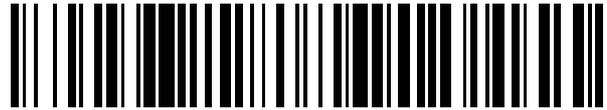


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 738 351**

51 Int. Cl.:

F16D 3/58 (2006.01)
F16D 3/80 (2006.01)
F16D 66/00 (2006.01)
F03D 80/00 (2006.01)
F03D 15/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.11.2015** **E 15194638 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.05.2019** **EP 3168463**

54 Título: **Método y dispositivo para monitorizar un tren de accionamiento de una turbina eólica con acoplamiento elástico**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
22.01.2020

73 Titular/es:
ADWEN GMBH (100.0%)
Am Lunedeich 156
27572 Bremerhaven, DE

72 Inventor/es:
ROGG, ANDREAS

74 Agente/Representante:
LOZANO GANDIA, José

ES 2 738 351 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

Método y dispositivo para monitorizar un tren de accionamiento de una turbina eólica con acoplamiento elástico

5 **Campo de la invención**

La presente invención se refiere a un dispositivo y a unos métodos para monitorizar un tren de accionamiento para turbinas eólicas, a turbinas eólicas y a métodos de fabricación o de readaptación de turbinas eólicas.

10 **Antecedentes**

Las turbinas eólicas o plantas de energía eólica comprenden un tren de accionamiento o tren de accionamiento, que se extiende desde el rotor o el buje de rotor hasta el generador. El tren de accionamiento puede comprender un buje, un árbol de rotor (o árbol principal) un árbol de entrada de caja de engranajes, una caja de engranajes y un generador. El tren de accionamiento está configurado principalmente para transferir un par del rotor al generador. Sin embargo, también hay otras cargas de rotor diferentes que la mera carga del par. Estas otras cargas deben transferirse a y eliminarse por la estructura de la góndola. La trayectoria de carga de estas otras cargas a través del tren de accionamiento hasta la estructura de góndola depende de la disposición particular y de las variaciones y magnitudes de estas cargas, las tolerancias de mecanizado, las deformaciones de carga, los efectos térmicos y otras condiciones. Todo esto puede dar como resultado fuerzas parásitas indeseables que tienen el potencial de dañar los elementos en el tren de accionamiento, particularmente los componentes de la caja de engranajes y los cojinetes principales. Eliminar estas fuerzas parásitas está asociado inseparablemente a la fiabilidad de la caja de engranajes y del cojinete.

25 El documento WO 2012/052022 A1 da a conocer un tren de accionamiento para una turbina eólica que comprende un árbol principal y una caja de engranajes con un árbol de entrada de caja de engranajes accionado por el árbol principal. Hay dos acoplamientos ubicados entre el árbol principal y el elemento de entrada de la caja de engranajes de la caja de engranajes. Los dos acoplamientos están configurados de tal manera que se reduce la accionamiento de cargas indeseadas.

30 El documento WO 2013/007322 A1 da a conocer un tren de accionamiento que comprende un árbol de rotor y un árbol de entrada de generador que están acoplados uno a otro mediante un acoplamiento que tiene elementos elásticos. Se da a conocer que el acoplamiento comprende dos partes de acoplamiento que están conectadas rígidamente con el árbol de rotor y el árbol de generador. Sin embargo, los elementos elásticos proporcionados entre las partes de acoplamiento tienen cámaras llenas con un fluido, en particular un fluido hidráulico y están dispuestos en parejas.

Una de las principales desventajas de un acoplamiento elástico es el desgaste potencial o generalmente un cambio de las propiedades del acoplamiento elástico durante el funcionamiento.

40 El documento WO 2015/071689 A1 da a conocer una turbina eólica que comprende un árbol de rotor configurado para el funcionamiento mediante un rotor; un árbol de accionamiento configurado para accionarse mediante el árbol de rotor; un generador accionado por el árbol de accionamiento y un mecanismo de control de par dispuesto entre el árbol de rotor y el árbol de accionamiento. El mecanismo de control de par comprende al menos dos conexiones que se extienden entre el árbol de rotor y el árbol de accionamiento, teniendo las conexiones un primer extremo y un segundo extremo, estando el primer extremo conectado de manera pivotante al árbol de rotor y estando el segundo extremo conectado de manera pivotante al árbol de accionamiento, y en el que la longitud de cada conexión es variable.

50 **Sumario**

Un objeto de la presente invención es proporcionar un método para monitorizar un tren de accionamiento para una turbina eólica y un tren de accionamiento que supere las desventajas de la técnica anterior.

55 Según un primer aspecto, se proporciona un método de monitorización de una condición de un acoplamiento elástico de un tren de accionamiento. El método comprende generalmente la etapa de determinar una condición del acoplamiento elástico. Además puede comprender emitir una señal que indica la condición.

60 El método puede comprender además las etapas de: evaluar señales de salida del sensor de al menos una salida de un dispositivo de sensor axial, un dispositivo de sensor radial, un dispositivo de sensor tangencial y un dispositivo de sensor de rotación, cada uno de los cuales están comprendidos en el acoplamiento elástico y adaptan una propiedad de un elemento elástico del acoplamiento elástico según las señales de salida del sensor.

65 El tren de accionamiento y en particular el acoplamiento elástico pueden configurarse como se describe a continuación.

Según un aspecto de la invención, se proporciona un tren de accionamiento para una turbina eólica. El tren de accionamiento comprende un árbol de rotor (árbol principal) configurado para accionarse mediante el rotor alrededor de un eje principal, una estructura de soporte que incluye un alojamiento de cojinete que rodea al menos un cojinete y que soporta el árbol de rotor para la rotación alrededor del eje principal, restringiendo de ese modo otros movimientos del árbol de rotor. El tren de accionamiento comprende además un árbol de entrada de caja de engranajes y un alojamiento de caja de engranajes que soporta el árbol de entrada de caja de engranajes para la rotación alrededor del eje principal mientras que restringe otros movimientos del árbol de entrada de caja de engranajes. Aún más, el tren de accionamiento comprende un acoplamiento elástico. El árbol de entrada de caja de engranajes está acoplado al árbol de rotor por medio del acoplamiento elástico. El acoplamiento elástico comprende una primera parte de acoplamiento conectada rígidamente con el árbol de rotor, una segunda parte de acoplamiento conectada rígidamente con el árbol de entrada de caja de engranajes y unos elementos elásticos situados entre la primera parte de acoplamiento y la segunda parte de acoplamiento, constituyendo de ese modo una sola unión entre el árbol de rotor y el árbol de entrada de caja de engranajes. Este aspecto proporciona que un solo acoplamiento elástico en forma de una sola unión proporcione un grado suficiente de libertad para cualquier movimiento distinto que los de en los sentidos del par de carga principal.

Según un aspecto, el acoplamiento elástico puede comprender al menos un dispositivo de sensor para monitorizar una condición del acoplamiento elástico. Además pueden procesarse las señales adquiridas por el dispositivo de sensor en el dispositivo de sensor, es decir en una unidad de procesamiento de señales de sensor, y/o en una lógica de control dedicada y/o independiente, y/o en una lógica de control programable (central) de la turbina eólica.

Un dispositivo de sensor según la invención comprende dos partes: una unidad de sensor y un blanco de sensor. Usar dispositivos de sensor de dos partes puede ser ventajoso dado que hay partes rotatorias y partes estáticas en el tren de accionamiento de una turbina eólica. Una unidad de sensor puede ser activa (configurada para adquirir y/o procesar las señales, lo que requiere energía eléctrica) mientras el blanco de sensor puede ser pasivo (no se requiere energía eléctrica). Sin embargo, el blanco de sensor también puede ser activo en determinadas circunstancias.

Según la invención, el acoplamiento elástico (que incluye el alojamiento de acoplamiento) comprende un dispositivo de sensor de rotación. El dispositivo de sensor de rotación comprende una unidad de sensor de rotación y un blanco de sensor de rotación. La primera parte de acoplamiento y la segunda parte de acoplamiento del acoplamiento elástico comprenden cada una un blanco de sensor de rotación. Cada blanco de sensor de rotación está unido a una circunferencia respectiva de una parte de acoplamiento respectiva para determinar una velocidad de rotación relativa y/o un desplazamiento de fase y/o un par de carga. En una realización, el blanco de sensor puede ser de un tipo óptico, un tipo magnético y/o estar marcado físicamente (por ejemplo dentado). Una o más unidades de sensor de rotación (por ejemplo configuradas como un codificador) que se corresponden con los blancos de sensor de rotación pueden estar dispuestas en el alojamiento de acoplamiento. Puede proporcionarse una unidad de sensor para el blanco de sensor acoplada/unida a la primera parte de acoplamiento (conectada con el árbol de rotor), y puede proporcionarse otra unidad de sensor para el blanco de sensor acoplada/unida a la segunda parte de acoplamiento (conectada con el árbol de entrada de caja de engranajes).

Además, puede proporcionarse una unidad de rotación de procesamiento de señales de sensor. La unidad de procesamiento de señales de sensor puede estar configurada para determinar y/o procesar un desplazamiento de fase entre la posición de rotación del árbol de rotor y la posición de rotación del árbol de entrada de caja de engranajes basándose en la salida de la unidad de sensor de velocidad.

En un aspecto, puede proporcionarse una lógica de control que está configurada para determinar un par transferido por el acoplamiento elástico basándose en las propiedades de rigidez de los elementos elásticos (combinados) del acoplamiento elástico y al desplazamiento de fase. Este aspecto puede ser ventajoso si la lógica de control programable central (PLC) no está configurada para realizar el procesamiento de señales requerido o no debe adaptarse.

En una realización, la lógica de control puede estar configurada además para determinar si las propiedades de rigidez de los elementos elásticos están en un intervalo requerido basándose en (a) el desplazamiento de fase y (b) una señal de par transmitida proporcionada por un controlador lógico programable (PLC) de una turbina eólica que representa el par transmitido.

En una realización, el blanco de sensor en la primera parte de acoplamiento y/o en la segunda parte de acoplamiento del acoplamiento elástico puede ser un anillo cerrado a lo largo de una circunferencia. En otra realización, el blanco de sensor en la primera parte de acoplamiento y/o segunda parte de acoplamiento del acoplamiento elástico pueden ser discontinuos a lo largo de una circunferencia.

La unidad de procesamiento de señales de sensor puede estar configurada para determinar la velocidad de rotación del árbol de rotor y/o el árbol de entrada de caja de engranajes y proporcionar la señal a la PLC de la turbina.

El tren de accionamiento, en particular el acoplamiento elástico puede comprender uno o más sensores de

proximidad y/o distancia que están configurados, por ejemplo para determinar el hueco entre el alojamiento de acoplamiento y la primera y la segunda parte(s) de acoplamiento y tener en cuenta la señal para la monitorización de la condición de acoplamiento y/o para generar la señal de desplazamiento de fase.

5 El acoplamiento elástico puede comprender además un dispositivo de sensor radial.

El acoplamiento elástico puede comprender además un dispositivo de sensor axial.

El acoplamiento elástico puede comprender además un dispositivo de sensor tangencial.

10 Los términos “radial”, “axial” y “tangencial” se definen como a continuación: “Axial” se refiere a la dirección del eje principal del tren de accionamiento, es decir el eje longitudinal del árbol de rotor y el árbol de entrada de caja de engranajes, etc. “Radial” se refiere a una dirección que está orientada radialmente con respecto a la dirección axial tal como se ha descrito anteriormente. “Tangencial” se refiere a la dirección que es tangencial a la dirección axial tal como se ha descrito anteriormente. En otras palabras, la dirección tangencial es la dirección circunferencial alrededor del eje principal.

En un aspecto ventajoso, el acoplamiento elástico puede comprender todos los dispositivos de sensor descritos.

20 El dispositivo de sensor radial puede estar configurado para determinar una distancia entre la primera parte de acoplamiento y la segunda parte de acoplamiento en la dirección radial.

El dispositivo de sensor axial puede estar configurado para determinar una distancia entre la primera parte de acoplamiento y la segunda parte de acoplamiento en la dirección axial.

25 El dispositivo de sensor tangencial puede estar configurado para determinar un desplazamiento y/o una distancia entre la primera parte de acoplamiento y la segunda parte de acoplamiento en la dirección tangencial. Esto puede por ejemplo ser la extensión/longitud de un elemento elástico a lo largo de un eje dominante de rigidez del elemento elástico y entre la primera parte de acoplamiento y la segunda parte de acoplamiento en la dirección tangencial/circunferencial.

30 Los valores, los desplazamientos, las distancias, etc. determinadas/detectadas por los dispositivos de sensor pueden usarse generalmente y de manera ventajosa para determinar una condición del acoplamiento elástico. Los valores, los desplazamientos, las distancias, etc. determinados/detectados por los dispositivos de sensor pueden usarse con el fin de adaptar o cambiar las propiedades del acoplamiento elástico, en particular las propiedades de los elementos elásticos del acoplamiento elástico. Una propiedad de este tipo puede ser la rigidez de los elementos elásticos en una dirección específica, por ejemplo la dirección dominante de rigidez o cualquier otra dirección (tal como se describe a continuación). La adaptación/el mantenimiento/el intercambio del acoplamiento elástico se hace de manera ventajosa en respuesta a la señales de salida proporcionadas por al menos uno o todos los dispositivos de sensor. Puede realizarse automáticamente la adaptación/el mantenimiento/el intercambio de los elementos elásticos. Puede realizarse una adaptación/un mantenimiento automático adaptando una presión en un circuito hidráulico al que están acoplados uno o más de los elementos elásticos (se describen a continuación los detalles de acoplamiento hidráulico en el presente documento).

45 Al menos uno o todos los elementos elásticos pueden estar configurados y/o dispuestos de tal manera que un comportamiento fuerza-deformación del/los elemento(s) elástico(s) sea diferente en un primer sentido de carga que en un segundo sentido de carga o cualquier otro sentido de carga distinto que el primer sentido de carga.

50 Al menos uno o todos los elementos elásticos pueden estar configurados y/o dispuestos de tal manera que al menos uno o todos elemento(s) elástico(s) tenga(n) una primera rigidez en un primer sentido de carga (sentido dominante de rigidez) y una segunda rigidez en un segundo sentido de carga. La primera rigidez es de manera ventajosa mayor que la segunda rigidez. La primera rigidez puede ser mayor que cualquier rigidez del elemento elástico en otros sentidos de carga (distintos que el sentido dominante de rigidez). El elemento elástico proporciona de manera ventajosa la primera rigidez en los sentidos de par de carga principales. En el contexto de esta memoria descriptiva, se representa y describe un par o par de carga o sentido de par de carga mediante el sentido de rotación en vez de la representación de vector, dado que se considera más intuitiva la referencia a los sentidos de rotación.

60 Al menos uno o todos los elementos elásticos pueden comprender o pueden estar compuestos por caucho, polímero, material elástico o combinaciones de caucho y/o polímero y/o material elástico y/o componentes rígidos. Al menos uno o todos los elementos elásticos pueden configurarse o fabricarse en forma de resortes, resortes helicoidales y/o resortes en espiral. Al menos uno o todos los elementos elásticos pueden tener la forma de almohadillas, cilindros o cubículos.

65 De manera ventajosa, al menos uno o todos los elementos elásticos pueden tener un eje dominante o dimensión dominante o dirección dominante en la que la rigidez es mayor que en cualquier otra dimensión o eje del elemento elástico. El principal sentido de carga (sentido de par de carga principal) del tren de accionamiento coincide de

manera ventajosa con el eje dominante o la dimensión dominante o el sentido dominante de la mayor rigidez de los elementos elásticos. El eje o la dimensión de la mayor rigidez de los elementos elásticos corresponde de manera ventajosa a una dirección de compresión del elemento elástico.

5 El acoplamiento elástico puede estar configurado para permitir una rotación relativa entre la primera y la segunda partes de acoplamiento alrededor de ejes de manera perpendicular al eje principal, una traslación a lo largo del eje principal así como una translación en los ejes de manera perpendicular al eje principal más fácilmente que una rotación relativa de la primera parte de acoplamiento y la segunda parte de acoplamiento unos con respecto a otros en el sentido de par de carga alrededor del eje principal. En otras palabras, los elementos elásticos en el
10 acoplamiento elástico, en particular la rigidez de los elementos elásticos, están configurados de tal manera que el acoplamiento elástico permite los movimientos anteriores más fácilmente que cualquier movimiento relativo de las dos partes de acoplamiento en el/los sentido(s) del par de carga.

15 Los elementos elásticos pueden estar dispuestos y configurados de tal manera que los elementos elásticos proporcionen diferentes características de rigidez por sentido de carga. La transferencia del par puede realizarse con una primera rigidez (en la dirección dominante de rigidez). Los elementos elásticos pueden estar configurados para proporcionar una segunda rigidez con respecto a movimientos en grados de libertad transversales y grados de libertad de rotación excepto para una rotación alrededor de la dirección longitudinal del eje principal. Esto permite que se desvíen y aparten la primera parte de acoplamiento y la segunda parte de acoplamiento unas respecto a
20 otras sin generar fuerzas de reacción significativas.

En un aspecto ventajoso, se usa únicamente un solo elemento elástico para un primer sentido de par de carga positivo (es decir en un primer sentido de rotación) y un segundo sentido de par de carga negativa (es decir en un segundo sentido de rotación, opuesto al primer sentido de rotación). El primer sentido de par de carga es opuesto al
25 segundo sentido de par de carga.

En una realización que usa un solo elemento elástico para ambos sentidos de par, puede disponerse cada elemento elástico de tal manera que superficies (congruentes) de unión, de tope o de empuje de la primera parte de acoplamiento y de la segunda parte de acoplamiento están a cada lado del elemento elástico de tal manera que el
30 elemento elástico puede cargarse en un primer sentido de par positivo así como en un sentido de par negativo. En particular, los elementos elásticos y la primera y segunda partes de acoplamiento están configurados de tal manera que los elementos elásticos están comprimidos a lo largo de su sentido dominante y/o de su eje dominante de rigidez en el primer sentido de par de carga y en un segundo sentido de par de carga opuesto. Este aspecto reduce el número de elementos elásticos requeridos, simplifica la fabricación y el mantenimiento y reduce los costes.

35 Por consiguiente, en un aspecto, se usa únicamente un solo elemento elástico para dos sentidos de par de carga opuestos. Pueden usarse todos los elementos elásticos del acoplamiento elástico para las dos cargas de par opuestas. La primera parte de acoplamiento puede proporcionar al menos una primera superficie de unión (o de tope, o de empuje) y una segunda superficie de unión (o de tope o de empuje) opuesta. La segunda parte de
40 acoplamiento puede entonces también proporcionar al menos una primera superficie de unión (o de tope o de empuje) y una segunda superficie de unión (o de tope o de empuje) opuesta.

Una superficie de unión (o de tope) de cada una de las dos partes de acoplamiento puede estar en contacto con un mismo primer lado de un elemento elástico y una superficie de unión (o de tope) de cada una de la primera y la
45 segunda partes de acoplamiento, puede estar en contacto con un mismo segundo lado del elemento elástico. El segundo lado del elemento elástico está opuesto al primer lado del elemento elástico. Las superficies de unión (o de tope) de la primera y la segunda partes de acoplamiento que están en contacto con el mismo lado del elemento elástico pueden denominarse "congruentes". En una realización, las superficies de tope pueden proporcionarse mediante ventanas superpuestas o coincidentes en las partes de acoplamiento. Sin embargo, hay diversas configuraciones posibles diferentes. Un requerimiento mínimo es que cada uno de los dos lados opuestos del elemento elástico deben disponerse al menos para empujarse (o para hacer tope contra ellos) contra un tope o una
50 unión o una superficie de contacto tanto de la primera como de la segunda partes de acoplamiento. Los elementos elásticos pueden ubicarse en superficies de unión/de tope congruentes de la primera y segunda partes de acoplamiento de tal manera que puede cargarse un sólo elemento elástico en un sentido de par positivo así como en un sentido de par negativo. Las respectivas superficies de las dos partes de acoplamiento pueden disponerse en un
55 lado del elemento elástico, una junto a la otra y adyacentes entre sí. También es posible que las dos superficies se proporcionen mediante diferentes partes de acoplamiento y que la superficie de una parte de acoplamiento esté dispuesta detrás de un reborde o una extensión de la otra parte de acoplamiento respectiva. Sin embargo, la última realización puede ser ventajosa para realizaciones que no requieran elementos elásticos pretensados.

60 Los aspectos descritos previamente proporcionan que puede usarse un sólo elemento elástico para dos sentidos de par de carga opuestos, es decir el sentido de par positivo y el sentido de par negativo. El elemento elástico está entonces sólo comprimido o presionado a lo largo del eje dominante o de la dirección de rigidez sin tener en cuenta el sentido de par de carga. Puede reducirse entonces el número de elementos elásticos EM requeridos a la mitad del
65 número de realizaciones usando parejas de módulos.

En un aspecto, si los elementos elásticos usan una cámara para fluido para ajustar la rigidez de los elementos elásticos, pueden acoplarse hidráulicamente todos los elementos elásticos entre sí. No es necesario separar la conexión hidráulica en un sistema para un par de carga positivo y un sistema para un par de carga negativo.

5 En un aspecto, pueden ubicarse parejas de elementos elásticos entre las respectivas superficies de unión opuestas de la primera parte de acoplamiento y la segunda parte de acoplamiento de tal manera que se carga un primer elemento de cada pareja en un sentido de par primero/positivo y se carga un segundo elemento de cada pareja en un sentido de par segundo/negativo. El segundo sentido de par es opuesto al primer sentido de par de carga. Más específicamente, pueden disponerse en parejas los elementos elásticos de dos elementos elásticos adyacentes a lo
10 largo de una circunferencia del acoplamiento elástico entre las superficies de tope de la misma parte de acoplamiento, de tal manera que las parejas de los elementos elásticos pueden ubicarse entre las respectivas superficies de unión opuestas de la primera parte de acoplamiento o la segunda parte de acoplamiento de tal manera que se carga un primer elemento de cada pareja en un sentido de par primero/positivo y se carga un segundo elemento de cada pareja en un sentido de par segundo/negativo, en el que el segundo sentido de par es
15 opuesto al primer sentido de par.

En un aspecto, el árbol de rotor y el árbol de entrada de caja de engranajes pueden montarse/ensamblarse con una excentricidad preestablecida de sus ejes principales longitudinales, de tal manera que un eje longitudinal del árbol de rotor y un eje longitudinal del árbol de entrada de caja de engranajes están inicialmente montados excéntricamente
20 uno con otro con el fin de minimizar cualquier excentricidad o desviación que sea el resultado del peso y/o las cargas y/o el par durante el funcionamiento. El par relevante podría ser el par normal esperado durante el funcionamiento de la turbina eólica. Con el fin de lograr la presente excentricidad, puede desplazarse ligeramente el punto central del alojamiento de cojinete. El punto central del alojamiento de cojinete puede desplazarse verticalmente. Esto tiene una influencia en la línea de flexión de tal manera que se compensa el total de las excentricidades no deseadas por
25 la excentricidad preestablecida durante el montaje y el ensamblaje de la turbina eólica/del tren de accionamiento.

Teniendo en cuenta el aspecto descrito anteriormente, normalmente lo más ventajoso es que el árbol de rotor y el árbol de entrada de caja de engranajes de un tren de accionamiento de una turbina eólica estén perfectamente alineados y centrados uno con respecto a otro. En cualquier caso, cualquier acoplamiento y en particular un acoplamiento elástico, específicamente los elementos elásticos, tal como se describen en el presente documento, se agitarán constantemente durante cada rotación. Esto puede aumentar sustancialmente el desgaste de los elementos elásticos. Según este aspecto, el árbol de rotor y el árbol de entrada de caja de engranajes están dispuestos uno con respecto a otro con una ligera excentricidad con el fin de compensar cualquier otro efecto que introduzca una excentricidad opuesta. Si por ejemplo el alojamiento de acoplamiento, el alojamiento de la caja de engranajes y el generador están suspendidos libremente del alojamiento de cojinete, esto puede introducir una ligera excentricidad
30 entre el árbol de rotor y el árbol de entrada de caja de engranajes que puede dar como resultado una excentricidad en el acoplamiento elástico, en particular una excentricidad de la primera parte de acoplamiento con respecto a la segunda parte de acoplamiento. Esta y cualquier otra excentricidad puede entonces compensarse mediante la suspensión del alojamiento de cojinete, en particular la suspensión del cojinete principal en el alojamiento de cojinete. El alojamiento de cojinete puede acoplarse al bastidor principal de la góndola. Puede usarse la brida de anillo entre el alojamiento de cojinete y el alojamiento de acoplamiento para crear la excentricidad entre el árbol de rotor y el árbol de entrada de caja de engranajes. También puede crearse la excentricidad o en combinación mediante el acoplamiento (brida), el alojamiento de acoplamiento y el alojamiento de la caja de engranajes. Una dirección ventajosa es una excentricidad en una dirección vertical. También es posible crear la excentricidad en cualquier otra dirección, tal como por ejemplo la dirección horizontal. La excentricidad es ventajosa en el intervalo de
35 menos de 1 mm. La excentricidad proporciona que no se agiten los elementos elásticos durante la rotación. Dado que la caja de engranajes (alojamiento) y el generador (alojamiento) están suspendidos del alojamiento de cojinete, el peso de estos componentes puede introducir una excentricidad que se compensará mediante una excentricidad predeterminada y preestablecida en el sentido opuesto. Por consiguiente, puede compensarse una excentricidad esperada o determinada por una excentricidad preestablecida ligera introducida por un desplazamiento del alojamiento de cojinete.
40
45
50

En general, los elementos elásticos pueden situarse de manera circunferencial y en una dirección tangencial entre (por ejemplo un tope respectivo, una unión, o superficies de empuje de) la primera parte de acoplamiento y la
55 segunda parte de acoplamiento del acoplamiento elástico y la primera parte de acoplamiento y el segundo acoplamiento pueden proporcionar una unión, un tope y/o unas superficies de empuje para los extremos opuestos de cada uno de los elementos elásticos.

Al menos uno o todos los elementos elásticos pueden estar pretensados (presionados, comprimidos) en una condición sin carga con el fin de aumentar la rigidez en un sentido de carga específico. En particular, puede aumentarse la rigidez de torsión pretensando los elementos elásticos. La rigidez se aumenta de manera ventajosa en el sentido del par de carga principal que entonces puede corresponder con el eje dominante y/o la dirección dominante de rigidez de los elementos elásticos.
60

Al menos uno de los elementos elásticos puede contener una cámara configurada para llenarse con un fluido. De manera ventajosa, una pluralidad de los elementos elásticos puede contener una cámara configurada para llenarse
65

con un fluido. Las cámaras pueden conectarse hidráulicamente entre sí.

Las cámaras de todos los elementos elásticos que actúan en el sentido de par positivo pueden acoplarse hidráulicamente entre sí y las cámaras de todos los elementos elásticos que actúan en el sentido de par negativo pueden acoplarse hidráulicamente entre sí.

La invención proporciona también una turbina eólica que comprende el tren de accionamiento según los aspectos y las realizaciones de la invención. La invención proporciona adicionalmente un parque eólico que comprende una turbina eólica que comprende un tren de accionamiento según los aspectos y realizaciones de la invención.

La invención también proporciona un método para la fabricación y/o para la readaptación de una turbina eólica que comprende un tren de accionamiento según los aspectos y las realizaciones de la invención.

Breve descripción de los dibujos

Resultarán características y ventajas adicionales de la invención a partir de la siguiente descripción con referencia a los dibujos adjuntos, en los que

la figura 1 es una representación simplificada de una parte de un tren de accionamiento según una realización,

la figura 2 es una vista en perspectiva simplificada de un acoplamiento elástico según una realización,

la figura 3 es una vista en perspectiva simplificada de un acoplamiento elástico según una realización que incluye un dispositivo de sensor de rotación y un dispositivo de sensor de hueco radial,

la figura 4 es una vista detallada simplificada en un dispositivo de sensor tangencial,

la figura 5 es una vista detallada simplificada de un dispositivo de sensor radial y de un dispositivo de sensor axial,

la figura 6 es una vista en sección transversal simplificada de un acoplamiento elástico según una realización que muestra un dispositivo de sensor radial y un dispositivo de sensor axial,

la figura 7 es una vista en sección transversal simplificada a lo largo de la línea A-A en la figura 1 de un acoplamiento elástico según una realización,

la figura 8 es una vista en sección transversal simplificada a lo largo de la línea A-A en la figura 1 de un acoplamiento elástico según una realización en una primera condición de carga,

la figura 9 es una vista en sección transversal simplificada a lo largo de la línea A-A en la figura 1 de un acoplamiento elástico según una realización en una segunda condición de carga,

la figura 10 es una vista en sección transversal simplificada a lo largo de la línea A-A en la figura 1 de un acoplamiento elástico según una realización en una tercera condición de carga,

la figura 11 es sustancialmente similar a la figura 8, incluyendo un detalle adicional,

la figura 12 es una vista en sección transversal simplificada de una parte de las realizaciones mostradas en las figuras 8 a 10 que usan un solo elemento elástico,

la figura 13 es una vista en sección transversal simplificada de una parte de las realizaciones mostradas en las figuras 8 a 10 que usan un solo elemento elástico,

la figura 14 es una vista en perspectiva simplificada de un elemento elástico según una realización, y

la figura 15 es una vista en perspectiva simplificada de un elemento elástico según una realización,

la figura 16 muestra una vista lateral simplificada de una parte del tren de accionamiento de una turbina eólica según una realización.

Descripción detallada de las realizaciones

La figura 1 es una representación simplificada de una parte de un sistema 1 de accionamiento según una realización. El sistema 1 de accionamiento comprende un buje 2, un árbol 3 de rotor (o árbol principal), un cojinete 4 principal, un alojamiento 5 de cojinete principal, un árbol 6 de entrada de caja de engranajes, una caja 7 de engranajes con un alojamiento 8 de caja de engranajes y un generador 9. Entre el árbol 3 de rotor y el árbol 6 de entrada de caja de engranajes está el acoplamiento 10 elástico. El acoplamiento 10 elástico comprende una primera

parte 11 de acoplamiento y una segunda parte 12 de acoplamiento. El acoplamiento 10 elástico tiene un alojamiento 15 de acoplamiento.

Además hay un dispositivo de sensor SD en y/o sobre el acoplamiento 10 elástico y/o el alojamiento 15 de acoplamiento, que sólo es un ejemplo para los diversos dispositivos de sensor descritos en el presente documento y en más detalle a continuación. Pueden transmitirse las señales de sensor adquiridas y/o procesadas por los dispositivos de sensor SD a través de hilos/cables en el interior del/los árbol/es del tren 1 de accionamiento hacia el generador. Esto es ventajoso para los dispositivos de sensor, en particular para las unidades de sensor de dispositivos de sensor SD que están unidos a las partes rotatorias, tales como el acoplamiento 10 elástico. Los dispositivos de sensor SD pueden comprender además unas unidades de procesamiento de señales de sensor. También hay una lógica de control CL y un control lógico programable PLC que pueden configurarse para procesar las señales procedentes de los dispositivos de sensor SD.

La figura 2 es una vista en perspectiva simplificada de un acoplamiento 10 elástico según una realización. El acoplamiento 10 elástico comprende la primera parte 11 de acoplamiento y la segunda parte 12 de acoplamiento. La primera parte 11 de acoplamiento tiene una brida 13 mediante la que puede acoplarse rígidamente al árbol 3 de rotor. La segunda parte 12 de acoplamiento tiene una brida 14 mediante la que puede acoplarse rígidamente al árbol 6 de entrada de caja de engranajes. La primera parte 11 de acoplamiento está acoplada a la segunda parte 12 de acoplamiento mediante una pluralidad de elementos elásticos EM1 a EM10 (EM7 y EM8 no son visibles en esta perspectiva). Los elementos elásticos EM1 a EM10 están distribuidos uniformemente a lo largo de una dirección circunferencial de la primera parte 11 de acoplamiento y la segunda parte 12 de acoplamiento. Aunque la presente realización muestra diez elementos elásticos EM1 a EM10, puede usarse cualquier número de elementos elásticos en otras realizaciones.

La figura 3 es una vista en perspectiva simplificada de un acoplamiento 10 elástico según una realización que incluye un dispositivo de sensor de rotación SDROT y un dispositivo de sensor de hueco radial SDGAP. En esta realización, el acoplamiento 10 elástico (que incluye el alojamiento 15 de acoplamiento) comprende un dispositivo de sensor de rotación SDROT. El dispositivo de sensor de rotación SDROT comprende unidades de sensor de rotación ROTSD1, ROTSD2 y blancos de sensor de rotación ROTT1, ROTT2 correspondientes. La primera parte 11 de acoplamiento y la segunda parte 12 de acoplamiento del acoplamiento 10 elástico comprenden cada una, uno de los blancos de sensor de rotación ROTT1, ROTT2. Cada blanco de sensor de rotación ROTT1, ROTT2 está unido a la circunferencia respectiva de la respectiva parte 11, 12 de acoplamiento para determinar una velocidad de rotación y/o un desplazamiento de fase y/o un par de carga relativos. En una realización, los blancos de sensor de rotación ROTT1, ROTT2 pueden ser de un tipo óptico, un tipo magnético y/o estar marcados físicamente (por ejemplo dentados). Una o más unidades de sensor de rotación ROTSD1, ROTSD2 (por ejemplo configuradas como un codificador) que corresponden a los blancos de sensor de rotación ROTT1, ROTT2 están dispuestas en/montadas en el alojamiento 15 de acoplamiento. Se proporciona una unidad de sensor ROTSD1 para el blanco de sensor ROTT1 acoplada/unida a la primera parte 11 de acoplamiento (conectada con el árbol 3 de rotor), y se proporciona otra unidad de sensor de rotación ROTSD2 para el blanco de sensor de rotación ROTT2 acoplada/unida a la segunda parte 12 de acoplamiento (conectada con el árbol 6 de entrada de caja de engranajes).

Además, puede proporcionarse una unidad de rotación de procesamiento de señales de sensor (no mostrada) en el alojamiento 15. La unidad de procesamiento de señales de sensor puede estar configurada para determinar y/o procesar un desplazamiento de fase entre la posición de rotación del árbol 3 de rotor y la posición de rotación del árbol 6 de entrada de caja de engranajes basándose en la salida del dispositivo de sensor de rotación (velocidad) SDROT.

La lógica de control CL mostrada en la figura 1 puede estar configurada para determinar un par transferido por el acoplamiento 10 elástico basándose en las propiedades de rigidez de los elementos elásticos EM (combinados) del acoplamiento 10 elástico y un desplazamiento de fase. Alternativamente, la lógica de control programable central PLC mostrada en la figura 1 puede estar configurada para realizar el procesamiento de señales requerido.

En una realización, la lógica de control CL puede estar configurada además para determinar si las propiedades de rigidez de los elementos elásticos están en un intervalo requerido basándose en (a) el desplazamiento de fase y (b) una señal de par transmitida proporcionada por el controlador lógico programable PLC de la turbina eólica que representa el par transmitido.

En esta realización, los blancos de sensor de rotación ROTT1, ROTT2 en la primera parte 11 de acoplamiento y la segunda parte 12 de acoplamiento del acoplamiento 10 elástico están configurados como anillos cerrados a lo largo de una circunferencia. En otra realización, los blancos de sensor ROTT1, ROTT2 en la primera parte 11 de acoplamiento y la segunda parte 12 de acoplamiento del acoplamiento elástico son discontinuos a lo largo de una circunferencia.

Una unidad de procesamiento de señales de sensor (no mostrada) puede estar configurada para determinar la velocidad de rotación del árbol 3 de rotor y/o el árbol 6 de entrada de caja de engranajes y proporcionar la señal a la PLC de la turbina eólica.

El tren 1 de accionamiento, en particular el acoplamiento 10 elástico puede comprender además uno o más dispositivos de sensor de proximidad y/o distancia SDGAP que están configurados para determinar el hueco/distancia entre el alojamiento 15 de acoplamiento y la primera parte 11 de acoplamiento y/o la segunda parte 12 de acoplamiento. Puede tenerse en cuenta la salida de un sensor de distancia SDGAP de este tipo para determinar la condición de acoplamiento y/o generar la señal de desplazamiento de fase.

La figura 4 es una vista detallada simplificada de un dispositivo de sensor tangencial SNT que está unido a lo largo de un elemento elástico EM del acoplamiento 10 elástico. El dispositivo de sensor tangencial SNT determina una longitud del elemento elástico EM, o más bien un cambio de longitud a lo largo de la dirección tangencial (también denominada como dirección circunferencial del acoplamiento 10 elástico). A partir de la longitud en la dirección TD (flecha) puede deducirse si y en que extensión se comprime el elemento elástico EM bajo el par de carga actual. La longitud medida puede ser por ejemplo la extensión/la longitud y/o el cambio de extensión/longitud del elemento elástico EM a lo largo del eje dominante de rigidez del elemento elástico EM y entre la primera parte 11 de acoplamiento y la segunda parte 12 de acoplamiento en la dirección tangencial/circunferencial.

Esto permite deducir la cantidad de par y las propiedades/la condición/el estado del módulo elástico EM. Cada módulo elástico EM en el acoplamiento 10 elástico puede tener un dispositivo de sensor tangencial SNT. El dispositivo de sensor tangencial SNT también puede comprender una unidad de sensor y un blanco de sensor. El dispositivo de sensor tangencial puede ser un sensor de distancia basándose en/usando tecnología láser.

El dispositivo de sensor tangencial SNT también puede estar configurado para determinar una distancia y/o un cambio de distancia entre la primera parte 11 de acoplamiento y la segunda parte 12 de acoplamiento en la dirección tangencial.

La figura 5 es una vista detallada simplificada de un dispositivo de sensor radial SR y un dispositivo de sensor axial SA que están ambos acoplados a la primera parte 11 de acoplamiento y a la segunda parte 12 de acoplamiento con el fin de determinar un desplazamiento y/o una distancia de la primera parte 11 de acoplamiento con respecto a la segunda parte 12 de acoplamiento en la dirección axial y en la dirección radial. Esto permite determinar las propiedades/la condición/el estado del acoplamiento elástico y en particular de los elementos EM. Se pueden proporcionar una pluralidad de dispositivos de sensor radial y axial SR, SA. Los dispositivos de sensor radial y axial SR, SA también pueden comprender una unidad de sensor y un blanco de sensor. El dispositivo de sensor tangencial puede ser un sensor de distancia basado en/usando tecnología láser.

Dado que los dispositivos de sensor axial, radial y tangencial están unidos al acoplamiento elástico rotatorio, pueden transmitirse las señales proporcionadas por estos sensores por medio de un cable a través de los árboles rotatorios y recogerse aguas abajo del tren de accionamiento de una manera sin contacto o por medio de un conmutador o unos anillos deslizantes, etc.

La figura 6 es una vista en sección transversal simplificada de un acoplamiento 10 elástico según una realización que muestra el dispositivo de sensor radial SR y el dispositivo de sensor axial SA.

Las direcciones "radial", "axial" y "tangencial" están indicadas en la figura 6 y en la figura 7 y se definen además de la siguiente manera: "Axial" se refiere a la dirección del eje principal del tren 1 de accionamiento (indicado en la figura 1), es decir el eje longitudinal del árbol 3 de rotor y el árbol 6 de entrada de caja de engranajes, etc. "Radial" se refiere a una dirección que está orientada radialmente a la dirección axial tal como se ha descrito anteriormente. "Tangencial" se refiere a la dirección que es tangencial a la dirección axial tal como se ha descrito anteriormente. En otras palabras, la dirección tangencial es la dirección circunferencial alrededor del eje principal.

En una realización ventajosa, el acoplamiento 10 elástico comprende todos los dispositivos de sensor descritos. Los valores, distancias etc. determinados/detectados por los dispositivos de sensor pueden usarse generalmente y de manera ventajosa para determinar una condición del acoplamiento 10 elástico. Pueden usarse los valores, la distancia, etc. determinados/detectados por los dispositivos de sensor SA, SR, SNT, SDROT, SDGAP con el fin de adaptar o cambiar las propiedades del acoplamiento 10 elástico, en particular las propiedades de los elementos elásticos EM del acoplamiento 10 elástico. Una propiedad de este tipo puede ser la rigidez de los elementos elásticos en una dirección específica, por ejemplo la dirección dominante de rigidez o cualquier otra dirección (tal como se describe en el presente documento). La adaptación/el mantenimiento/el intercambio del acoplamiento 10 elástico se hace de manera ventajosa en respuesta a las señales de salida proporcionadas por al menos uno o todos los dispositivos de sensor. Puede realizarse automáticamente la adaptación/el mantenimiento/el intercambio de los elementos elásticos. Pueden realizarse una adaptación/un mantenimiento automáticos adaptando una presión en un circuito hidráulico a la que están uno o más de los elementos elásticos.

La figura 7 es una vista en sección transversal simplificada de un acoplamiento 10 elástico a lo largo de la línea A-A en la figura 1 según la realización mostrada en la figura 1 y la figura 2. Los elementos elásticos EM1 a EM10 están distribuidos sustancialmente de manera uniforme a lo largo de una dirección circunferencial CD. En esta realización, los elementos elásticos EM1 a EM10 están dispuestos en parejas de dos elementos elásticos: EM1 y EM2, EM3 y

EM4, EM5 y EM6, EM7 y EM8 así como EM9 y EM10. Por consiguiente hay cinco parejas de elementos elásticos. Siempre hay una sección circunferencial CS1 a C10 de una de la primera o la segunda partes 11, 12 de acoplamiento entre elementos adyacentes elásticos. Las secciones circunferenciales CS1, CS3, CS5, CS7 y CS9 pertenecen a la primera parte 11 de acoplamiento. Las secciones circunferenciales CS2, CS4, CS6, CS8 y CS10 pertenecen a la segunda parte 12 de acoplamiento. Por consiguiente, cada elemento elástico E1 a E10 se ubica entre una sección circunferencial de la primera parte 11 de acoplamiento y una sección circunferencial de la segunda parte 12 de acoplamiento. Las secciones circunferenciales CS1 a CS10 proporcionan superficies de unión AS para los elementos elásticos EM1 a EM10 en extremos opuestos de cada elemento elástico EM1 a EM10.

La dirección circunferencial CD también es la dirección de la carga de par. Sin embargo, la carga de par puede tener una primer sentido LDP o un segundo sentido LDN que son opuestos entre sí. En el presente contexto, se representa y describe un par o un par de carga o un sentido de par de carga más bien mediante el sentido de rotación que mediante la representación de un vector, dado que la referencia a los sentidos de rotación se considera más intuitiva.

La figura 8 es una vista en sección transversal simplificada de un acoplamiento 10 elástico a lo largo de la línea A-A en la figura 1 en una primera condición de carga según una realización. Esta realización de un acoplamiento 10 elástico difiere de la previa en que cada uno de los elementos elásticos EM1 a EM4 está configurado y dispuesto de tal manera que pueden cargarse los elementos elásticos EM1 a EM4 en un sentido de par positivo LDP así como en el sentido de par negativo LDN. La primera parte 11 de acoplamiento y la segunda parte 12 de acoplamiento están representadas como discos que tienen ventanas W superpuestas a través de las que sobresale cada uno de los elementos elásticos EM1 a EM4. La primera parte 11 de acoplamiento está representada con líneas discontinuas mientras la segunda parte 12 de acoplamiento está representada mediante líneas sólidas. La condición de carga mostrada es una situación no desviada de tal manera que no se aplica ningún par de carga y el árbol 3 de rotor y el árbol 6 de entrada de caja de engranajes y por tanto las partes 11, 12 de acoplamiento no están desalineadas.

La figura 9 es una vista en sección transversal simplificada del acoplamiento 10 elástico a lo largo de la línea A-A en la figura 1 (similar a la realización de la figura 8) en una segunda condición de carga. En esta condición de carga, se aplica el par de carga al acoplamiento 10 elástico pero los ejes del árbol de entrada de caja de engranajes y el árbol de rotor siguen estando bien alineados.

La figura 10 es una vista en sección transversal simplificada del acoplamiento 10 elástico a lo largo de la línea A-A en la figura 1 (similar a la realización de la figura 8 y la figura 9) en una tercera condición de carga. En esta condición de carga, se aplica un par de carga y los ejes principales están desalineados.

La figura 11 es sustancialmente similar a la figura 8 incluyendo un detalle adicional. Esta realización usa elementos elásticos EM1 a EM4 que también se denominan elementos de caucho hidráulicos o elastómeros hidráulicos, etc. (se describen más detalles de un elemento de este tipo con respecto a la figura 15). Estos elementos tienen una cámara interna que puede llenarse con un fluido con el fin de ajustar la rigidez (por ejemplo rigidez de torsión). Los elementos elásticos o más bien las cámaras de los elementos elásticos están acopladas a un circuito hidráulico. Si únicamente puede usarse un solo elemento elástico EM1 a EM4 para ambos sentidos de par de carga, tal como se describe en el presente documento, puede usarse un solo circuito hidráulico HYD para todos los elementos EM1 a EM4 en vez de dos circuitos hidráulicos independientes para los elementos elásticos de cada dirección de par de carga.

La figura 12 es una vista en sección transversal simplificada de una parte de las realizaciones mostradas en las figuras 8 a 10 que usan un solo elemento elástico EM para dos sentidos de carga de par opuestos. Cada uno de los elementos elásticos (en la figura 8 a 10) pueden ser los elementos elásticos EM mostrados en la figura 11. La primera parte 11 de acoplamiento proporciona al menos una primera superficie de unión (o de tope) AS1_11 y una segunda unión (o de tope) opuesta AS2_11. La segunda parte 12 de acoplamiento proporciona también al menos una primera superficie de unión (o de tope) AS1_12 y una segunda superficie de unión (o de tope) opuesta AS2_12. En esta realización, una superficie de unión (o de tope) AS1_11, AS1_12 de cada una de las dos partes 11, 12 de acoplamiento está en contacto con un mismo primer lado EMFS del elemento elástico y una superficie de unión (o de tope) AS2_11, AS2_12 de cada una de las dos partes 11, 12 de acoplamiento está en contacto con un mismo segundo lado EMSS del elemento elástico. El segundo lado EMSS del elemento elástico EM es opuesto al primer lado EMFS del elemento elástico. En una realización, pueden proporcionarse las superficies de tope AS1_11, AS2_11, AS1_12, AS2_12 mediante ventanas W11, W12 superpuestas o coincidentes en las partes de acoplamiento. Sin embargo, hay diversas configuraciones posibles diferentes. Un requerimiento mínimo es que cada uno de los dos lados opuestos EMFS, EMSS del elemento elástico debe al menos hacer tope contra un tope o una unión o una superficie de contacto de ambas, la primera y la segunda partes 11, 12 de acoplamiento. En otras palabras, los elementos elásticos están ubicados en superficies de unión/de tope congruentes de la primera y la segunda partes de acoplamiento de tal manera que un solo elemento elástico está cargado en un sentido de par positivo así como en un sentido de par negativo.

Esto proporciona que pueda usarse un solo elemento elástico EM tanto para el sentido de par de carga opuesto, es decir el sentido de par positivo LDP y el sentido de par negativo LDN. El elemento elástico entonces está sólo

comprimido o presionado a lo largo del eje dominante o de la dirección de rigidez independientemente del sentido de par de carga. Puede reducirse entonces el número de elementos elásticos EM requeridos a la mitad del número de realizaciones usando parejas de módulos.

- 5 En un aspecto, si los elementos elásticos usan una cámara para fluido para ajustar la rigidez de los elementos elásticos, todos los elementos elásticos pueden acoplarse hidráulicamente entre sí. No es necesario separar la conexión hidráulica en un sistema para un par de carga positivo y un sistema para par de carga negativo.

10 La figura 13 es una vista en sección transversal simplificada de una parte de las realizaciones mostradas en las figuras 8 a 11 que usa un sólo elemento elástico EM para dos sentidos de carga de par opuestos según otra realización. En esta realización, el elemento elástico EM se sostiene sólo entre una superficie (o reborde) de tope, de unión y/o de empuje AS11 de la primera parte 11 de acoplamiento en un extremo del elemento elástico EM y una superficie (o reborde) de tope, de unión y/o de empuje AS12 de la segunda parte 12 de acoplamiento en otro extremo opuesto del elemento elástico EM. Sin embargo, la respectiva superficie de tope AS11 y A12 de cada parte 15 11, 12 de acoplamiento se extiende sobre y cubre la otra parte respectiva de acoplamiento. Esta realización es ventajosa si el elemento elástico EM no necesita pretensarse.

La figura 14 es una vista en perspectiva simplificada de un elemento elástico EM que se usará para las realizaciones y aspectos descritos en el presente documento. La dirección dominante D1 es la dirección de una fuerza (debido al par) en que el elemento elástico EM tiene la mayor rigidez. Debe observarse que se supone que el elemento elástico EM debe comprimirse o presionarse en la dirección dominante D1. Sólo como ejemplos también se indican otras direcciones D2, D3 de fuerzas potenciales. El elemento elástico EM tiene una rigidez inferior en las direcciones D2 y D3 y cualquier otra dirección diferente que la D1.

25 Aún con otras palabras, cualquier elemento elástico EM tiene un eje dominante de rigidez DA y una dirección dominante de rigidez D1 que descansa en el eje dominante de rigidez DA. La dirección dominante de rigidez D1 es de manera ventajosa una dirección en la que se comprime el elemento elástico EM. La rigidez del elemento elástico EM es mayor en la dirección dominante de rigidez D1 que en cualquier dirección relativa al elemento elástico EM diferente de la dirección dominante D1.

30 La figura 15 es una vista en perspectiva simplificada de un elemento elástico EM que puede usarse en relación con los aspectos y realizaciones de la invención. En general, al menos uno o todos los elementos elásticos pueden comprender o estar compuestos por caucho, polímero, material elástico o combinaciones de caucho y/o polímero y/o material elástico y/o componentes rígidos. Al menos uno o todos los elementos elásticos pueden configurarse o fabricarse en forma de resortes, resortes helicoidales y/o resortes en espiral. Al menos uno o todos los elementos elásticos pueden tener la forma de almohadillas, cilindros o cubículos.

El elemento elástico EM mostrado en la figura 15 está compuesto generalmente por un material elástico (como caucho o polímeros etc.) y comprende una cámara interna CH (líneas discontinuas) que pueden llenarse con un fluido con el fin de ajustar la rigidez. El elemento elástico EM puede comprender además una entrada y unas salidas para el fluido. En esta realización, hay una entrada/una salida radial IN_OUT_R y una entrada/salida tangencial IN_OUT_T. Además, hay un acceso de fluido FA y un sensor de presión SENS para determinar la presión en la cámara CH del elemento elástico EM.

45 El elemento elástico EM también puede denominarse elemento hidráulico de caucho. Puede tener un diámetro de paso primitivo de 2300 mm, un peso de 38 kg y proporcionar una rigidez de torsión alta en la dirección dominante. Además proporciona una rigidez axial y lateral baja, es decir en otras direcciones que la dirección dominante. El elemento elástico puede funcionar con una presión hidráulica de 600 bar máximo. Puede acoplarse hidráulicamente con otros elementos elásticos de un tipo similar a través de mangueras o tubos (circuito hidráulico). La presión de trabajo de los tubos o mangueras puede ser 1040 bar, mientras que la presión de estallido mínima podría ser 2600 bar.

La figura 16 muestra una vista lateral simplificada de una parte del tren 1 de accionamiento de una turbina eólica según una realización. Hay un bastidor 16 principal (que soporta una estructura de una góndola (no mostrada) de una turbina eólica (no mostrada). El tren de accionamiento comprende un árbol 3 de rotor (o árbol principal) que está sostenido por el cojinete 4 principal (no mostrado) en el alojamiento 5 de cojinete. Sólo el alojamiento 5 de cojinete está suspendido de o portado por el bastidor 16 principal. El alojamiento 15 de acoplamiento que incluye el acoplamiento 10 elástico, el alojamiento 8 de la caja de engranajes que incluye el árbol 6 de entrada de caja de engranajes y la caja 7 de engranajes así como el generador 9 están sólo suspendidos del alojamiento 5 de cojinete. Todos se extienden libremente sobre el bastidor 16 principal. Todo el peso del acoplamiento 10 elástico, la caja de engranajes, y el generador 9 que incluye todos sus alojamientos y partes internas puede introducir una excentricidad entre el árbol 3 de rotor y el árbol 6 de entrada de caja de engranajes.

En una realización, un eje A3 longitudinal del árbol 3 de rotor y un eje A6 longitudinal del árbol 6 de entrada de caja de engranajes se montan/ensamblan entonces con una excentricidad EXC preestablecida y predeterminada uno con respecto del otro con el fin de minimizar la desviación/excentricidad que es el resultado de, por ejemplo el peso y/u

5 otras cargas y/u otros efectos. Normalmente, lo más ventajoso es que el árbol 3 de rotor y el árbol 6 de entrada de
 10 caja de engranajes de un tren 1 de accionamiento de una turbina eólica estén perfectamente alineados y centrados
 uno con respecto a otro. En cualquier caso, cualquier acoplamiento y en particular un acoplamiento 10 elástico, más
 específicamente los elementos elásticos EM del acoplamiento 10 elástico, tal como se describen en el presente
 15 documento, pueden agitarse/trabajarse constantemente durante cada rotación. Esto puede aumentar
 sustancialmente el desgaste de los elementos elásticos EM. Según la presente realización, el árbol 3 de rotor y el
 árbol 6 de entrada de caja de engranajes están dispuestos uno con respecto a otro con una ligera excentricidad con
 el fin de compensar cualquier otro efecto que introduzca una excentricidad opuesta. Si por ejemplo el alojamiento 15
 de acoplamiento, el alojamiento de la caja 8 de engranajes y el generador 9 están todos suspendidos libremente del
 alojamiento 5 de cojinete, esto puede introducir una ligera excentricidad entre el árbol 3 de rotor y el árbol 6 de
 20 entrada de caja de engranajes que da como resultado una excentricidad en el acoplamiento 10 elástico, en particular
 una excentricidad de la primera parte 11 de acoplamiento con respecto a la segunda parte 12 de acoplamiento. Esta
 y cualquier otra excentricidad pueden entonces compensarse, por ejemplo mediante la suspensión del alojamiento 5
 de cojinete, en particular la suspensión del cojinete 4 principal en el alojamiento 5 de cojinete. El alojamiento 5 de
 25 cojinete puede acoplarse al bastidor 16 principal de la góndola mediante una brida anular (con forma de anillo) (no
 mostrada). Esta brida puede usarse para crear la excentricidad entre el árbol 3 de rotor y el árbol 6 de entrada de
 caja de engranajes. En particular, puede desplazarse el punto central del cojinete durante el montaje/ensamblaje.
 Una dirección ventajosa es una excentricidad preestablecida en una dirección vertical V. También es posible crear la
 30 excentricidad preestablecida en cualquier otra dirección, como por ejemplo la dirección horizontal H. La
 excentricidad preestablecida está de manera ventajosa en el intervalo de menos de 1 mm. La excentricidad
 preestablecida proporciona que no se agiten los elementos elásticos EM o que se agiten menos durante cada
 rotación. Dado que la caja 7 de engranajes (alojamiento) y el generador 9 (alojamiento) están suspendidos en el
 alojamiento 5 de cojinete, el peso de estos componentes pueden introducir una excentricidad que se compensará
 35 mediante una excentricidad preestablecida y predeterminada en el sentido opuesto. Por consiguiente, puede
 compensarse una excentricidad determinada o esperada por una excentricidad preestablecida ligera y compensando
 una excentricidad (por ejemplo opuesta) introducida por un árbol del alojamiento 5 de cojinete. La excentricidad
 preestablecida de los ejes principales longitudinales del árbol de rotor y el árbol de entrada de caja de engranajes
 40 pueden usarse para compensar y/o minimizar cualquier excentricidad o desviación que sean resultado del peso y/o
 las cargas y/o el par. El par relevante de carga podría ser el par normal esperado durante el funcionamiento de la
 turbina eólica. Con el fin de lograr la excentricidad preestablecida puede desplazarse ligeramente el punto central del
 alojamiento de cojinete. El punto central del alojamiento de cojinete puede desplazarse verticalmente. Esto tiene una
 influencia en la línea de flexión de tal manera que en total, se compensan las excentricidades indeseadas mediante
 la excentricidad preestablecida durante el montaje y/o el ensamblaje de la turbina eólica/del tren de accionamiento.

35 Debe observarse que los aspectos y realizaciones son particularmente sinérgicos. La monitorización de un
 acoplamiento elástico de un tren de accionamiento es importante dado que los elementos elásticos del acoplamiento
 elástico pueden experimentar envejecimiento o desgaste. Esto requiere una monitorización constante y, si se
 produce cualquier problema, una adaptación, un mantenimiento o un intercambio de los elementos elásticos.

40 Aunque la invención se ha descrito anteriormente en el presente documento en referencia a unas realizaciones
 específicas, no se limita a estas realizaciones y sin duda se le ocurrirán alternativas adicionales al experto en la
 técnica que están dentro del alcance de la invención tal como se reivindica.

REIVINDICACIONES

1. Tren (1) de accionamiento para una turbina eólica que comprende: un árbol (3) de rotor (árbol principal) configurado para accionarse mediante el rotor alrededor de un eje principal; una estructura (16) de soporte que incluye un alojamiento (5) de cojinete que rodea al menos un cojinete (4) y que soporta el árbol de rotor para la rotación alrededor del eje principal, restringiendo de ese modo otros movimientos del árbol de rotor; un árbol (6) de entrada de caja de engranajes y un alojamiento (8) de caja de engranajes que soporta el árbol de entrada de caja de engranajes para la rotación alrededor del eje principal mientras que restringe otros movimientos del árbol de entrada de caja de engranajes; y un acoplamiento (10) elástico, en el que se acopla el árbol de entrada de caja de engranajes al árbol de rotor mediante el acoplamiento elástico, comprendiendo el acoplamiento elástico una primera parte (11) de acoplamiento conectada rígidamente con el árbol de rotor, una segunda parte (12) de acoplamiento conectada rígidamente con el árbol de entrada de caja de engranajes y elementos elásticos (EM) situados entre la primera y la segunda partes de acoplamiento, constituyendo de ese modo una sola unión entre el árbol de rotor y el árbol de entrada de caja de engranajes, en el que el acoplamiento elástico comprende un dispositivo de sensor (SD) para monitorizar una condición del acoplamiento elástico,

caracterizado porque el dispositivo de sensor comprende un dispositivo de sensor de rotación (SDROT), que comprende blancos de sensor de rotación (ROTT1, ROTT2) y unidades de sensor de rotación (ROTSD1, ROTSD2), en el que la primera parte de acoplamiento y la segunda parte de acoplamiento del acoplamiento elástico comprenden cada una un blanco de sensor de rotación que está unido a una circunferencia respectiva de la parte de acoplamiento para determinar una velocidad de rotación y/o un desplazamiento de fase y/o un par de carga.
2. Tren (1) de accionamiento según la reivindicación 1, en el que los blancos de sensor de rotación (ROTT1, ROTT2) son de un tipo óptico, un tipo magnético y/o están marcados físicamente (dentados).
3. Tren (1) de accionamiento según la reivindicación 1, en el que unas unidades de sensor de rotación (ROTSD1, ROTSD2) que corresponden a los blancos de sensor de rotación (ROTT1, ROTT2) están dispuestas en el alojamiento (15) de acoplamiento.
4. Tren (1) de accionamiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, que comprende además una unidad de procesamiento de señales de sensor para determinar y/o procesar un desplazamiento de fase entre una posición de rotación del árbol (3) de rotor y una posición de rotación del árbol (6) de entrada de caja de engranajes basándose en la salida del dispositivo de sensor de rotación (SDROT).
5. Tren (1) de accionamiento según la reivindicación 4, que comprende además una lógica de control (CL) configurada para determinar un par transferido por el acoplamiento (10) elástico basándose en las propiedades de rigidez de los elementos elásticos (EM) del acoplamiento elástico y en el desplazamiento de fase.
6. Tren (1) de accionamiento según la reivindicación 5, en el que la lógica de control (CL) está configurada además para determinar si las propiedades de rigidez de los elementos elásticos (EM) están en un intervalo requerido basándose en el desplazamiento de fase y una señal de par transmitida proporcionada por un controlador lógico programable (PLC) de una turbina eólica que representa el par transmitido.
7. Tren (1) de accionamiento según la reivindicación 5, en el que los blancos de sensor de rotación (ROTT1, ROTT2) son anillos cerrados a lo largo de una circunferencia de la primera parte (11) de acoplamiento y la segunda parte (12) de acoplamiento, respectivamente.
8. Tren (1) de accionamiento según la reivindicación 1, en el que el dispositivo de sensor (SD) comprende unos sensores de proximidad y/o de distancia (SDGAP) que están configurados para determinar una distancia entre el alojamiento (15) de acoplamiento y la primera y/o la segunda parte (11, 12) de acoplamiento.
9. Tren (1) de accionamiento según la reivindicación 1, en el que el dispositivo de sensor (SD) comprende un dispositivo de sensor axial (SA) y/o un dispositivo de sensor radial (SR) y/o un dispositivo de sensor tangencial (SNT).
10. Tren (1) de accionamiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los elementos elásticos (EM) están configurados de tal manera que los elementos elásticos tienen una primera rigidez en un primer sentido de carga y una segunda rigidez en un segundo sentido de carga, siendo la primera rigidez mayor que la segunda rigidez, y los elementos elásticos están dispuestos de tal manera que un sentido de par de carga principal coincide con el primer sentido de carga.
11. Tren (1) de accionamiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que se monta el

- 5 árbol (3) de rotor y el árbol (6) de entrada de caja de engranajes con una excentricidad preestablecida de sus ejes principales longitudinales, de tal manera que un eje longitudinal del árbol de rotor y un eje longitudinal del árbol de entrada de caja de engranajes están inicialmente montados excéntricamente uno con otro con el fin de minimizar cualquier excentricidad o desviación que sea el resultado del peso y/o las cargas y/o el par durante el funcionamiento.
12. Tren (1) de accionamiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los elementos elásticos (EM) están pretensados en una condición sin carga con el fin de aumentar una rigidez, en particular una rigidez de torsión.
- 10 13. Tren (1) de accionamiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que cada uno de los elementos elásticos (EM) contiene una cámara (CH) configurada para llenarse con un fluido y al menos algunas de las cámaras están conectadas hidráulicamente unas con otras.
- 15 14. Método de monitorización de un acoplamiento elástico de un tren (1) de accionamiento de una turbina eólica, que comprende las etapas de: evaluar señales de salida de sensor de al menos un dispositivo de sensor de rotación (SDROT) que está comprendido en el acoplamiento (10) elástico y que adapta una propiedad de un elemento elástico (EM) del acoplamiento elástico según las señales de salida de sensor,
- 20 caracterizándose el método porque el dispositivo de sensor de rotación comprende blancos de sensor de rotación (ROTT1, ROTT2) y unidades de sensor de rotación (ROTSD1, ROTSD2), en el que una primera parte (11) de acoplamiento y una segunda parte (12) de acoplamiento del acoplamiento elástico comprenden cada una un blanco de sensor de rotación que está unido a una circunferencia respectiva de una parte de acoplamiento para determinar una velocidad de rotación y/o un desplazamiento de fase y/o un par de carga.
- 25

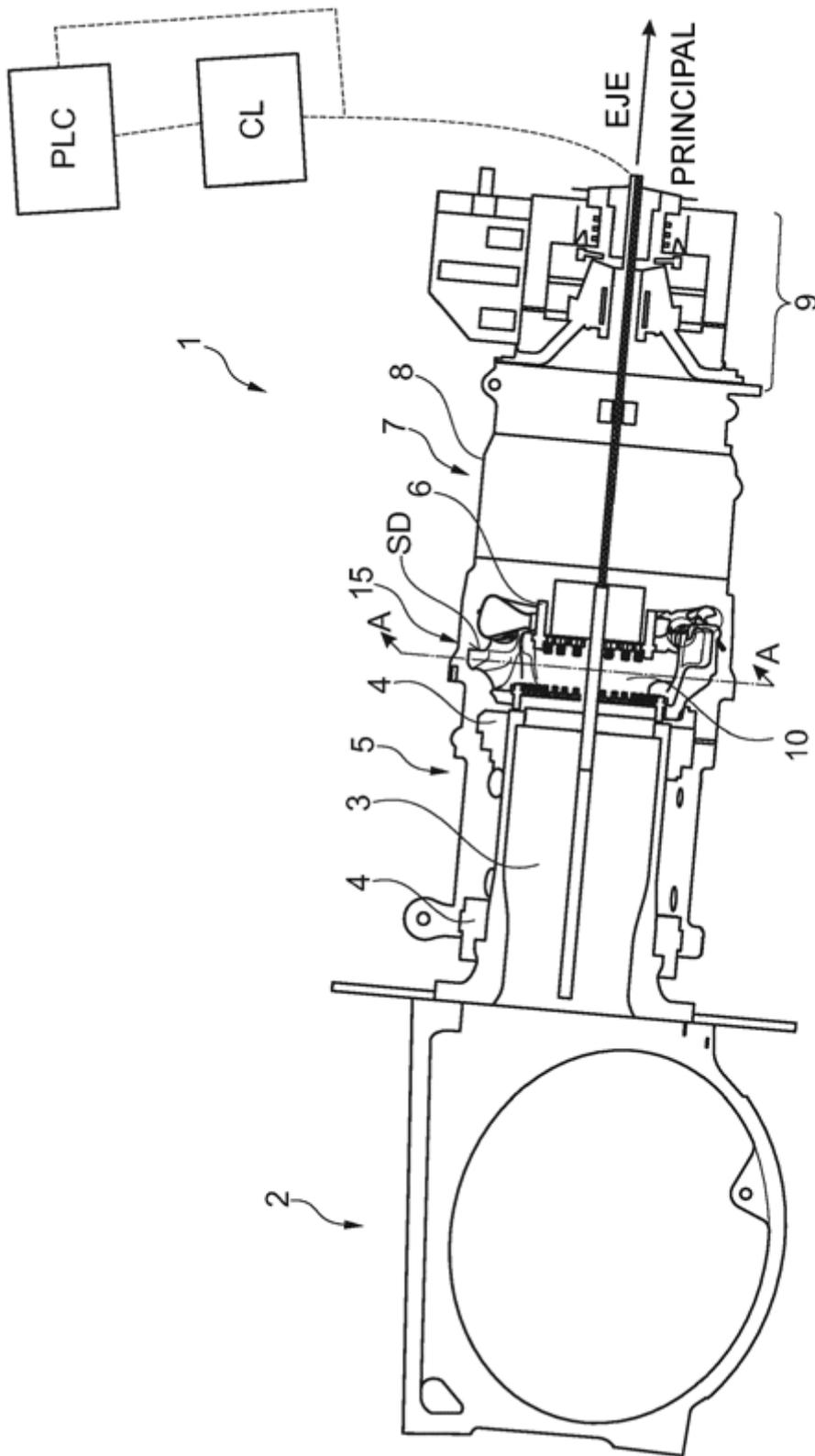


Fig. 1

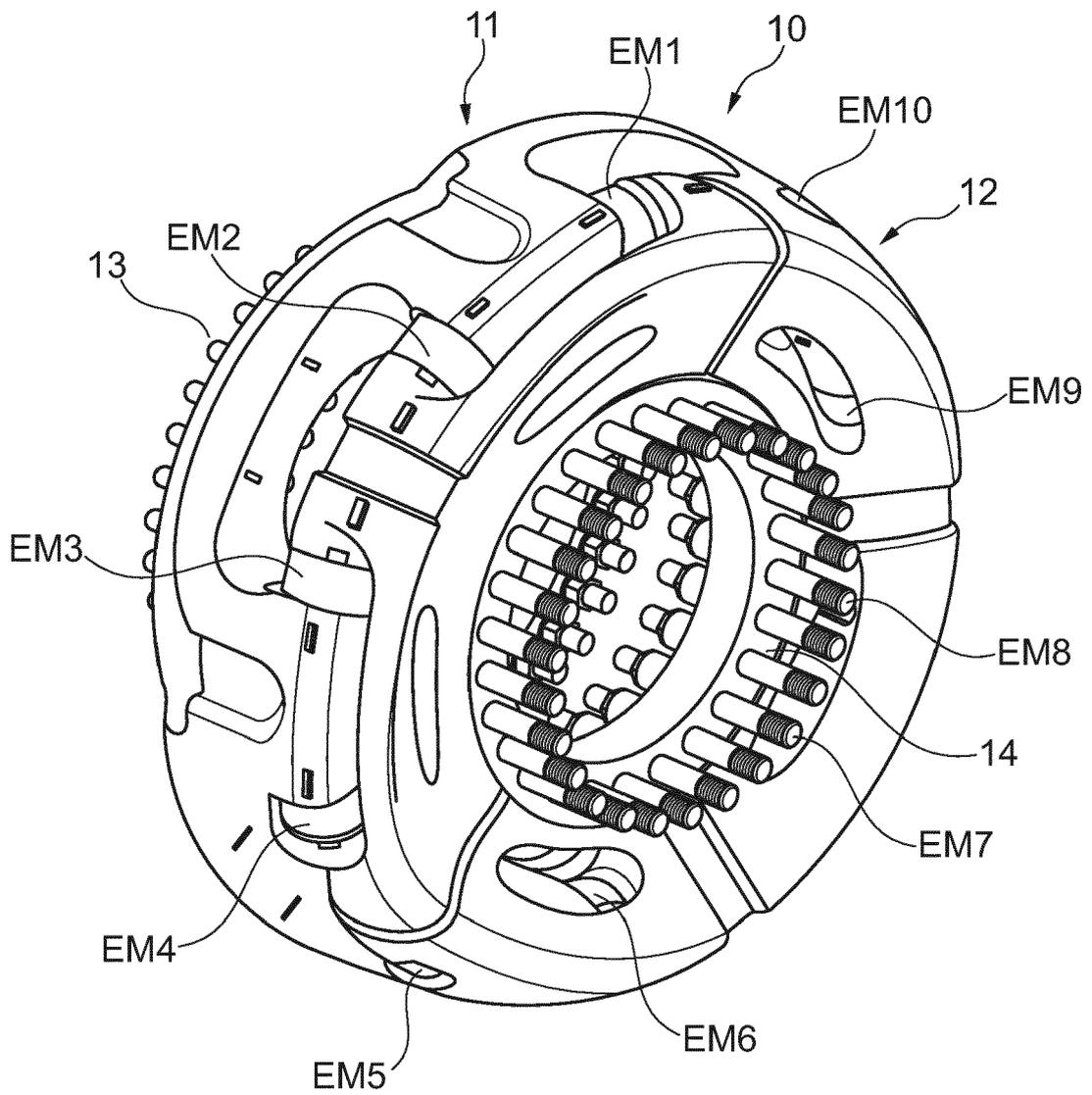


Fig. 2

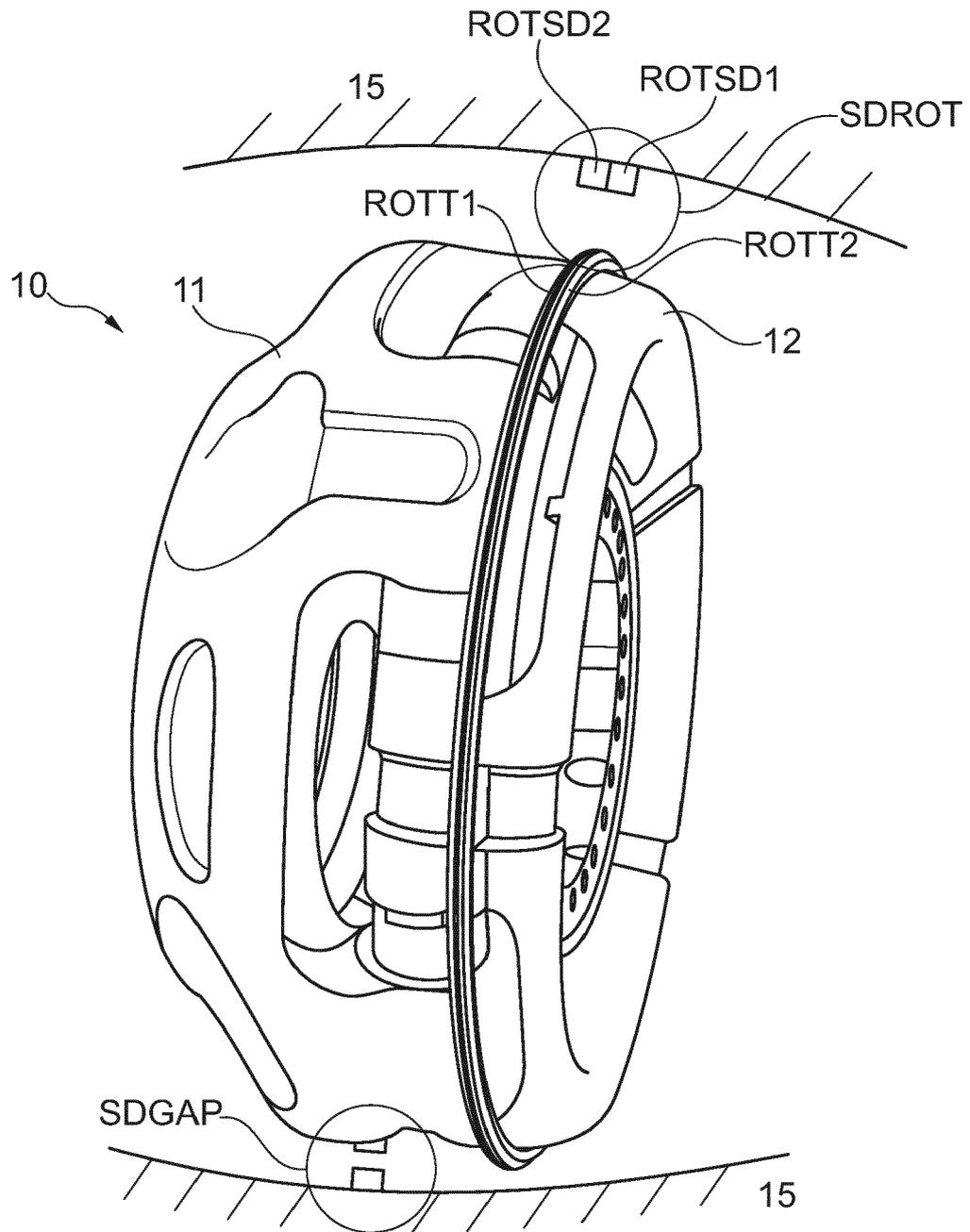


Fig. 3

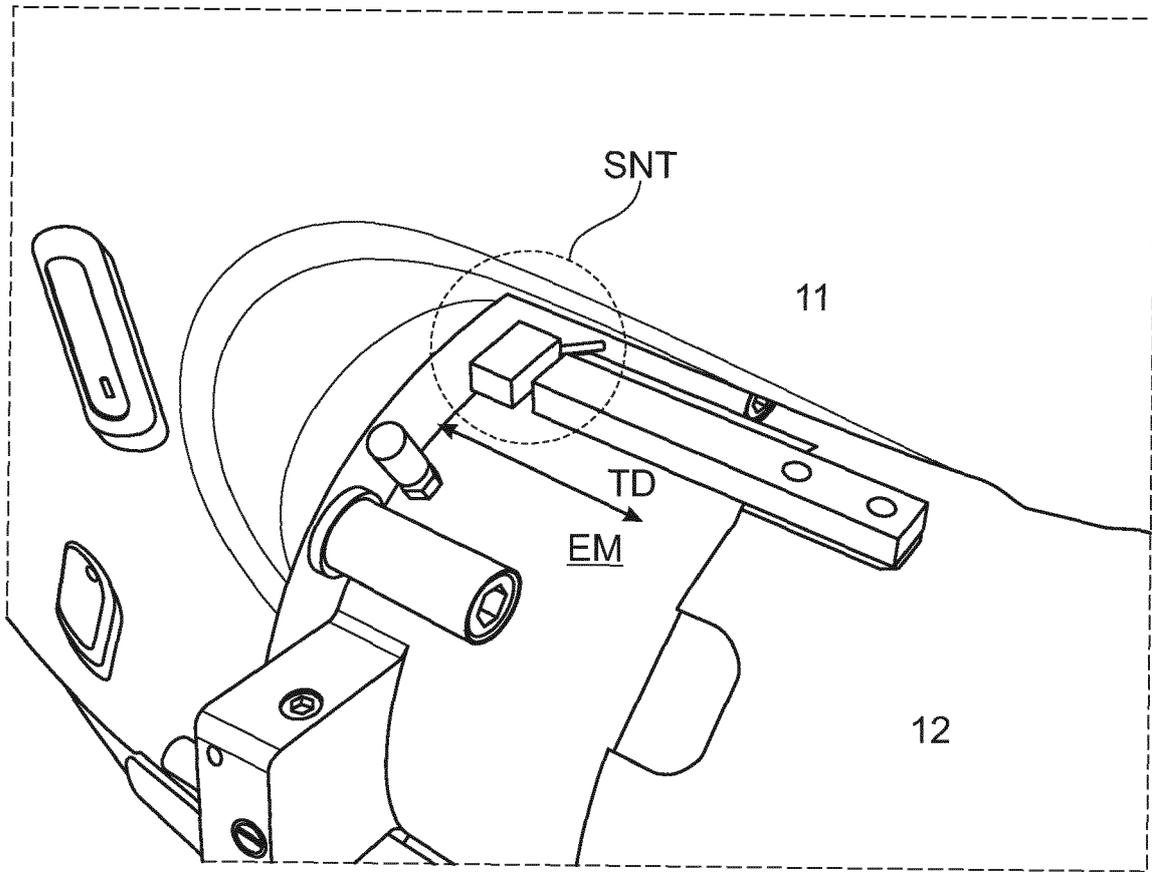


Fig. 4

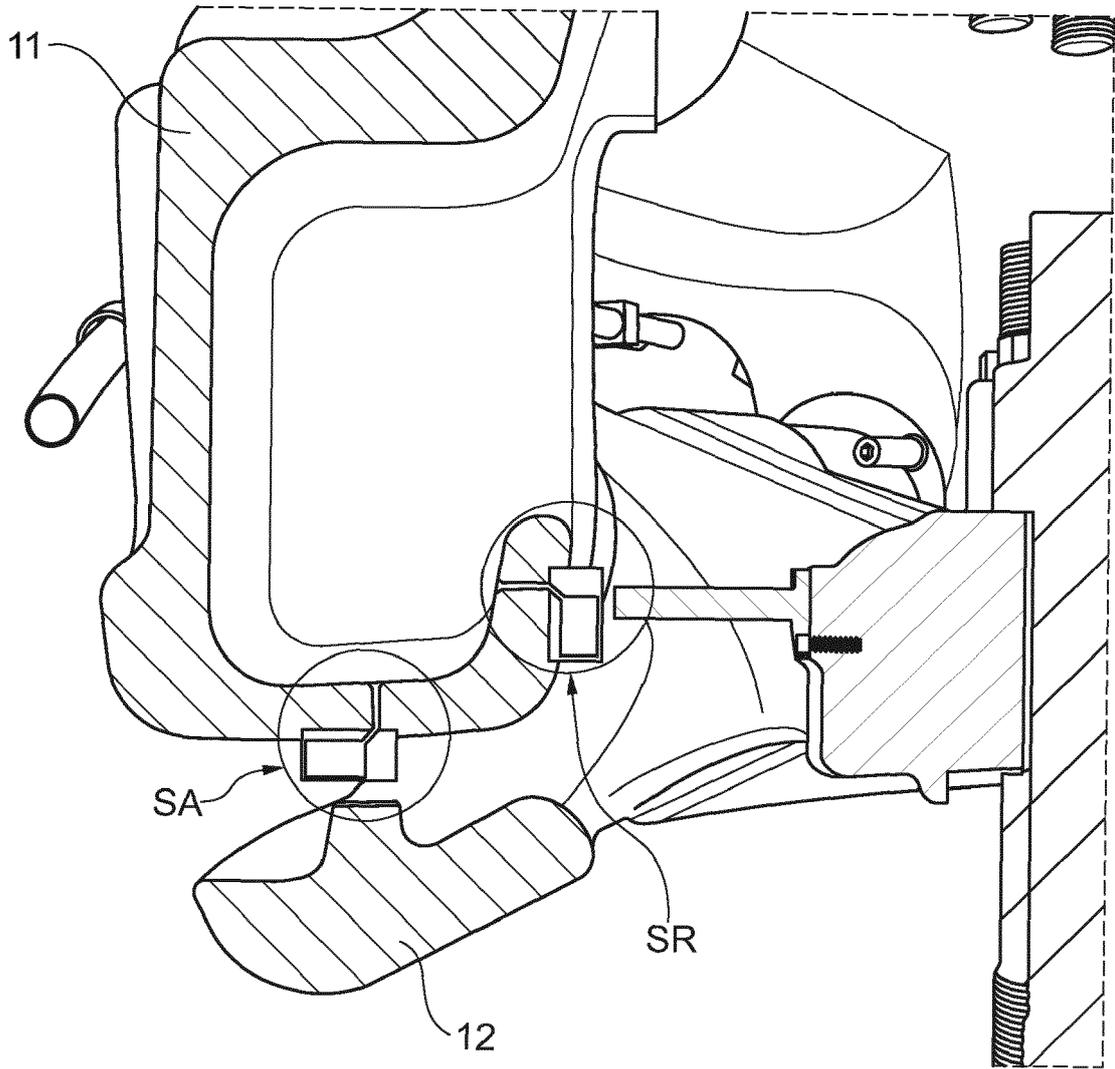


Fig. 5

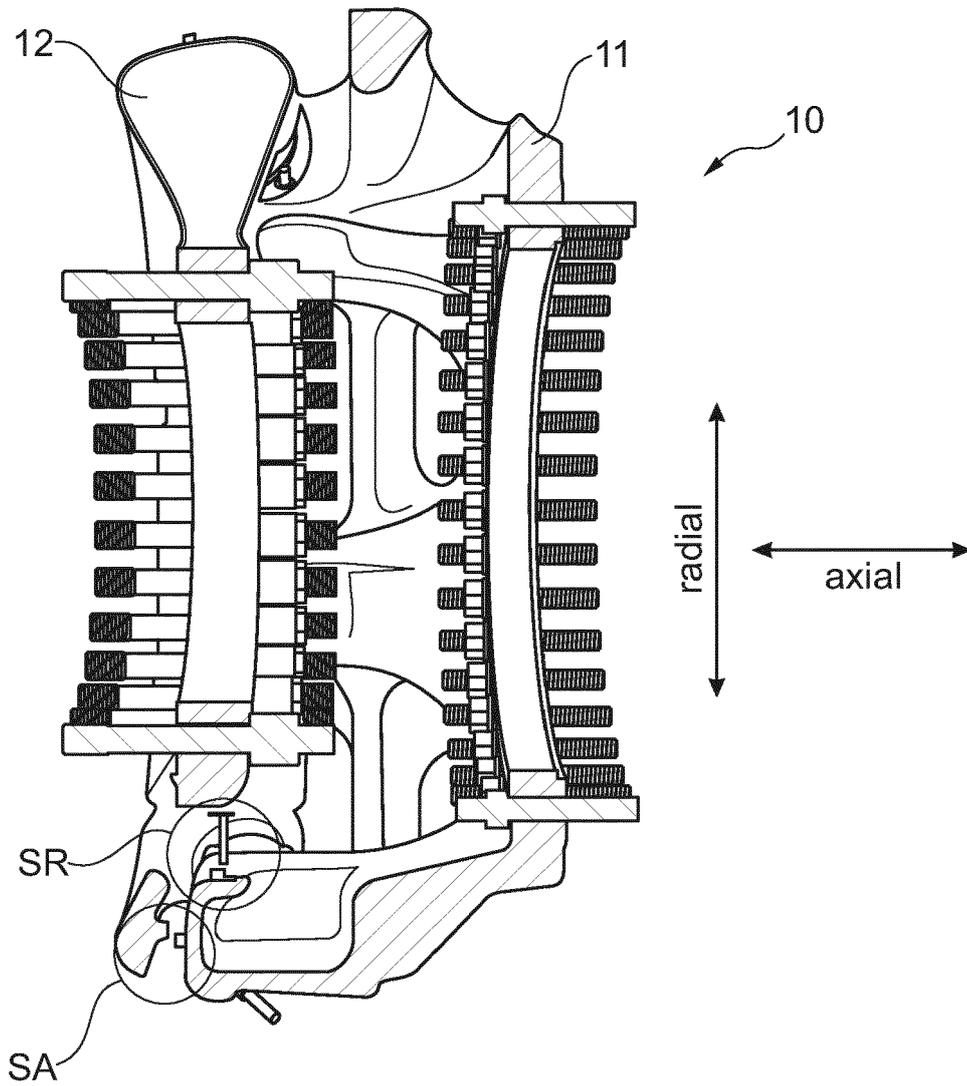


Fig. 6

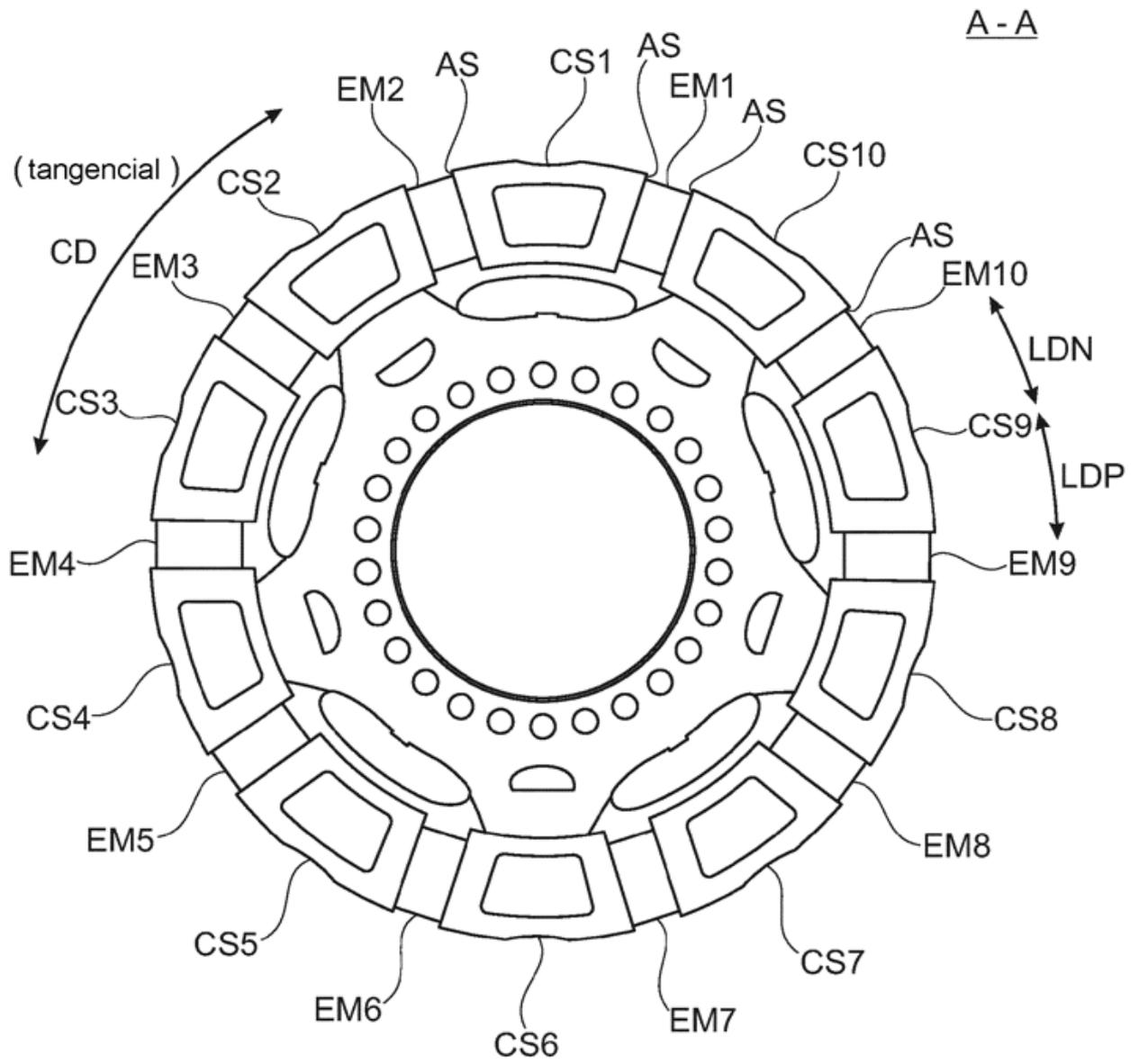


Fig. 7

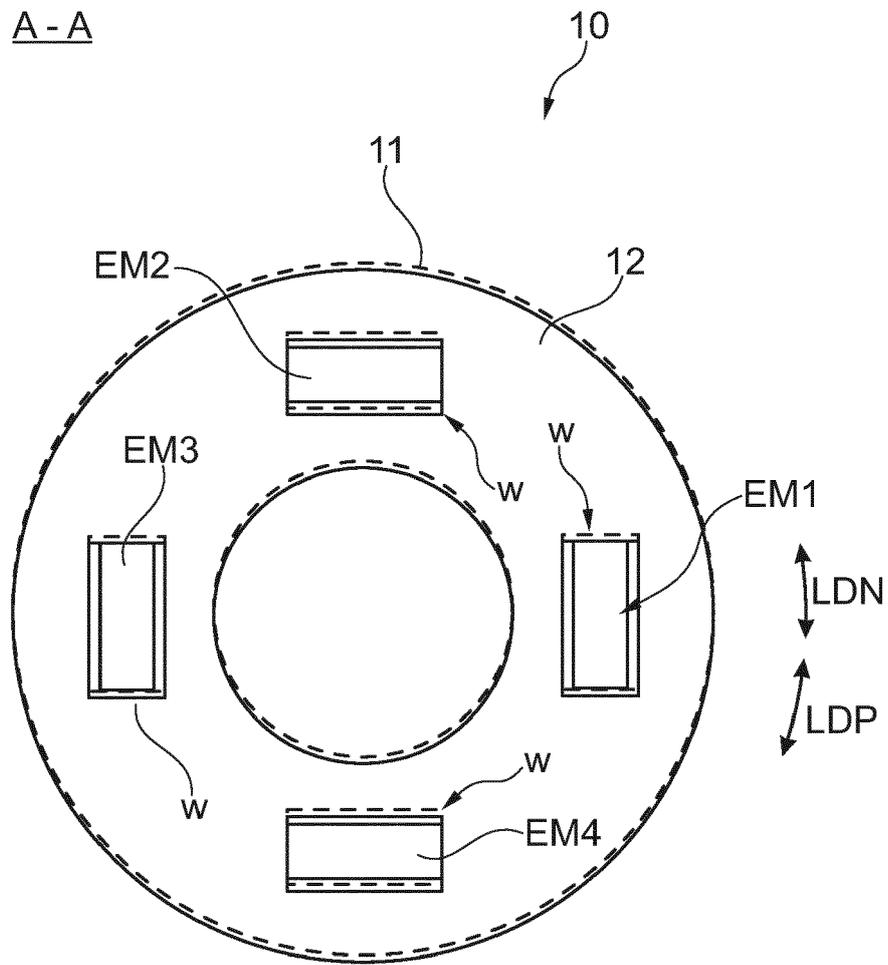


Fig. 8

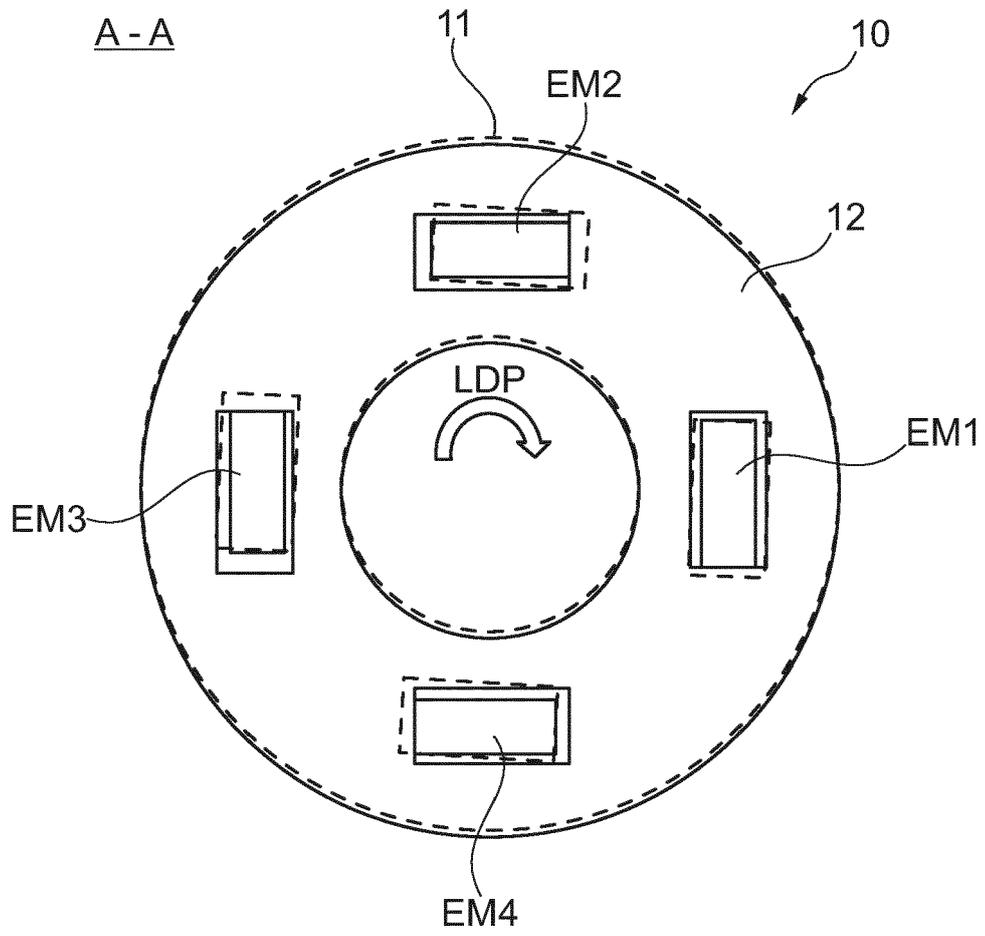


Fig. 9

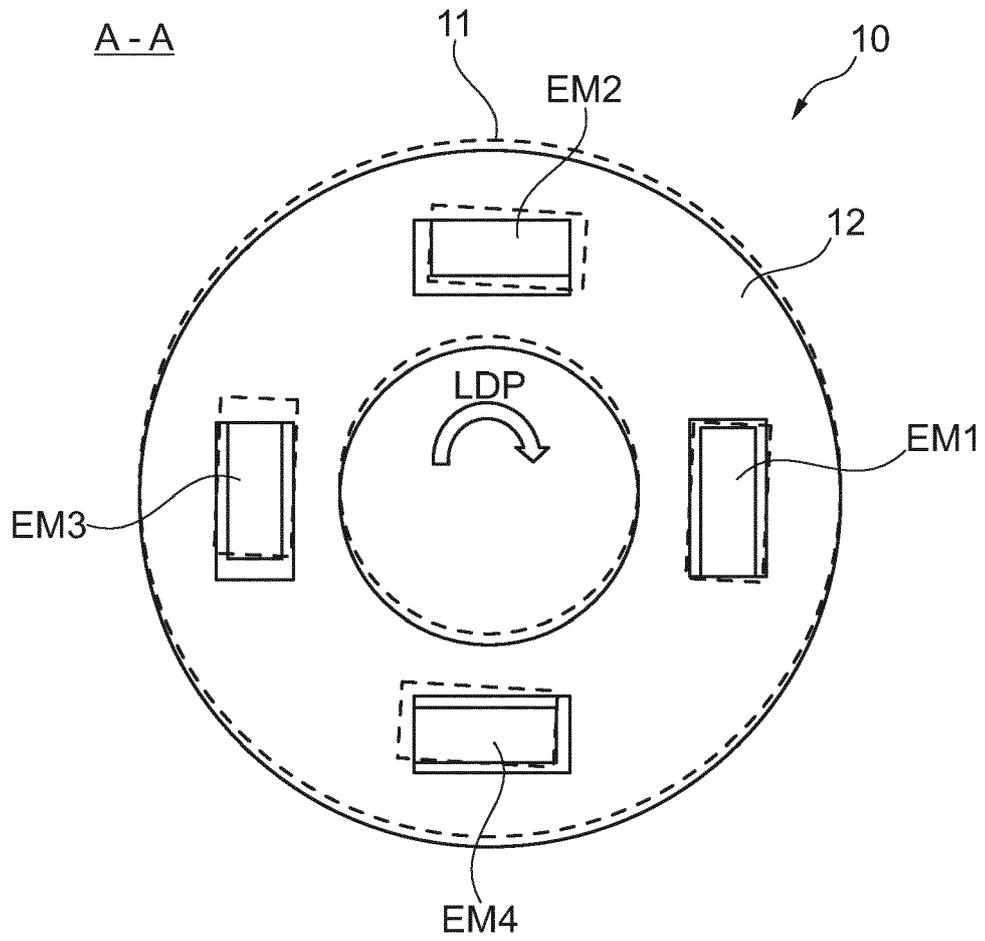


Fig. 10

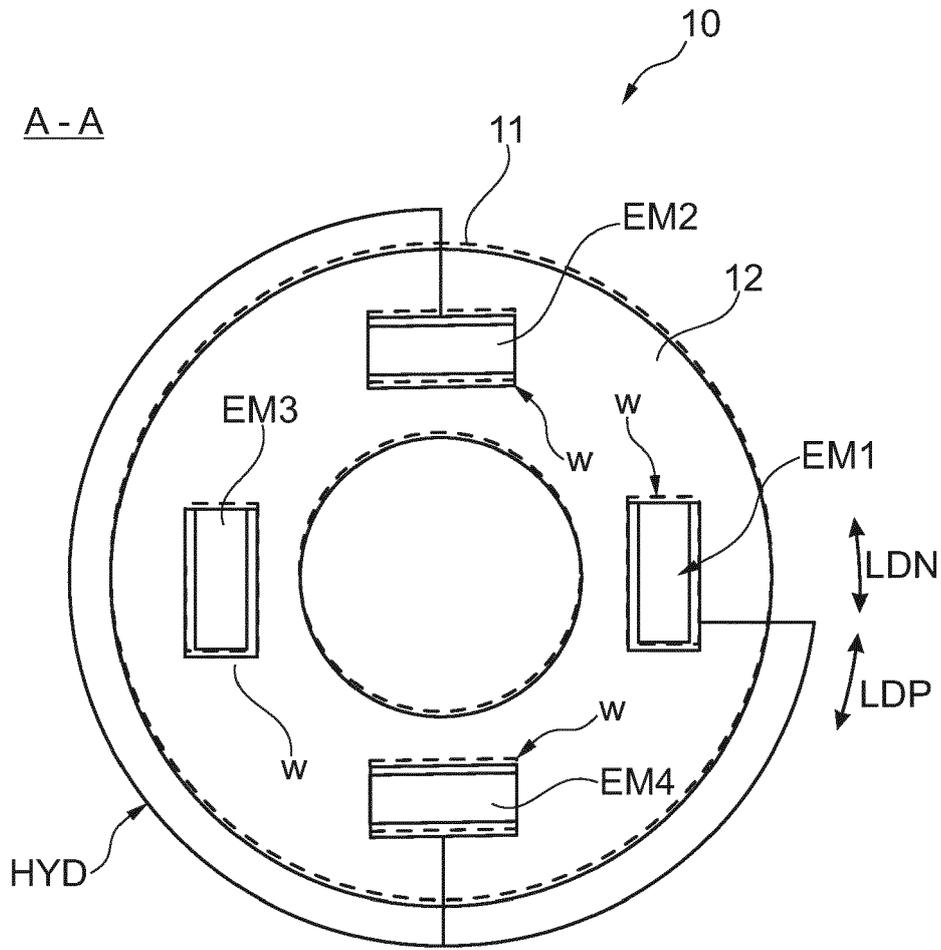


Fig. 11

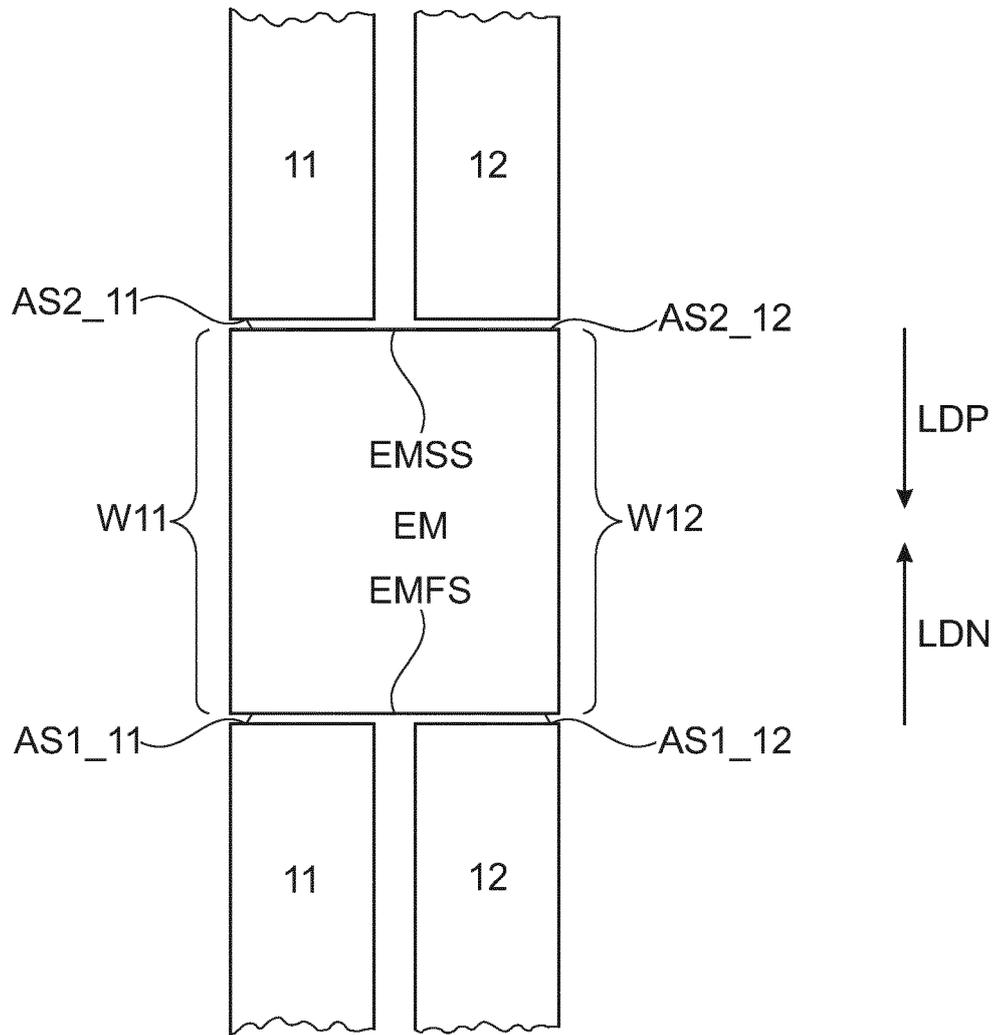


Fig. 12

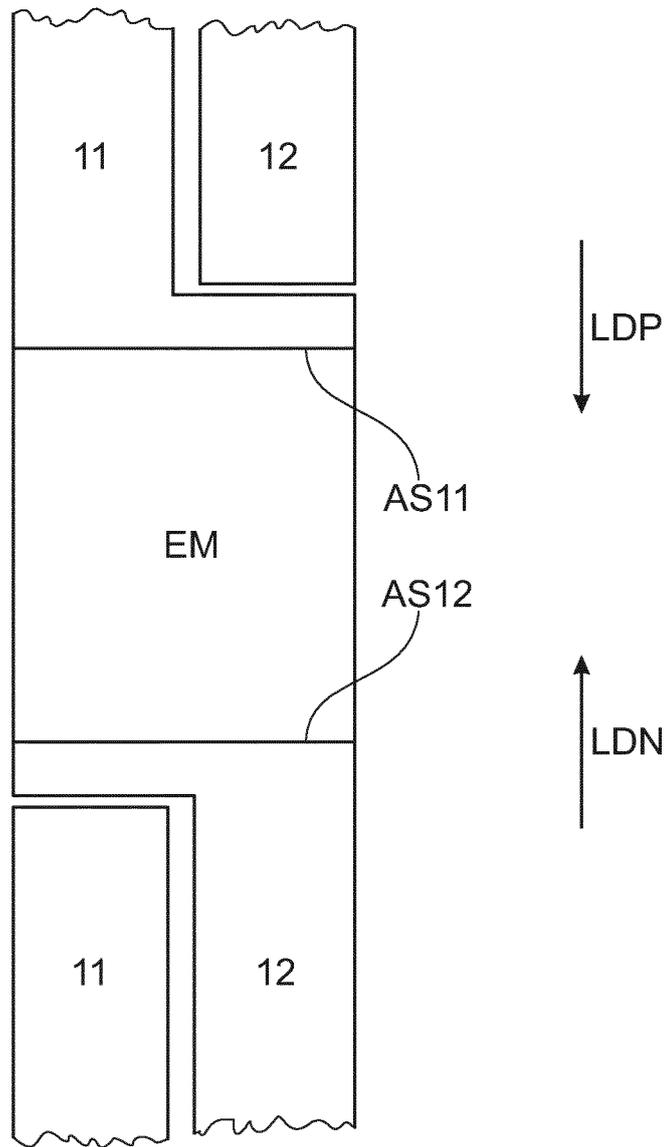


Fig. 13

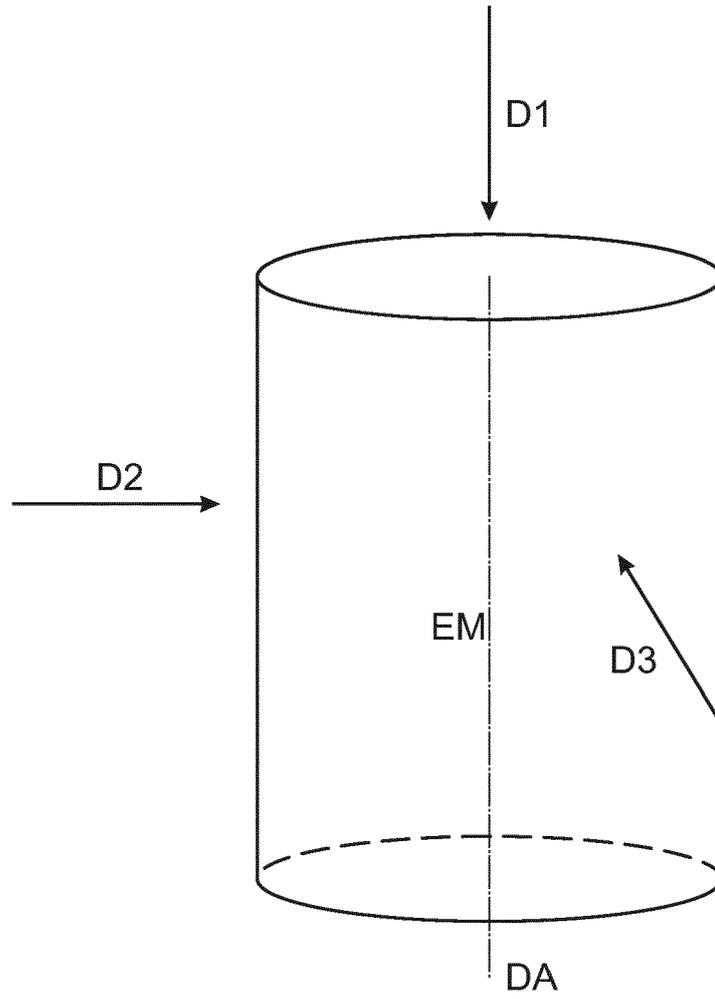


Fig. 14

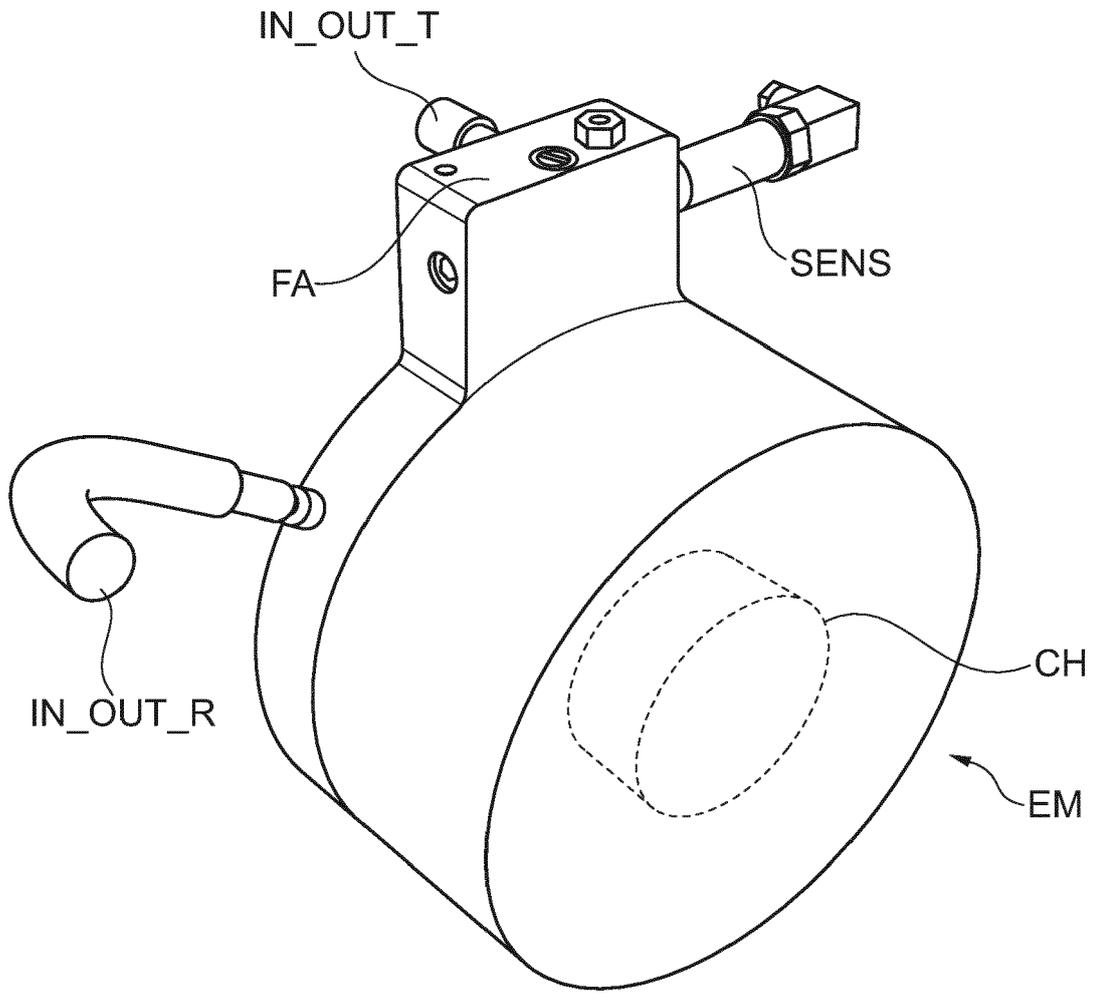


Fig. 15

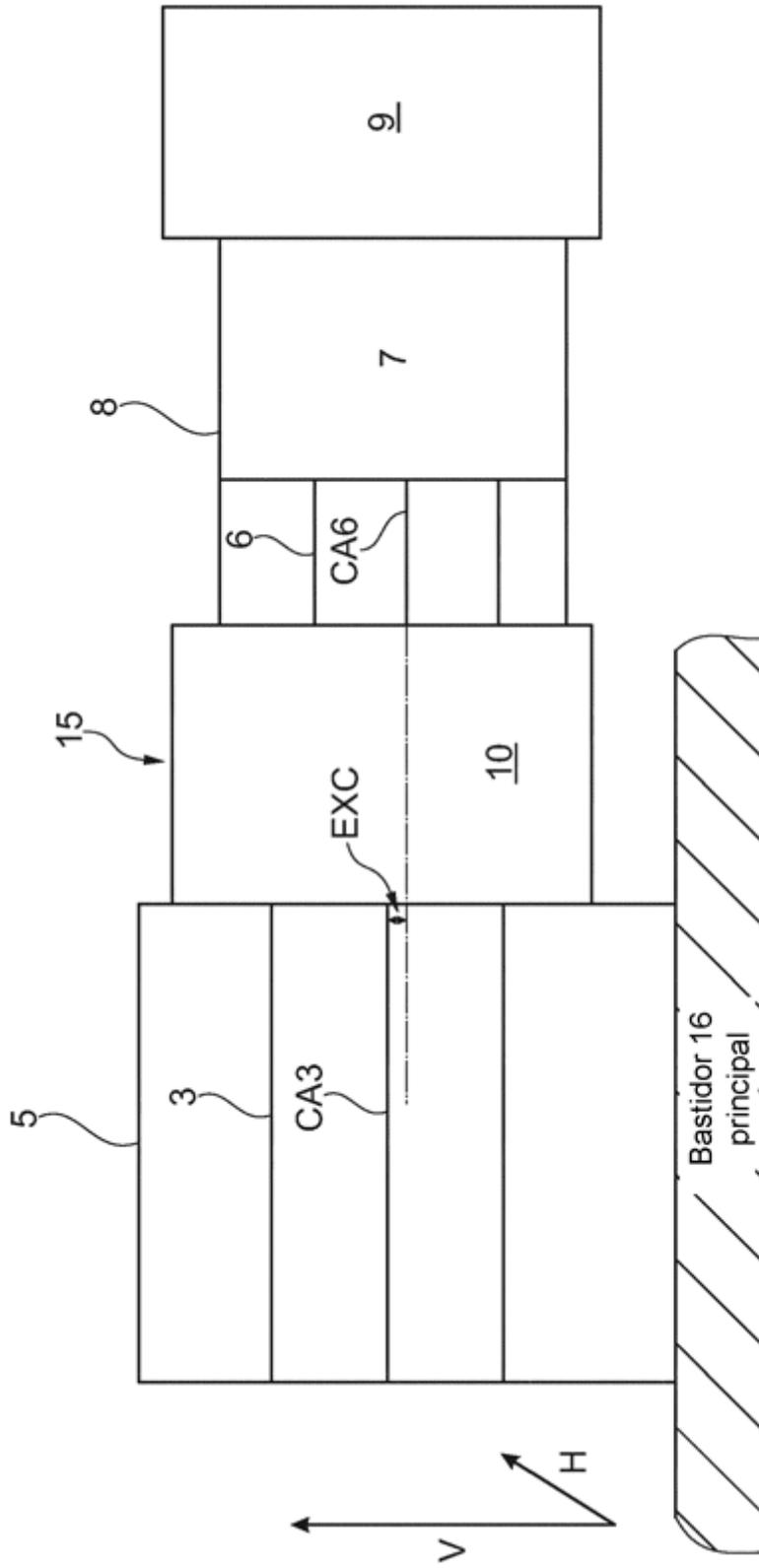


Fig. 16