

(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS
ESPAÑA



(11) Número de publicación: **2 980 987**

(51) Int. Cl.:
F03D 80/80
(2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.12.2019 PCT/DK2019/050383**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **25.06.2020 WO20125886**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.12.2019 E 19821247 (4)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.05.2024 EP 3899258**

(54) Título: **Sistema amortiguador de torre modular**

(30) Prioridad:

20.12.2018 DK PA201870846

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

04.10.2024

(73) Titular/es:

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

(72) Inventor/es:

**MADSEN, SØREN BØGELUND y
HALD, TUE**

(74) Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 980 987 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

Sistema amortiguador de torre modular

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a un sistema amortiguador de torre modular para amortiguar oscilaciones inducidas por vórtices y/u operativas de torres de aerogeneradores. La presente invención se refiere en particular a un sistema amortiguador de torre modular donde la masa total y la frecuencia natural del sistema amortiguador se pueden ajustar fácilmente.

Antecedentes de la invención

10 El desprendimiento de vórtices, en particular de torres de aerogeneradores, es un fenómeno bien conocido que ocurre debido a la inestabilidad del flujo alrededor de tales torres. Se crean vórtices de baja presión en el lado aguas abajo de la torre y se desprenden intermitentemente de ambos lados de la torre. La torre de aerogenerador tenderá a moverse hacia la baja presión, es decir, se aplica una fuerza alterna a la torre. La frecuencia mediante la cual la fuerza alterna de un lado a otro depende del diámetro de la torre de aerogenerador y la velocidad del viento. En la llamada velocidad crítica del viento la frecuencia de las fuerzas alternas coincide con la frecuencia natural de la torre de aerogenerador que luego comienza a oscilar.

15 Las amplitudes de las oscilaciones a las velocidades críticas del viento dependen de la amortiguación estructural de la torre de aerogenerador. Si no se añade amortiguación adicional a la torre de aerogenerador, las oscilaciones pueden dar como resultado deflexiones severas de la torre de aerogenerador. Esto puede conducir a daños estructurales y/o daños al equipo o al personal en la torre de aerogenerador. Por lo tanto, la solicitud de patente europea EP 1 855 000 A1 describe un amortiguador de salpicadura de líquido para un aerogenerador. El amortiguador incluye un cuerpo hueco con un espacio interno y un líquido contenido en el mismo. Un abultamiento hueco se extiende hacia fuera desde una pared del cuerpo hueco, formando un espacio abultado que es parte del espacio interno.

20 Con el fin de proporcionar una amortiguación adecuada de la torre de aerogenerador, la masa total del sistema de amortiguación así como la frecuencia natural del sistema de amortiguación se deben seleccionar teniendo en cuenta las propiedades de la torre de aerogenerador. Por lo tanto, se puede ver como un objetivo de la presente invención proporcionar un sistema amortiguador de torre donde la masa total del sistema amortiguador se puede ajustar fácilmente.

25 Se puede ver como un objetivo adicional de la presente invención proporcionar un sistema amortiguador de torre donde la frecuencia natural del sistema amortiguador se puede ajustar fácilmente.

30 Se puede ver como un objetivo adicional más de la presente invención proporcionar un sistema amortiguador de torre que se puede modernizar en instalaciones de aerogeneradores existentes sin interferir con la instalación existente.

Descripción de la invención

35 La presente invención se define por las reivindicaciones adjuntas. Específicamente, la invención se define por la reivindicación 1 independiente, que se dirige a una sección de torre de una torre de aerogenerador, y por la reivindicación 14 independiente, que se dirige a un método para instalar una cadena de módulos amortiguadores en una torre de aerogenerador instalada con una sección de torre.

40 Los objetos antes mencionados se cumplen proporcionando, en un primer aspecto, un módulo amortiguador adaptado para ser asegurado a una sección de torre de aerogenerador, el módulo amortiguador que comprende al menos un amortiguador de líquido asegurado a una estructura de marco, en donde cada amortiguador de líquido comprende

- un recipiente que comprende un volumen interior que contiene una cantidad de líquido, en donde la cantidad de líquido en el volumen interior del recipiente establece una frecuencia natural del amortiguador de líquido

45 y en donde la estructura de marco comprende

- una disposición de interfaz configurada para, en cooperación con una disposición de suspensión de módulo amortiguador en una sección de torre, asegurar el módulo amortiguador a dicha sección de torre, y

- una disposición de fijación de amortiguador de líquido configurada para asegurar dicho al menos un amortiguador de líquido a la estructura de marco.

50 De este modo, en un primer aspecto, la presente invención se refiere a un módulo amortiguador adaptado para ser asegurado a una sección de torre de aerogenerador. La sección de torre de aerogenerador puede formar parte de una torre de aerogenerador que comprende una pluralidad de secciones de torre dispuestas unas en la parte

superior de otras. La torre de aerogenerador puede ser una torre de aerogenerador completa o una torre de aerogenerador parcialmente completada. La torre de aerogenerador completa puede tener instalada una góndola en su parte superior, la góndola con o sin rotor. Alternativamente, la sección de torre de aerogenerador puede ser una sección de torre discreta que no forma parte de una torre de aerogenerador ensamblada. La sección de torre puede 5 comprender una pared de torre tubular y pestañas superior e inferior configuradas para asegurar la sección de torre a otras secciones de torre.

Como ya se mencionó, el amortiguador de líquido comprende un recipiente que comprende un volumen interior que contiene una cantidad de líquido. La cantidad de líquido en el volumen interior del recipiente establece una 10 frecuencia natural del amortiguador de líquido. Con el fin de lograr una amortiguación suficiente de una estructura de torre, la frecuencia natural del amortiguador de líquido se puede seleccionar de modo que coincida aproximadamente con la frecuencia natural de la estructura de torre. Como el amortiguador de líquido del cuarto aspecto se puede destinar a amortiguar vibraciones en torres de aerogeneradores, o secciones de las mismas, la frecuencia natural del amortiguador de líquido puede estar por debajo de 5 Hz, tal como entre 0,5 Hz y 2 Hz.

En términos de fabricación, el recipiente puede ser un barril moldeado de una sola pieza que se fabrica usando una 15 técnica de moldeo apropiada, tal como una técnica de moldeo rotacional.

En una realización, el recipiente comprende además al menos un elemento de restricción de flujo integrado dispuesto dentro del volumen interior.

Cuando la sección de torre de aerogenerador comienza a oscilar, el líquido comenzará a salpicar de lado a lado dentro del volumen interior. Con un amortiguador correctamente ajustado, el líquido se mueve fuera de fase con la 20 sección de torre. Una fuerza de restauración en el fluido se debe a la gravedad. Cuando el fluido está salpicando fuera de fase con la sección de torre y hay pérdidas de flujo, la energía se toma del sistema combinado y esto reducirá o cancelará efectivamente las oscilaciones de la sección de torre.

El elemento de restricción de flujo restringe el movimiento del líquido en el interior del recipiente y por ello aumenta la cantidad de energía extraída del sistema combinado.

25 Para garantizar la fijación y colocación adecuadas de al menos un elemento de restricción de flujo integrado, se proporciona al menos una muesca dentro del volumen interior del recipiente, y en donde la colocación del al menos un elemento de restricción de flujo integrado está alineada con al menos una muesca. La al menos una muesca se puede proporcionar en una superficie interior formada de manera cilíndrica del recipiente. Preferiblemente, un conjunto de muescas separadas angularmente en la parte de superficie interior formada de manera cilíndrica 30 asegura cada elemento de restricción de flujo integrado al recipiente. El elemento de restricción de flujo integrado puede ser un elemento en forma de anillo que tiene una malla de pasos pasantes así como una abertura central.

La disposición de interfaz de la estructura de marco puede comprender un primer conjunto de medios de fijación configurados para asegurar el módulo amortiguador con relación a una sección de torre en una dirección axial de dicha sección de torre. El primer conjunto de medios de fijación puede comprender una o más armellas. El módulo amortiguador se puede asegurar en una dirección axial de la sección de torre suspendiendo el módulo amortiguador de una pestaña de torre en un número apropiado de elementos alargados, tal como un número apropiado de cables.

La disposición de interfaz de la estructura de marco puede comprender además un segundo conjunto de medios de fijación configurados para asegurar el módulo amortiguador con relación a una sección de torre en una dirección radial de dicha sección de torre. El segundo conjunto de medios de sujeción puede comprender uno o más 40 elementos de fijación magnéticos configurados para asegurar el módulo amortiguador en un interior de la pared de la sección de torre que puede ser una pared de torre de acero tubular. Cada uno del uno o más elementos de fijación magnéticos puede comprender un número de imanes permanentes, tales como 2 imanes permanentes.

La disposición de interfaz de la estructura de marco puede comprender además un tercer conjunto de medios de fijación configurados para unir un módulo amortiguador axialmente adyacente al módulo amortiguador de una manera de modo que el módulo amortiguador axialmente adyacente esté suspendido del módulo amortiguador en la dirección axial de dicha sección de torre. El tercer conjunto de medios de fijación puede comprender una o más armellas. Un módulo amortiguador axialmente adyacente se puede unir al módulo amortiguador a través de un número apropiado de elementos alargados, tal como un número apropiado de cables.

50 El módulo amortiguador puede comprender una pluralidad de amortiguadores de líquido asegurados a la estructura de marco, en donde la pluralidad de amortiguadores de líquido tienen esencialmente la misma frecuencia natural. La frecuencia natural de la pluralidad de amortiguadores de líquido puede estar por debajo de 5 Hz, tal como entre 0,5 Hz y 2 Hz.

En un segundo aspecto, la presente invención se refiere a una sección de torre para una torre de aerogenerador, 55 dicha sección de torre que comprende una pared de torre tubular, pestañas superior e inferior y al menos un módulo amortiguador según el primer aspecto.

- La sección de torre puede ser del tipo abordado en conexión con el primer aspecto, es decir, una sección de torre que forma parte de una torre de aerogenerador completa o parcialmente completada que comprende una pluralidad de secciones de torre dispuestas unas en la parte superior de otras o una sección de torre discreta que no forma parte de una torre de aerogenerador ensamblada. La sección de torre discreta se puede instalar como parte de una torre de aerogenerador ensamblada en una etapa posterior. La disposición del módulo amortiguador en la sección de torre discreta se puede realizar en un emplazamiento de ensamblaje previo en la fábrica de la torre o la fábrica del amortiguador o en el emplazamiento de construcción de la torre. En los dos primeros ejemplos mencionados aquí, el módulo amortiguador se transporta en el interior de la sección de torre hasta el emplazamiento de construcción.
- 5 El al menos un módulo amortiguador se puede colocar adyacente a la pared de torre en el interior de la sección de torre. La pared de torre puede ser una pared de torre de tubo de acero de la sección de torre.
- La sección de torre puede comprender una disposición de suspensión de módulo amortiguador para suspender una serie de dicho al menos un módulo amortiguador. La disposición de suspensión del módulo amortiguador puede comprender al menos un elemento alargado, en donde el al menos un elemento alargado es unible a la disposición de interfaz y unible a puntos de conexión en la sección de torre. El al menos un elemento alargado puede comprender al menos un cable. La disposición de interfaz del módulo amortiguador se puede implementar como se trató en conexión con el primer aspecto. Los puntos de conexión en la sección de torre se pueden formar en el interior de la pared de torre de la sección de torre, en la pestaña superior de la sección de torre o en una plataforma de torre suspendida dentro de la sección de torre.
- 10 15 20 25 30 35 40
- En un tercer aspecto, la presente invención se refiere a una torre de aerogenerador que comprende una sección de torre según el segundo aspecto, en donde dicha sección de torre forma parte de una mitad superior de la torre de aerogenerador. La torre de aerogenerador puede formar parte de un generador de aerogenerador ensamblado que comprende al menos la torre de aerogenerador y una góndola instalada sobre la misma, la góndola con o sin rotor. Alternativamente, la torre de aerogenerador puede ser una estructura de torre autoportante sin una góndola instalada sobre la misma. Una estructura de torre autoportante puede ser una estructura de torre durante el almacenamiento, una estructura de torre durante el transporte o una estructura de torre en su emplazamiento de instalación final.
- Por ejemplo, durante el transporte en un navío de navegación marítima o cuando el navío ha levantado la estructura de torre puede estar completamente ensamblada y ser autoportante sobre el navío. De este modo, el módulo amortiguador puede estar en operación durante el transporte o almacenamiento (durante el levantamiento) para mitigar los efectos del desprendimiento de vórtices.
- 45 50 55
- En un cuarto aspecto, la presente invención se refiere a un amortiguador de líquido que comprende un recipiente que comprende un volumen interior que contiene una cantidad de líquido, el recipiente que comprende además al menos un elemento de restricción de flujo integrado dispuesto dentro del volumen interior, en donde la cantidad de líquido en el volumen interior del recipiente establece una frecuencia natural del amortiguador de líquido. Con el fin lograr una amortiguación suficiente de una estructura de torre, la frecuencia natural del amortiguador de líquido se puede seleccionar de modo que coincida aproximadamente con la frecuencia natural de la estructura de torre. Como el amortiguador de líquido del cuarto aspecto se puede destinar a amortiguar vibraciones en torres de aerogeneradores, o secciones de las mismas, la frecuencia natural del amortiguador de líquido puede estar por debajo de 5 Hz, tal como entre 0,5 Hz y 2 Hz.
- En términos de fabricación, el recipiente puede ser un barril moldeado de una sola pieza que se fabrica usando una técnica de moldeo apropiada, tal como una técnica de moldeo rotacional.
- Para asegurar la fijación y colocación adecuados del al menos un elemento de restricción de flujo integrado, se proporciona al menos una muesca dentro del volumen interior del recipiente, y en donde la colocación del al menos un elemento de restricción de flujo integrado está alineada con al menos una muesca. La al menos una muesca se puede proporcionar en una parte de superficie interior formada de manera cilíndrica del recipiente. Preferiblemente, un conjunto de muescas separadas angularmente en la parte de superficie interior formada de manera cilíndrica asegura cada elemento de restricción de flujo integrado al recipiente. El elemento de restricción de flujo integrado puede ser un elemento en forma de anillo que tiene una malla de pasos pasantes así como una abertura central.
- 50 55
- En un quinto aspecto, la presente invención se refiere a un método para fabricar un recipiente para un amortiguador de líquido, el método que comprende los pasos de proporcionar al menos un elemento de restricción de flujo e integrar el al menos un elemento de restricción de flujo en un volumen interior del recipiente usando una técnica de moldeo rotacional. El recipiente puede tomar la forma de un barril moldeado de una sola pieza. Las propiedades del recipiente fabricado pueden ser como se abordan en conexión con el cuarto aspecto.
- En un sexto aspecto, la presente invención se refiere a una cadena de módulos amortiguadores que comprende una pluralidad de módulos amortiguadores conectados mutuamente según el primer aspecto, en donde los módulos amortiguadores axialmente adyacentes se conectan mutuamente a través de al menos un elemento alargado. El al menos un elemento alargado puede comprender al menos un cable.

En un séptimo aspecto, la presente invención se refiere a una sección de torre para una torre de aerogenerador, dicha sección de torre que tiene al menos una cadena de módulos amortiguadores según el sexto aspecto asegurado al mismo. El aseguramiento de la al menos una cadena de módulos amortiguadores se puede proporcionar a través de las disposiciones de interfaz de los módulos amortiguadores respectivos como se abordó anteriormente.

5

La sección de torre se puede transportar al emplazamiento de construcción de la torre de aerogenerador con la al menos una cadena de módulos amortiguadores instalada.

En un octavo aspecto, la presente invención se refiere a un método para instalar una cadena de módulos amortiguadores según el sexto aspecto en una torre de aerogenerador instalada, el método que comprende los 10 pasos de

a) izar la cadena de módulos amortiguadores a una altura predeterminada en el interior de una torre de aerogenerador usando una disposición de elevación asegurada a la disposición de interfaz de la estructura de marco,

15

b) desplazar la carga de la cadena de módulos amortiguadores izada desde la disposición de elevación a la disposición de suspensión también asegurada a la disposición de interfaz en un extremo, y asegurada a una pestaña de torre de aerogenerador en el otro extremo, en donde la disposición de suspensión está asegurada a la pestaña de torre de aerogenerador en un punto de conexión que está por encima y alineado verticalmente con una posición final de la cadena de módulos amortiguadores, y

20

c) llevar, usando la disposición de suspensión, la cadena de módulos amortiguadores a su posición vertical final, y asegurarla a una pestaña de torre de aerogenerador a través de la disposición de suspensión, y asegurarla a una pared de torre de aerogenerador interior a través de las disposiciones de interfaz.

25

La cadena de módulos amortiguadores se puede asegurar a la pared de torre de aerogenerador interior a través de segundos conjuntos de medios de fijación configurados para asegurar cada uno de los módulos amortiguadores de la cadena en una dirección radial de dicha sección de torre. Como se abordó anteriormente, los segundos conjuntos de medios de sujeción pueden comprender uno o más elementos de fijación magnéticos configurados para asegurar los módulos amortiguadores respectivos al interior de la pared de sección de torre, que puede ser una pared de torre de acero tubular. Cada uno del uno o más elementos de fijación magnéticos puede comprender una serie de imanes permanentes, tales como 2 imanes permanentes.

30

En general, los diversos aspectos de la invención se pueden combinar y acoplar de cualquier forma posible dentro del alcance de la invención. Estos y otros aspectos, características y/o ventajas de la invención serán evidentes a partir de, y se dilucidarán con referencia a, las realizaciones descritas de aquí en adelante.

Breve descripción de los dibujos

La presente invención se explicará ahora con más detalle con referencia a las figuras que se acompañan, en donde

la Fig. 1 muestra un generador de aerogenerador, una torre de aerogenerador ensamblada,

35

la Fig. 2 muestra una torre de aerogenerador ensamblada,

la Fig. 3 muestra un amortiguador de líquido,

la Fig. 4 muestra un módulo amortiguador de un primer tipo,

la Fig. 5 muestra un módulo amortiguador de un segundo tipo,

la Fig. 6 muestra un módulo amortiguador de un tercer tipo,

40

la Fig. 7 muestra un módulo amortiguador de un primer tipo y una representación ampliada del elemento de fijación magnético.

la Fig. 8 muestra módulos amortiguadores suspendidos en una torre de aerogenerador,

la Fig. 9 muestra módulos amortiguadores asegurados a la pared de torre de aerogenerador,

la Fig. 10 muestra cadenas de módulos amortiguadores suspendidos.

45

la Fig. 11 muestra la modernización de una cadena de módulos amortiguadores, y

la Fig. 12 muestra el desplazamiento de carga de una cadena de módulos amortiguadores modernizada.

Si bien la invención es susceptible de diversas modificaciones y formas alternativas, se han mostrado realizaciones específicas a modo de ejemplos en los dibujos y se describirán en detalle en la presente memoria. No obstante, se debería entender que no se pretende que la invención se limite a las formas particulares descritas.

Descripción detallada de la invención

5 En un aspecto general, la presente invención se refiere a un amortiguador en forma de amortiguador de líquido para amortiguar las oscilaciones de una estructura de torre asociada, tal como una torre de aerogenerador, a la que se une el amortiguador de líquido. La presente invención se refiere además a un módulo amortiguador que comprende al menos un amortiguador de líquido asegurado a una estructura de marco. Con el fin de reducir las oscilaciones de una estructura de torre asociada, se puede instalar un número apropiado de módulos amortiguadores en dicha 10 estructura de torre asociada.

Haciendo referencia ahora a la Fig. 1, se representa un generador de aerogenerador 100. El generador de aerogenerador 100 comprende una torre de aerogenerador 101, una góndola 103 así como tres palas de rotor 102 aseguradas a un buje de rotor 104. El generador de aerogenerador 100 convierte la energía eólica en energía 15 eléctrica a través de al menos un generador de energía y un sistema convertidor de potencia asociado. El generador de energía y el sistema convertidor de potencia asociado no se muestran en la Fig. 1.

Cuando se ensamblan generadores de aerogenerador del tipo representado en la Fig. 1, se ensambla primero la 20 torre de aerogenerador 101, compárese con la Fig. 2. Antes de montar la góndola, el buje y las palas del rotor en la torre de aerogenerador, la torre de aerogenerador autoportante 201 puede quedar expuesta a oscilaciones inducidas por vórtices que harán que la torre de aerogenerador autoportante 201 se balancee o se desvíe de un lado a otro como se indica por la flecha 203 en la Fig. 2. Una torre de aerogenerador autoportante que tiene una góndola instalada sobre la misma, la góndola con o sin rotor, también puede balancearse o desviarse de un lado a otro. El amortiguador de torre de la presente invención se configura por lo tanto para ser aplicado en torres de aerogeneradores sin una góndola instalada sobre las mismas así como en torres de aerogeneradores con una góndola instalada sobre las mismas, la góndola con o sin rotor.

25 Como se ve en la Fig. 2, la torre de aerogenerador comprende una pluralidad de secciones de torre dispuestas unas encima de otras con el fin de formar la torre de aerogenerador completa. Las desviaciones de la torre de acuerdo con la segunda frecuencia natural de una estructura de torre se indican mediante la línea discontinua 202 en la Fig. 2. No solamente las torres de aerogeneradores completadas, sino también las torres de aerogeneradores que aún 30 no han alcanzado su altura final también pueden oscilar o desviarse si se exponen a oscilaciones inducidas por vórtices.

Volviendo ahora a la Fig. 3a, se representa un amortiguador de líquido según la presente invención. El amortiguador de líquido toma la forma de un barril moldeado 301 que tiene un par de asas 302, 305 dispuestas de manera opuesta y una abertura 303 para proporcionar acceso a un volumen interior 308, compárese con la Fig. 3b, del barril moldeado 301. La abertura 303 en el barril moldeado 301 facilita que el líquido pueda o bien entrar o bien salir del 35 volumen interior 308. Para dimensiones dadas del barril moldeado 301 la cantidad de líquido en el volumen interior 308 de dicho barril moldeado 301 establece una frecuencia natural del amortiguador de líquido. Se proporciona una disposición de cierre apropiada (no mostrada), o bien permanente o bien temporalmente, para cerrar la abertura 303 cuando una cantidad deseada de líquido está presente en el volumen interior 308 del barril moldeado 301.

40 Como se representa en las Figs. 3a y 3b, una o más muescas 304, 307 están integradas en el barril moldeado 301. La colocación de la una o más muescas 304, 307 define la colocación de un elemento de restricción de flujo 306 integrado en el sentido de que el elemento de restricción de flujo 306 está alineado con al menos al menos un 45 número de dicha una o más muescas 304, 307. Como se representa en la Fig. 3b, el elemento de restricción de flujo 306 está colocado en la posición disponible más baja de entre tres posiciones permitidas. El elemento de restricción de flujo 306 toma la forma de un elemento en forma de anillo que tiene una malla de pasos pasantes, así como una abertura central. También pueden ser aplicables otras implementaciones del elemento de restricción de flujo 306.

50 La posición del elemento de restricción de flujo 306 en el interior del barril 301 depende de la altura del líquido en el interior del barril 301. El elemento de restricción de flujo 306 se debería sumergir en el líquido durante la operación del amortiguador e idealmente justo por debajo de la superficie del líquido. Las muescas en la realización mostrada permiten tres alturas discretas del elemento de restricción de flujo 306. Introduciendo las muescas 304, 307 en más niveles, se introducen más opciones de ajuste.

55 El diámetro y la altura del barril moldeado 301 se pueden seleccionar en vista de la frecuencia natural deseada de un amortiguador de líquido. Como la frecuencia natural del amortiguador de líquido 301 está típicamente por debajo de 5 Hz, tal como entre 0,5 Hz y 2 Hz, el diámetro del barril moldeado 301 puede estar entre 0,2 m y 0,8 m, mientras que la altura del barril moldeado puede estar entre 0,1 m y 0,6 m. El peso total de un amortiguador de líquido depende de sus dimensiones físicas así como de la cantidad de líquido en su volumen interior. Los amortiguadores de líquido pequeños, de este modo, pueden tener un peso total de menos de 10 kg, mientras que los amortiguadores de líquido más grandes pueden tener un peso total por encima de 40 kg.

Según la presente invención, se han preseleccionado 3 dimensiones diferentes del amortiguador de líquido – esto es, un amortiguador de líquido grande que tiene una frecuencia natural en el rango de 0,7 - 1,1 Hz, un amortiguador de líquido de tamaño medio que tiene una frecuencia natural en el rango de 1,0 - 1,4 Hz, y un amortiguador de líquido pequeño que tiene una frecuencia natural en el rango de 1,2 - 1,7 Hz.

- 5 En términos de fabricación, al barril moldeado 301 se le puede aplicar una técnica de moldeo rotacional. No obstante, se debería señalar que otras técnicas de fabricación, incluyendo el moldeo por soplado, la impresión 3D o el moldeo por inyección, también pueden ser aplicables.

Con el fin de proporcionar una amortiguación suficiente de una estructura de torre, tal como una torre de aerogenerador, la relación de masa entre la masa de la estructura de torre y la masa total de un amortiguador se debe ajustar a un cierto valor. En una realización de la presente invención se agrupa una pluralidad de amortiguadores de líquido, tales como 4, 6 o 24, para formar un módulo amortiguador. Como se demostrará a continuación, 4 amortiguadores de líquido grandes pueden formar un módulo amortiguador de un primer tipo, mientras que 6 amortiguadores de líquido de tamaño medio pueden formar un módulo amortiguador de un segundo tipo. Finalmente, se pueden agrupar 24 amortiguadores de líquido pequeños para formar un módulo amortiguador de un tercer tipo.

Haciendo referencia ahora a la Fig. 4, se representa un módulo amortiguador 400 que comprende 4 amortiguadores de líquido grandes 401-404. Los 4 amortiguadores de líquido grandes 401-404 tienen propiedades similares en cuanto a dimensiones físicas, peso, así como frecuencia natural. La frecuencia natural de los amortiguadores de líquido grandes está en el rango de 0,7 - 1,1 Hz. Como se representa en la Fig. 4, los 4 amortiguadores de líquido grandes 401-404 se aseguran a través correas o cinturones 415-418 a una estructura de marco que tiene una parte inferior 406, una parte superior 407, una parte central 409 y una parte lateral 408. Para la fijación axial del módulo amortiguador 400 dentro de una estructura de torre, el módulo amortiguador 400 comprende un número, tal como un par, de armellas 410 para suspender el módulo amortiguador 400, por ejemplo, de una pestaña de torre (no mostrada) o de otro módulo amortiguador (tampoco mostrado). De manera similar, el módulo amortiguador 400 comprende un número, tal como un par, de armellas 411 para suspender otro módulo amortiguador (no mostrado) del módulo amortiguador 400. Para la fijación radial del módulo amortiguador 400 se proporciona un número de elementos de fijación magnéticos 412, 413. Como se describirá con más detalle a continuación, los elementos de fijación magnéticos 412, 413 asegurarán el módulo amortiguador 400 a una pared de estructura de torre interior (no mostrada). El módulo amortiguador 400 puede comprender además al menos un ojo de manipulación 414 para un manejo fácil del módulo amortiguador 400 antes de montar el módulo amortiguador 400 en una estructura de torre (no mostrada). Se debería señalar que el número de amortiguadores de líquido grandes en el módulo amortiguador puede ser diferente de 4.

En la Fig. 5, se representa un módulo amortiguador 500 que comprende 6 amortiguadores de líquido de tamaño medio 501-506. También, los amortiguadores de líquido de tamaño medio 501-506 tienen propiedades similares en cuanto a dimensiones físicas, peso, así como frecuencia natural. La frecuencia natural de los amortiguadores de líquido de tamaño medio está en el rango de 1,0 - 1,4 Hz. Los 6 amortiguadores de líquido de tamaño medio 501-506 están asegurados a través de correas o cinturones 517-522 a una estructura de marco que tiene una parte inferior 508, una parte superior 509, una parte central 511 y una parte lateral 510. Para la fijación axial del módulo amortiguador 500 dentro de una estructura de torre, el módulo amortiguador 500 comprende un número, tal como un par, de armellas 512 para suspender el módulo amortiguador 500, por ejemplo, de una pestaña de torre (no mostrada) o de otro módulo amortiguador (tampoco mostrado). De manera similar, el módulo amortiguador 500 comprende un número, tal como un par, de armellas 513 para suspender otro módulo amortiguador (no mostrado) del módulo amortiguador 500. Para la fijación radial del módulo amortiguador 500, se proporcionan un número de elementos de fijación magnéticos 514, 515. Como se describirá con más detalle a continuación, los elementos de fijación magnéticos 514, 515 asegurarán el módulo amortiguador 500 a una pared de estructura de torre interior (no mostrada). El módulo amortiguador 500 puede comprender además al menos un ojo de manipulación 516 para un manejo fácil del módulo amortiguador 500 antes de montar el módulo amortiguador 500 en una estructura de torre (no mostrada). Se debería señalar que el número de amortiguadores de líquido de tamaño medio en el módulo amortiguador puede ser diferente de 6.

50 Volviendo ahora a la Fig. 6, se representa un módulo amortiguador 600 que comprende 24 amortiguadores de líquido pequeños 604. Los amortiguadores de líquido pequeños 604 tienen propiedades similares en cuanto a dimensiones físicas, peso, así como frecuencia natural. La frecuencia natural de los amortiguadores de líquido pequeños está en el rango de 1,2 - 1,7 Hz. Los 24 amortiguadores de líquido pequeños están asegurados a una estructura de marco que tiene una parte inferior 607, una parte superior y 3 partes axiales 608 (solamente una es visible). Para la fijación axial del módulo amortiguador 600 dentro de una estructura de torre, el módulo amortiguador 600 comprende un número de elementos de sujeción 606 para suspender el módulo amortiguador 600, por ejemplo, de una pestaña de torre (no mostrada) o de otro módulo amortiguador (tampoco mostrado). De manera similar, el módulo amortiguador 600 comprende un número de elementos de fijación (no mostrados) para suspender otro módulo amortiguador (no mostrado) del módulo amortiguador 600. Para la fijación radial del módulo amortiguador 600 se proporcionan un número de elementos de fijación magnéticos 601-603. Como se describirá con más detalle a continuación, los elementos de fijación magnéticos 601-603 asegurarán el módulo amortiguador 600 a una pared de estructura de torre interior (no mostrada). El módulo amortiguador 600 puede comprender además al menos un ojo

de manipulación (no mostrado) para un manejo fácil del módulo amortiguador 600 antes de montar el módulo amortiguador 600 en una estructura de torre (no mostrada). Se debería señalar que el número de amortiguadores de líquido pequeños en el módulo amortiguador puede diferir de 24.

En la Fig. 7a se representa de nuevo el módulo amortiguador de la Fig. 4, es decir, un módulo amortiguador que incluye 4 amortiguadores de líquido grandes 701 asegurados a una estructura de marco 702 a través de cinturones o correas 712. Para la fijación radial del módulo amortiguador se proporcionan un número de elementos de fijación magnéticos 703, 704. La Fig. 7b muestra una vista ampliada de un elemento de fijación magnético. Como se ve en la Fig. 7b, el elemento de fijación magnético comprende un par de imanes permanentes 706, 707 asegurados a un elemento de marco común que incluye placas de marco 710, 711. Las placas de marco 710, 711 permiten la inserción de un perno dividido 709 a través de cuyo perno dividido 709 el elemento de fijación magnético se puede asegurar a un módulo amortiguador, por ejemplo, del tipo mostrado en la Fig. 7a. Alrededor de los imanes permanentes 706, 707 se proporciona una disposición de protección desmontable en forma de una carcasa no magnética 705 y un asa 708 con el fin de evitar que estos imanes se unan involuntariamente a otras estructuras metálicas.

Haciendo referencia ahora a la Fig. 8, se representa una posible instalación 800 de una pluralidad de módulos amortiguadores en una torre de aerogenerador (no mostrada). Como se ve en la Fig. 8, un total de 6 módulos amortiguadores 803 están suspendidos en cables 807 respectivos de una pestaña de torre 801. Cada módulo amortiguador está suspendido en 2 cables, aunque solamente son visibles 11 cables en la Fig. 8. Cada cable 807 está asegurado, en un extremo, a una armella 806 de un módulo amortiguador, mientras que el otro extremo de cada cable está asegurado a la pestaña de torre 801 a través de una disposición desmontable en forma de gancho 808. Una plataforma de torre 802 para el personal de servicio está situada entre la pestaña de torre 801 y los módulos amortiguadores 803 suspendidos. De este modo, el personal de servicio puede ayudar en caso de que los módulos amortiguadores hayan de ser modernizados en una torre de aerogenerador. Como se ve a partir de la Fig. 8, los cables 807 son responsables de la colocación axial y la fijación de los módulos amortiguadores 803. Como se trató anteriormente y como se demostrará en conexión con la Fig. 9, los elementos de fijación magnéticos 804, 805 (solamente son visibles dos en la Fig. 8) son responsables de la colocación radial y la fijación de los módulos amortiguadores 803.

La Fig. 9 muestra una plataforma de torre 901 de una torre de aerogenerador. La plataforma de torre, que comprende un paso 902 para un ascensor de torre y una trampilla 903 para una escalera, se ve desde abajo. La plataforma de torre 901 se asegura a lo largo de su borde a la pared de torre de aerogenerador 900. Según se ve la plataforma de torre 901 desde debajo, los 5 módulos amortiguadores 904-908 están colocados y fijados a la pared de torre de aerogenerador 900 por debajo de la plataforma de torre 901. Cada módulo amortiguador 904-908 se asegura a la pared de torre de aerogenerador 900 a través de un número apropiado de elementos de fijación magnéticos 909, 910, tal como 4 elementos de fijación magnéticos por módulo amortiguador. También se debería señalar que los módulos amortiguadores 904-908 están colocados descentrados con relación a la torre de aerogenerador y lejos del paso 902 y la trampilla 903.

Como se indicó anteriormente, se puede proporcionar una cadena de módulos amortiguadores conectando una pluralidad de módulos amortiguadores entre sí. El número de módulos amortiguadores que forman la cadena, en principio puede ser arbitrario. Como se representa en la Fig. 10a, un primer módulo amortiguador 1001 se puede conectar a un segundo módulo amortiguador 1002 a través de al menos un cable 1003. La Fig. 10b muestra una vista ampliada de una parte de la Fig. 10a. Como se muestra en la Fig. 10b, cada cable entre los módulos amortiguadores 1001, 1002 axialmente adyacentes comprende un cable 1003 con grilletes 1006, 1008 en ambos extremos. El grillete inferior 1006 está asegurado a la armella 1007 del módulo amortiguador inferior 1002, mientras que el grillete superior 1008 está asegurado a un gancho 1004 que está asegurado a una armella 1005 del módulo amortiguador superior 1001.

Las Figs. 11 y 12 se refieren ambas a la modernización de módulos amortiguadores dispuestos en una o más cadenas. La Fig. 11 es un esquema simple de una cadena de módulos amortiguadores 1105-1108 a ser izada como se indica por la flecha 1109 en el interior de una torre de aerogenerador (no mostrada) que tiene una escalera 1102 y un ascensor 1103 dispuestos en la misma. Los módulos amortiguadores 1105-1108 están interconectados mediante cables como se trató anteriormente. Antes de ser izada en el interior de la torre de aerogenerador, la cadena de módulos amortiguadores necesita pasar por la entrada 1104 bastante estrecha a la torre de aerogenerador. Se debería señalar que los módulos amortiguadores 1105-1108, en una realización alternativa, se pueden izar uno por uno en lugar de ser izados como una cadena.

En la Fig. 12a, una cadena que comprende tres módulos amortiguadores 1202 ha sido izada en un cable 1205 en el interior de una torre de aerogenerador 1201 que tiene una pestaña de torre 1204. La posición final en la cadena de módulos amortiguadores se pretende que esté por debajo de la armella 1203 asegurada a la pestaña de torre 1204. No obstante, como la cadena de módulos amortiguadores 1202 se ha izado a una posición lejos de la armella 1203, un proceso de desplazamiento de carga necesita tener lugar con el fin de llevar la cadena de módulos amortiguadores a su posición final, compárese con la Figura 12b. En la Fig. 12b, el cable de suspensión final 1206, o cables de suspensión, se tensa, mientras que el cable de elevación 1205 se afloja por lo que la cadena de módulos amortiguadores se desplaza hacia la izquierda, es decir, hacia su posición final por debajo de la armella 1203. En su

ES 2 980 987 T3

posición final, un número apropiado de elementos de fijación magnéticos (no mostrados) aseguran la cadena de módulos amortiguadores en el interior de la pared de torre de aerogenerador. De este modo, siguiendo el enfoque perfilado en las Figs. 11 y 12, llega a ser posible la modernización de cadenas de módulos amortiguadores.

REIVINDICACIONES

1. Una sección de torre para una torre de aerogenerador (101), dicha sección de torre que comprende una pared de torre tubular (900), unas pestañas superior e inferior y al menos un módulo amortiguador (400, 500, 600, 803, 904-908, 1001, 1002, 1105-1108, 1202) adaptado para ser asegurado a una sección de torre de aerogenerador, el módulo amortiguador (400, 500, 600, 803, 904-908, 1001, 1002, 1105-1108, 1202) que comprende al menos un amortiguador de líquido (401-404, 501-506, 604, 701) asegurado a una estructura de marco (406-409, 508-511, 607, 608, 702), en donde cada amortiguador de líquido (401-404, 501-506, 604, 701) comprende
- un recipiente (301) que comprende un volumen interior (308) que contiene una cantidad de líquido, en donde la cantidad de líquido en el volumen interior (308) del recipiente (301) establece una frecuencia natural del amortiguador de líquido (401-404, 501-506, 604, 701)
- 10 caracterizada por que la estructura de marco (406-409, 508-511, 607, 608, 702) comprende
- una disposición de interfaz (412, 413, 514, 515, 601-603, 703, 704, 804, 805, 909, 910) configurada para, en cooperación con una disposición de suspensión de módulo amortiguador (410, 411, 512, 513, 606, 806-808, 1003-1008, 1203, 1206) en una sección de torre, asegurar el módulo amortiguador (400, 500, 600, 803, 904-908, 1001, 1002, 1105-1108, 1202) a una pared de estructura de torre interior de dicha sección de torre, y
- 15 - una disposición de fijación de amortiguador de líquido configurada para asegurar dicho al menos un amortiguador de líquido a la estructura de marco (406-409, 508-511, 607, 608, 702),
- 20 y en donde dicho al menos un módulo amortiguador (400, 500, 600, 803, 904-908, 1001, 1002, 1105-1108, 1202) se coloca adyacente a la pared de torre (900) en el interior de la sección de torre.
2. Una sección de torre según la reivindicación 1, en donde la sección de torre comprende una disposición de suspensión de módulo amortiguador para suspender un número de dicho al menos un módulo amortiguador.
3. Una sección de torre según la reivindicación 2, en donde la disposición de suspensión de módulo amortiguador comprende un elemento alargado, en donde el elemento alargado es unible a la disposición de interfaz y unible a puntos de conexión en la sección de torre.
- 25 4. Una sección de torre según la reivindicación 3, en donde los puntos de conexión en la sección de torre están formados en el interior de la pared de torre de la sección de torre, en la pestaña superior de la sección de torre o en una plataforma de torre suspendida dentro de la sección de torre.
5. Una sección de torre según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la disposición de interfaz comprende además un tercer conjunto de medios de fijación configurados para unir un módulo amortiguador axialmente adyacente al módulo amortiguador de una manera de modo que el módulo amortiguador axialmente adyacente quede suspendido del módulo amortiguador en la dirección axial de dicha sección de torre.
- 30 6. Una sección de torre según la reivindicación 5, en donde el tercer conjunto de medios de fijación comprende una o más armellas.
7. Una sección de torre según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde una pluralidad de amortiguadores de líquido están asegurados a la estructura de marco, y en donde la pluralidad de amortiguadores de líquido tienen esencialmente la misma frecuencia natural.
- 35 8. Una sección de torre según la reivindicación 7, en donde la frecuencia natural de la pluralidad de amortiguadores de líquido está por debajo de 5 Hz.
9. Una sección de torre según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el recipiente comprende además al menos un elemento de restricción de flujo integrado dispuesto dentro del volumen interior, y en donde el elemento de restricción de flujo integrado es un elemento en forma de anillo que tiene una malla de pasos pasantes así como una abertura central.
- 40 10. Una sección de torre según la reivindicación 9, en donde el recipiente es un barril moldeado de una sola pieza.
11. Una sección de torre según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde al menos una muesca se proporciona dentro del volumen interior del recipiente, y en donde la colocación del al menos un elemento de restricción de flujo integrado está alineada con la al menos una muesca.
- 45 12. Una sección de torre según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el al menos un módulo amortiguador (400, 500, 600, 803, 904-908, 1001, 1002, 1105-1108, 1202) está dispuesto en una cadena de módulos amortiguadores que comprende una pluralidad de módulos amortiguadores conectados mutuamente.
- 50

13. Una torre de aerogenerador que comprende una sección de torre según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde dicha sección de torre forma parte de una mitad superior de la torre de aerogenerador.
14. Un método para instalar una cadena de módulos amortiguadores en una torre de aerogenerador instalada con una sección de torre según la reivindicación 12, el método comprende los pasos de
- 5 a) izar la cadena de módulos amortiguadores a una altura predeterminada en el interior de una torre de aerogenerador usando una disposición de elevación asegurada a la disposición de interfaz de la estructura de marco,
- 10 b) desplazar la carga de la cadena de módulos amortiguadores izada desde la disposición de elevación hasta la disposición de suspensión también asegurada a la disposición de interfaz en un extremo, y asegurada a una pestaña de torre de aerogenerador en otro extremo, en donde la disposición de suspensión está asegurada a la pestaña de la torre de aerogenerador en un punto de conexión que está por encima y alineado verticalmente con una posición final de la cadena de módulos amortiguadores, y
- 15 c) llevar, usando la disposición de suspensión, la cadena de módulos amortiguadores a su posición vertical final, y asegurarla a una pestaña de la torre de aerogenerador a través de la disposición de suspensión, y asegurarla a una pared de torre de aerogenerador interior a través de disposiciones de interfaz.

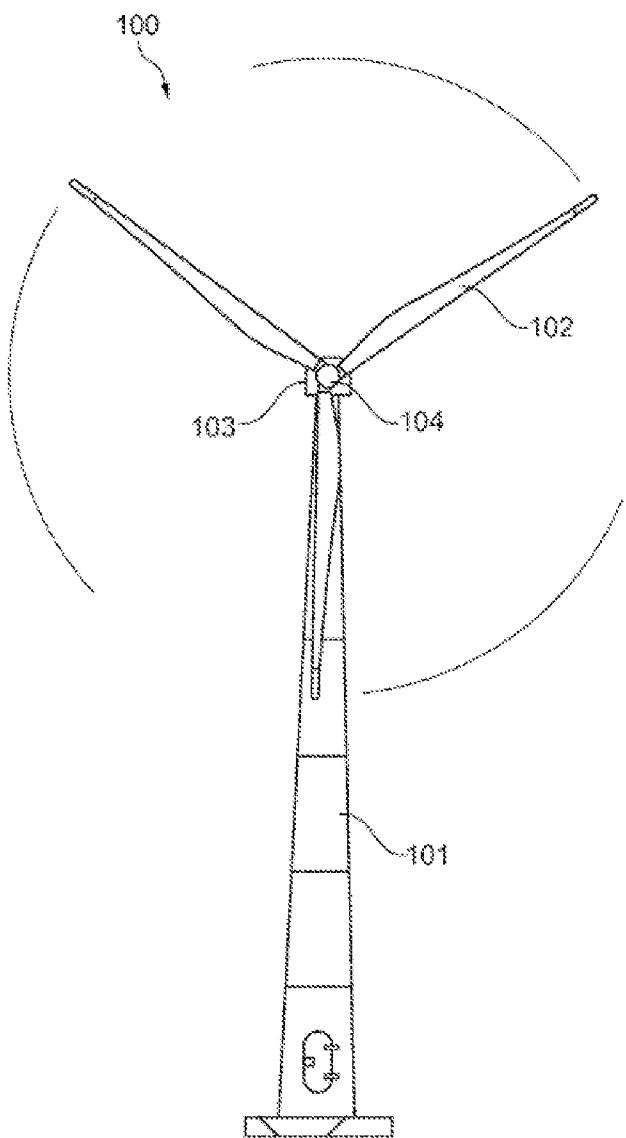


Fig. 1

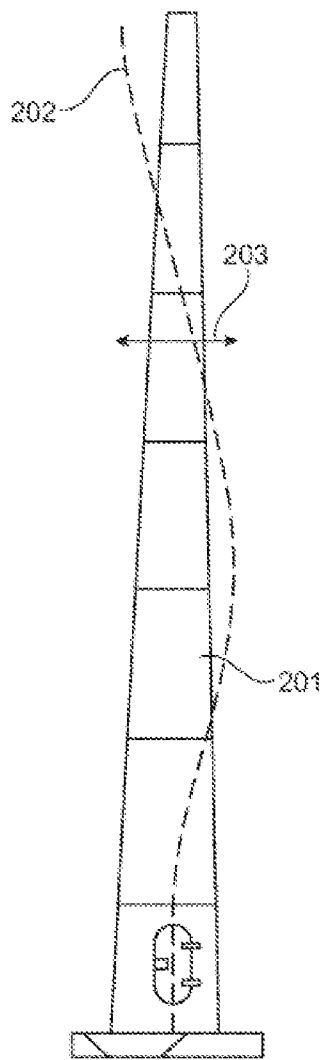
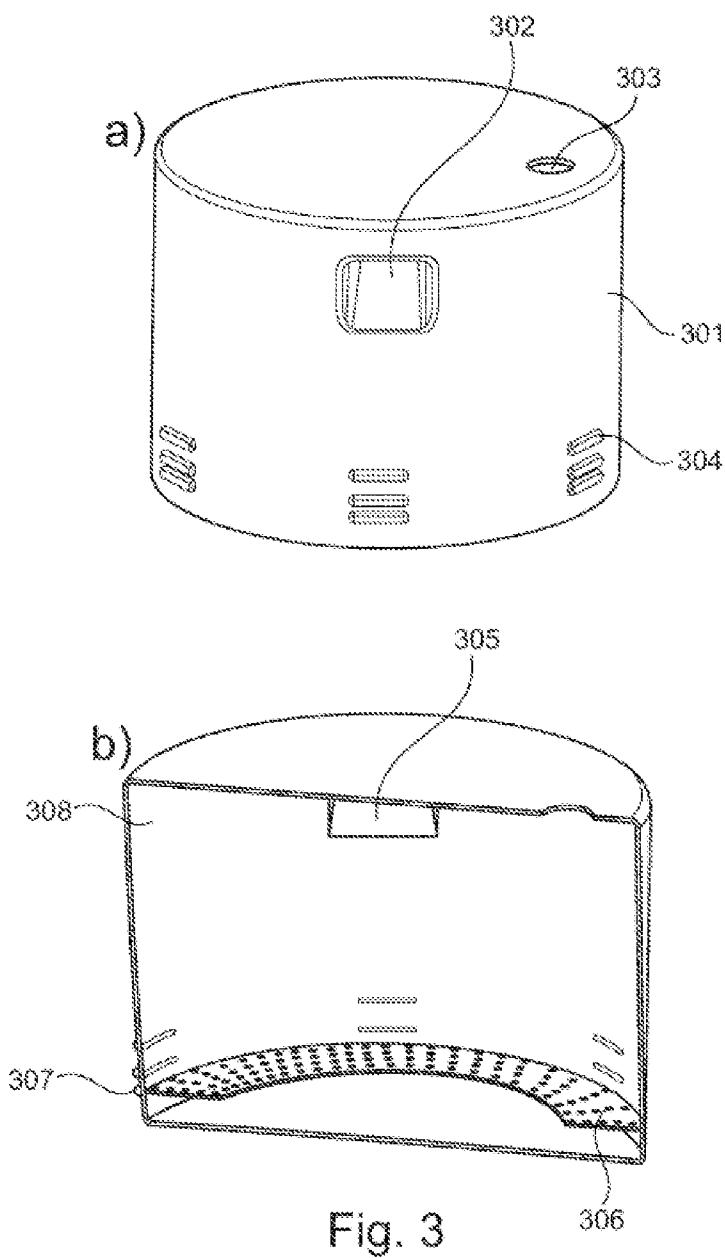


Fig. 2



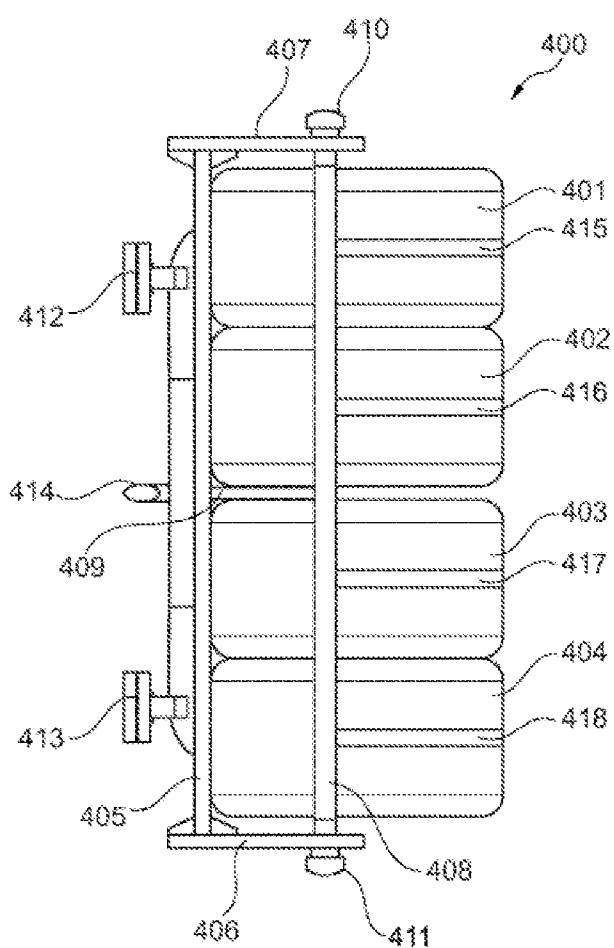


Fig. 4

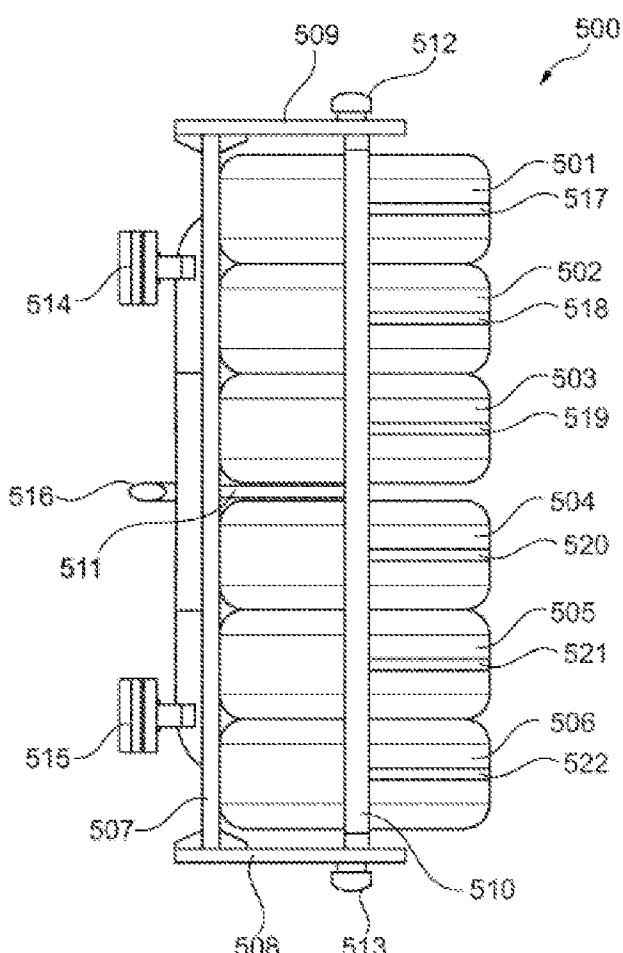


Fig. 5

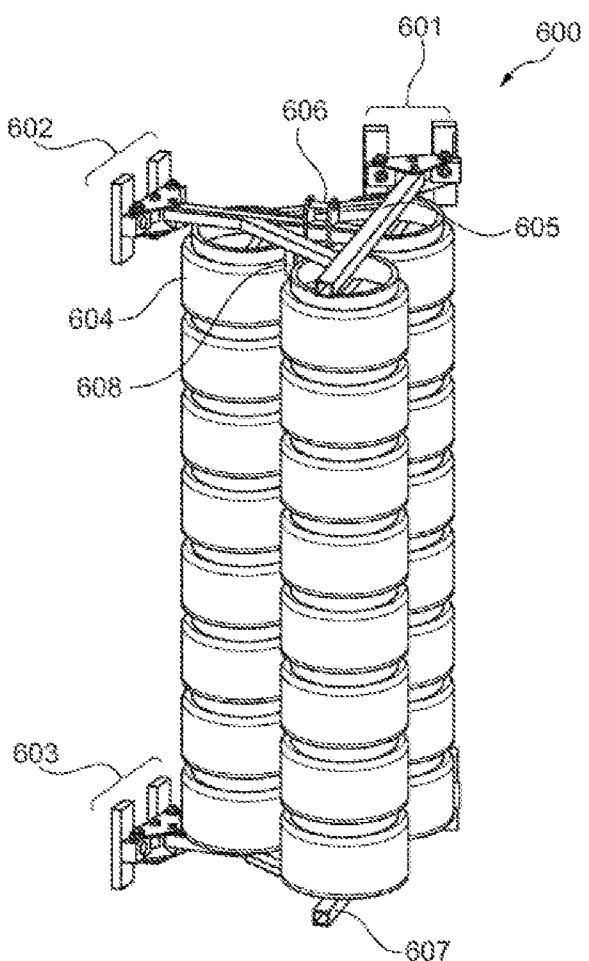


Fig. 6

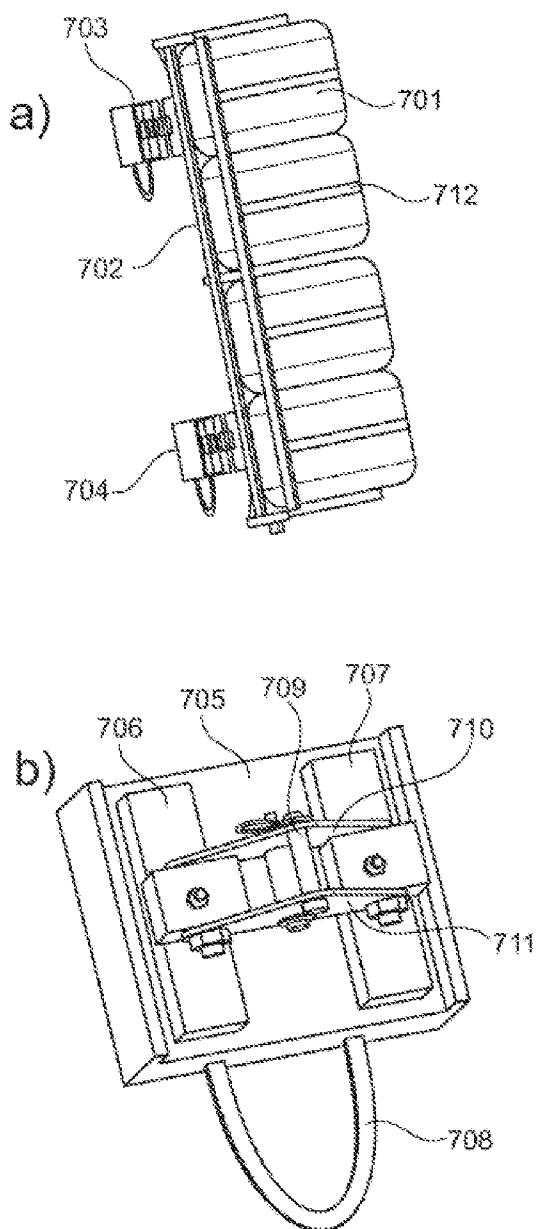


Fig. 7

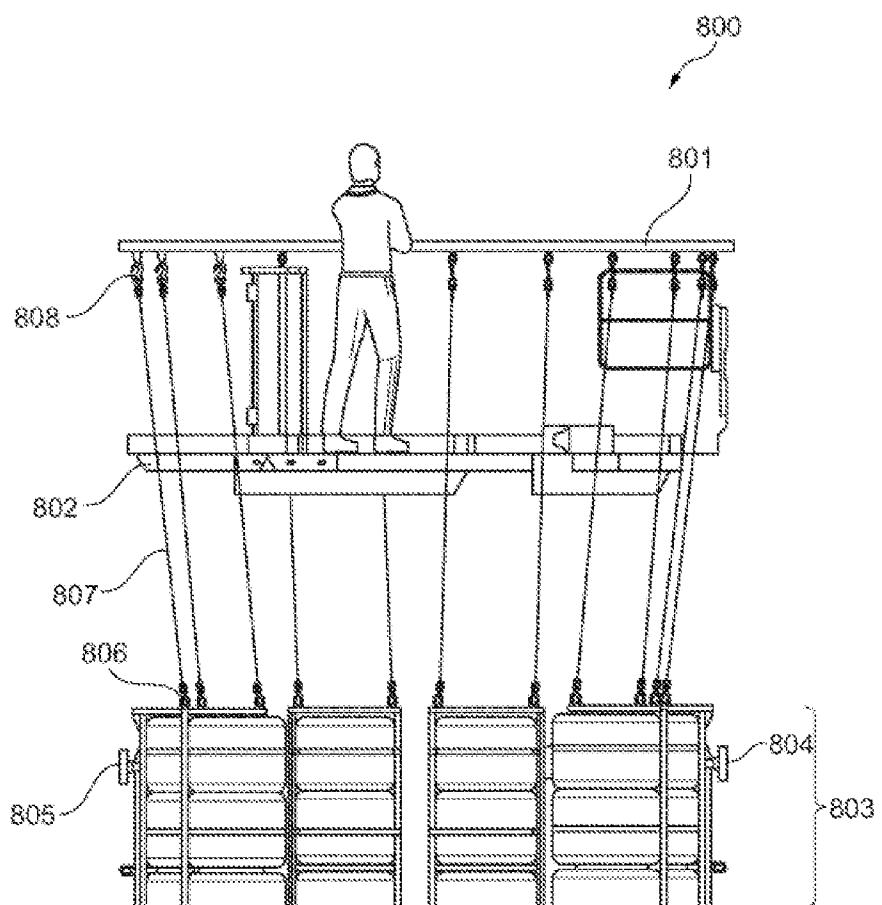


Fig. 8

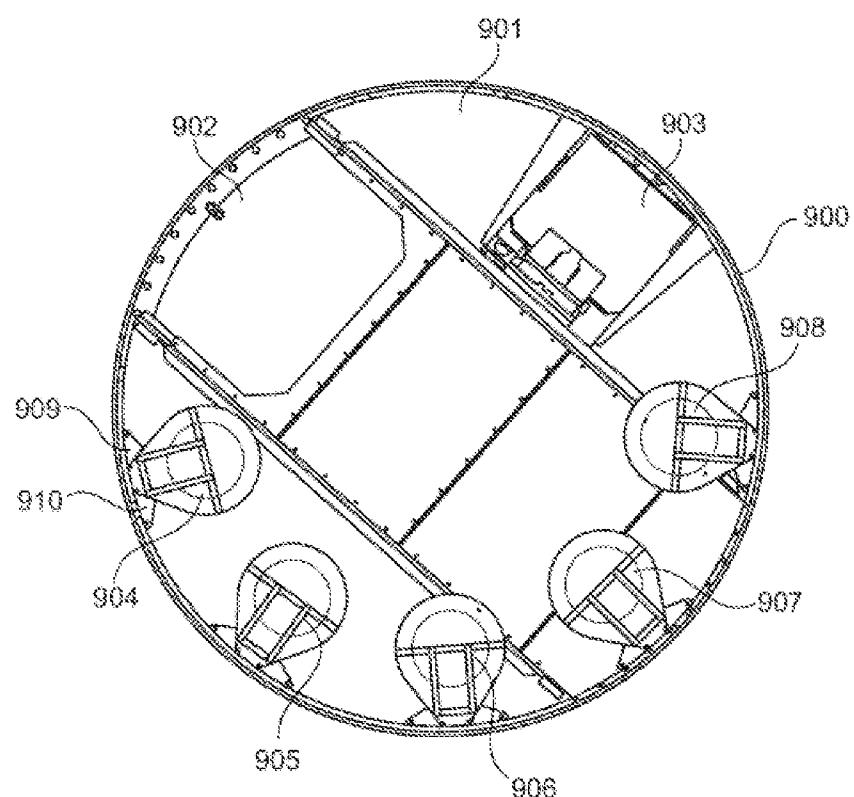


Fig. 9

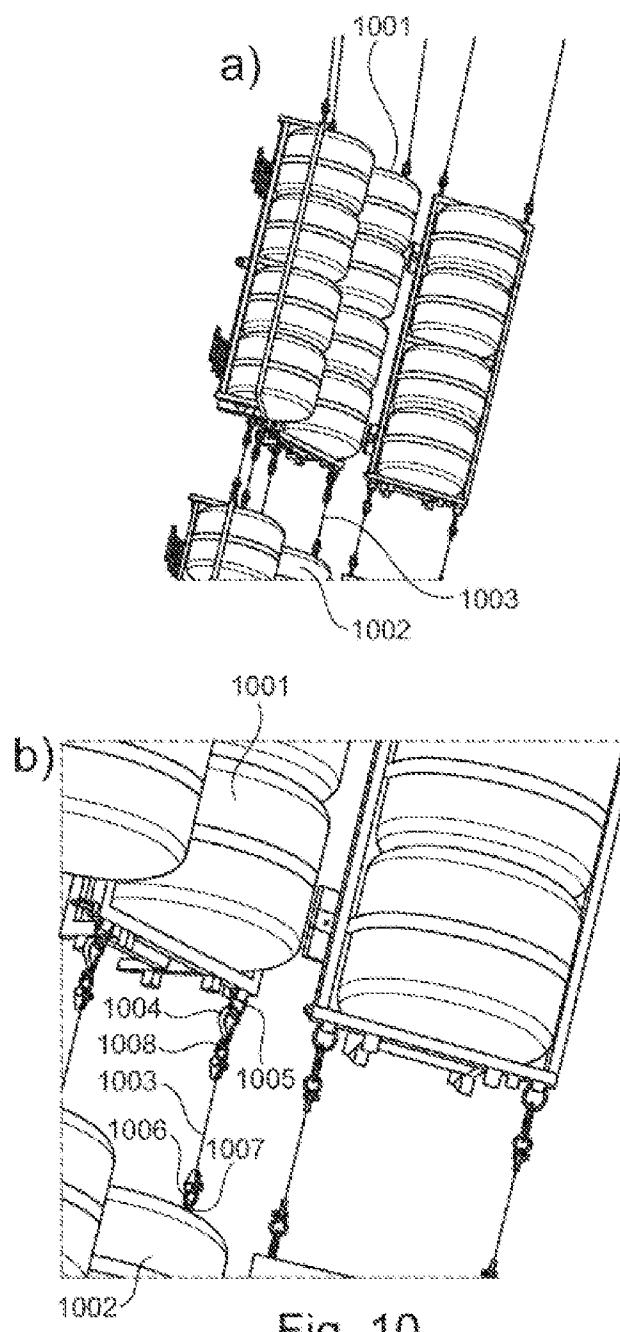


Fig. 10

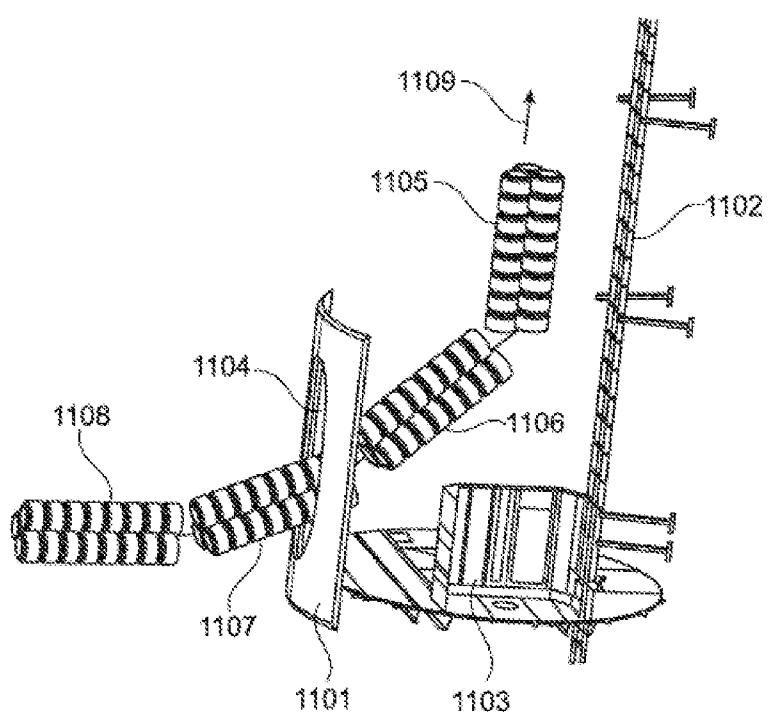


Fig. 11

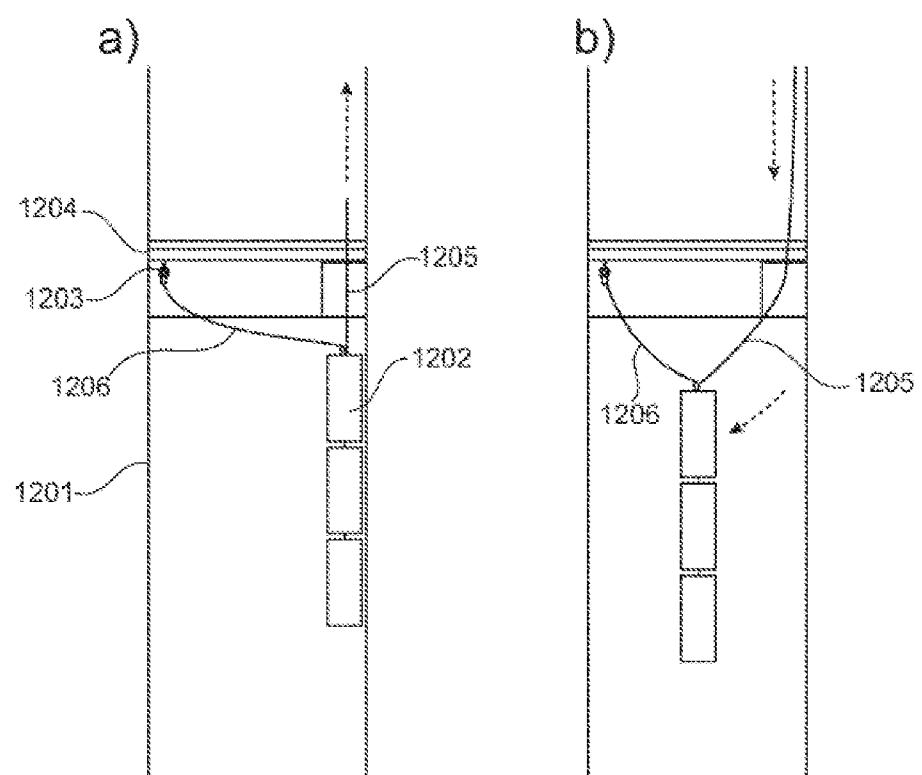


Fig. 12