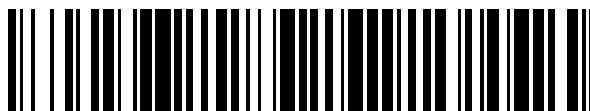


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 794 008**

51 Int. Cl.:

**F03D 13/10** (2006.01)

**F16F 7/10** (2006.01)

**F03D 80/00** (2006.01)

**F03D 13/20** (2006.01)

**B66C 1/10** (2006.01)

**F03D 13/40** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.01.2016 E 16150531 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.03.2020 EP 3048299**

54 Título: **Medio de suspensión de cargas para una torre o una sección de torre de una planta de energía eólica y método para erigir una planta de energía eólica**

30 Prioridad:

**26.01.2015 DE 102015000787**

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

**17.11.2020**

73 Titular/es:

**SENVION DEUTSCHLAND GMBH (100.0%)  
Überseering 10  
22297 Hamburg, DE**

72 Inventor/es:

**SEIDEL, MARC**

74 Agente/Representante:

**SÁNCHEZ SILVA, Jesús Eladio**

**ES 2 794 008 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**

Medio de suspensión de cargas para una torre o una sección de torre de una planta de energía eólica y método para erigir una planta de energía eólica

5

La invención se refiere a un medio de suspensión de cargas para una torre o una sección de torre de una planta de energía eólica, que comprende medios de fijación de la torre para fijar en un extremo superior o en el área de un extremo superior de una torre o de una sección de torre de una planta de energía eólica, y puntos de fijación para fijar al menos un medio de sujeción de un mecanismo de elevación. La invención se refiere además a un método de construcción de una planta de energía eólica, en particular una planta de energía eólica marina.

10

Las plantas de energía eólica modernas comprenden una torre alta con un eje longitudinal vertical, que a menudo consta de varias secciones de torre, en cuya cima se monta de forma rotatoria una casa de máquinas o una góndola con un rotor que tiene varias palas de rotor y un eje de rotor horizontal alrededor del eje de la torre.

15

Por lo general, las torres de las plantas de energía eólica en tierra firme se erigen por secciones en varias secciones y directamente en el sitio sobre un cimiento. Las secciones de las torres de estas plantas de energía eólica se transportan horizontalmente hasta el lugar en que se van a erigir. Al erigir una torre de una planta de energía eólica, las secciones de la torre, que suelen constar de varias secciones de torre individuales, se llevan una tras otra desde su posición horizontal a una posición erigida con la ayuda de un mecanismo de elevación y se colocan sobre un cimiento, un cimiento auxiliar o un punto de sujeción y/o una última sección de la torre erigida y conectada a este o estos. El eje longitudinal de la torre pasa así de una orientación horizontal a una vertical.

20

Por el contrario, las torres para las plantas de energía eólica marítimas se erigen preferentemente en secciones sobre cimientos auxiliares en el puerto de embarque. A continuación, las torres o secciones de torres erigidas verticalmente que están listas para transportar se cargan en un barco de erección en el puerto y se fijan allí en cimientos auxiliares para el transporte, tipo parrillas de vigas, llamados "emparrillados". Las torres marinas se transportan preferentemente en posición vertical debido a las limitaciones de espacio. La llamada góndola se fija a la torre solo después de que la torre se haya erigido completamente.

25

30

Las torres de plantas de energía eólica son componentes altamente susceptibles a la oscilación. Sin embargo, una torre independiente sin góndola tiene una frecuencia natural significativamente diferente a la de una torre con una góndola y un rotor en la cima.

35

Ello significa que durante el montaje de una planta de energía eólica, una torre independiente sin góndola o una estructura de torre, que aún no está cargada en su cima con el peso de la góndola, oscila con mayor frecuencia que después de montada la góndola.

40

Toda estructura, incluida una planta de energía eólica o una torre de una planta de energía eólica, reacciona a la excitación externa, por ejemplo, provocada por el viento o las olas, con determinada frecuencia con sus propias oscilaciones, en dependencia de la frecuencia de la excitación. Además, cada estructura tiene las llamadas frecuencias naturales. Estas son las frecuencias con las que el sistema oscila cuando se desvía y luego se restablece por sí mismo. Especialmente relevante para las plantas de energía eólica es la primera frecuencia natural, cuya primera forma natural asociada consiste esencialmente en una deformación por flexión de la torre. Por lo tanto, también se le llama "primera frecuencia natural de flexión". La forma natural asociada es la "primera forma natural de flexión". Esta frecuencia cambia cuando se añaden más componentes, por ejemplo, cuando aumenta la altura de la torre de una planta de energía eólica. Por lo tanto, depende considerablemente del estado de la construcción.

45

50

En el contexto de la presente invención, el término frecuencia natural comprende en cada situación la frecuencia natural de una torre de una planta de energía eólica por sí misma o la frecuencia natural de una combinación de torre y cimiento (auxiliar) o sujeción, es decir, esencialmente la frecuencia natural de la torre sujeta o fijada por un lado.

55

Una excitación de oscilación se vuelve crítica especialmente si se superpone en el rango de frecuencias con la frecuencia natural de la estructura y, por lo tanto, conduce a oscilaciones de resonancia que pueden destruir la estructura.

60

Las plantas de energía eólica oscilan principalmente debido a la excitación causada por el viento. En el caso de las plantas totalmente erigidas y puestas en marcha, las oscilaciones de la torre se producen principalmente en respuesta a la carga del rotor por el viento. En el caso de las plantas de energía eólica marinas, también se debe tener en cuenta la excitación del movimiento del mar en forma de olas incidentes.

65

La principal causa de las oscilaciones en las estructuras de torres independientes son los desprendimientos de vórtices, los llamados vórtices Karman, que provocan oscilaciones transversales inducidas por vórtices (WEQ u "oscilaciones inducidas por vórtices" - VIV). Se trata de una consecuencia de los cambios del vórtice del viento o el campo de viento que fluye alrededor de la torre, alternativamente a la izquierda y a la derecha de la torre, en dependencia de la dirección del viento. La oscilación de la torre y los cambios del vórtice se refuerzan mutuamente. Una vez que la góndola se ha erigido y la planta de energía eólica se ha puesto en marcha, la frecuencia natural de la torre cambia de tal manera que

las WEQ solo se superponen a la frecuencia natural de la torre cuando hay bajas velocidades de viento y, por tanto, son menos críticas.

5 Básicamente, las frecuencias naturales de las torres sin góndola son más altas que las de las plantas totalmente ensambladas. Entonces, existen condiciones en las que las excitaciones de los vórtices de Karman inducen las WEQ a velocidades de viento frecuentes. En correspondencia, las amplitudes de las oscilaciones se hacen más grandes, de manera que aumentan las cargas mecánicas y estructurales sobre las torres de las plantas de energía eólica.

10 Debido a que las WEQ se producen a determinadas velocidades del viento, las torres de las plantas de energía eólica en su estado de construcción en bruto, sin que se haya colocado la góndola, se deben asegurar, por ejemplo, con refuerzos, o se deben tomar medidas para evitar los cambios de vórtices. De lo contrario, las WEQ pueden ocasionar la destrucción de la torre. Por debajo de una longitud crítica este peligro no existe o es mucho menor, ya que las frecuencias naturales de los conos de torre más cortos con pocas secciones de torre se encuentran en un rango de frecuencia más elevado, en el que no es de esperar que se produzcan las altas velocidades de viento asociadas.

15 Una velocidad crítica del viento, a la que las oscilaciones transversales excitadas por el vórtice son peligrosas para la estructura de la torre, suele ser de entre 10 m/s y 25 m/s para una torre completamente erigida sin góndola, en dependencia de su altura y rigidez, por lo que no se permite una erección si se esperan estas velocidades del viento y no se puede tirar de la góndola directamente después de levantar el último tramo de la torre.

20 Cuando se erige una planta de energía eólica, esta circunstancia se tiene en cuenta por el hecho de que, cuando se erige una planta de energía eólica con una torre compuesta de varias secciones, la última sección o, en su caso, las últimas secciones de la torre y la góndola se instalan o se montan en la torre en una ventana meteorológica con tiempo en calma, preferentemente a velocidades de viento máximas de 9 m/s. Tales ventanas climáticas deben durar al menos unas horas o días. Por lo tanto, esperar a que haya una ventana climática adecuada puede retrasar considerablemente el montaje de una planta de energía eólica y, con ello, causar altos costos.

25 Las consecuencias del problema de la oscilación se sienten más en el mar que en tierra. A diferencia de la erección por secciones de las torres en tierra, las torres en el mar se ensamblan en el puerto a partir de varias secciones de torre con un eje longitudinal vertical y, por razones de espacio, se transportan preferentemente en posición vertical en un buque de erección. Durante la transportación, las torres o secciones de las torres se someten a la excitación del viento o las olas. En ese momento ya pueden producirse las WEQ. Además, las ventanas climáticas en altamar adecuadas para la erección son más cortas debido a que las velocidades del viento suelen ser más constantes y más altas, por lo que a veces es necesario esperar más tiempo que en tierra para obtener una ventana climática adecuada para la erección, lo que a su vez entraña costos adicionales elevados para el sitio de construcción en altamar.

30 Durante la transportación en un buque de erección, el viento en contra también puede fortalecer el viento ya existente, de modo que pueden ocurrir WEQ aún más fuertes. Además de la oscilación, una torre o sección de la torre también puede ser excitada por los movimientos de balanceo del buque causados por el oleaje. Normalmente, los buques de erección no están equipados con su propio amortiguador del momento de balanceo del líquido para amortiguar estos movimientos de balanceo, especialmente porque al cargar las torres o secciones de las torres verticales, la frecuencia de balanceo se desplazaría de tal manera que dicho amortiguador tendría poco efecto. El balanceo también provoca cierta cantidad de corriente de aire en la cima de las torres o secciones de la torre.

35 Actualmente, las torres de las plantas de energía eólica marinas se transportan en dos secciones preensambladas, que luego se colocan y conectan en dos tiempos, una tras otra, sobre la estructura de cimiento o sobre la sección inferior de la torre. Debido a la transportación de la torre dividida, las velocidades de viento críticas para la excitación por las WEQ de la sección inferior son tan altas que no se producen en un grado crítico.

40 Sin embargo, si se van a instalar torres completas para reducir el tiempo necesario para el trabajo en altamar, las velocidades críticas del viento son entonces inferiores a 20 m/s debido al aumento de la altura de la torre, por lo que es muy posible que ocurran. En este caso, se deben tomar medidas contra las WEQ.

45 En tanto las torres para las plantas de energía eólica marinas se preinstalan en el puerto para formar una estructura de torre vertical y/o se transportan en posición vertical en un buque de erección, hasta el momento, debido a las WEQ por encima de una determinada longitud, se han asegurado con refuerzos o mediante la fijación de hélices en el área superior de la torre para evitar los cambios de vórtices, como se describe por ejemplo en la patente internacional núm. WO 2006/106162 A2. Sin embargo, el uso práctico de las hélices requiere el cumplimiento de ciertos criterios en cuanto al grosor de las hélices y el paso de la bobina. El esfuerzo para la instalación y desinstalación en el mar de estas hélices es considerable.

50 La patente de los Estados Unidos núm. US 2012/063915 A1 describe una planta de energía eólica con un amortiguador de oscilaciones suspendido de un travesaño de un segmento de torre. La patente coreana núm. KR 101 287 140 B1 también revela una planta de energía eólica con un amortiguador de oscilaciones montado en la parte superior de la torre.

65

Además, la patente europea núm. EP 1 065 374 A2 se refiere a un método para reducir las oscilaciones de los componentes de las plantas de energía eólica, aislando a la vez el ruido de la estructura. Las plantas de energía eólica mencionadas en este método tienen cojinetes elastoméricos con fuertes propiedades de amortiguación, pero baja rigidez de los resortes.

5

La patente japonesa núm. JP H07 81874 A muestra un mecanismo de elevación con un sistema de amortiguación de oscilaciones.

10

Por lo tanto, la presente invención tiene el objetivo de aumentar la eficiencia en la transportación y la erección de las torres de plantas de energía eólica, especialmente en altamar, y, en particular, hacerla menos dependiente del clima.

15

El objetivo de esta invención se logra con medio de suspensión de cargas para una torre o una sección de torre de una planta de energía eólica, que comprende medios de fijación de la torre para fijar en un extremo superior o en el área de un extremo superior de una torre o de una sección de torre de una planta de energía eólica, y puntos de fijación para fijar al menos un medio de sujeción de un mecanismo de elevación, caracterizado porque el medio de suspensión de cargas comprende al menos un amortiguador de oscilaciones, o porque al menos un amortiguador de oscilaciones se fija al medio de suspensión de cargas, en particular de manera desmontable y/o intercambiable, cuya frecuencia de amortiguación está en el rango de una frecuencia natural de una torre o sección de torre sin góndola sujeta, o de una torre o sección de torre sin góndola independiente.

20

A los efectos de definir los conceptos en la presente descripción, se distingue entre mecanismo de elevación y medios de suspensión de cargas. Los mecanismos de elevación se definen como dispositivos para levantar y mover cargas. Esto incluye grúas, pero también sistemas de izado, vigas de elevación, plataformas de elevación, puentes de elevación, mecanismos de elevación por cadena, mástiles de carga, mecanismos de elevación por cable, entre otros.

25

Los medios de suspensión de cargas son un vínculo de conexión entre el mecanismo de elevación, por ejemplo una grúa, y los materiales de transporte. El término dispositivo de suspensión de carga combina los términos medio de soporte de carga, medios de sujeción y medios de suspensión de carga. El medio de soporte de carga está conectado permanentemente al mecanismo de elevación, por ejemplo, una grúa, por ejemplo, ganchos de grúa, así como cucharas o vigas transversales muy alineadas. Los medios de sujeción no son parte del mecanismo de elevación. Se trata, por ejemplo, de cuerdas sin fin, eslingas planas, cadenas de gancho, eslingas de cuerda y piezas de conexión desmontables como grilletes.

30

Por último, los medios de suspensión de cargas tampoco forman parte del mecanismo de elevación y sirven como una especie de adaptador entre los materiales de transporte, que no tienen sus propios puntos de sujeción o de fijación para los medios de sujeción o de soporte de carga, y los medios de sujeción o de soporte de carga. Los medios de suspensión de cargas son, por ejemplo, en casos sencillos ganchos, cucharas, pinzas, pero también imanes de elevación de cargas o mecanismos de elevación al vacío. En el caso de acuerdo con la invención, los materiales de transporte de gran tamaño caen dentro del término medio de suspensión de cargas, por ejemplo, vigas transversales, separadores, vigas transversales cruzadas o similares, que por un lado están diseñados para fijarse al lado o borde superior de una sección de torre o de una torre de una planta de energía eólica, y por otro lado tienen puntos de fijación o puntos de sujeción para medios de sujeción o medios de soporte de cargas de una grúa.

40

En la erección de plantas de energía eólica o de sus torres se utiliza también un medio de sujeción, por ejemplo, una eslinga de cuerda o una construcción con cadenas de gancho, entre el medio de soporte de carga de la grúa utilizada y los medios de suspensión de cargas.

45

La invención se basa en la idea básica de integrar un amortiguador de oscilaciones en el medio de suspensión de cargas para la torre de manera fija o desmontable o intercambiable. Esto no aumenta el número de alzamientos requeridos, es decir, el tiempo necesario para realizar el alzamiento no cambia. El ligero aumento del peso del medio de suspensión de cargas, que por lo general no supera las 10 t, no es un factor sustancial en el peso de la torre de la planta de energía eólica. El amortiguador de oscilaciones está diseñado de tal manera que cubre el rango de frecuencias esperadas de la frecuencia natural para la correspondiente torre o la sección de torre, o en el mejor de los casos para todas las torres esperadas. Para ello hay que tener en cuenta el tipo de sujeción o transporte, por ejemplo, la transportación en posición vertical en un buque de erección.

50

55

En el marco de la invención, la característica de una torre sin góndola "independiente" o una sección de torre sin góndola "independiente" comprende cualquier tipo de posición vertical, es decir, también la torre o la sección de la torre que se encuentra sobre un cimiento auxiliar y/o sobre un barco. Una sujeción evita en general que una torre o sección de la torre se vuelque durante la transportación, pero no impide que la torre oscile.

60

Un amortiguador de oscilaciones extrae la energía de la oscilación de la torre, que fluye en una oscilación de una masa oscilante suspendida o apoyada de forma móvil en relación con la torre. La masa oscilante puede ser, por ejemplo, una masa de péndulo, una masa suspendida en resortes o un líquido. Lo ideal sería que la oscilación de la masa oscilante a una cierta frecuencia, que corresponde o se aproxima a la frecuencia natural de una torre, tramo de torre o sección de torre, tenga un desplazamiento de fase de 180° en comparación con la oscilación de la propia torre. Así, la máxima energía

65

de oscilación se desvía de la torre hacia el amortiguador de oscilaciones, lo que resulta en una amortiguación máxima de la oscilación de la torre. Por encima y por debajo de la frecuencia de amortiguación máxima, el desplazamiento de fase es más o menos de 180°, de modo que el efecto de amortiguación disminuye.

5 La invención es aplicable tanto a las torres que se van a erigir en su conjunto como a las torres erigidas a partir de secciones de torre únicas o múltiples previamente conectadas entre sí. Por consiguiente, las siguientes explicaciones se aplican por igual a las torres y a las secciones de las torres que están conectadas con un medio de suspensión de cargas de acuerdo con la invención.

10 Si el amortiguador de oscilaciones está integrado en el medio de suspensión de cargas de manera desmontable o intercambiable, es posible, por ejemplo, tener preparado un mayor número de medios de suspensión de cargas para acomodar un amortiguador de oscilaciones y un menor número de amortiguadores de oscilaciones. Por ejemplo, en el caso de las plantas de energía eólica marítimas, las torres o secciones de la torre a instalar pueden ser equipadas en el puerto con los medios de suspensión de cargas, que se equipan con un amortiguador de oscilaciones solo una vez que  
15 estén en el buque de erección o en la plataforma de erección.

El amortiguador se integra a un sistema existente, debido a que la erección de las torres de las plantas de energía eólica se realiza desde hace algún tiempo con la ayuda de grandes grúas cuyos medios de sujeción se fijan a un medio de suspensión de cargas que se conecta a la parte superior de la torre o de la sección de la torre que se va a erigir o levantar.  
20 Por lo tanto, de acuerdo con la invención, los procedimientos habituales no se modifican.

Con la inclusión de un amortiguador de oscilaciones en el medio de suspensión de cargas de la torre o la sección de la torre, se dota a un elemento ya de uso común de una nueva función, a saber, la amortiguación de oscilaciones de una torre de una planta de energía eólica independiente sin góndola. Debido a su función, el medio de suspensión de cargas  
25 está situado en la parte superior de la torre y, por lo tanto, en la posición ideal para colocar un amortiguador de oscilaciones que pueda amortiguar las oscilaciones en la frecuencia natural de la torre. El dispositivo de suspensión de cargas de acuerdo con la invención permanece en la parte superior de la torre erigida hasta que se coloca en la torre una góndola o sala de máquinas de la planta de energía eólica. Incluso si la góndola no se puede bajar inmediatamente debido a un cambio repentino del clima, la torre puede permanecer de pie junto con el amortiguador integrado en el dispositivo de  
30 manejo de la carga sin riesgo de sufrir daños por las WEQ.

La liberación y la retirada del medio de suspensión de cargas es una etapa del proceso que ya está presente en los métodos convencionales y en los medios de suspensión de cargas convencionales para torres de plantas de energía eólica, por lo que no implica ningún tiempo adicional. Al reducirse la dependencia de las ventanas climáticas adecuadas,  
35 se obtiene una mayor flexibilidad temporal del procedimiento. Por consiguiente, en caso de condiciones climáticas desfavorables, es posible realizar otros procedimientos en paralelo, por ejemplo, la erección de otras torres en un parque eólico marino mediante el traslado en un buque de erección. De esta manera, es posible eliminar la limitación de la construcción completa de una sola planta de energía eólica en un parque eólico en condiciones de mal tiempo, lo que dificulta todos los demás trabajos. De esta forma, se pueden utilizar incluso las ventanas climáticas comparativamente  
40 cortas, por ejemplo solo para erigir la torre. Luego se puede dejar la planta en la etapa de erección con el medio de soporte de carga y el amortiguador de oscilaciones acoplados y luego se continúa su erección cuando haya condiciones climáticas adecuadas.

Preferentemente, el amortiguador de oscilaciones está diseñado como un amortiguador de traqueteos, como un  
45 amortiguador de columna de líquidos sintonizado (TLCD), como un amortiguador de péndulo con o sin líquido viscoso o como un amortiguador de masa de resorte o comprende varios amortiguadores de oscilaciones del mismo o diferentes tipos.

Los amortiguadores de líquidos, es decir, el amortiguador de traqueteos y el amortiguador de columna de líquido sintonizado (TLCD), se diseñan preferentemente cerrados, ya que el amortiguador de oscilaciones se inclina con el medio  
50 de suspensión de cargas para conectarlo a una torre horizontal o a una sección de torre horizontal. En comparación con un amortiguador de traqueteos cuyas partes relevantes para la amortiguación consisten esencialmente en una artesa con un líquido, por ejemplo agua salada, un TLCD requiere menos masa o agua, ya que toda la columna de agua oscila en un tubo curvado esencialmente en forma de "U" y alcanza una mayor amplitud de oscilación que en el amortiguador de traqueteos. Sin embargo, un amortiguador de traqueteos también tiene una altura total más baja que un TLCD, lo cual es  
55 ventajoso cuando el espacio en el medio de suspensión de cargas es limitado.

En una mejora ventajosa se pretende que se proporcionen varios amortiguadores de oscilación, especialmente varios amortiguadores de oscilación con diferentes frecuencias de amortiguación. La selección de diferentes frecuencias de  
60 amortiguación de varios amortiguadores de oscilaciones permite una amortiguación de banda ancha de las oscilaciones de la torre independiente sin góndola o de la armadura de la torre. Al mismo tiempo, esto aumenta el rango de velocidades de la energía eólica en las que se amortiguan las WEQ. De esta manera, se definen con mayor precisión las condiciones climáticas en las que las torres pueden permanecer libres sin góndola, de modo que también se pueden aumentar los intervalos entre el montaje de la torre y el montaje y ensamblaje de una góndola sin necesidad de adoptar nuevas medidas  
65 de seguridad que retrasen la construcción de nuevas plantas de energía eólica.

La frecuencia o las frecuencias de amortiguación del amortiguador o de los amortiguadores de oscilaciones está ventajosamente entre 0,2 y 1,5 Hz, en particular entre 0,5 y 1,0 Hz. Este rango está esencialmente por encima del rango de las frecuencias naturales típicas de las plantas de energía eólica terminadas. En este caso, las frecuencias de las oscilaciones naturales de las plantas de energía eólica marinas suelen ser inferiores a 0,3 Hz.

5 Preferentemente, el medio de suspensión de cargas comprende una viga transversal, un travesaño o una placa, especialmente una placa redonda o cuadrada con piezas adaptadoras, que puede montarse en diferentes torres o secciones de la torre.

10 Resulta ventajoso incluir un separador en el medio de suspensión de cargas. Un separador o "expansor" sirve para extender el medio de sujeción, por ejemplo un haz de cadenas o cuerdas que convergen en un punto central, que puede pasarse esencialmente paralelo por debajo del separador. De esta manera, el separador absorbe las fuerzas que actúan radialmente hacia adentro y que de otra manera serían ejercidas por la gravedad sobre los medios de sujeción, en particular cadenas o cuerdas, que de otra manera colgarían en ángulo, y que posiblemente cargarían la torre, que tiene una sección transversal redonda. El separador también alivia la carga de la parte del medio de suspensión de cargas conectada a la torre o a la sección de la torre.

20 Para poder asegurar diferentes torres o secciones de torres en diferentes etapas de construcción y/o estados de transportación, resulta ventajoso poder adaptar la frecuencia natural del al menos un amortiguador de oscilaciones a diferentes etapas de construcción, estados de transportación, torres y/o secciones de torres. Esto significa que el amortiguador de oscilaciones se puede desintonizar o hacer desintonizable, por ejemplo, mediante piezas incorporadas, por ejemplo, placas de mamparo en amortiguadores de traqueteos, resortes adicionales en amortiguadores de resorte-masa, etc. Esta medida también es útil, por ejemplo, para contrarrestar los diferentes espectros de excitación durante la transportación y durante y después de la instalación de estructuras de soporte en altamar. Las medidas correspondientes a los distintos tipos de amortiguadores también figuran en la solicitud de patente alemana titulada "Verfahren zum Errichten einer Windenergieanlage und Windenergieanlage" del solicitante, que tiene la misma fecha de presentación que esta solicitud de patente y cuyo contenido de la descripción debe incorporarse en su totalidad a modo de referencia en la presente solicitud de patente.

30 A fin de adaptar la frecuencia de oscilación natural de al menos un amortiguador de oscilaciones, se prefiere modificar un volumen de traqueteo coherente en un amortiguador de traqueteo, en particular mediante la inserción o extracción de placas de mamparo, en las que, para aumentar el volumen de traqueteo, se retiran una o más placas de mamparo, en particular todas, de los rieles guía en un volumen total del amortiguador de traqueteo, de modo que se forme una cámara de traqueteo más grande en cada caso a partir de varias cámaras de traqueteo pequeñas. En pequeños volúmenes de traqueteo, también llamados cámaras de traqueteo o cuencas de traqueteo, el líquido oscila más rápidamente, y cuando se aumenta el volumen de traqueteo, en correspondencia la frecuencia de oscilación es mayor. También es ventajoso reducir o aumentar el efecto de resorte de aire de una columna de aire por encima del líquido en al menos un tubo ascendente del amortiguador de oscilaciones, especialmente abriendo o cerrando una válvula o una válvula de mariposa, a fin de ajustar la frecuencia de oscilación natural del al menos un amortiguador en un amortiguador de columna de líquido sintonizado con dos tubos ascendentes.

45 Si se utiliza un amortiguador de resorte-masa o un amortiguador de péndulo en combinación con resortes de masa de péndulo, se prevé preferentemente que, para adaptar la frecuencia de oscilación natural del al menos un amortiguador, se cambie el número de resortes y/o se sustituyan los resortes insertados por resortes con una fuerza de resorte menor o mayor. Además, también se puede utilizar un amortiguador de péndulo con amortiguación viscosa. En el caso de un amortiguador de péndulo, es preferible aumentar o reducir la longitud del péndulo a fin de adaptar la frecuencia de oscilación natural del al menos un amortiguador, en donde se ajusta la longitud del péndulo, en particular, doblando los soportes dispuestos en la pared de la torre o fijando los eslabones de la cadena.

50 Resulta ventajoso colocar el amortiguador de oscilaciones, en particular intercambiable, entre una estructura de elevación superior y una estructura de elevación inferior o, alternativamente, conectarlo firmemente a una sola estructura de elevación. En la primera alternativa, las estructuras de elevación superior e inferior también pueden conectarse entre sí en varios puntos. Las estructuras de elevación inferior y superior forman así un marco y un cojinete para el amortiguador o amortiguadores de oscilaciones y pueden combinarse ventajosamente de forma intercambiable. En la segunda alternativa, el dispositivo tiene una sola estructura de elevación en la que se monta el amortiguador de oscilaciones.

Una carcasa del amortiguador de oscilaciones o de los amortiguadores de oscilaciones es ventajosamente una parte portadora del medio de suspensión de cargas, lo que permite una reducción de peso del medio de suspensión de cargas.

60 A menudo las secciones de las torres se transportan con un marco de transportación y también se erigen o se montan sección por sección con el marco de transportación. En estos casos, el marco de transportación solo se retira después de la erección o montaje y se coloca encima el medio de suspensión de cargas, que puede transportar las secciones de la torre que están completamente ensambladas una encima de la otra y que, de acuerdo con la invención, incluyen el amortiguador. De esa forma, la estructura de elevación inferior se diseña como un marco de transportación sobre el que se puede colocar y fijar la estructura de elevación superior con el amortiguador de oscilaciones para conformar todo el medio de suspensión de cargas de acuerdo con la invención.

En una primera variante ventajosa, la estructura de elevación superior tiene puntos de fijación para un medio de sujeción. De esa manera, la estructura de elevación superior tiene la tarea de transmitir la fuerza del peso de la torre al medio de sujeción y al mecanismo de elevación y también soportar el amortiguador y la estructura de elevación inferior.

Alternativamente, también es ventajoso que el medio de elevación superior tenga puntos de sujeción y que el medio de elevación inferior tenga puntos de fijación para un medio de sujeción. En este caso, los puntos de sujeción del medio de elevación superior solo constituyen guías para el medio de sujeción, que por lo demás se fija a los puntos de fijación del medio de elevación inferior. Así pues, en este caso, el medio de elevación inferior soporta la torre y el amortiguador y transfiere el peso de la torre al medio de sujeción y al mecanismo de elevación y a su medio de soporte de carga.

En otra mejora ventajosa, los puntos de sujeción y los puntos de fijación se colocan de manera que estén desplazados entre sí. Esto significa que entre el estructura de elevación superior y el estructura de elevación inferior, los medios individuales del mecanismo de sujeción, por ejemplo las partes de la cadena o las partes de la cuerda, no se disponen en línea recta hacia abajo (cuando se levanta la torre) o en dirección al eje de la torre, sino que también se disponen para absorber las fuerzas transversales debido a su orientación inclinada. Esto proporciona un soporte más estable de la torre o la sección de la torre suspendida del mecanismo de elevación.

Debido a que si fuera necesario, la torre o la sección de la torre erigida de esta manera también puede permanecer sin góndola durante un período de tiempo más largo, en otra mejora ventajosa se prevé que al menos una parte del medio de suspensión de cargas esté diseñada como una cubierta de la torre o de la sección de la torre, y en particular que tenga al menos una escotilla de torre para acceder al interior de la torre o de la sección de la torre. De esta manera, la torre o sección de la torre está protegida de la lluvia y el interior de la torre o sección de la torre sigue siendo accesible para el personal de mantenimiento o de construcción.

El objetivo de la invención también se logra con un método de erección de una planta de energía eólica, en particular una planta de energía eólica marina, que comprende las siguientes etapas del método:

- a) conectar una torre o una sección de la torre en su extremo superior, en relación con el estado erigido, a un medio de suspensión de cargas,
  - b) conectar un medio de sujeción de un dispositivo elevador al medio de suspensión de cargas,
  - c) erigir o levantar la torre o la sección de la torre,
  - d) si procede, en el caso de una torre que comprenda una pluralidad de secciones de torre, colocar sucesivamente las secciones de torre una encima de la otra y conectarlas entre sí para formar la torre,
  - e) retirar el medio de suspensión de cargas, en el estado erigido de la torre o de la sección de la torre,
  - f) colocar una góndola de la planta de energía eólica en la torre, luego de retirar los medios de manipulación de cargas de la torre completamente erigida,
- en donde el método de acuerdo con la invención se mejora aún más, por el hecho de que en el estado erigido de la torre y/o de las secciones de la torre, las oscilaciones de la torre o de las secciones de la torre son amortiguadas por uno o más amortiguadores de oscilaciones en o sobre el medio de suspensión de cargas.

El "extremo superior" al que se refiere la etapa a) está en el estado totalmente erigido con el eje longitudinal vertical de la torre en la parte superior, es decir, en dirección a la góndola.

La etapa d) no es necesaria si se levanta una torre completa en un solo alzamiento. Las etapas e) y f) se retrasan si la góndola no se puede instalar inmediatamente después de la erección de la torre (por ejemplo, debido a un cambio climático).

Como planteamos anteriormente, es posible dejar en pie la torre o la sección de la torre libre, erigida, pero aún sin góndola, durante un período de tiempo más largo, ya que la estabilidad es suficiente incluso con vientos más fuertes o peores condiciones meteorológicas. Esto permite mejorar los procedimientos de erección de plantas de energía eólica tanto en tierra como en altamar y construir un mayor número de plantas de energía eólica en paralelo en un tiempo más corto.

De manera ventajosa, el medio de suspensión de cargas se conecta a la torre o a la sección de la torre antes de la transportación, especialmente por barco, de la torre o de la sección de la torre.

También se prefiere que la torre ya esté ensamblada a partir de dos o más secciones de torre antes de la transportación, especialmente por barco, y conectada a un medio de suspensión de cargas de acuerdo con la invención, de la forma descrita anteriormente.

Ventajosamente, la frecuencia natural del al menos un amortiguador de oscilaciones se adapta a los diferentes estados de transportación, estados de construcción, torres y/o secciones de torres, por ejemplo mediante medidas constructivas como el uso de placas de mamparo en los amortiguadores de salto, el cambio de la fuerza de los muelles en los amortiguadores de masa-resorte, entre otros. Esta medida, además del cambio de la frecuencia natural de la torre en las diferentes etapas de construcción, es ventajosa, entre otras cosas, en caso de que se esperen diferentes excitaciones, por ejemplo debido al oleaje, durante la transportación y cuando la estructura de soporte en altamar ya esté erigida.

Con el método de acuerdo con la invención, se obtienen las mismas ventajas, propiedades y características que con el medio de suspensión de cargas de acuerdo con la invención.

5 Otras características de la invención se desprenden de la descripción de las modalidades de acuerdo con la invención junto con las reivindicaciones y los dibujos acompañantes. Las modalidades de acuerdo con la invención pueden cumplir con características únicas o con una combinación de varias características.

10 A continuación se describe la invención sin limitación de la idea general de la invención sobre la base de ejemplos de modalidades tomando como referencia los dibujos, en donde en los dibujos se hace referencia explícita a todos los detalles de acuerdo con la invención no explicados más detalladamente en el texto. Se muestran:

En la Figura 1, una representación esquemática de una planta de energía eólica,

En la Figura 2, una representación esquemática de una torre horizontal de una planta de energía eólica,

En las Figura 3a) a c), etapas sucesivas en la instalación de una planta de energía eólica,

15 En la Figura 4, una representación esquemática de un medio de suspensión de cargas de acuerdo con la invención,

En la Figura 5, una representación esquemática detallada de un medio de suspensión de cargas de acuerdo con la invención,

En la Figura 6, una representación esquemática de otro medio de suspensión de cargas de acuerdo con la invención y

20 En la Figura 7, una vista superior de un medio de suspensión de cargas de acuerdo con la invención en una representación esquemática.

En los dibujos, los elementos y/o partes iguales o similares tienen los mismos números de referencia, de modo que no haya necesidad de explicarlos de nuevo.

25 La Figura 1 muestra un tipo de planta de energía eólica 10, en este caso una planta de energía eólica en tierra, colocada sobre un subsuelo 2. En el caso de las plantas de energía eólica marítimas, el subsuelo 2 está bajo el agua, por lo que hay una subestructura que se encuentra sobre el subsuelo 2 y termina por encima del nivel del agua. Sobre esta superestructura se erige entonces una torre 14.

30 En el caso de la planta de energía eólica terrestre mostrada en la Figura 1, es visible la parte superficial de un cimiento 12 o un fundamento sobre el subsuelo 2, sobre el que se erige una torre 14 con cuatro secciones de torre 16. La torre 14 puede estrecharse hacia arriba, tener un diámetro constante o incluso pliegues en el contorno, es decir, la torre está diseñada de tal manera que se ensancha hacia la parte superior después de un estrechamiento en la zona inferior. Una góndola 20 se coloca en la cima de la torre 14, en donde en la Figura 1 se muestra una vista frontal de una planta de energía eólica 10 con un rotor, que tiene un cubo de rotor 22 con una cubierta también llamada "cono de la hélice" 24 y tres palas de rotor 26.

La erección de ese tipo de planta de energía eólica 10 se explica a modo de ejemplo en las Figuras 2 y 3 a continuación. Por cuestiones de claridad, en las Figuras 2 y 3 no se muestra una grúa.

40 En la Figura 2 se muestra una torre 14 con las cuatro secciones de la torre 16 ubicada cerca del cimiento 12 para la planta de energía eólica. En su cima ya está dispuesto un medio de suspensión de cargas 30, que sostiene la torre 14 por su sección circular y tiene puntos de fijación para los medios de sujeción de una grúa o un mecanismo de elevación.

45 Preferentemente, las secciones de la torre 16, a diferencia de la Figura 2, se muestran esquemáticamente simplificadas, erigidas individualmente en una posición con eje longitudinal vertical y montadas una encima de la otra. En este caso, el medio de suspensión de cargas solo soporta la sección más alta de la torre en posición horizontal. Para erigir y colocar las secciones individuales de la torre 16 una encima de la otra, se pueden utilizar también medios de suspensión de cargas o medios de sujeción convencionales, por ejemplo, consistentes en un bloque de sujeción, grilletes y eslingas de elevación. El medio de suspensión de cargas 30 solo se utilizaría entonces para levantar la torre 14 completa o la sección más alta de la torre 16 y permanecería en la cima de la torre 14 hasta su erección.

50 En la Figura 3a) se muestra que la torre 14 con el medio de suspensión de cargas 30 en su cima está completamente montada sobre el cimiento 12. Por el momento, el medio de suspensión de cargas 30 permanece en la cima de la torre 14. Como se trata de un medio de suspensión de cargas 30 con un amortiguador de oscilaciones (no mostrado), la torre sin góndola de la Figura 3a) puede permanecer esencialmente sin estar expuesta a ningún peligro. En este caso, no es necesaria la finalización inmediata mediante la construcción de una góndola o sala de máquinas. La situación de las plantas en altamar es esencialmente la misma que la de la planta de energía eólica terrestre 10 mostrada en las figuras 2 y 3. Cuando se utiliza el medio de suspensión de cargas 30 de acuerdo con la invención en relación con la erección de una planta de energía eólica marina, las torres ensambladas pueden almacenarse en el puerto base en posición vertical y equipadas con el medio de suspensión de cargas 30.

60 En lugar de erigir la torre 14 de una sola vez, como se muestra en las Figuras 2 y 3, en el marco de la invención las secciones individuales de la torre 16 también se pueden erigir una tras otra y ensamblarse una encima de la otra, de modo que la torre 14 de la planta de energía eólica 10 se ensambla y completa en varios alzamientos.

65



En la Figura 3b) se ha retirado el medio de suspensión de cargas 30 como preparación para la erección de una góndola 20. En este estado, la torre 14 es sensible a las oscilaciones transversales excitadas por el viento WEQ, por lo que solo queda una corta ventana de tiempo para colocar una góndola 20. Esto ya ocurrió en la situación que se muestra en la Figura 3c). Aquí, la muy pesada góndola 20 con el cubo del rotor 22 desplaza la frecuencia natural del sistema de tal manera que en condiciones realistas esta frecuencia se encuentra fuera del rango de frecuencia de las WEQ. Las palas del rotor aún no están montadas.

La Figura 4 muestra un primer ejemplo de modalidad de un medio de suspensión de cargas 30 de acuerdo con la invención en una representación esquemática. El medio de suspensión de cargas 30 se fija a un medio de sujeción 40, que a su vez se conecta a un medio de soporte de cargas 52 de un mecanismo de elevación 50, por ejemplo una grúa, que solo se indica. En su parte inferior, el medio de suspensión de cargas 30 está conectado a la torre 14 suspendida de él de una planta de energía eólica. La torre solo se muestra con su parte superior.

El medio de suspensión de cargas 30 comprende un amortiguador de oscilaciones diseñado como un amortiguador de masa-resorte, cuyos componentes, indicados esquemáticamente, se describen en las figuras siguientes. El amortiguador de oscilaciones 36 amortigua las WEQ de la torre 14, especialmente en el rango de frecuencia del primer momento de flexión de la torre.

La Figura 5 muestra una sección ampliada de la Figura 4. El corchete del número de referencia 30 indica los elementos del medio de suspensión de cargas 30 pertenecientes a este ejemplo de modalidad. Se trata de un separador superior 32, una estructura de elevación superior 34, el amortiguador de oscilaciones 36 ya presentado en la Figura 4 y diseñado como amortiguador de masa-resorte y una estructura de elevación inferior 38. El amortiguador de oscilaciones 36 se dispone entre la estructura de elevación superior 34 y la estructura de elevación inferior 38, en donde la estructura de elevación inferior 38 también está conectada al borde superior o al área superior de una sección de torre 16, opcionalmente de una torre 14.

El amortiguador de masa-resorte comprende una masa oscilante 37<sup>I</sup>, suspendida de los resortes 37<sup>II</sup>. Además, se proporciona un miembro de amortiguación viscoso 37<sup>III</sup>, que amortigua la oscilación de la masa 37<sup>I</sup>. La frecuencia de amortiguación del amortiguador de oscilaciones 36, con la masa fija seleccionada 37<sup>I</sup>, se puede seleccionar y/o adaptar mediante la selección de la fuerza del resorte y/o el número de resortes 37<sup>II</sup> y mediante la medida de la amortiguación por parte del miembro de amortiguación 37<sup>III</sup>, de modo que la frecuencia de amortiguación del amortiguador de oscilaciones 36 se puede adaptar, por ejemplo, para diferentes etapas de construcción del esqueleto de la torre o para diferentes secciones de la torre.

Como medio de sujeción 40 se muestra una cuerda o cadena con dos arneses que convergen en un punto superior. En el punto superior donde convergen las cuerdas o cadenas individuales, el medio de sujeción 40 se sujeta o se fija, por ejemplo, a un gancho de grúa no mostrado. Las cuerdas o cadenas individuales del medio de sujeción 40 pasan por los puntos de sujeción 44 hasta el separador 32 y la estructura de elevación superior 34 y continúan hasta los puntos de fijación 42 en la estructura de elevación inferior 38. En este caso, el peso de la sección de la torre 16 en los puntos de fijación 42 de la estructura de elevación inferior 38 se transfiere al medio de sujeción 40. El amortiguador de oscilaciones 36 y la estructura de elevación superior 34 descansan sobre la estructura de elevación inferior 38, que adicionalmente soporta su peso y lo transfiere al medio de sujeción 40.

El separador 32 se puede separar de la estructura de elevación superior 34 con espaciadores o se puede fijar a puntos específicos del medio de sujeción 40.

Los puntos de sujeción 44 por un lado y los puntos de fijación 42 por otro están ventajosamente desplazados entre sí, de modo que el medio de sujeción 40 entre el separador 32 o la estructura de elevación superior 34 por un lado y la estructura de elevación inferior 38 por otro lado no discurre recto hacia abajo en dirección de la gravedad cuando la torre ya está levantada y elevada, sino en ángulo con ella. De esta manera, se absorben mejor las fuerzas transversales que actúan sobre la torre 14 o la sección de la torre 16, ya que se traducen en un esfuerzo de tracción del medio de sujeción 40. Esta fuerzas transversales se amortiguan mejor que las cargas de flexión, ya que los medios de sujeción suelen ser demasiado débiles a la flexión y no las amortiguan.

La Figura 6 muestra un ejemplo de modalidad alternativa de un medio de suspensión de cargas 30' de acuerdo con la invención, que a su vez tiene un separador 32, una estructura de elevación superior 34, una estructura de elevación inferior 38 y, entre ellas, un amortiguador de oscilaciones 36. A diferencia del ejemplo de modalidad mostrado en la Figura 5, el medio de sujeción 40 se fija en los puntos de fijación 42' en la estructura de elevación superior 34. El separador 32 tiene puntos de sujeción 44, que a su vez pueden estar desplazados con respecto a los puntos de fijación 42'. La estructura de elevación inferior 38 no está conectada directamente al medio de sujeción 40, sin embargo lleva debajo la torre o el segmento de torre 16. Pueden haber conexiones de apoyo estructural entre la estructura de elevación superior y la estructura de elevación inferior 38 que no se muestran en la Figura 6. Alternativa o adicionalmente, la carcasa del amortiguador de oscilaciones puede formar parte de la estructura de apoyo entre la estructura de elevación superior 34 y la estructura de elevación inferior 36.

El amortiguador de oscilaciones 36 puede ser un componente fijo del medio de suspensión de cargas 30 o puede conectarse a él, en particular puede ser diseñado de manera que se pueda cambiar. De esa forma es posible, por ejemplo, tener preparado un mayor número de medios de suspensión de cargas para acomodar un amortiguador de oscilaciones y un menor número de amortiguadores de oscilaciones. Por ejemplo, en el caso de las torres o secciones de la torre a instalar en altamar pueden ser equipadas en el puerto con los medios de suspensión de cargas, que se equipan con un amortiguador de oscilaciones solo una vez que estén en el buque de erección o en la plataforma de erección.

La Figura 7 muestra una vista esquemática de una posible modalidad de un medio de suspensión de cargas 30 alternativo de acuerdo con la invención con un diseño circular. En el centro se muestran tres amortiguadores de oscilación 36, 36' y 36", que tienen dimensiones diferentes y, por lo tanto, frecuencias de amortiguación diferentes. Como ya se vio en las Figuras 4 a 6, también en la Figura 7 los amortiguadores de oscilaciones 36, 36', 36" se pueden diseñare como amortiguadores líquidos, como amortiguadores de masa-resorte o como amortiguadores de péndulo. Debido a la baja altura total disponible de un metro o unos pocos metros, los amortiguadores de masa-resorte o los amortiguadores líquidos, es decir, los amortiguadores de traqueteos o TLCD, son particularmente adecuados.

Si fuera necesario, todavía podría haber espacio en la torre para un amortiguador de péndulo, es decir, el amortiguador de péndulo sobresaldría del medio de suspensión de cargas en la torre. Sin embargo, este espacio está limitado a más tardar por el mamparo más alto de la torre, que suele estar situado un metro o más por debajo del borde superior de la torre.

La Figura 7 muestra una estructura de elevación inferior 38 del medio de suspensión de cargas 30", que también está diseñado como una cubierta 48 o tiene una cubierta 48 y, por lo tanto, cierra la torre 16 o la sección de la torre 14 que está debajo de ella contra las inclemencias del tiempo, especialmente contra la lluvia. En la cubierta 48 se colocan dos escotillas de torre 46, a través de las cuales se puede entrar en la torre 14. En la circunferencia de la estructura de elevación 38, se disponen los puntos de fijación 42 para los medios de sujeción de un mecanismo de elevación. La rigidez de la estructura de elevación 38 hace que las fuerzas que podrían deformar la sección transversal de la torre sean absorbidas por la estructura de elevación 38, de modo que la sección transversal de la torre o la sección de la torre no sufran ninguna deformación ni transformación. En este sentido, el separador 32 que se muestra en las Figuras 5 y 6 también tiene un efecto compensatorio.

Todas las características mencionadas, incluidas las que se pueden ver en los dibujos por sí solas, así como las características individuales que se describen en combinación con otras características, se consideran esenciales para la invención, tanto por sí solas como en combinación. Las modalidades de acuerdo con la invención pueden cumplir con características individuales o con una combinación de varias características. En el marco de la invención, las características marcadas con "en particular" o "preferentemente" deben entenderse como características opcionales.

#### Lista de referencia de los dibujos

- 2 Subsuelo
- 10 Planta de energía eólica
- 12 Cimiento
- 14 Torre
- 16 Sección de la torre
- 20 Góndola
- 22 Cubo del rotor
- 24 Cono de la hélice
- 26 Pala del rotor
- 30, 30', 30" Medio de suspensión de cargas
- 32 Separador
- 34 Estructura de elevación superior
- 36, 36', 36" Amortiguador de oscilaciones
- 37<sup>I</sup> Masa
- 37<sup>II</sup> Resorte
- 37<sup>III</sup> Miembro de amortiguación
- 38 Estructura de elevación inferior
- 40 Medio de sujeción
- 42, 42' Punto de fijación
- 44 Punto de sujeción
- 46 Escotilla de la torre
- 48 Cubierta
- 50 Mecanismo de elevación
- 52 Medio de soporte de cargas

REIVINDICACIONES

1. Medio de suspensión de cargas (30, 30', 30") para una torre (14) o una sección de torre (16) de una planta de energía eólica (10), que comprende medios de fijación de la torre para fijar en un extremo superior o en el área de un extremo superior de una torre (14) o de una sección de la torre (16) de una planta de energía eólica (10), y puntos de fijación (42, 42') para fijar al menos un medio de sujeción (40) de un mecanismo de elevación (50), **caracterizado porque** el medio de suspensión de cargas (30, 30', 30") comprende al menos un amortiguador de oscilaciones (36, 36', 36"), o porque al menos un amortiguador de oscilaciones (36, 36', 36") se fija al medio de suspensión de cargas (30, 30', 30"), en particular de manera desmontable y/o intercambiable, cuya frecuencia de amortiguación está en el rango de una frecuencia natural de una torre (14) o una sección de la torre (16) sin góndola sujeta o independiente.
2. Medio de suspensión de cargas (30, 30', 30"), de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** el amortiguador de oscilaciones (36, 36', 36") está diseñado como un amortiguador de líquidos, en particular como un amortiguador de saltos o como un amortiguador de columna de líquidos sintonizados (TLCD), como un amortiguador de péndulo con o sin líquido viscoso o como un amortiguador de masa-resortes, o porque comprende una pluralidad de amortiguadores de oscilaciones (36, 36', 36") del mismo tipo o de tipos diferentes.
3. Medio de suspensión de cargas (30, 30', 30") de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, **caracterizado porque** se proporciona una pluralidad de amortiguadores de oscilaciones (36, 36', 36"), en particular una pluralidad de amortiguadores de oscilaciones con diferentes frecuencias de amortiguación.
4. Medio de suspensión de cargas (30, 30', 30") de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizada porque** la frecuencia de amortiguación o las frecuencias de amortiguación del amortiguador de oscilaciones (36, 36', 36") o de los amortiguadores de oscilaciones (36, 36', 36") se encuentra entre 0,2 y 1,5 Hz, en particular entre 0,5 y 1,0 Hz.
5. Medio de suspensión de cargas (30, 30', 30") de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado porque** una frecuencia natural de al menos un amortiguador de oscilaciones (36, 36', 36") se puede adaptar a diferentes estados de transportación, estados de construcción, torres (14) y/o secciones de torres (16).
6. Medio de suspensión de cargas (30, 30', 30") de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado porque** el amortiguador de oscilaciones (36, 36', 36"), se dispone entre una estructura de elevación superior (34) y una estructura de elevación inferior (38), en particular de manera intercambiable.
7. Medio de suspensión de cargas de acuerdo con la reivindicación 6, **caracterizado porque** la estructura de elevación inferior (38) está diseñada como un marco de transportación sobre el que se puede colocar y fijar la estructura de elevación superior (34) con el amortiguador de oscilaciones (36, 36', 36").
8. Medio de suspensión de cargas de acuerdo con la reivindicación 6 o 7, **caracterizado porque** la estructura de elevación superior (34) tiene puntos de fijación (42) para un medio de sujeción (40), o porque la estructura de elevación superior (34) tiene puntos de sujeción (44) y la estructura de elevación inferior (38) tiene puntos de fijación (42') para un medio de sujeción (40), en donde, en particular, los puntos de sujeción (44) y los puntos de fijación (42') se disponen desplazados uno con respecto al otro.
9. Medio de suspensión de cargas (30, 30', 30"), de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado porque** el amortiguador de oscilaciones está conectado a una única estructura de elevación de manera fija.
10. Medio de suspensión de cargas de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 6 a 9, **caracterizado porque** una carcasa del amortiguador de oscilaciones (36, 36', 36"), o el amortiguador de oscilaciones (36, 36', 36"), es una parte portadora del medio de suspensión de cargas.
11. Medio de suspensión de cargas (30, 30', 30") de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizado porque** al menos una parte del medio de suspensión de cargas (30, 30') está diseñada como una cubierta (48) para la torre (14) o la sección de la torre (16) y, en particular, tiene al menos una escotilla de torre (46) para acceder al interior de la torre (14) o la sección de la torre (16).
12. Método de construcción de una planta de energía eólica (10), en particular una planta de energía eólica marina, que comprende las siguientes etapas del método:
  - a) conectar una torre (14) o una sección de la torre (16) por su extremo superior, en relación con el estado erigido, a un medio de suspensión de cargas (30, 30', 30"),
  - b) conectar un medio de sujeción (40) de un mecanismo de elevación (50) al medio de suspensión de cargas (30, 30', 30"),
  - c) erigir o levantar la torre (14) o la sección de la torre (16),

- d) si procede, en el caso de una torre (14) que comprenda una pluralidad de secciones de torre (16), colocar sucesivamente las secciones de torre (16) una encima de la otra y conectarlas entre sí para formar la torre (14),
- e) retirar el medio de suspensión de cargas (30, 30', 30"), en el estado erigido de la torre (14) o de la sección de la torre (16),
- 5 f) colocar una góndola (20) de la planta de energía eólica sobre la torre (14), luego de retirar los medios de suspensión de cargas (30, 30') de la torre completamente erigida (14),
- caracterizado porque**, en el estado erigido de la torre (14) y/o de las secciones de la torre (16), las oscilaciones de la torre (14) o de las secciones de la torre (16) son amortiguadas por uno o más amortiguadores de oscilaciones (36, 36', 36") en o sobre el medio de suspensión de cargas (30, 30', 30").
- 10 13. Método de acuerdo con la reivindicación 12, **caracterizado porque** el medio de suspensión de cargas (30, 30', 30") ya está conectado a la torre (14) o a la sección de la torre (16) antes de la transportación, en particular antes de la transportación por barco de la torre (14) o de la sección de la torre (16).
- 15 14. Método de acuerdo con la reivindicación 12 o 13, **caracterizado porque** la torre (14) ya está ensamblada a partir de dos o más secciones de torre (16) antes de su transportación, en particular antes de su transportación por barco, o antes de su erección, y se conecta a un medio de suspensión de cargas (30, 30', 30") de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7.
- 20 15. Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 12 a 14, **caracterizado porque** una frecuencia natural de al menos un amortiguador de oscilaciones (36, 36', 36") se adapta a diferentes estados de transportación, diferentes estados de construcción, diferentes torres (14) y/o diferentes secciones de torre (16).

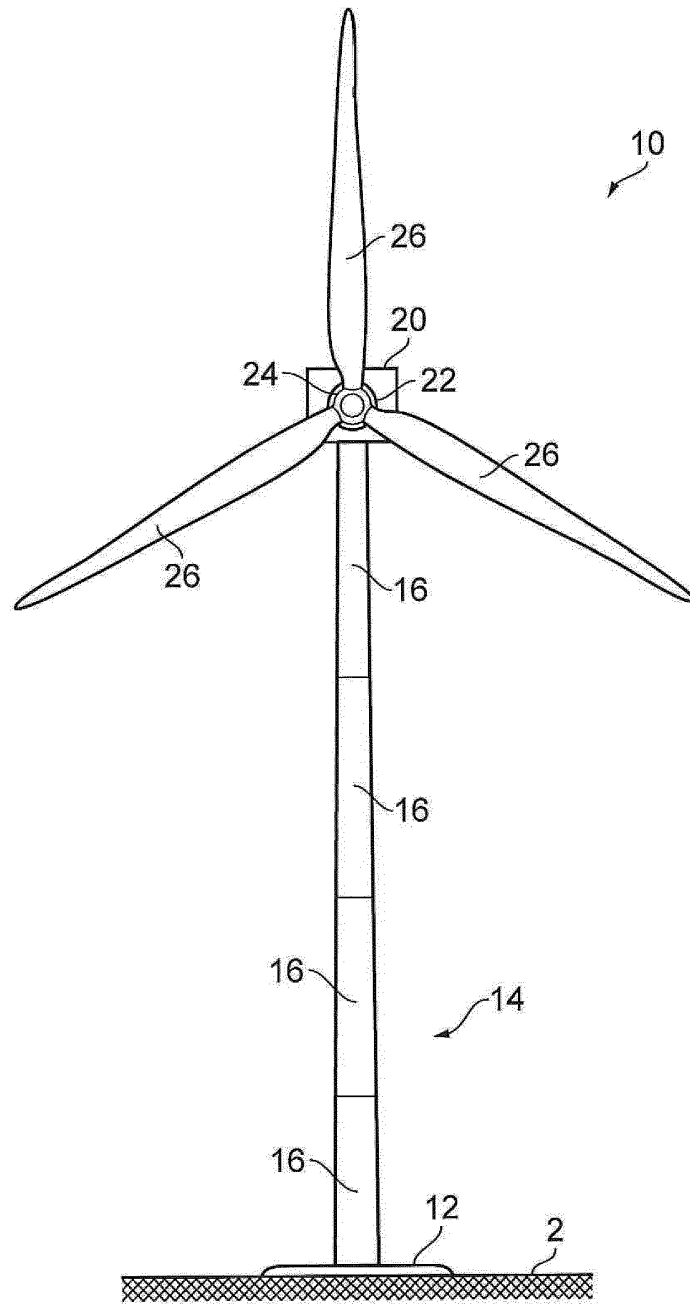


FIG. 1

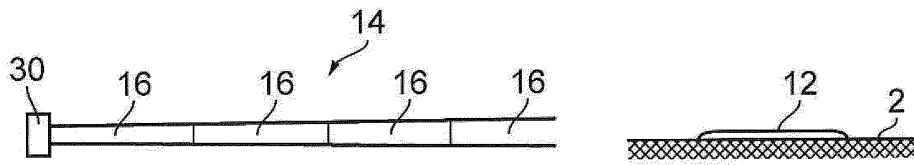


FIG. 2

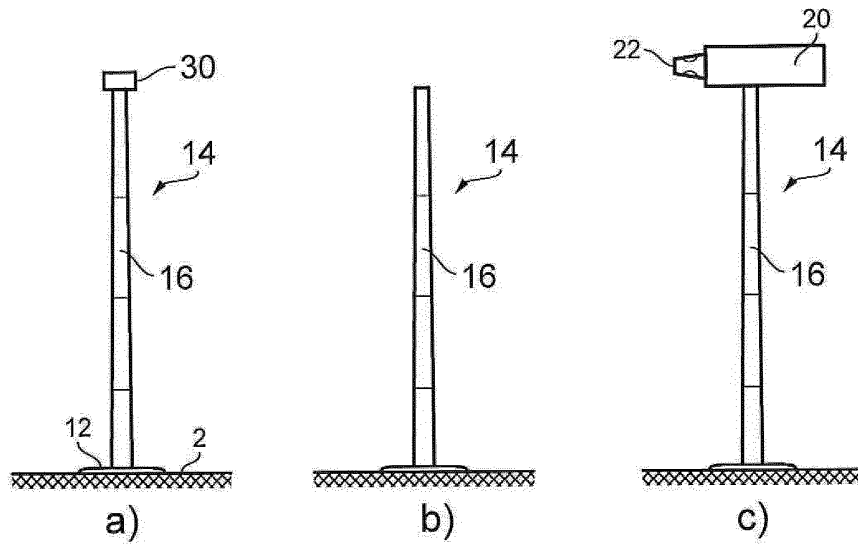


FIG. 3

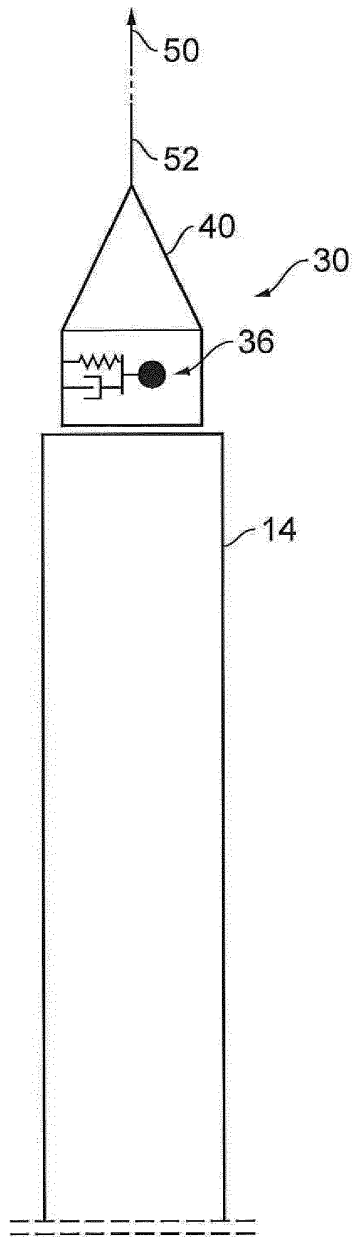


FIG. 4

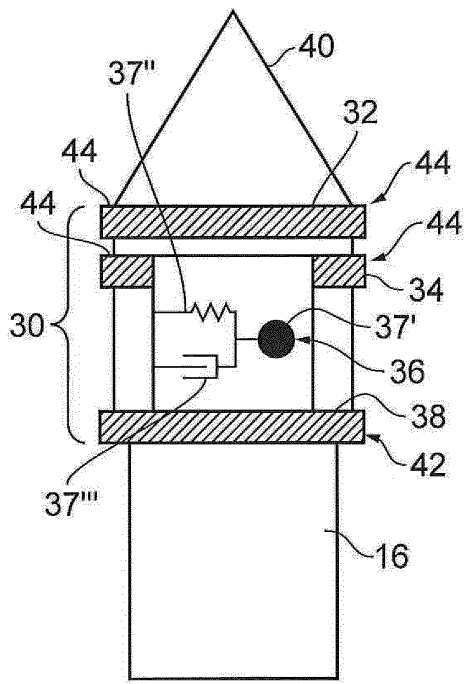


FIG. 5

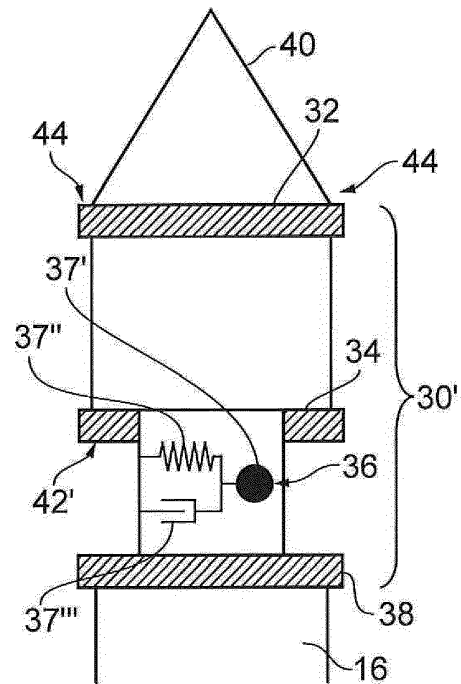


FIG. 6

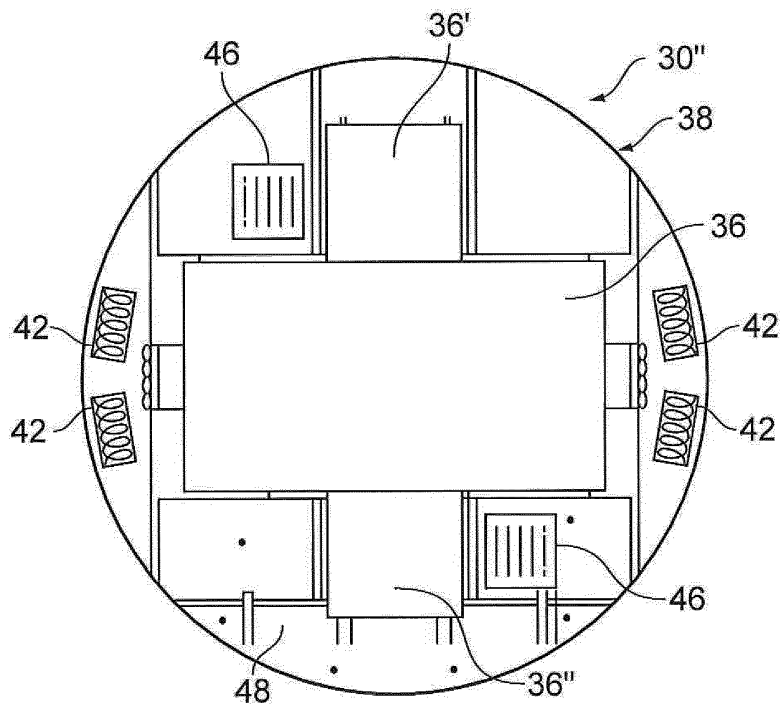


FIG. 7