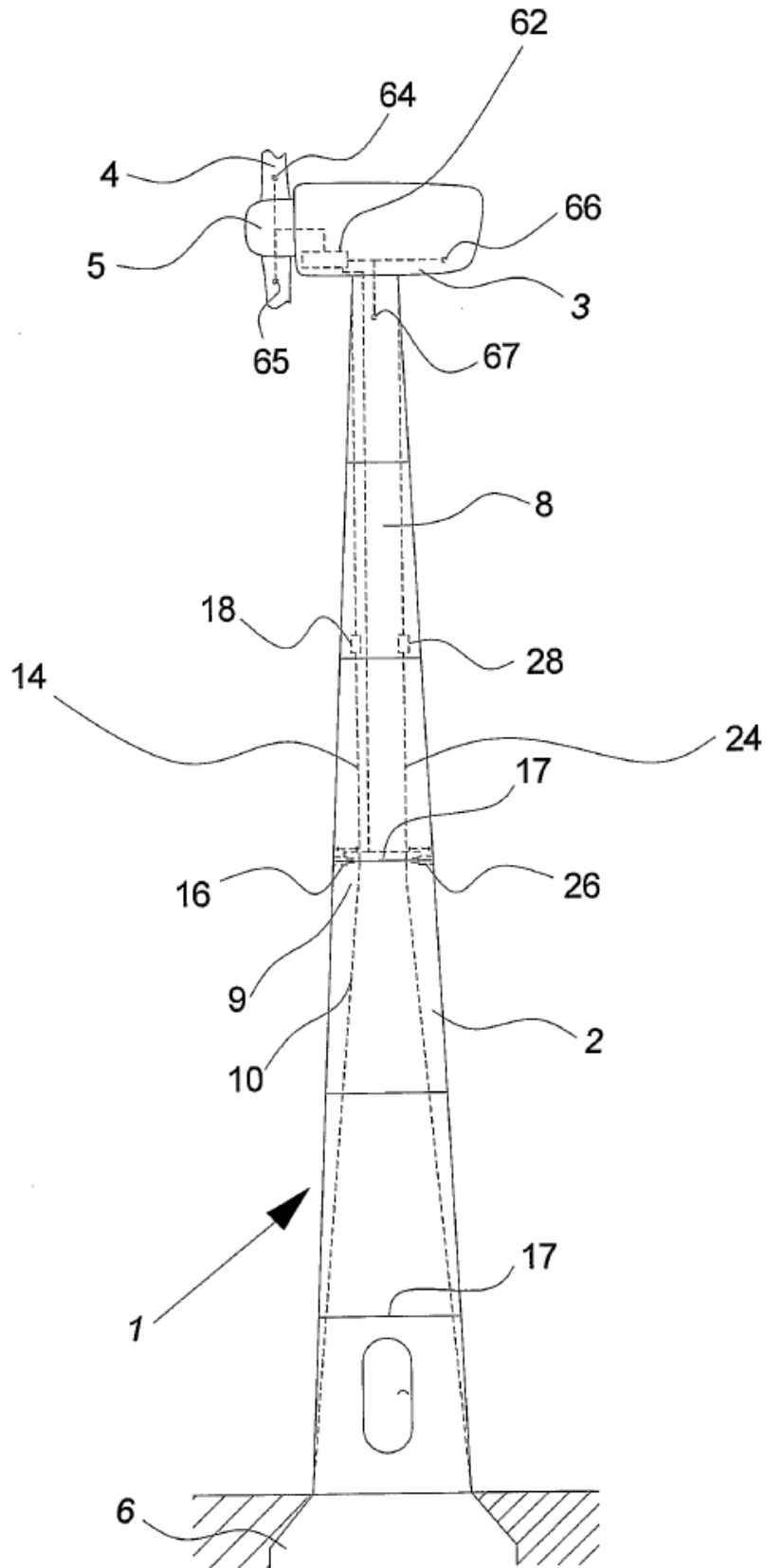


Fig. 7