

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 877 720**

51 Int. Cl.:

**F04B 1/00** (2010.01)

**F04B 1/04** (2010.01)

**F04B 1/20** (2010.01)

**F04B 1/0408** (2010.01)

**F04B 1/2035** (2010.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.12.2017** **PCT/EP2017/082402**

87 Fecha y número de publicación internacional: **21.06.2018** **WO18108894**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.12.2017** **E 17825424 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.06.2021** **EP 3551882**

54 Título: **Bomba de émbolo y su uso en un aerogenerador**

30 Prioridad:

**12.12.2016 DE 102016124048**

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

**17.11.2021**

73 Titular/es:

**KAMAT GMBH & CO. KG (100.0%)**

**Salinger Feld 10**

**58454 Witten-Annen, DE**

72 Inventor/es:

**SPRAKEL, JAN G.**

74 Agente/Representante:

**VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro**

ES 2 877 720 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

Bomba de émbolo y su uso en un aerogenerador

5 La invención se refiere a una bomba de émbolo, en particular bomba de émbolo axial o bomba de émbolo radial con gran caudal a baja velocidad de giro que comprende: un bastidor, un elemento de control, que está alojado de manera giratoria alrededor de un eje central, y presenta al menos una superficie de control, varios cilindros cada uno de ellos con un émbolo que puede desplazarse en estos, una toma de aspiración para la afluencia de un fluido en los cilindros de la bomba de émbolo, y una toma de presión para la salida del fluido desde los cilindros de la bomba de émbolo, en donde los cilindros están unidos mediante conducciones a la toma de aspiración y con la toma de presión, en donde los cilindros, los émbolos y el elemento de control están diseñados y dispuestos de tal modo que las posiciones de los émbolos en los cilindros pueden modificarse mediante un movimiento del elemento de control, y en donde los cilindros y los émbolos están alojados de tal modo que los cilindros y los émbolos en un giro del elemento de control no giran por completo conjuntamente alrededor del eje central.

15 La invención se refiere además al uso de una bomba de émbolo en un aerogenerador.

Las bombas de émbolo axiales son- como todas las bombas- dispositivos para transformar energía mecánica en energía hidráulica. Las bombas de émbolo axial son bombas de émbolo, en las que los ejes de los cilindros y/o émbolos discurren en paralelo al eje de accionamiento de la bomba y por consiguiente "axialmente". Las formas de construcción típicas de bombas de émbolo axial son bombas de eje oblicuo y bombas de plato oscilante.

Las bombas de émbolo axial se caracterizan por altas presiones de elevación - a diferencia de las bombas de émbolo radial - presenta un diámetro escaso; por lo tanto, si bien las bombas de émbolo axial son más bien largas en dirección axial, sin embargo, en la dirección radial son de construcción muy compacta.

En cambio, las bombas de émbolo radial son bombas de émbolo, en las que los ejes de los cilindros y/o émbolos discurren radialmente al eje de accionamiento de la bomba. Las bombas de émbolo radial si bien presentan un diámetro mayor, sin embargo son de construcción muy compacta en dirección axial.

Para alcanzar una evolución de la presión lo más uniforme posible y grandes caudales, las bombas de émbolo axial presentan generalmente varios cilindros y émbolos que están distribuidos en dirección circunferencial alrededor de un eje de accionamiento. El número de los cilindros y émbolos puede aumentarse adicionalmente, al estar previstos varios grupos o filas de cilindros y émbolos. De este modo, los cilindros y émbolos pueden disponerse de tal modo que en cada caso dos cilindros y/o émbolos se mueven en sentidos opuestos y se encuentran lateralmente invertidos siempre en la misma posición (como en el caso de un motor de elevación en la forma de construcción de un "motor bóxer"). Las bombas de émbolo axial de dos filas se conocen, por ejemplo, por el documento WO 2004/055369 A1 y el documento WO 2007/054319 A1.

En las bombas de émbolo axial de dos filas del documento WO 2004/055369 A1 y del documento WO 2007/054319 A1 está previsto que el árbol de accionamiento esté unido a dos filas de émbolos dispuestos axialmente (es decir, en paralelo al árbol de accionamiento), de modo que una rotación del árbol de accionamiento tiene como consecuencia una rotación del émbolo. Dado que los émbolos están guiados de manera desplazable en cilindros, una rotación de los émbolos alrededor del eje de accionamiento produce una rotación de los cilindros alrededor del eje de accionamiento. Para alcanzar en la rotación del eje de accionamiento una modificación del volumen de cilindro los cilindros no están dispuestos por completo axiales, sino oblicuos. Esto se consigue porque los cilindros se deslizan sobre un plato oscilante que está inclinado.

Una ventaja de esta bomba de émbolo axial consiste en que, debido a la estructura de dos filas, con un árbol de accionamiento pueden moverse un gran número de émbolos y cilindros. Sin embargo, es desventajosa la posición oblicua de los cilindros que lleva a que la forma de los émbolos deba diseñarse de manera compleja y además dificulte el sellado entre émbolos y cilindros. Una desventaja adicional reside en el movimiento relativo entre cilindros y plato oscilante, que aumenta el desgaste y dificulta el sellado de la superficie de contacto. Además, el diseño de las entradas y salidas en caso de cilindros rotativos es complicado y deber realizarse, por ejemplo, mediante ranuras anulares. Estas desventajas son indeseadas en particular cuando son necesarias altas presiones con gasto de mantenimiento reducido, por ejemplo en caso de lugares de utilización de difícil acceso como aerogeneradores.

También en el caso de bombas de émbolo radial se conocen bombas de émbolo de varias filas, por ejemplo por el documento WO 2012/073280 A1. En la solución descrita en ese documento están dispuestas unas detrás de otras varias filas de émbolos y cilindros en dirección axial. En la solución descrita en ese documento, los émbolos en sus extremos que sobresalen de los cilindros presentan cuerpos cilíndricos que deben deslizarse sobre un anillo de levas de varias partes y ondulado, y a este respecto, los cilindros deben insertarse en los émbolos. Debido a la elevada fricción deslizante entre el anillo de levas y los cuerpos cilíndricos el contacto entre el anillo de levas y los cuerpos cilíndricos puede tener lugar solo en un espacio lleno de aceite, lo que complica bastante la estructura y el sellado de todo el dispositivo. Además, el aceite aumenta la resistencia al giro lo que reduce el rendimiento del dispositivo. Por lo tanto, como fluido de trabajo y como medio lubricante se utiliza aceite, lo que en caso de fugas es ecológicamente

problemático (por ejemplo en una utilización en el campo en alta mar).

Adicionalmente, por el documento WO 2013 080399 A2 o EP 2 154 368 A2 o EP 2 821 638 A1 se conoce una bomba de émbolo según el preámbulo de la reivindicación 1.

La invención se basa en el objetivo de evitar el peligro de la salida de lubricante en una bomba de émbolo según el preámbulo de la reivindicación 1.

Este objetivo se consigue mediante una bomba de émbolo según la reivindicación 1.

La invención se refiere a una bomba de émbolo con gran caudal a baja velocidad de giro; en particular puede tratarse de una bomba de émbolo axial o de una bomba de émbolo radial. Por ejemplo la bomba puede presentar un caudal de al menos 1000 litros por minuto, preferentemente de varios miles de litros por minuto y una velocidad de giro de 20 revoluciones por minuto o menos. La bomba de émbolo axial comprende inicialmente un bastidor que, por ejemplo, puede presentar una pared delantera y una pared trasera. La bomba de émbolo comprende además un elemento de control que está apoyado de manera giratoria alrededor de un eje central y presenta al menos una superficie de control. El elemento de control con su superficie de control sirve para controlar el movimiento relativo entre émbolo y cilindros. Preferentemente el elemento de control está diseñado completamente circunferencial, y por ejemplo, en forma de disco o anular. En un diseño anular, por ejemplo, puede estar previsto que el elemento de control esté unido mediante radios a un buje que está montado a presión en un árbol de accionamiento. El diseño cerrado en dirección circunferencial tiene la ventaja de que el elemento de control a lo largo de toda su periferia puede utilizarse para el control de los émbolos, y puede provocar por consiguiente una modificación continua. Además, la bomba de émbolo comprende varios cilindros cada uno de ellos con un émbolo que puede desplazarse en la misma. El cilindro y los émbolos pueden estar dispuesto en varios grupos que pueden estar distanciados axial o radialmente unos de otros. Por lo demás, la bomba de émbolo comprende una toma de aspiración para la afluencia de un fluido en los cilindros de la bomba de émbolo, y una toma de presión para la salida del fluido de los cilindros de la bomba de émbolo, en donde los cilindros están unidos mediante conducciones a la toma de aspiración y a la toma de presión. La bomba de émbolo se caracteriza por que los cilindros, los émbolos y el elemento de control están diseñados y dispuestos de tal modo que las posiciones de los émbolos en los cilindros pueden modificarse mediante un movimiento del elemento de control. El elemento de control puede moverse en particular mediante una rotación. La bomba de émbolo se caracteriza además por que los cilindros y los émbolos están alojados de tal modo que los cilindros y los émbolos en un giro del elemento de control no giran por completo alrededor del eje central al mismo tiempo. Preferentemente los cilindros y los émbolos - a diferencia del elemento de control - no se giran en absoluto; sin embargo basta con que los cilindros y émbolos estén fijados en al menos un punto (por ejemplo, mediante un anclaje en el bastidor y por lo demás son móviles - por ejemplo, están alojados de manera pivotante. El número de los "elementos de bomba" (es decir, de las unidades de cilindros y émbolos) puede ascender, por ejemplo, al menos a seis, en particular al menos ocho o al menos diez, y situarse por ejemplo en el intervalo entre seis y treinta.

Está previsto que los cilindros o los émbolos estén unidos cada uno de ellos a un rodillo alojado de manera giratoria. De construcción más sencilla y en este sentido se prefiere que los émbolos estén unidos cada uno de ellos a un rodillo alojado de manera giratoria mientras que los cilindros no presentan ningún rodillo. Del mismo modo, como alternativa sería también posible dotar a los cilindros en lugar de los émbolos con rodillos alojados de manera giratoria. A modo de ejemplo va a explicarse el funcionamiento de los rodillos mediante rodillos dispuestos en los émbolos: Los rodillos sirven para el fin de rodar sobre las superficies de control del elemento de control y guiar el émbolo en dirección axial, es decir, - en función del curso de la superficie de control - introducirlo en el cilindro o extraerlo del cilindro. La guía mediante rodillos alojados de manera giratoria, a diferencia de los componentes deslizantes unos hacia otros, tiene la ventaja de una fricción especialmente reducida (la fricción de rodadura es generalmente más reducida que la fricción de deslizamiento). Esto tiene la ventaja considerable de que la lubricación se simplifica. Puede por ejemplo estar previsto que cada rodillo presente una lubricación interna encapsulada de modo que puede prescindirse por completo de una lubricación de aceite del resto de la bomba de émbolo. El contacto entre los rodillos y el elemento de control se realiza en un espacio exento de lubricante - la rodadura se realiza por lo tanto "en seco". Esto abre nuevos campos de utilización, por ejemplo el funcionamiento con agua, en particular agua salada o agua marina en lugar del funcionamiento habitual con aceite.

Según un diseño de la bomba de émbolo está previsto que los cilindros o los émbolos estén dispuestos estacionarios con respecto al bastidor y/o pivotantes. En este diseño, por lo tanto, los cilindros o los émbolos no deben estar fijados solo en la dirección circunferencial o en dirección tangencial, sino estacionarios (es decir, en cualquier dirección). Naturalmente solo o los cilindros o los émbolos pueden estar unidos de manera estacionaria al bastidor, dado que no es necesario que sea posible un movimiento relativo entre cilindros y émbolo: Por lo tanto, o los cilindros están unidos de manera estacionaria al bastidor y los émbolos están alojados de manera móvil en los cilindros, o los émbolos están unidos de manera estacionaria al bastidor y los cilindros están alojados de manera móvil alrededor de los émbolos. Una disposición estacionaria tiene la ventaja de que la conexión de conducciones de admisión y de descarga se simplifica considerablemente. Una ventaja adicional reside en la capacidad de sellado mejorada que es importante en particular, en caso de altas presiones y/o grandes caudales. Para conseguir una disposición estacionaria los cilindros o émbolos no necesitan estar fijados de manera rígida en su conjunto. Más bien basta con fijar los cilindros o los émbolos en un punto; esto permite, por ejemplo, un alojamiento pivotante de los cilindros y émbolos alrededor del

punto de fijación o alrededor del eje de fijación. Preferentemente queda garantizado una capacidad de pivotado de hasta 5°.

En otras palabras puede estar previsto que los cilindros y los émbolos estén alojados en su mayor parte inmóviles con respecto al eje central en dirección circunferencial. En otras palabras, los cilindros y los émbolos en un giro del elemento de control no deben girar conjuntamente alrededor del eje central sino en dirección circunferencial- sino que deben estar fijos en gran medida en dirección tangencial. En cambio es posible movimiento de los cilindros y de los émbolos en otra dirección - en particular un movimiento relativo entre cilindros y émbolo en dirección axial o un movimiento pivotante. Este diseño tiene la ventaja de que únicamente el elemento de control se gira junto (con un árbol de accionamiento, por ejemplo).

En cambio, el resto de los componentes, en particular los cilindros y los émbolos, no se giran conjuntamente, sino en todo caso pivotan ligeramente. De este modo se evitan algunas de las desventajas descritas al principio, por ejemplo problemas en el sellado y un desgaste elevado a consecuencia de un movimiento relativo entre cilindros y plato oscilante. Al no girar los cilindros y los émbolos junto con el elemento de control, también la conexión de conducciones de admisión y de descarga a los cilindros se simplifica considerablemente.

Una configuración adicional de la bomba de émbolo se caracteriza por que el bastidor presenta una pared delantera y una pared trasera para el alojamiento de los cilindros. Preferentemente la pared delantera y la pared trasera están diseñadas planas, dispuestas en paralelo y, por ejemplo, unidas entre sí mediante barras distanciadoras. Por ello puede conseguirse una construcción especialmente rígida, lo que permite presiones de elevación altas. Mediante una construcción de doble pared el bastidor es especialmente rígido y - en comparación con un modo de construcción macizo es igualmente ligero. El espacio entre la pared delantera y la pared trasera puede utilizarse para la disposición de determinados componentes - por ejemplo el émbolo y el cilindro, lo que permite un modo de construcción compacta.

En una configuración adicional de la bomba de émbolo está previsto que los ejes de cilindro y los ejes de émbolo discurren coaxialmente. Mediante una disposición coaxial de cilindros y émbolos se facilita el sellado. Además, en una disposición coaxial a diferencia de una disposición angular se evitan fuerzas transversales. Una ventaja adicional consiste en que el émbolo puede tener forma cilíndrica y por consiguiente puede fabricarse de manera sencilla.

En cuanto a la superficie de control, en un diseño adicional de la bomba de émbolo está previsto que la superficie de control del elemento de control esté diseñada de tal modo que se lleven a cabo varias carreras por cada vuelta. Al estar previstas varias carreras por cada vuelta del elemento de control, puede conseguirse también en velocidades de giro bajas una capacidad de elevación elevada. De este modo puede prescindirse con frecuencia de un engranaje. Esto puede alcanzarse constructivamente por ejemplo al presentar la superficie de control a lo largo su perímetro varios salientes ("crestas") o entrantes ("valles") o estar configurada en conjunto ondulada. Un valle de onda (=pequeña extensión axial del elemento de control) tiene como consecuencia el que el émbolo pueda deslizarse adicionalmente fuera del cilindro y una cresta de onda (=extensión axial grande del elemento de control) tiene como consecuencia el que el émbolo pueda deslizarse adicionalmente en el interior de los cilindros. Preferentemente la superficie de control del elemento de control está diseñada de tal manera que se llevan a cabo al menos cuatro, en particular al menos seis, en particular al menos ocho o también al menos diez carreras por vuelta, es decir por cada movimiento de 360° del elemento de control. Resultados especialmente buenos se consiguen con elementos de control cuya superficie de control está diseñada de tal modo que se llevan a cabo entre 10 y 30 carreras, en particular entre 15 y 25 carreras, por ejemplo 18, 20 o 22 carreras por cada vuelta. Preferentemente el número de los ciclos de una superficie de control en la dirección circunferencial no es igual al número de los émbolos controlados mediante esta superficie de control. Esto tiene como consecuencia que los émbolos no se insertan al mismo tiempo, sino sucesivamente en los cilindros, lo que tiene como consecuencia una evolución de la presión más uniforme. Las superficies de control pueden estar diseñadas, por ejemplo, onduladas, en donde

Según un diseño adicional de la bomba de émbolo está previsto que los émbolos presenten un resorte para la extracción de los émbolos de los cilindros. Los resortes sirven para generar fuerzas de retroceso cuando el émbolo se inserta en el cilindro. Esto tiene la ventaja de que los émbolos no necesitan extraerse activamente del cilindro, sino que se empujan hacia afuera automáticamente de nuevo del cilindro, tan pronto como el elemento de control libera el espacio necesario para ello. La utilización de resortes tiene además la ventaja de que los émbolos pueden controlarse mediante componentes que, pueden transmitir exclusivamente fuerzas de presión, pero ninguna fuerza de tracción, por ejemplo, rodillos que ruedan sobre las superficies de control del elemento de control. Los resortes pueden ser por ejemplo resortes helicoidales que rodean los émbolos o vástagos de émbolo.

De acuerdo con la invención está previsto que la zona de contacto entre los rodillos y la superficie de control del elemento de control esté exenta de lubricante. Dado que los rodillos ruedan sobre la superficie de control, a diferencia de las soluciones deslizantes se prescinde de la utilización de lubricante en la zona de contacto. La rodadura de los rodillos sobre la superficie de control se realiza `por tanto "en seco". Esto simplifica la estructura de la bomba de émbolo considerablemente dado que no se forma ningún espacio (de aceite) alrededor de la zona de contacto. Sin embargo, no obstante puede estar previsto que la capacidad de giro de los propios rodillos se garantice o se mejore mediante el uso de lubricantes, por ejemplo mediante rodamientos lubricados. Preferentemente, entre los rodillos y la superficie de control del elemento de control se forma un contacto lineal, por ejemplo mediante la utilización de rodillos

cilíndricos.

De acuerdo con un diseño adicional de la bomba de émbolo está previsto que los ejes de cilindro y los ejes de émbolo discurren paralelos al eje central. Una construcción de este tipo se denomina con frecuencia "bomba de émbolo axial". Mediante la disposición paralela puede conseguirse que la extensión de la bomba de émbolo sea especialmente compacta en dirección radial, dado que los cilindros y los émbolos se extienden exclusivamente en dirección axial. Una ventaja adicional de la orientación axial consiste en que los émbolos - a diferencia de en una disposición oblicua - en cada posición de émbolo pueden presentar la misma distancia radial con respecto al eje central, y por consiguiente puede controlarse de manera especialmente adecuada mediante el elemento de control.

Una configuración adicional de la bomba de émbolo se caracteriza por un primer grupo de al menos uno preferentemente de al menos dos cilindros cada uno de ellos con un émbolo móvil en él, y un segundo grupo de al menos uno, preferentemente de al menos dos cilindros cada uno de ellos con un émbolo móvil en él. Mediante varios grupos de cilindros y émbolo la capacidad de elevación puede aumentarse. Además, pueden reducirse oscilaciones de presión. Preferentemente todos los cilindros de un grupo están dispuestos en el mismo lado del elemento de control.

Para esta configuración se propone adicionalmente que el primer grupo de cilindros con sus émbolos y el segundo grupo de cilindros con sus émbolos estén dispuestos en dirección axial en diferentes lados del elemento de control. El elemento de control debe estar dispuesto por tanto entre ambos grupos de cilindros y émbolos y controlar ambos grupos. Esta disposición tiene varias ventajas: En primer lugar se consigue un modo de construcción especialmente compacto dado que puede utilizarse un elemento de control para el control de ambos grupos de cilindros y émbolos. En segundo lugar, en caso de una disposición y control correspondiente de los cilindros y émbolos como ventaja principal puede alcanzarse una compensación de fuerza axial al compensarse fuerzas opuestas, lo que lleva a un marcha más tranquila, con menos vibraciones (que corresponde al principio de un motor bóxer en la construcción de vehículo).

Un diseño adicional de la bomba de émbolo prevé que las superficies de control del elemento de control estén dirigidas en dirección axial y su distancia axial con respecto a los cilindros pueda modificarse mediante un giro del árbol de accionamiento. Esta orientación de las superficies de control tiene la ventaja de que pueden controlarse de manera especialmente adecuada émbolos de orientación axial, por ejemplo al rodar rodillos alojados en los émbolos sobre las superficies de control o deslizar otros componentes adecuados sobre las superficies de control. Una modificación de la distancia axial tiene como consecuencia el que el componente controlado mediante el elemento de control - por ejemplo el émbolo - modifica su posición axial. Esto lleva a una variación del volumen de cilindro, y por consiguiente, a un efecto de bombeo. Preferentemente se realiza la modificación de la distancia axial se realiza cíclicamente, es decir repetidamente. Preferentemente el ciclo se repite en dirección circunferencial varias veces por vuelta. Por lo tanto se llevan a cabo varias carreras por vuelta.

De acuerdo con un diseño adicional de la bomba de émbolo está previsto que los ejes de cilindro y los ejes de émbolo discurren radialmente al eje central. Una construcción de este tipo se denomina con frecuencia "bomba de émbolo radial". Mediante la disposición radial, es decir orientada desde el eje central hacia afuera puede conseguirse que la extensión de la bomba de émbolo sea especialmente compacta en dirección radial, dado que los cilindros y los émbolos se extienden exclusivamente en dirección radial. Una ventaja adicional de la orientación radial consiste en que las diversas filas de cilindros y émbolos dispuestos radialmente pueden disponerse en fila en dirección axial (modo de construcción modular).

En una configuración adicional de la bomba de émbolo está previsto que el elemento de control en dirección radial está dispuesto fuera de los cilindros y de los émbolos y los rodee en forma anular. El elemento de control debe estar diseñado por tanto como gran anillo en cuyo centro están dispuestos los émbolos y cilindros. Esto tiene la ventaja de un modo de construcción especialmente compacto en dirección axial. Además, el diseño anular del elemento de control en una superficie de control orientada hacia dentro permite una compensación de fuerzas radiales cuando dos émbolos enfrentados se presionan mediante el elemento de control al mismo tiempo hacia dentro - es decir, en la dirección del eje central. La disposición de los cilindros y émbolos dentro del elemento de control tiene además la ventaja de que el elemento de control es accesible desde fuera. Esto permite la introducción de la potencia motriz desde fuera en el elemento de control - por ejemplo mediante el rotor de un aerogenerador.

Según un diseño adicional de la bomba de émbolo está previsto que la superficie de control del elemento de control está dirigida en dirección radial con respecto al eje central y su distancia axial con respecto a los cilindros puede modificarse mediante un giro del elemento de control alrededor del eje central. Una superficie de control orientada hacia dentro permite una compensación de fuerzas radiales cuando dos émbolos enfrentados se presionan mediante el elemento de control conjuntamente hacia dentro - es decir, en la dirección del eje central. Además, una superficie de control de este tipo hace posible la disposición de los cilindros y de los émbolos dentro del elemento de control, lo que tiene como consecuencia un modo de construcción muy compacto en dirección axial.

Una configuración adicional de la bomba de émbolo se caracteriza por brazos oscilantes longitudinales para la guía de los rodillos, en donde preferentemente a cada rodillo está asociado un brazo oscilante longitudinal. En la rodadura de los rodillos en la superficie de control del elemento de control puede producirse una introducción de fuerzas

transversales en el "elemento de bomba" (unidad de émbolo y cilindro). Esto es debido a que la superficie de control también introduce en el émbolo oblicuamente fuerzas que discurren con respecto al eje de émbolo - por ejemplo cuando el rodillo rueda "cuesta arriba". Estas fuerzas transversales deben captarse y soportarse mediante los brazos oscilantes longitudinales. Para ello, los brazos oscilantes longitudinales están unidos preferentemente en un extremo (de manera giratoria) a los rodillos, y en el otro extremo (asimismo de manera giratoria) están fijados de manera estacionaria a la bomba de émbolo (por ejemplo, al bastidor de la bomba de émbolo). En caso de una longitud constante del brazo oscilante longitudinal este tipo de alojamiento lleva a un movimiento pivotante ligero del "elemento de bomba", lo que es posible sin problemas mediante un alojamiento pivotante correspondiente del cilindro.

Respecto a esta configuración se propone adicionalmente que los brazos oscilantes longitudinales estén alojados de manera giratoria en un anillo de apoyo estacionario. El anillo de apoyo puede estar fijado por ejemplo al bastidor de la bomba de émbolo. Puede estar diseñado anular y estar dispuesto en dirección axial al lado del elemento de control. De este modo se forma una distancia especialmente corta entre el anillo de apoyo y el elemento de control, de modo que los brazos oscilantes longitudinales pueden realizarse bastante cortos y por consiguiente ligeros.

La bomba de émbolo que se ha descrito anteriormente es especialmente adecuada en todos los diseños representados para el uso en un aerogenerador. La bomba de émbolo puede utilizarse tanto en un aerogenerador con eje de giro horizontal como en un aerogenerador con eje de giro vertical. Preferentemente el aerogenerador presenta un rotor y una turbina, estando unido el rotor mecánicamente a la bomba de émbolo y en donde la bomba de émbolo y la turbina están unidos entre sí mediante conducciones de fluido. Los aerogeneradores con eje de giro horizontal presentan muchas veces adicionalmente una torre con una góndola para el alojamiento del rotor, por lo que se garantiza una distancia suficiente de las palas de rotor con respecto al suelo. En cambio, en aerogeneradores con eje de giro vertical puede prescindirse de una torre y una góndola, dado que la rotación en este caso se realiza en un plano situado en paralelo al suelo.

Según un diseño del uso, está previsto que el aerogenerador presente una torre con una góndola y un rotor, una bomba de émbolo y una turbina, en donde el rotor está unido mecánicamente a la bomba de émbolo y en donde la bomba de émbolo y la turbina están unidas entre sí mediante conducciones de fluido. En este sentido se trata de una forma de instalación muy extendida. En lugar de una turbina puede utilizarse también - en general - un consumidor hidráulico. Preferentemente el rotor sin transmisión intercalada - es decir, sin multiplicación - está conectado con la bomba de émbolo de modo que la velocidad de giro del motor siempre corresponde a la velocidad de giro de la bomba.

En aerogeneradores clásicos, el rotor está unido a través de una transmisión a un generador eléctrico, de modo que la transmisión de energía mecánica en energía eléctrica se realiza dentro de la "góndola" y por consiguiente en gran cercanía espacial con el rotor. Este modo de proceder tiene varias desventajas. Una desventaja consiste en que oscilaciones de la intensidad del viento (por ejemplo, rachas de viento) producen oscilaciones del momento de torsión, lo que puede producir daños de la transmisión. Una desventaja adicional consiste en que las transmisiones en particular en instalaciones en alta mar están sometidas a una intensa corrosión debido al aire salobre. También la disposición del generador eléctrico y de la electrónica de potencia necesaria en la góndola puede resultar problemática dado que, en instalaciones en alta mar, la difícil accesibilidad lleva a costes de mantenimiento muy elevados.

Para evitar estas desventajas se conocen planteamientos aislados que prevén la utilización de máquinas de tecnología fluidica (en particular bombas y turbinas). Una solución de este tipo se conoce, por ejemplo, por el documento WO 2012/073280 A1. De acuerdo con esta solución el rotor está unido a una bomba de émbolo radial hidráulica que está unida a un motor hidráulico. El motor hidráulico está conectado a su vez con un generador eléctrico. La idea se basa por tanto en reemplazar una transmisión mecánica por una transmisión hidráulica (que consta de la bomba de émbolo radial hidráulica y el motor hidráulico). Si bien esta solución elimina las desventajas asociadas con una transmisión mecánica, prevé sin embargo como antes una disposición del generador eléctrico en la góndola, que tiene las desventajas descritas previamente. Una desventaja adicional consiste, como se ha descrito ya al principio en que se trata de una bomba lubricada con líquido, lo que complica bastante la estructura y el sellado. Además el aceite aumenta la resistencia a la torsión lo que reduce el rendimiento. Finalmente, la salida del aceite en una utilización en un aerogenerador tendría como consecuencia serios daños al medio ambiente. La solución descrita en el documento WO 2012/073280 A1 no ha podido imponerse en la práctica hasta el momento debido a las desventajas descritas.

Para evitar estas desventajas se propone de acuerdo con la invención el uso de una bomba de émbolo según una de las reivindicaciones 1 a 16. La utilización de una bomba de émbolo axial tiene la ventaja de que el espacio constructivo de la góndola del aerogenerador puede aprovecharse de manera especialmente adecuada. Por motivos reotécnicos, en particular la altura y el ancho de la góndola están limitados. Este requisito puede cumplirse mediante una bomba de émbolo axial dado que las bombas de émbolo axial se caracteriza por un modo de construcción especialmente compacto en dirección radial. En cambio, la utilización de una bomba de émbolo radial tiene la ventaja de un modo de construcción especialmente delgado en dirección axial. Esto tiene la ventaja de que una bomba de émbolo radial puede fijarse al rotor y puede montarse junto con el rotor en la góndola de un aerogenerador. Además, varias bombas de émbolo radial pueden disponerse en fila en dirección axial para aumentar la capacidad de elevación.

El aprovechamiento del espacio constructivo de la góndola es también importante porque los rotores de aerogeneradores habitualmente funcionan solo con velocidad de giro muy baja (por ejemplo de 10 U/min a 30 U/min)

y en la medida de lo posible no debe utilizarse ninguna transmisión mecánica para la multiplicación. La bomba por lo tanto debe ser capaz de generar un caudal alto a partir de velocidades de giro bajas. Las medidas constructivas necesarias para ello requieren una gran extensión espacial de la bomba.

5 Según un diseño del uso está previsto que la bomba de émbolo esté dispuesta en la góndola y que la turbina esté dispuesta fuera de la góndola y fuera de la torre. Este diseño tiene el objetivo de trasladar fuera de la góndola la conversión de energía que tiene lugar en la turbina. Esto tiene como consecuencia que también preferentemente el generador eléctrico accionado por la turbina pueda disponerse fuera de la góndola. Para ello deben conducirse conducciones de fluido fuera de la góndola y de la torre para unir la bomba de émbolo axialmente a la turbina. La disposición de la turbina y del generador fuera de la góndola tiene la ventaja por ejemplo de que no existen apenas limitaciones en cuanto al espacio constructivo. Por lo tanto pueden utilizarse turbinas y generadores mayores a los que están conectadas varias bombas a partir de diferentes góndolas. Una ventaja adicional consiste en que o se omiten partes que requieren un mantenimiento intensivo (transmisión mecánica) o se desplazan fuera de la góndola hacia lugares de más fácil acceso (turbina).

15 De acuerdo con una configuración adicional del uso está previsto que el aerogenerador presente un generador eléctrico y un transformador eléctrico que están dispuestos fuera de la góndola y fuera de la torre. Esta configuración tiene el objetivo de que trasladar la transformación de energía mecánica en energía eléctrica fuera de la góndola. También esto tiene las ventajas ya descritas, en particular ninguna limitación de espacio constructivo y mejor accesibilidad para fines de mantenimiento.

25 En un diseño adicional del uso está previsto que como medio de bombeo se emplee agua, en particular agua marina. El uso de agua como medio de bombeo tiene, en particular, ventajas ecológicas dado que puede rellenarse fácilmente agua como medio de bombeo o puede evacuarse al entorno. Esto representa una gran diferencia con respecto al aceite como medio de bombeo que puede provocar ya en pequeñas cantidades de fuga grandes daños al medio ambiente. En particular en aerogeneradores en alta mar, el uso de agua como medio de bombeo tiene grandes ventajas, dado que este medio está presente en una cantidad prácticamente ilimitada en el lugar y por lo tanto- por ejemplo en trabajos de mantenimiento - puede descargarse fácilmente y a continuación rellenarse de nuevo. La bomba de émbolo axial que se ha descrito anteriormente es adecuada especialmente para el uso de agua como medio de bombeo, dado que esta bomba no necesita lubricarse mediante el medio de bombeo.

35 De acuerdo con una configuración adicional del uso está finalmente previsto que el aerogenerador presente una bomba de abastecimiento. En particular puede estar previsto que la bomba de abastecimiento esté dispuesta fuera de la góndola y fuera de la torre y esté integrada en el circuito de fluido de la bomba de émbolo y de la turbina. La bomba de abastecimiento adicional sirve para el fin de elevar medio de bombeo - por ejemplo agua - hacia la bomba de émbolo. Debido a una gran diferencia de altura puede ser útil una bomba de abastecimiento habitual, dado que la bomba de émbolo puede aspirar el medio de bombeo solo hasta una altura limitada. La bomba de émbolo puede tratarse también en este caso, por ejemplo, de una bomba de émbolo axial o de una bomba de émbolo radial.

40 La invención se explica a continuación con más detalle mediante un dibujo que representa únicamente un ejemplo de realización preferente. En los dibujos muestran:

figura 1: una bomba de émbolo axial de acuerdo con la invención en vista en perspectiva,

45 figura 2: la bomba de émbolo axial de la figura 1 en una vista trasera,

figura 3: la bomba de émbolo axial de la figura 1 en una vista lateral,

50 figura 4: la bomba de émbolo axial de la figura 1 en una vista superior,

figura 5: la bomba de émbolo axial de la figura 1 en una vista seccionada a lo largo del plano de corte V-V dibujado en la figura 4,

55 figura 6: el uso de la bomba de émbolo axial de la figura 1 en un aerogenerador en alta mar en una representación esquemática,

figura 7A: una bomba de émbolo radial de acuerdo con la invención en vista en perspectiva del lado frontal,

60 figura 7B: la bomba de émbolo radial de la figura 7A en vista en perspectiva del lado trasero,

figura 8: la bomba de émbolo radial de la figura 7A en una vista frontal,

figura 9: la bomba de émbolo radial de la figura 7A en una vista lateral,

65 figura 10: la bomba de émbolo radial de la figura 7A en una vista superior, y

figura 11: el uso de la bomba de émbolo radial de la figura 7A en un aerogenerador en alta mar en una representación esquemática.

La figura 1 muestra una bomba de émbolo axial 1 de acuerdo con la invención en vista en perspectiva. La bomba de émbolo axial 1 presenta un bastidor 2 que comprende dos patas de apoyo 3, una pared delantera 4 y una pared trasera 5. La pared delantera 4 y la pared trasera 5 son aproximadamente redondas y están distanciadas la una de la otra mediante varias barras distanciadoras 6 distribuidas por el perímetro de tal modo que la pared delantera 4 y la pared trasera 5 están dispuestas en planos paralelos. En el bastidor 2 está alojado un árbol de accionamiento 7 de manera giratoria en cuyo extremo está prevista una brida 8. A la brida 8 puede conectarse por ejemplo un árbol de rotor de un aerogenerador (no mostrado en la figura 1). El árbol de accionamiento 7 está dispuesto en eje central M que discurre en el centro a través de la bomba de émbolo axial 1. El árbol de accionamiento 7 está alojado mediante dos cojinetes 9 de manera giratoria en la carcasa 2, en donde un cojinete 9 está dispuesto en la pared delantera 4 y en donde el otro cojinete 9 está dispuesto en la pared trasera 5.

La bomba de émbolo axial 1 mostrada en la figura 1 presenta además un elemento de control 10 anular que está unido a través de varios radios 11 de manera resistente al giro al árbol de accionamiento 7. Un movimiento de rotación del árbol de accionamiento 7 lleva por lo tanto a un movimiento de rotación del elemento de control 10. El elemento de control 10 presenta dos superficies de control 12', 12" enfrentadas que están orientadas en cada caso en dirección axial y están diseñadas onduladas. Por lo demás, la bomba de émbolo axial 1 mostrada en la figura 1 presenta diez cilindros 13', 13" y diez émbolos 14', 14" asociados a estos cilindros.

El cilindro 13 y los émbolos 14 de la bomba de émbolo axial 1 mostrada en la figura 1 pueden dividirse en dos grupos: los cinco cilindros delanteros 13' están fijados a la pared delantera 4, estando dispuestos los cinco cilindros delanteros 13' en forma circular alrededor del eje central M y estando orientados en dirección axial - es decir, coaxialmente al eje central M. Los cinco émbolos delanteros 14' están alojados en dirección axial de manera móvil en los cinco cilindros delanteros 13', y por consiguiente, están dispuestos asimismo en forma circular alrededor del eje central M y orientados coaxialmente a este eje central M. En cambio, los cinco cilindros traseros 13" están fijados a la pared delantera 5, estando dispuestos los cinco cilindros traseros 13" en forma circular alrededor del eje central M y estando orientados en dirección axial - es decir, coaxialmente al eje central M. Los cinco émbolos traseros 14" están alojados en dirección axial de manera móvil en los cinco cilindros traseros 13" y por consiguiente están dispuestos asimismo en forma circular alrededor del eje central M y orientados coaxialmente a este eje central M.

En la bomba de émbolo axial 1 mostrada en la figura 1 los émbolos 14', 14" - están unidos por ejemplo a través de vástagos de émbolo - con rodillos alojados de manera giratoria 15. También los rodillos 15 pueden estar divididos en dos grupos: en los émbolos delanteros 14' están alojados rodillos delanteros 15' de manera giratoria y en los émbolos traseros 14" están alojados rodillos traseros 15" de manera giratoria. Los rodillos 15 están dispuestos de tal modo que ruedan sobre las superficies de control 12 del elemento de control 10, en donde los rodillos delanteros 15' ruedan sobre la superficie de control delantera 12' y en donde los rodillos traseros 15" rueda sobre la superficie de control 12" trasera. Debido al diseño ondulado de las superficies de control 12 la posición de la superficie de control 12 se modifica en dirección radial en un giro del elemento de control 10. Esto lleva a que en caso de un ancho acial elevado del elemento de control 10 (mayor distancia axial entre ambas superficies de control 12', 12") ambos rodillos 15', 15" en dirección axial se presionan hacia afuera (es decir, en la dirección de la pared delantera 4 y de la pared trasera 5). Esto tiene como consecuencia que los émbolos 14', 14" unidos a los rodillos 15', 15" se presionan hacia los cilindros 13', 13" asociados a ellos y en este sentido desplazan el fluido situado en los cilindros 13', 13". Por otro lado, un ancho axial reducido del elemento de control 10 (menor distancia axial entre ambas superficies de control 12', 12") lleva a que los rodillos 15', 15" pueden moverse en dirección axial hacia dentro (es decir, en la dirección del elemento de control 10). Para ello la bomba de émbolo axial 1 presenta diez resortes 16 que están dispuestos de tal modo que los émbolos 14', 14" se empujan hacia fuera de los cilindros 13', 13". Por ejemplo, alrededor de cada émbolo 14', 14" está guiado un resorte helicoidal 16. Las fuerzas de resorte tienen como consecuencia que los rodillos 15', 15" siempre siguen el contorno de las superficies de control 12', 12" y los émbolos 14', 14" unidos a los rodillos 15', 15" se extraen de nuevo desde los cilindros 13', 13" asociados a estos, en donde el volumen de cilindro aumenta de nuevo. Los rodillos 15', 15" están alojados de tal modo que ruedan sobre las superficies de control 12', 12 del elemento de control 10.

En la bomba de émbolo axial 1 mostrada en la figura 1, por tanto mediante un giro del elemento de control 7 puede modificarse cíclicamente el volumen en los cilindros 13', 13". Para poder utilizar la modificación cíclica de los volúmenes de cilindro para la elevación de un fluido, cada cilindro 13', 13" presenta una admisión 17', 17" con una conducción de admisión 18', 18" y una descarga 19', 19" con una conducción de descarga 20', 20". Además, cada cilindro 13 presenta dos válvulas de retención (no mostradas en la figura 1). Las conducciones de admisión 18', 18" de todos los cilindros 13', 13" se agrupan para formar una toma de aspiración 21 común. De manera similar, las conducciones de descarga 20' de los cilindros delanteros 13' se agrupan para formar una toma de presión 22' delantera común y las conducciones de descarga 20" de los cilindros traseros 13" se agrupan para formar una toma de presión 22" trasera. Ambas tomas de presión 22', 22" pueden agruparse para formar una toma de presión común (no mostrada en la figura 1).

En la figura 2 la bomba de émbolo axial 1 de la figura 1 está representada en una vista trasera. Aquellas zonas de las



bombas de émbolo axial 1, que ya se han descrito en relación con la figura 1 están provistas en la figura 2 - y en todas las demás figuras- con referencias correspondientes. La vista trasera permite una mirada a la pared trasera 5 de la bomba de émbolo axial 1 y a las conducciones de admisión 18" y las conducciones de descarga 20" de los cilindros 13" traseros fijados a la pared trasera 5. Pueden distinguirse claramente también el eje central M y el árbol de accionamiento 7 que se extiende a lo largo de este eje central M. Además, en la zona inferior pueden distinguirse la toma de aspiración 21 y la toma de presión 22" trasera.

La figura 3 muestra la bomba de émbolo axial de la figura 1 en una vista lateral. También en la figura 3 aquellas zonas de la bomba de émbolo axial 1 que ya se han descrito en relación con la figura 1 o figura 2 están provistos con referencias correspondientes. En la vista lateral pueden distinguirse especialmente la disposición de los cilindros 13 y de los émbolo 14 simétrica con respecto a un plano de simetría S: En cada caso un cilindro 13' delantero (con un émbolo delantero 14') y un cilindro trasero 13" (con un émbolo 14" trasero) están dispuestos en un eje de cilindro Z, que está dispuesto en paralelo al eje central M - y por consiguiente asimismo axialmente. El eje de cilindro Z coincide con un eje de émbolo K, ambos ejes Z, K son por lo tanto colineales. Por lo tanto se trata de una bomba de émbolo axial 1, en la que los émbolos 14' delanteros y los émbolos traseros 14" se mueven en sentidos opuestos y se encuentran siempre invertidos lateralmente en la misma posición (como en un motor de pistón de movimiento en vaivén en la forma constructiva de un "motor bóxer").

En la figura 4 la bomba de émbolo axial 1 de la figura 1 está representada en una vista superior. También en la figura 4 aquellas zonas de la bomba de émbolo axial 1 que ya se han descrito en relación con la figura 1 a figura 3 están provistos con referencias correspondientes. También en la vista superior puede distinguirse bien la disposición simétrica de muchos componentes con respecto al plano de simetría S: Junto a los cilindros 13 y el émbolo 14 también la pared delantera 4 y la pared trasera 5 están dispuestas simétricamente con respecto al plano de simetría S. La estructura interna de la bomba de émbolo axial 1 va a explicarse con más detalle a continuación mediante el plano de corte V-V dibujado en la figura 4 con relación a la figura 5.

La figura 5 muestra la bomba de émbolo axial 1 de la figura 1 en una vista seccionada a lo largo del plano de corte V-V dibujado en la figura 4. También en la figura 5 aquellas zonas de la bomba de émbolo axial 1, que ya se han descrito con relación a la figura 1 a figura 4 están provistas con referencias correspondientes. En la vista seccionada puede distinguirse claramente que el árbol de accionamiento 7 está realizado como árbol hueco. Además, puede distinguirse el diseño de la unión resistente al giro entre el elemento de control 10, sus radios 11 y el árbol de accionamiento 7: Los radios 11 del elemento de control 10 están unidos en sus extremos radialmente internos a un buje 23 que está unido de manera resistente al giro - por ejemplo a través de una unión prensada- con el árbol de accionamiento 7.

En la figura 5 está representada además una zona ampliada de un cilindro trasero 13". En la vista ampliada puede distinguirse que el cilindro 13" está unido a la pared trasera 5. El émbolo 14" que puede introducirse en los cilindros 13" y expulsarse deslizándose se guía a través de una abertura 24 prevista en la pared trasera 5. En su extremo libre el émbolo 14" está unido al rodillo 15" que está alojado a ambos lados a través de una horquilla 25 a ambos lados. El resorte 16 está realizado como resorte helicoidal que está guiado alrededor del émbolo 14". Afuera, el resorte 16 se apoya en el lado interno de la pared trasera 5 y dentro el resorte 16 se apoya en el lado externo de la horquilla 25. El cilindro 13" presenta un espacio interior 26 cilíndrico cuyo volumen se modifica en función de la posición del émbolo 14". El cilindro 13" presenta una admisión 17" y una descarga 19", en donde en la admisión 17" está conectada una conducción de admisión 18" y en donde en la descarga 19" está conectada una conducción de descarga 20". Para alcanzar una circulación del cilindro 13" en la dirección de las flechas dibujadas, el cilindro 13" presenta dos válvulas 27A, 27B que pueden estar realizadas, por ejemplo, como válvulas de retención de plato con resortes. La primera válvula 27A está dispuesta en la admisión 17" del cilindro 13", la segunda válvula 27B está dispuesta en la descarga 19" del cilindro 13". En un movimiento del émbolo 14" hacia fuera del cilindro 13" (hacia la derecha en la figura 5) la primera válvula 27A está abierta de modo que puede entrar fluido a través de la conducción de admisión 18" y la admisión 17" hacia el espacio interno 26 del cilindro 13", mientras que la segunda válvula 27B está cerrada de modo que no puede realizarse ninguna corriente inversa desde la conducción de descarga 20". Esta etapa se denomina también "aspiración". En cambio, en un movimiento del émbolo 14" hacia el interior de los cilindros 13" (hacia la izquierda en la figura 5) las posiciones de la válvula 27A, 27B en cambio están invertidas: la primera válvula 27A está cerrada, para que no pueda formarse ningún flujo de retorno hacia la conducción de admisión 18" y la segunda válvula 27B está abierta para que el fluido del émbolo 14" pueda empujarse hacia afuera a través de la descarga 19" y la conducción de descarga 20" desde el espacio interno 26 del cilindro 13". Esta etapa se denomina también "desplazamiento".

La estructura anteriormente descrita y el modo de funcionamiento explicado con más detalle previamente no se refiere solo al cilindro trasero 13" mostrado en la figura 5 sino a todos los cinco cilindros traseros 13" y - de manera correspondiente - a todos los cinco cilindros delanteros 13' de la bomba de émbolo axial 1.

La bomba de émbolo axial 1 representada previamente está proyectada de tal modo que, en caso de una potencia de aproximadamente 3300 kW, una presión de aproximadamente 200 bar y una velocidad de giro de aproximadamente 10 U/min presenta una capacidad de elevación de aproximadamente 8900 l/min.

La figura 6 muestra el uso de la bomba de émbolo axial 1 de la figura 1 en un aerogenerador en alta mar en una

representación esquemática. El aerogenerador 28 mostrado en la figura 6 comprende dos torres 29 erigidas sobre el fondo de unas aguas, sobre las cuales está fijada en cada caso una góndola 30. En cada góndola 30 está prevista un rotor giratorio 31 cada uno de ellos con tres palas de rotor 32. En ambas góndolas 30 está dispuesta una bomba que puede ser la bomba de émbolo axial 1 anteriormente descrita. El aerogenerador 28 comprende además una plataforma 33 erguida asimismo sobre el fondo de unas aguas, sobre la cual están dispuestas una bomba de abastecimiento 34, una turbina 35, un generador eléctrico 36 y un transformador eléctrico 37.

El aerogenerador 28 mostrado en la figura 6 presenta dos circuitos de líquido, siendo el líquido preferentemente agua, en particular agua marina o agua salada. Partiendo de la bomba de abastecimiento 34 el agua se bombea mediante una conducción de suministro 38 que se divide en dos conducciones de baja presión 39. Las conducciones de baja presión 39 conducen el agua hacia ambas torres 29 y hacia ambas bombas de émbolo axial 1 dispuestas en las góndolas 30. Allí, las conducciones de baja presión 39 están conectadas a las tomas de aspiración 21 de la bomba de émbolo axial 1 que ya se han descrito anteriormente. Los rotores 31 están unidos a través de las bridas 8 directamente a los árboles de accionamiento 7 de la bomba de émbolo axial 1, de modo que una rotación de los rotores 31 lleva a una rotación de los árboles de accionamiento 7. En caso necesario, entre los rotores 31 y los árboles de accionamiento 7 pueden estar previstas transmisiones; sin embargo preferentemente los rotores 31 están conectadas directamente con los árboles de accionamiento 7 de la bomba de émbolo axial 1, de modo que no se realice ninguna transformación de las velocidades de giro y momentos de torsión. En las bombas de émbolo axial 1 se realiza un aumento claro de la presión del agua, que abandona las bombas de émbolo axial 1 mediante las conexiones de presión 22', 22" y desde allí mediante conducciones de alta presión 40 se bombea hacia la turbina 35 dispuesta sobre la plataforma 33. El agua recorre la turbina 35, reduciéndose la presión de agua, y a continuación fluye de vuelta a la bomba de abastecimiento 34, de modo que se trata de un circuito cerrado.

La diferencia de presión entre la entrada y la salida de la turbina 35 lleva a una transformación de energía potencial y cinética del agua en energía de rotación, lo que lleva a un giro del árbol de turbina. El árbol de turbina transmite la energía de rotación al generador eléctrico 36, que genera una tensión alterna eléctrica. La generación de energía eléctrica en el aerogenerador 28 mostrado se ha trasladado desde la góndola 30 hacia la plataforma 33. Entre la turbina 35 y el generador eléctrico 36 pueden estar previstos otros componentes como, por ejemplo frenos, acoplamientos y transmisiones. A continuación la tensión alterna puede transformarse en el transformador eléctrico 37. El transformador eléctrico puede ser, por ejemplo, un convertidor (variación de la frecuencia y amplitud de la tensión alterna) o un rectificador (transformación de tensión alterna en tensión continua). La salida del transformador eléctrico 37 está unida a una conducción de alta tensión 41, mediante la cual la energía eléctrica generada puede alimentarse a la red.

El aerogenerador 28 mostrado en la figura 6 presenta, con el fin de una representación más sencilla, una plataforma 33 a la que están conectadas dos torres 29. Como alternativa sería posible conectar también un número mayor de torres 29 a la plataforma 33, por ejemplo partes de un "parque eólico en alta mar".

La figura 7A muestra una bomba de émbolo radial 42 de acuerdo con la invención en vista en perspectiva desde el lado frontal, la figura 7B muestra la misma bomba de émbolo radial 42 en vista en perspectiva desde el lado trasero. La bomba de émbolo radial 42 presenta un bastidor 2' que está diseñado anular y comprende una pared delantera 4' y una pared trasera 5'. La pared delantera 4' y la pared trasera 5' son aproximadamente redondas y están distanciadas la una de la otra mediante varias barras distanciadoras 6' distribuidas por el perímetro de tal modo que la pared delantera 4' y la pared trasera 5' están dispuestas en planos paralelos.

La bomba de émbolo radial 42 mostrada en la figura 7A y en la figura 7B presenta además un elemento de control 10' anular que puede unirse, por ejemplo, a un árbol de rotor de un aerogenerador (no mostrado en la figura 7A y figura 7B) y por consiguiente puede accionarse mediante el árbol de rotor. Por tanto, un movimiento de rotación del árbol de rotor lleva a un movimiento de rotación del elemento de control 10'. El elemento de control 10' presenta una superficie de control 12''' orientada radialmente hacia dentro que está diseñada ondulada. Por lo demás presenta la bomba de émbolo radial 42 mostrada en la figura 7A y figura 7B presenta doce cilindros 13''' y diez émbolos 14''' asociados a estos cilindros.

El cilindro 13''' y los émbolos 14''' de la bomba de émbolo radial 42 mostrada en la figura 7A y en la figura 7B están alojados de manera pivotante en el bastidor 2', para lo cual en la pared delantera 4' y en la pared trasera 5' están previstos apoyos 43. Mediante el alojamiento pivotante los cilindros 13''' y los émbolos 14''' pueden rotar alrededor del alojamiento 43, lo que se realiza sin embargo en el funcionamiento solo en una dimensión muy pequeña (menos de 5°). Los cilindros 13''' y los émbolos 14''' están dispuestos de manera circular alrededor de un eje central M y están orientados en dirección radial - es decir radialmente al eje central M.

En la bomba de émbolo radial 42 mostrada en la figura 7A y figura 7B los émbolos 14''' - están unidos por ejemplo a través de vástagos de émbolo - con rodillos 15''' alojados de manera giratoria. Los rodillos 15''' están dispuestos de tal modo sobre la superficie de control 12''' del elemento de control 10' orientada radialmente hacia dentro. Debido al diseño ondulado de la superficie de control 12''' la posición de la superficie de control 12''' se modifica en dirección radial en un giro del elemento de control 10'. Esto lleva a que, en el caso de un grosor radial elevado del elemento de control 10' (distancia radial menor entre la superficie de control 12''' y el eje central M) los rodillos 15''' en dirección

radial se empujan hacia dentro (es decir, en la dirección del eje central M). Esto tiene como consecuencia que los émbolos 14''' unidos a los rodillos 15''' se presionan hacia los cilindros 13''' asociados a ellos y en este sentido desplazan el fluido situado en los cilindros 13'''. Por otro lado, un grosor radial reducido del elemento de control 10' (distancia radial menor entre la superficie de control 12''' y el eje central M) lleva a que los rodillos 15''' puedan moverse en dirección radial hacia dentro (es decir, en la dirección del eje central M). Para ello, la bomba de émbolo axial 42 presenta doce resortes 16 que están dispuestos de tal modo que los émbolos 14''' se empujan hacia fuera de los cilindros 13'''. Por ejemplo, alrededor de cada émbolo 14''' está guiado un resorte helicoidal 16. Las fuerzas de presión tienen como consecuencia que los rodillos 15''' siempre siguen el contorno de las superficies de control 12''' y los émbolos 14''' unidos a los rodillos 15''' se extraen de nuevo desde los cilindros 13''' asociados a estos, en donde el volumen de cilindro aumenta de nuevo. Por lo tanto, los rodillos 15''' están alojados de tal modo que ruedan sobre la superficie de control 12''' del elemento de control 10'.

En la bomba de émbolo radial 42 mostrada en la figura 7A y en la figura 7B por tanto mediante un giro del elemento de control 10' puede modificarse cíclicamente el volumen en los cilindros 13'''. Para poder utilizar la modificación cíclica de los volúmenes de cilindro para la elevación de un fluido, cada cilindro 13''' presenta una admisión 17''' con una conducción de admisión 18''' y una descarga 19''' con una conducción de descarga 20'''. Las conducciones de admisión 18''' de todos los cilindros 13''' se agrupan para formar una toma de aspiración 21' común. De manera similar, las conducciones de descarga 20''' de los cilindros 13''' están agrupadas formando una toma de presión 22''' común.

La bomba de émbolo radial 42 mostrada en la figura 7A y en la figura 7B presenta un anillo de apoyo 44 alojado de manera resistente al giro que está unido, por ejemplo, al bastidor 2'. En el anillo de apoyo 44 están alojados brazos oscilantes longitudinales 45 de manera giratoria que asimismo están unidos alojados de manera giratoria a los rodillos 15'''. Preferentemente a cada rodillo 15''' está asociado un propio brazo oscilante longitudinal 45 de modo que el número de brazos oscilantes longitudinales 45 puede corresponder al número de los rodillos 15'''. Los brazos oscilantes longitudinales 45 sirve para el fin de absorber fuerzas que discurren en dirección circunferencial y mantener los cilindros 13''' así como los émbolos 14''' en gran medida libres de fuerzas transversales. El anillo de apoyo 44 puede distinguirse bien en la figura 7A y los brazos oscilantes longitudinales 45 pueden distinguirse bien en la figura 7A.

En la figura 8 la bomba de émbolo radial 42 de la figura 7A está representada en una vista frontal. Aquellas zonas de las bombas de émbolo radial 42, que ya se han descrito en relación con la figura 7A y figura 7B están provistas en la figura 8 - y en todas las demás figuras- con referencias correspondientes. La vista frontal permite una vista de los brazos oscilantes longitudinales 45: Cada brazo oscilante longitudinal 45 está unido a través de un punto de articulación 46 de manera giratoria al anillo de apoyo 44. Esto lleva a que los rodillos 15''' alojados de manera giratoria en el otro extremo de los brazos oscilantes longitudinales 45 solo pueden moverse a lo largo de una trayectoria circular B (representada esquemáticamente en la figura 8). Esto tiene como consecuencia que los "elementos de bomba" (es decir, las unidades de cilindros 13''' y émbolo 14''') al rodar los rodillos 15''' sobre la superficie de control 12''' del elemento de control 10' se hagan pivotar fácilmente hacia la dirección circunferencial y en contra de la dirección circunferencial. La capacidad de pivotado de los "elementos de bomba" se hace posible porque los cilindros 13''' están unidos mediante los apoyos 43 de manera pivotante al bastidor 2'. Los "elementos de bomba" no están dispuestos por lo tanto en cada posición de manera exactamente radial dado que las desviaciones son mínimas sin embargo, no obstante puede hablarse de una "bomba de émbolo radial".

La figura 9 muestra la bomba de émbolo radial 42 de la figura 7A en una vista lateral. También en la figura 9 aquellas zonas de la bomba de émbolo axial 42 que ya se han descrito con relación a la figura 7A a figura 8 están provistas con referencias correspondientes. En la vista lateral puede distinguirse en dirección axial una forma de construcción especialmente delgada de la bomba de émbolo radial 42. Además, en el lado posterior de la bomba de émbolo radial 42 pueden distinguirse las tomas de aspiración 21' y la toma de presión 22'''. Por lo demás la vista lateral muestra que los brazos oscilantes longitudinales 45 pueden estar configurados en forma de horquilla (o en forma de Y), y los rodillos 15''' por consiguiente pueden sujetarse a ambos lados y guiarse de manera segura.

En la figura 10, la bomba de émbolo radial 42 de la figura 7A está representada en una vista superior. También en la figura 10, aquellas zonas de la bomba de émbolo axial 42 que ya se han descrito con relación a la figura 7A a figura 7B están provistas con referencias correspondientes. También en la vista superior puede distinguirse bien la forma constructiva de la bomba de émbolo radial 42 muy delgada en la dirección del eje central M. Asimismo, las tomas previstas en el lado posterior (toma de aspiración 21', tomas de presión 22''') pueden distinguirse bien.

La figura 11 muestra finalmente el uso de la bomba de émbolo radial 42 de la figura 7A en un aerogenerador en alta mar 28 en una representación esquemática. Como complemento a la estructura total esquemática mostrada en la figura 6, la figura 11 va a permitir una vista al interior de la góndola 30 del aerogenerador 28. También en la figura 11 aquellas zonas de la bomba de émbolo radial 42, que ya se han descrito anteriormente, están previstas con referencias correspondientes. La conducción de presión baja 39 ya descrita en relación con la figura 6 conduce agua hacia la torre 29 y hacia la bomba de émbolo radial 42 dispuesta en la góndola 30. Allí, las conducciones de baja presión 39 están conectadas a las tomas de aspiración 21' de la bomba de émbolo axial 42 que ya se han descrito anteriormente. El rotor 31 está unido directamente al elemento de control 10' de la bomba de émbolo radial 42 de modo que una rotación del rotor 31 lleva a una rotación del elemento de control 10'. Preferentemente el rotor 31 está unido directamente al elemento de control 10' de las bombas de émbolo radial 42 de modo que no se realiza ninguna transformación de las

velocidades de giro y momentos de torsión. En la bombas de émbolo radial 42 se realiza un aumento claro de la presión del agua, que abandona las bombas de émbolo radial 42 mediante la toma de presión 22''' y desde allí mediante la conducción de alta presión 40 se bombea hacia una turbina 35 (no mostrada en la figura 11).

## 5 Lista de referencias:

|                |                              |
|----------------|------------------------------|
| 1:             | bomba de émbolo axial        |
| 2, 2':         | marco                        |
| 3:             | pata de apoyo                |
| 4, 4':         | pared delantera              |
| 5, 5':         | pared trasera                |
| 6, 6':         | barra distanciadora          |
| 7:             | eje de transmisión           |
| 8:             | brida                        |
| 9:             | cojinete                     |
| 10, 10':       | elemento de control          |
| 11             | radio                        |
| 12, 12", 12''' | superficie de control        |
| 13, 13", 13''' | cilindro                     |
| 14, 14", 14''' | : pistón                     |
| 15, 15", 15''' | rodillo                      |
| 16             | resorte                      |
| 17, 17", 17''' | : admisión                   |
| 18, 18", 18''' | : conducción de admisión     |
| 19, 19", 19''' | : descarga                   |
| 20, 20", 20''' | : conducción de descarga     |
| 21, 21':       | toma de aspiración           |
| 22, 22", 22''' | : toma de presión            |
| 23             | buje                         |
| 24             | abertura                     |
| 25             | horquilla                    |
| 26             | espacio interior             |
| 27A, 27B:      | válvula                      |
| 28             | aerogenerador                |
| 29             | torre                        |
| 30             | góndola                      |
| 31             | rotor                        |
| 32             | pala de rotor                |
| 33             | plataforma                   |
| 34             | bomba de abastecimiento      |
| 35             | turbina                      |
| 36             | generador eléctrico          |
| 37             | transformador eléctrico      |
| 38             | conducción de suministro     |
| 39             | conducción de baja presión   |
| 40             | conducción de alta presión   |
| 41             | conducción de alta tensión   |
| 42             | bomba de émbolo radial       |
| 43             | alojamiento                  |
| 44             | anillo de apoyo              |
| 45             | brazo oscilante longitudinal |
| 46             | punto de articulación        |
| B:             | trayectoria                  |
| K:             | eje de émbolo                |
| M:             | eje central                  |
| S:             | plano de simetría            |
| Z:             | eje de cilindro              |

## REIVINDICACIONES

1. Bomba de émbolo, en particular bomba de émbolo axial (1) o bomba de émbolo radial (42) con gran caudal a baja velocidad de giro, que comprende:
  - un bastidor (2, 2'),
  - un elemento de control (10, 10'), que está alojado de manera giratoria alrededor de un eje central (M) y que al menos presenta una superficie de control (12', 12", 12'''),
  - varios cilindros (13', 13", 13''') cada uno de ellos con un émbolo (14', 14", 14''') que puede desplazarse en su interior,
  - una toma de aspiración (21, 21') para la afluencia de un fluido en los cilindros (13', 13", 13''') de la bomba de émbolo (1, 42), y
  - una toma de presión (22', 22", 22''') para la salida del fluido de los cilindros (13', 13", 13''') de la bomba de émbolo (1, 42),
  - en donde los cilindros (13', 13", 13''') están unidos mediante conducciones (18', 18", 18''', 20', 20", 20''') a la toma de aspiración (21, 21') y a la toma de presión (22', 22", 22'''),
  - en donde los cilindros (13', 13", 13'''), los émbolos (14', 14", 14''') y el elemento de control (10, 10') están diseñados y dispuestos de tal modo que las posiciones de los émbolos (14', 14", 14''') en los cilindros (13', 13", 13''') pueden modificarse mediante un movimiento del elemento de control (10, 10'),
  - en donde los cilindros (13', 13", 13''') y los émbolos (14', 14", 14''') están alojados de tal modo que los cilindros (13', 13", 13''') y los émbolos (14', 14", 14''') en un giro del elemento de control (10, 10') no giran conjuntamente por completo alrededor del eje central (M), y
  - en donde los cilindros (13', 13", 13''') o los émbolos (14', 14", 14''') están unidos cada uno de ellos a un rodillo (15', 15", 15''') alojado de manera giratoria

**caracterizada por que**  
la zona de contacto entre los rodillos (15', 15", 15''') y la superficie de control (12', 12", 12''') del elemento de control (10, 10') está exenta de lubricante de modo que no se forma ningún espacio de aceite que deba sellarse alrededor de la zona de contacto.
2. Bomba de émbolo según la reivindicación 1,

**caracterizada por que**  
los cilindros (13', 13", 13''') o los émbolos (14', 14", 14''') están dispuestos de manera estacionaria y/o pivotante con respecto al bastidor (2, 2').
3. Bomba de émbolo según la reivindicación 1 o la reivindicación 2,

**caracterizada por que**  
el bastidor (2, 2') presenta una pared delantera (4, 4') y una pared trasera (5, 5') para el alojamiento de los cilindros (13', 13", 13''')
4. Bomba de émbolo según una de las reivindicaciones 1 a 3,

**caracterizada por que**  
los ejes de cilindro (Z) y los ejes de émbolo (K) discurren coaxialmente.
5. Bomba de émbolo según una de las reivindicaciones 1 a 4,

**caracterizada por que**  
la superficie de control (12', 12", 12''') del elemento de control (10, 10') está diseñada de tal modo que se llevan a cabo varias carreras por vuelta.
6. Bomba de émbolo según una de las reivindicaciones 1 a 5,

**caracterizada por que**  
los émbolos (14', 14", 14''') presentan un resorte (16) para la salida de los émbolos (14', 14", 14''') de los cilindros (13', 13", 13''').
7. Bomba de émbolo (1) según una de las reivindicaciones 1 a 6,

**caracterizada por que**  
los ejes de cilindro (Z) y los ejes de émbolo (K) discurren paralelos al eje central (M).
8. Bomba de émbolo (1) según una de las reivindicaciones 1 a 7,

**caracterizada por**  
un primer grupo de al menos uno, preferentemente de al menos dos cilindros (13') cada uno de ellos con un émbolo (14') que puede moverse en estos, y un segundo grupo de al menos uno, preferentemente de al menos dos cilindros (13") cada uno de ellos con un émbolo (14") que puede moverse en su interior.
9. Bomba de émbolo (1) según la reivindicación 8,

**caracterizada por que**

el primer grupo de cilindros (13') con sus émbolos (14') y el segundo grupo de cilindros (13'') con sus émbolos (14'') están dispuestos en dirección axial en diferentes lados del elemento de control (10).

- 5 10. Bomba de émbolo (1) según una de las reivindicaciones 7 a 9,  
**caracterizada por que**  
las superficies de control (12', 12'') del elemento de control (10) están orientadas en dirección axial y su distancia axial con respecto a los cilindros (13', 13'') puede modificarse mediante un giro del elemento de control (10) alrededor del eje central (M).
- 10 11. Bomba de émbolo (42) según una de las reivindicaciones 1 a 6,  
**caracterizada por que**  
los ejes de cilindro (Z) y los ejes de émbolo (K) discurren radialmente al eje central (M).
- 15 12. Bomba de émbolo (42) según la reivindicación 11,  
**caracterizada por que**  
el elemento de control (10') está dispuesto en dirección radial fuera de los cilindros (13'') y de los émbolos (14'') y los rodea en forma anular.
- 20 13. Bomba de émbolo (42) según la reivindicación 11 o la reivindicación 12,  
**caracterizada por que**  
la superficie de control (12'') del elemento de control (10') está orientada en dirección radial con respecto al eje central (M) y su distancia axial con respecto a los cilindros (13'') puede modificarse mediante un giro del elemento de control (10') alrededor del eje central (M).
- 25 14. Bomba de émbolo (42) según una de las reivindicaciones 11 a 13,  
**caracterizada por**  
brazos oscilantes longitudinales (45) para la guía de los rodillos (45), en donde preferentemente a cada rodillo (45) está asociado un brazo oscilante longitudinal.
- 30 15. Bomba de émbolo según la reivindicación 14,  
**caracterizada por que**  
los brazos oscilantes longitudinales (45) están alojados de manera giratoria en un anillo de apoyo estacionario (44).
- 35 16. Uso de una bomba de émbolo en un aerogenerador (28),  
**caracterizado por que**  
se emplea una bomba de émbolo (1, 42) según una de las reivindicaciones 1 a 15 y por que como medio de bombeo se emplea agua, en particular agua marina.
- 40 17. Uso de acuerdo con la reivindicación 16,  
**caracterizado por que**  
el aerogenerador (28) presenta una torre (29) con una góndola (30) y un rotor (31), una bomba de émbolo y una turbina (35), en donde el rotor (31) está unido mecánicamente a la bomba de émbolo y en donde la bomba de émbolo y la turbina (35) están unidas entre sí mediante conducciones de fluido (39, 40).
- 45 18. Uso de acuerdo con la reivindicación 17,  
**caracterizado por que**  
la bomba de émbolo (1, 41) está dispuesta en la góndola (30) y por que la turbina (35) está dispuesta fuera de la góndola (30) y fuera de la torre (29).
- 50 19. Uso de acuerdo con las reivindicaciones 17 o 18,  
**caracterizado por que**  
el aerogenerador (28) presenta un generador eléctrico (36) y un transformador eléctrico (37) que están dispuestos fuera de la góndola (30) y fuera de la torre (29).
- 55 20. Uso según una de las reivindicaciones 16 a 19,  
**caracterizado por que**  
el aerogenerador (28) presenta una bomba de abastecimiento (34).

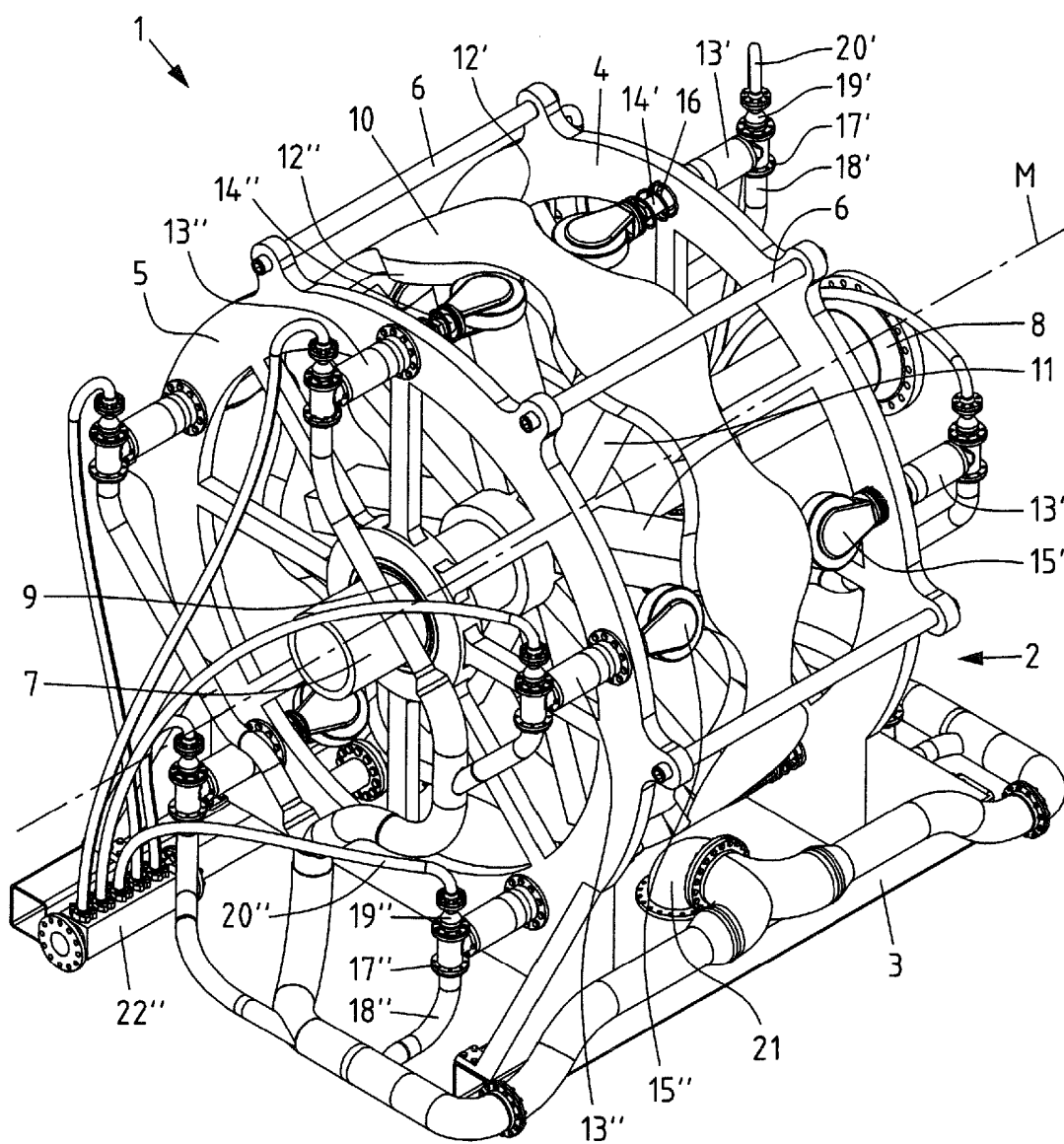


Fig.1

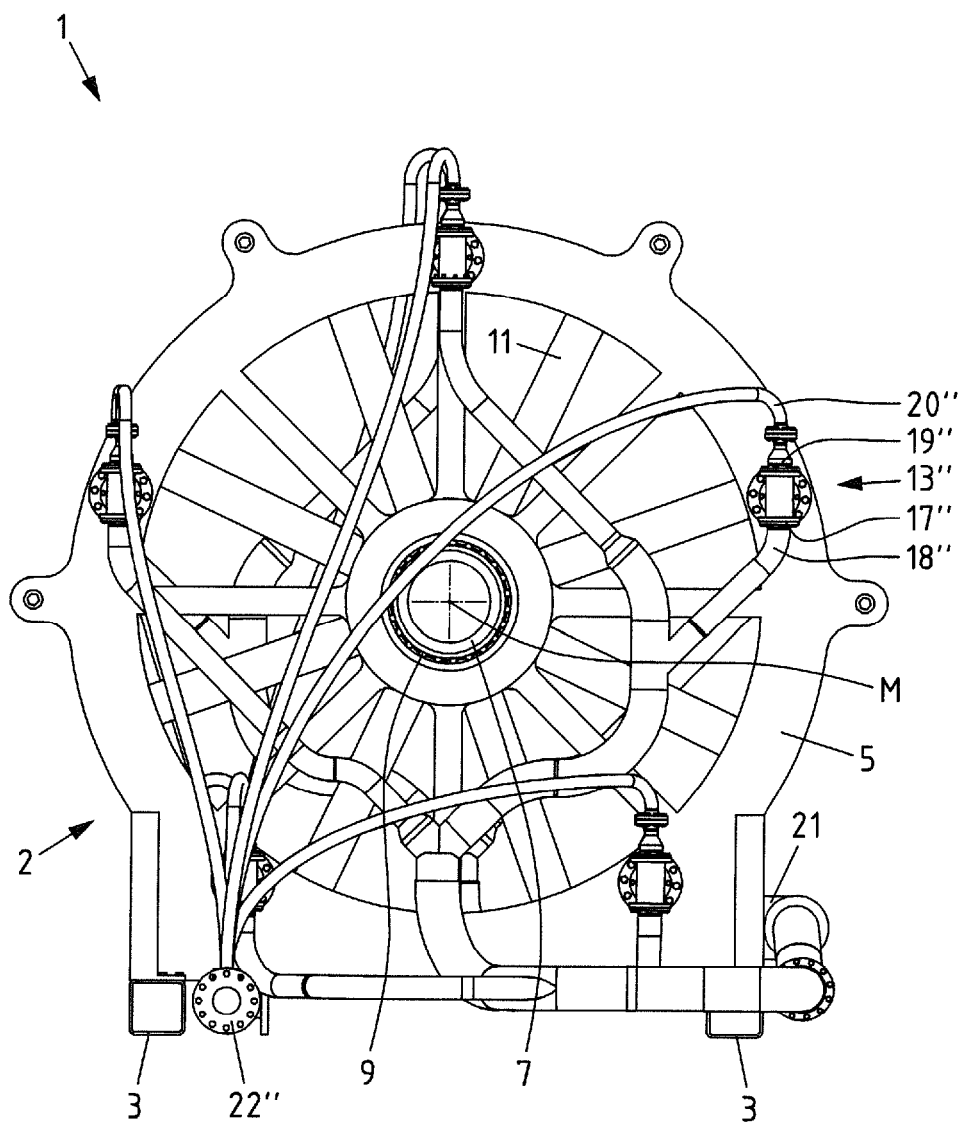


Fig.2



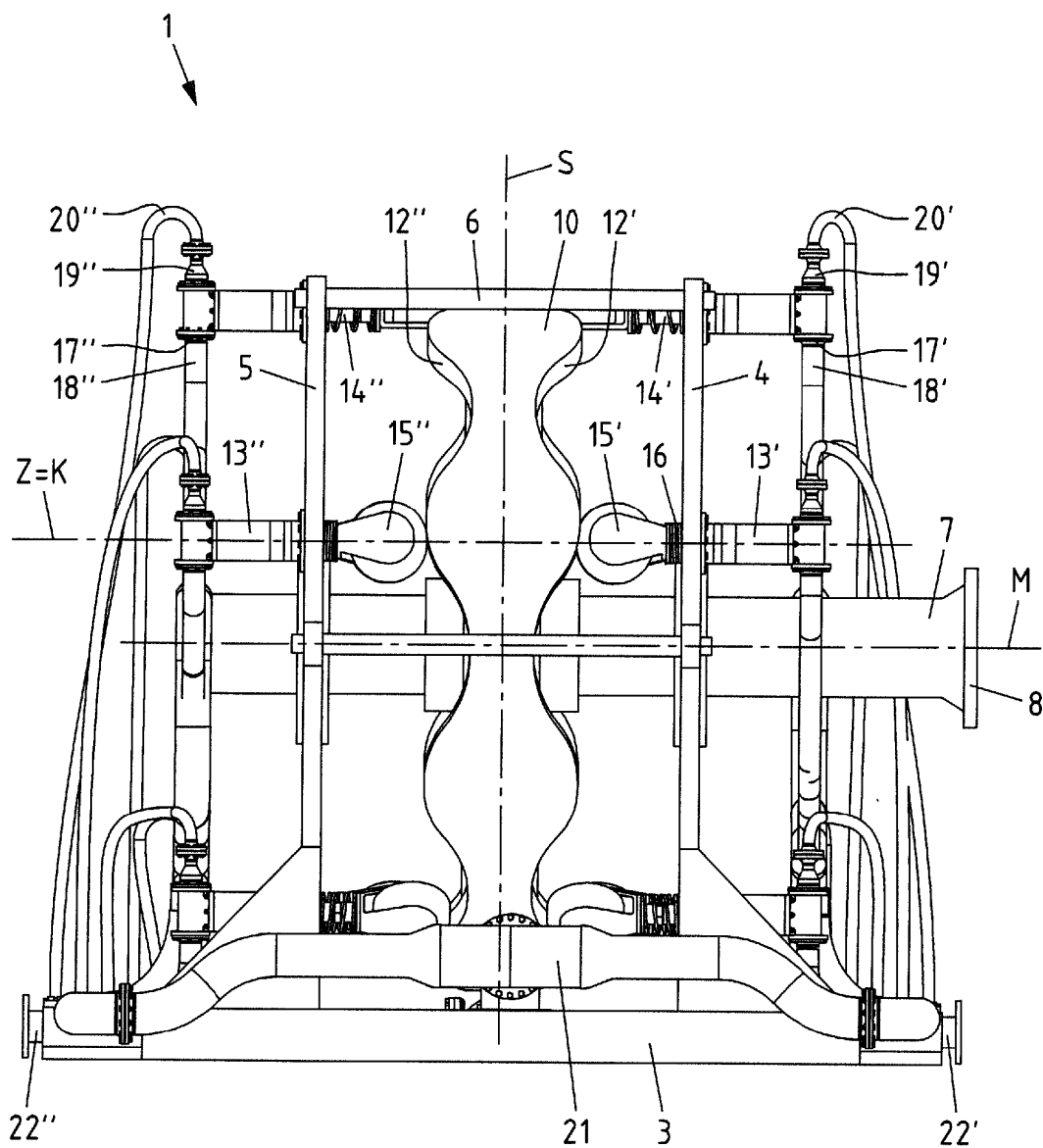


Fig.3

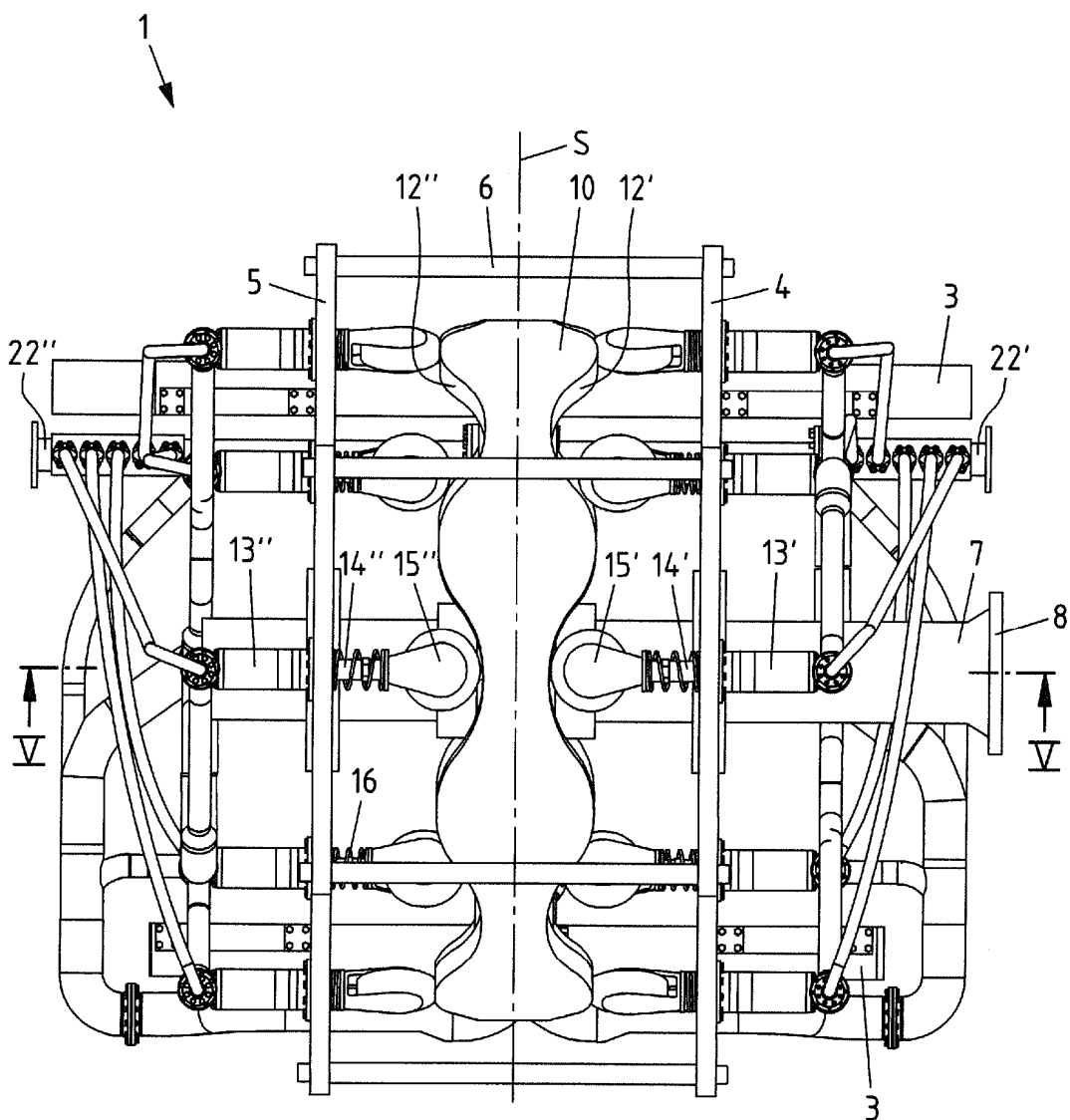


Fig.4

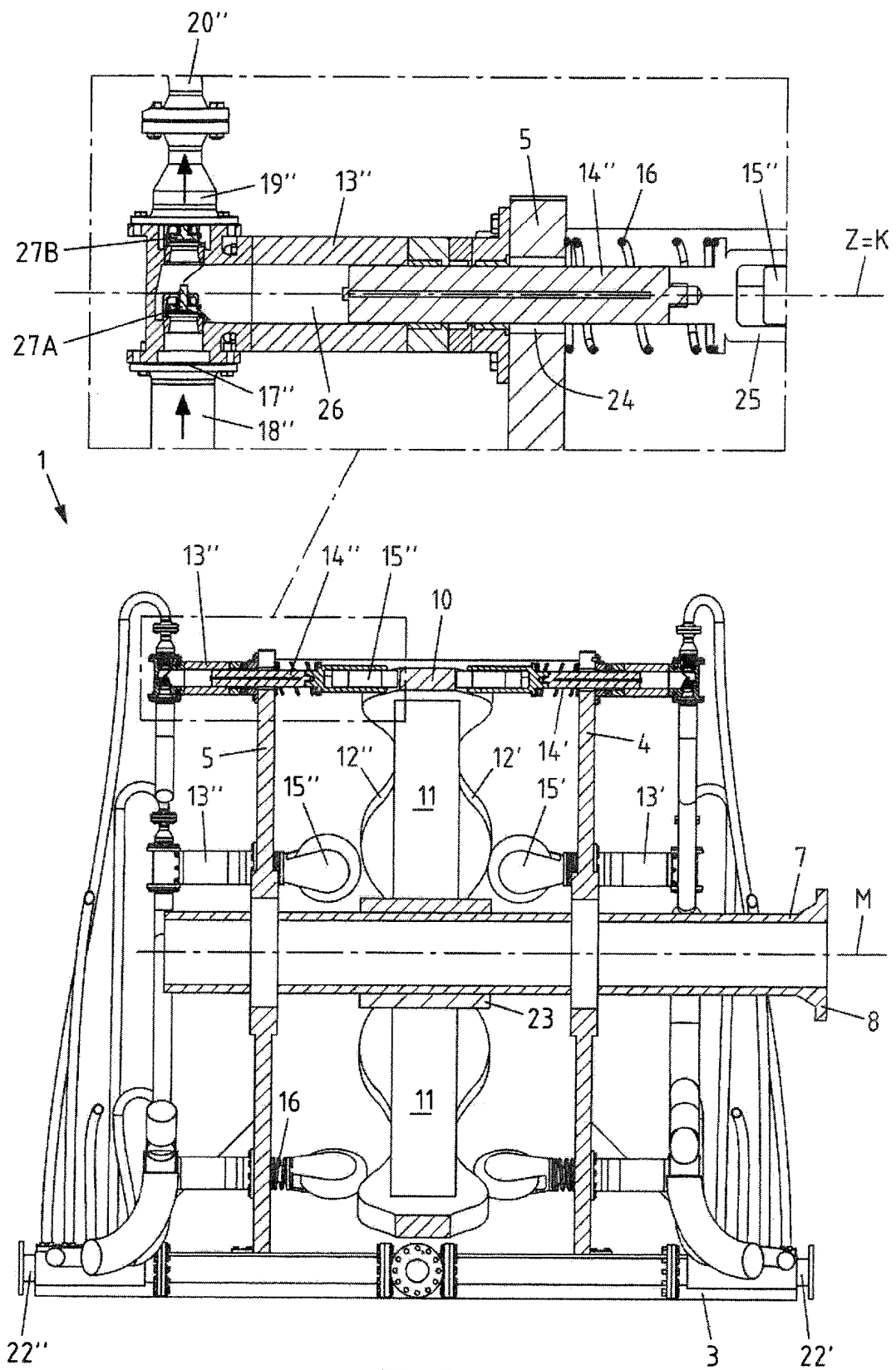


Fig.5

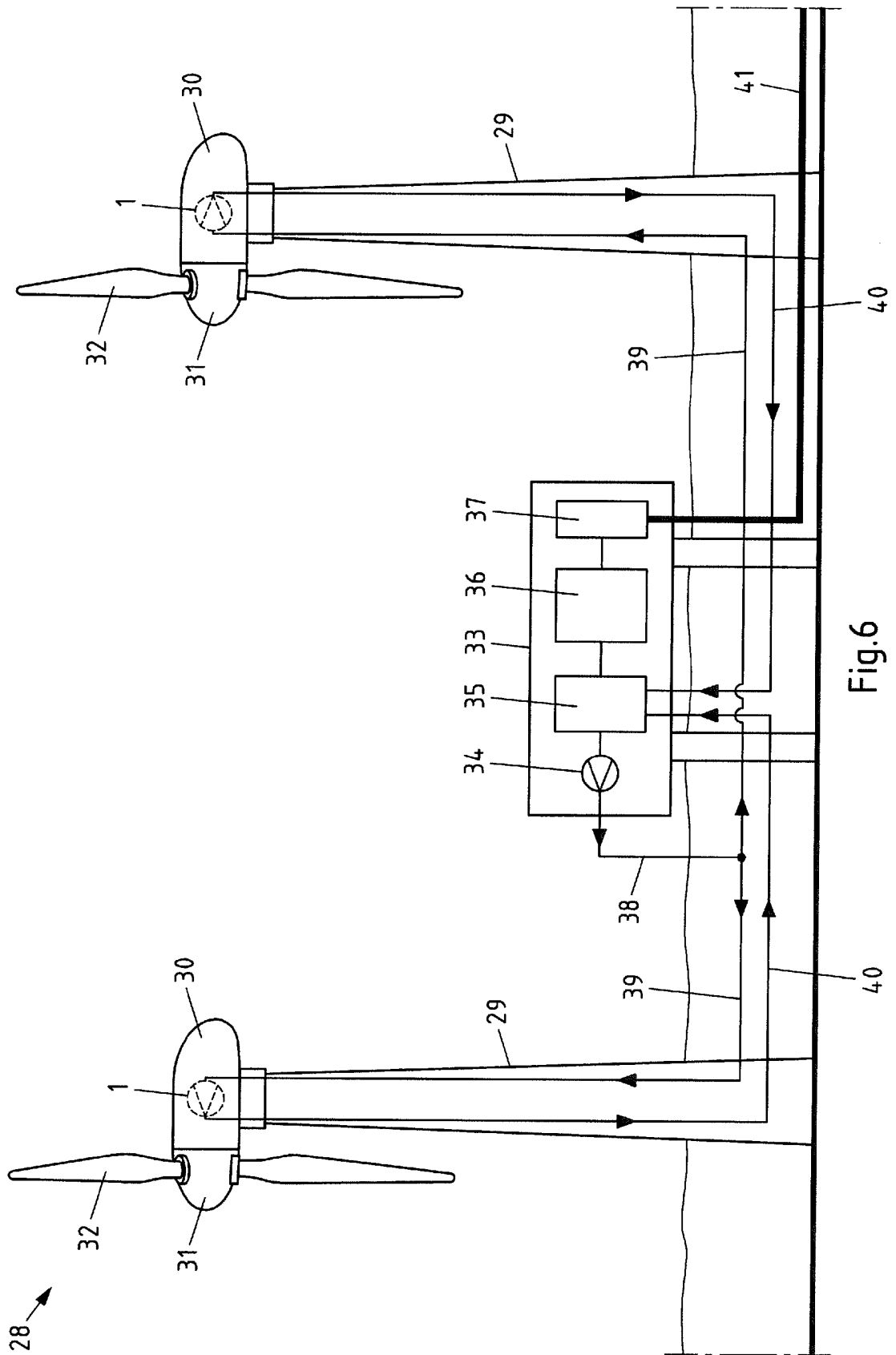
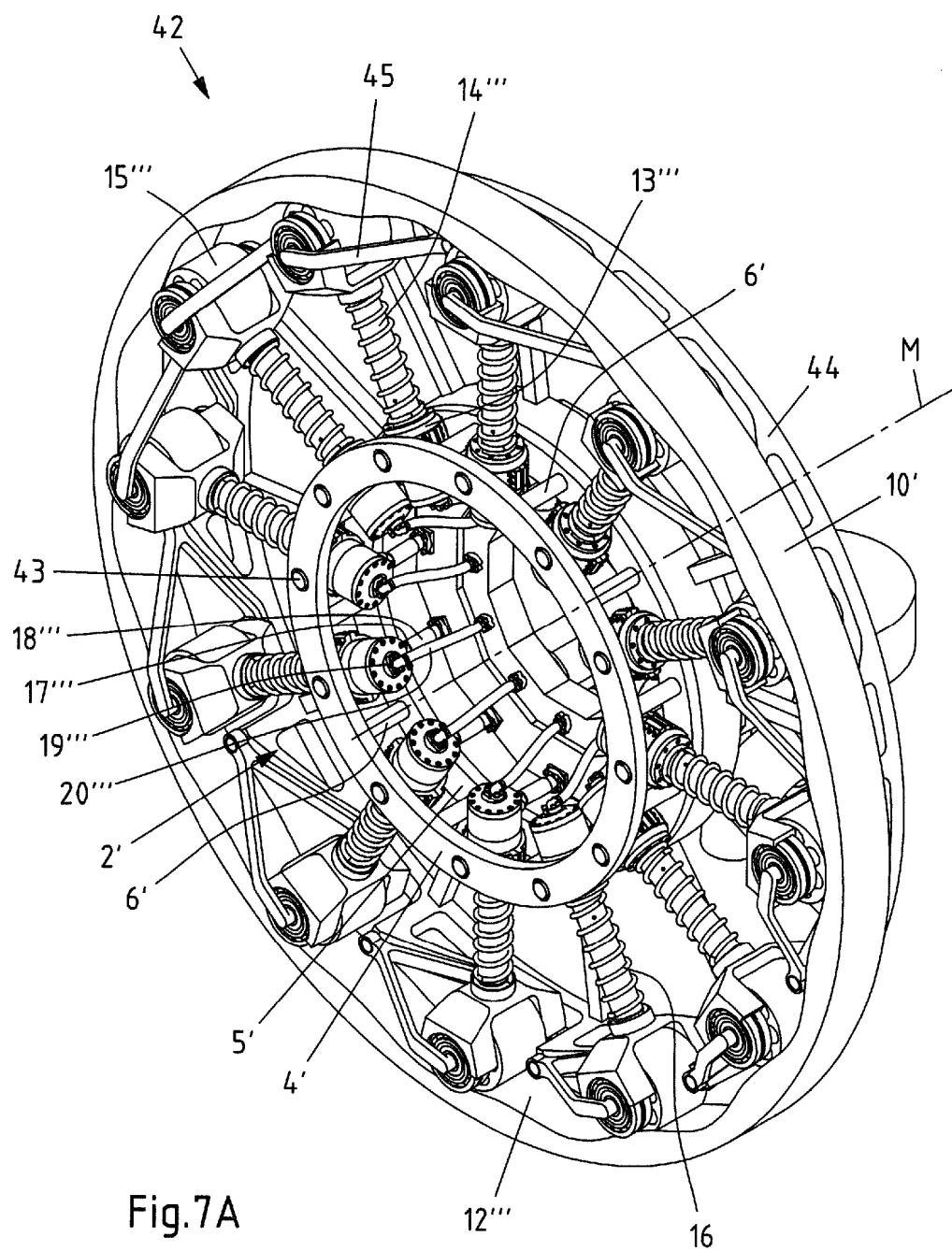


Fig.6



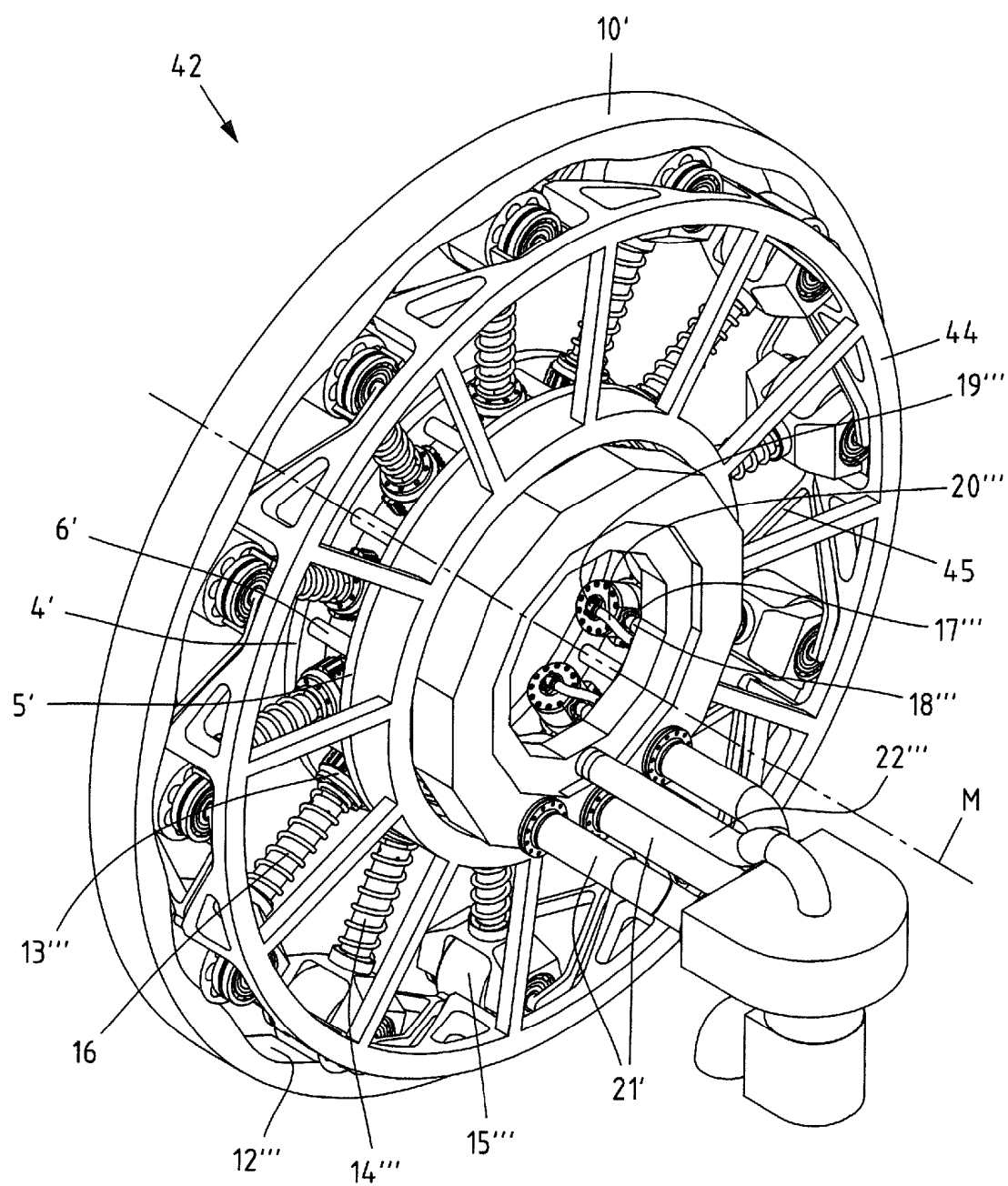


Fig.7B

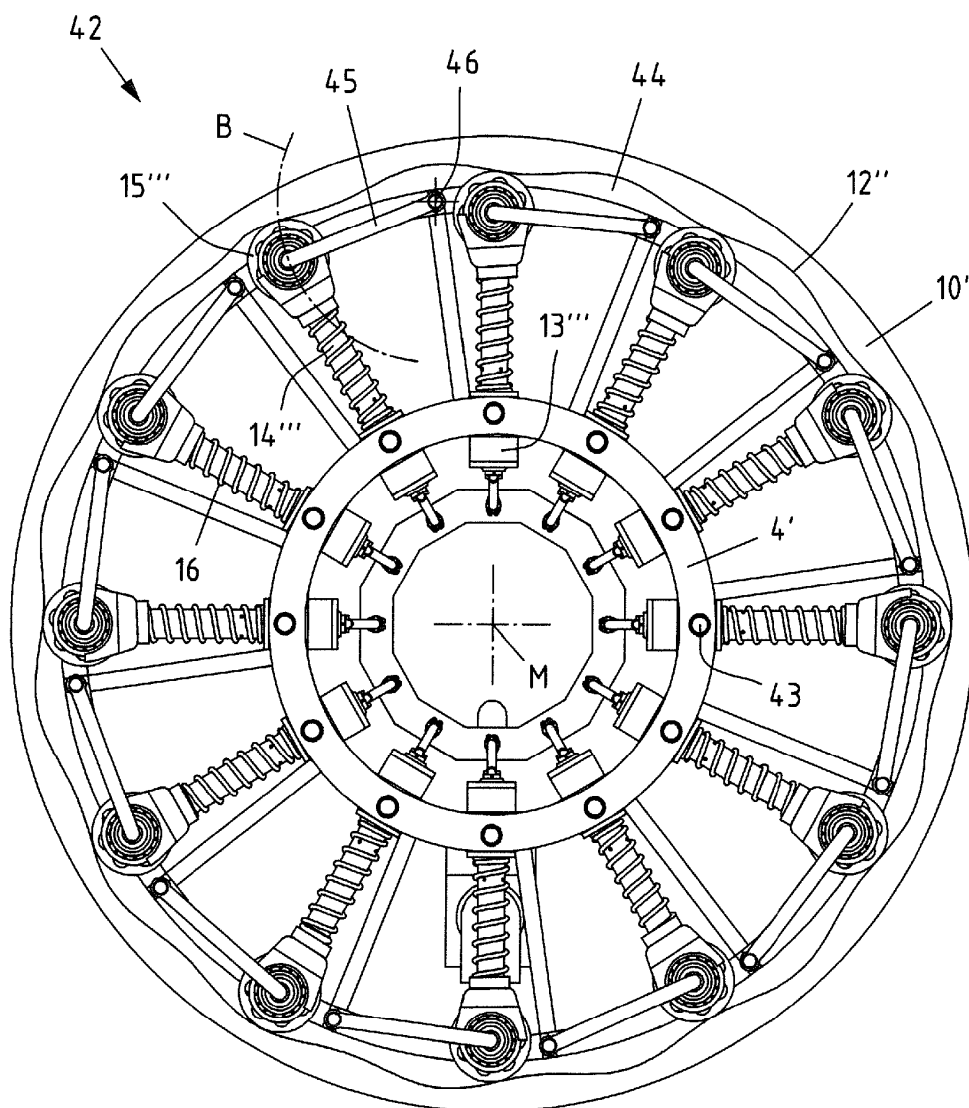


Fig.8

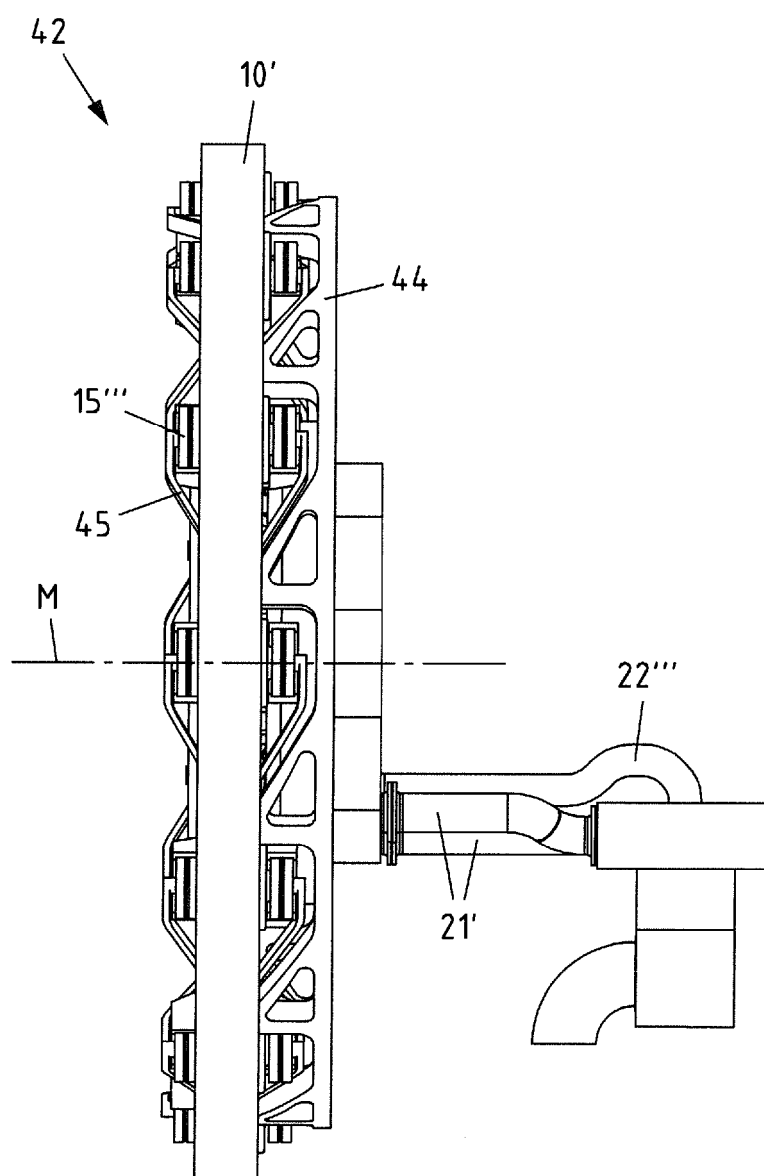


Fig.9



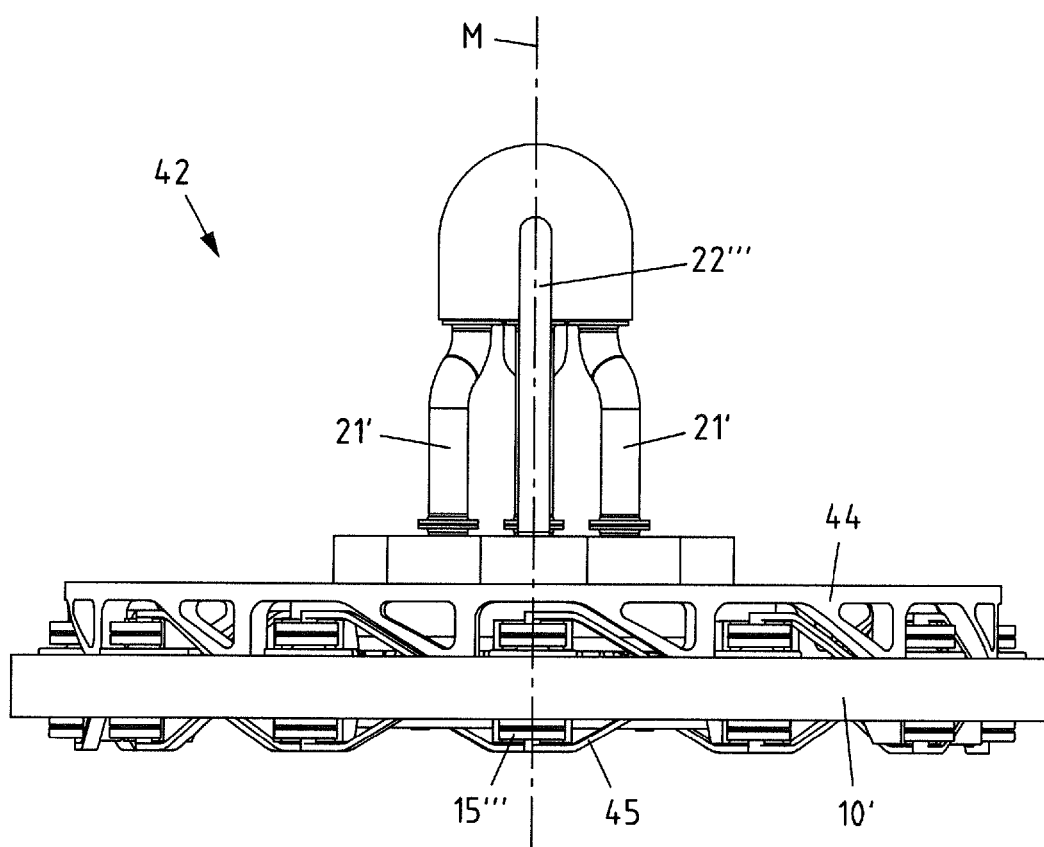


Fig.10

