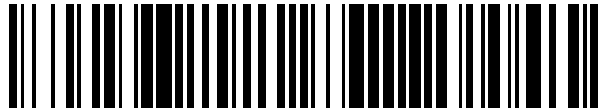


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 432 397**

51 Int. Cl.:

F03D 1/06 (2006.01)

F03D 11/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.12.2007 E 07866296 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.10.2013 EP 2094968**

54 Título: **Turbina eólica que comprende un absorbedor de vibraciones torsionales**

30 Prioridad:

20.12.2006 DK 200601683

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

03.12.2013

73 Titular/es:

**VESTAS WIND SYSTEMS A/S (100.0%)
HEDEAGER 44
8200 AARHUS, DK**

72 Inventor/es:

MIRANDA, ERIK CARL LEHNSKOV

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 432 397 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

Turbina eólica que comprende un absorbedor de vibraciones torsionales

Campo técnico

5 La presente invención se refiere a una turbina eólica, y más particularmente a mejoras del sistema de transmisión de la turbina eólica. Las realizaciones de la invención abordan problemas relacionados con las vibraciones torsionales. Se hace referencia por ejemplo al documento US-A-4 774 855, que también aborda los mismos problemas relacionados con las vibraciones torsionales.

Sumario de la invención

10 A pesar de que se han realizado mejoras significativas en el desarrollo de los sistemas de transmisión para turbinas eólicas, sigue habiendo problemas con respecto a la vida útil de los elementos de accionamiento mecánico, tales como engranajes, y con respecto a las vibraciones torsionales en el sistema de transmisión.

15 El presente inventor ha encontrado que las fuerzas en el sistema de transmisión que se derivan de, por ejemplo, fuerzas aerodinámicas que actúan en las palas del rotor de la turbina eólica pueden provocar vibraciones torsionales en el sistema de transmisiones. Existe un problema particular en relación con las inversiones del par que son resultado de impactos repentinos en el sistema de transmisión de la turbina eólica, por ejemplo durante el arranque de la turbina eólica. Como consecuencia de las vibraciones torsionales provocadas, se transmiten cargas no deseadas a los elementos de accionamiento del sistema de transmisión. Por tanto, es un objetivo de las realizaciones preferidas de la invención proporcionar mejoras para el sistema de transmisión de una turbina eólica, que reduzcan las vibraciones torsionales en el sistema de transmisión.

20 La invención por consiguiente prevé una turbina eólica que comprende:

- un rotor de accionamiento eólico para convertir energía eólica en una fuerza de accionamiento mecánico;
- un convertidor de potencia para convertir la fuerza de accionamiento en potencia aprovechable;
- un sistema de transmisión para transmitir de manera giratoria la fuerza de accionamiento al convertidor de potencia, comprendiendo el sistema de transmisión al menos un elemento de accionamiento giratorio;

25 en la que el sistema de transmisión comprende además un dispositivo de amortiguación torsional que tiene las características tal como se definen adicionalmente en la reivindicación 2.

La invención prevé adicionalmente el uso de un dispositivo de amortiguación torsional para amortiguar las vibraciones torsionales tal como se define en la reivindicación 1.

30 El dispositivo de amortiguación torsional es, en realizaciones preferidas, especialmente adecuado para amortiguar vibraciones torsionales de baja frecuencia. Normalmente, las vibraciones torsionales de baja frecuencia son vibraciones que tienen una frecuencia por debajo de 10 Hz, tal como por debajo de 7 Hz, tal como por debajo de 4 Hz, tal como 0,5 - 2 Hz.

35 El elemento de inercia del dispositivo de amortiguación torsional está conectado al al menos un elemento de accionamiento giratorio de tal manera que amortigua las vibraciones torsionales en el elemento de accionamiento giratorio durante el funcionamiento de la turbina eólica. Esto puede realizarse transfiriendo las vibraciones torsionales desde el elemento de accionamiento al dispositivo de amortiguación torsional por ejemplo adaptando la frecuencia propia del dispositivo de amortiguación torsional a la frecuencia de las vibraciones torsionales en el elemento de accionamiento giratorio de modo que el elemento de inercia giratorio del dispositivo de amortiguación se excitará si aparecen vibraciones torsionales. Por tanto, la energía se transfiere desde el elemento de
40 accionamiento giratorio al elemento de inercia y se disipa mediante la amortiguación.

El convertidor de potencia puede incluir un generador para convertir la fuerza de accionamiento mecánico en electricidad. Sin embargo, debe entenderse que el convertidor de potencia puede incluir también un sistema mecánico, por ejemplo un sistema de engranajes, para la transmisión adicional de fuerza de accionamiento mecánico.

45 El al menos un elemento de accionamiento puede incluir cualquier árbol, engranaje u otro elemento giratorio en el sistema de transmisión, a través del cual se transmite una fuerza de accionamiento mecánico.

En el presente contexto, el término frecuencia puede designar una frecuencia medida en vibraciones por segundo (Hz) y/o una velocidad angular medida en radianes por segundo.

50 Para poder amortiguar las vibraciones torsionales en el elemento de accionamiento, el elemento de inercia giratorio puede conectarse al elemento de accionamiento mediante al menos un elemento de amortiguación que tiene

propiedades elásticas, viscosas o viscoelásticas.

5 En una realización, el elemento de inercia giratorio puede comprender un elemento anular dispuesto de manera coaxial con el al menos un elemento de accionamiento giratorio, teniendo el elemento anular un diámetro interior que es mayor que un diámetro exterior del elemento de accionamiento, y en el que el elemento de accionamiento se conecta al elemento de inercia por medio de dicho elemento de amortiguación, entrando en contacto o conectándose el elemento de amortiguación con una superficie circunferencial exterior del elemento de accionamiento y con una superficie interior del elemento anular.

10 Como ejemplo, el elemento anular puede ser un anillo metálico dispuesto de manera coaxial con un eje de accionamiento del sistema de transmisión. En el espacio entre el elemento anular y el eje de accionamiento puede colocarse un elemento de amortiguación elástica, por ejemplo varios tacos de goma, en contacto con una superficie interior del elemento anular y en contacto con una superficie exterior del eje de accionamiento. El elemento de inercia puede comprender un número arbitrario de elementos de amortiguación elástica. En realizaciones preferidas, el elemento de inercia comprende 2-6 elementos de amortiguación elástica, tales como tacos de goma. Los tacos de goma pueden garantizar por tanto que el elemento anular sigue la rotación del eje de accionamiento. Si aparecen vibraciones torsionales en el sistema de transmisión, el elemento de inercia giratorio puede amortiguar esas vibraciones a través de los tacos de goma. Como alternativa a los tacos de goma, pueden usarse tacos de, por ejemplo, látex o cualquier otro material que tenga propiedades elásticas, incluyendo diversos materiales plásticos, tales como diversos tipos de nailon.

20 El elemento de accionamiento puede tener un eje de rotación que está ubicado en realizaciones preferidas sustancialmente a lo largo del eje central de un eje de accionamiento del sistema de transmisión. En una realización, el elemento de inercia giratorio comprende una masa, que se aloja de manera móvil en una ranura en el elemento de accionamiento, no siendo la ranura paralela al eje de rotación. El elemento de inercia puede comprender un número arbitrario de masas. En realizaciones preferidas, el elemento de inercia comprende 3-6 masas. Pueden formarse una o más ranuras en un elemento anular que se dispone de manera coaxial con el eje de accionamiento. 25 El número de ranuras es, en realizaciones preferidas, equivalente al número de masas. El elemento anular puede conectarse al eje de accionamiento y por consiguiente puede girar junto con el eje.

30 El elemento de inercia giratorio puede ser viscoso, es decir, tener una viscosidad de entre 0,001 Ns/m² y 2 Ns/m² a 20°C. Si aparecen vibraciones torsionales en el sistema de transmisión, el elemento de inercia giratorio puede moverse dentro de la ranura. Debido a la viscosidad del elemento de inercia, este movimiento amortiguará las vibraciones torsionales.

35 Alternativamente, el elemento de inercia giratorio puede ser sólido. Un elemento de inercia sólido puede asimismo moverse dentro de la ranura, y por tanto amortiguar las vibraciones torsionales. Como alternativa adicional, puede proporcionarse una combinación de elementos sólidos y viscosos. El efecto de amortiguación del dispositivo de amortiguación se ve afectado entre otras cosas por la forma de la ranura, la distancia entre la ranura y el eje de rotación y la velocidad de rotación del eje de accionamiento, la viscosidad y/o la masa del elemento de inercia.

40 Como alternativa al elemento de inercia giratorio que comprende una o más masas alojadas en una o más ranuras, el elemento de inercia giratorio puede comprender al menos al menos un péndulo conectado al elemento de accionamiento. Se entiende por péndulo a este respecto, una masa que tiene una estructura de unión en forma de elemento alargado. El elemento alargado puede conectarse a la estructura de accionamiento de modo que la masa se mueve junto con la estructura de accionamiento, pero también permite el movimiento de la masa con respecto a la estructura de accionamiento. Si aparecen vibraciones torsionales en el sistema de transmisión, el al menos un péndulo puede excitarse, y se transferirá energía desde el sistema de transmisión al (a los) péndulo(s) y se disipará mediante la amortiguación. La longitud y la masa del (de los) péndulo(s) determinan las características de amortiguación.

45 El elemento de inercia puede comprender un número arbitrario de péndulos. En realizaciones preferidas, el elemento de inercia comprende 2-6 péndulos.

50 Como alternativa adicional, la turbina eólica puede comprender además una cámara que aloja un medio que tiene propiedades viscosas. El elemento de inercia giratorio puede comprender al menos un deflector que se extiende hacia el interior del medio y que está unido para girar con el elemento de accionamiento giratorio de modo que las vibraciones torsionales del elemento de accionamiento giratorio se transfieren al deflector con lo cual se amortiguan debido a la interacción viscosa entre el medio y el deflector.

A este respecto, un deflector es un panel que está unido de modo que gira cuando gira la estructura de accionamiento. Unido para girar con, significa que el deflector gira cuando gira la estructura de accionamiento, pero no necesariamente a la misma velocidad.

55 El deflector puede tener forma de placa, forma de aleta, forma de ala, o tener otra forma similar. Puesto que el deflector se extiende hacia el interior del medio, el medio puede hacerse girar mediante el deflector.

El medio puede ser aceite o cualquier otro medio que tenga una viscosidad entre $0,001 \text{ Ns/m}_2$ y 2 Ns/m_2 a 20°C , garantizando de ese modo una fricción suficiente entre el al menos un deflector y el medio con el fin de amortiguar las vibraciones torsionales. Cuando el elemento de accionamiento gira a una velocidad sustancialmente constante sin vibraciones torsionales, el medio puede girar junto con el elemento de accionamiento. Si aparecen vibraciones torsionales, por ejemplo debido a un descenso de velocidad del elemento de accionamiento, la rotación del medio no disminuye al mismo ritmo debido a la inercia del medio, y la interacción viscosa puede amortiguar por tanto las vibraciones.

El elemento de accionamiento, por ejemplo el eje, puede estar unido de manera accionable con el deflector mediante un engranaje. En una realización, el engranaje puede comprender un engranaje cónico.

10 Descripción de los dibujos

Se describirán a continuación adicionalmente realizaciones de la invención con referencia a los dibujos, en los que:

la figura 1 es una ilustración esquemática de una turbina eólica según la invención, y

las figuras 2-5 son ilustraciones esquemáticas de diferentes realizaciones de un dispositivo de amortiguación torsional según la invención.

15 La figura 1 es una ilustración esquemática de una turbina eólica que comprende un rotor de accionamiento eólico 100 para convertir energía eólica en una fuerza de accionamiento mecánico, un convertidor de potencia 102 para convertir la fuerza de accionamiento en potencia aprovechable y un sistema de transmisión para transmitir de manera giratoria la fuerza de accionamiento al convertidor de potencia 102. El sistema de transmisión comprende al menos un elemento de accionamiento giratorio, en esta realización un eje de accionamiento 104. Además, el sistema de transmisión comprende un dispositivo de amortiguación torsional 106, un engranaje 108 y un freno 110.

20 El dispositivo de amortiguación torsional 106 tiene un elemento de inercia giratorio (no mostrado en la figura 1) que puede accionarse mediante el al menos un elemento de accionamiento giratorio, por ejemplo el eje de accionamiento 104. El elemento de inercia puede conectarse al eje de accionamiento 104 de tal manera que el elemento de inercia amortigua las vibraciones torsionales en el elemento de accionamiento giratorio durante el funcionamiento de la turbina eólica.

25 El rotor 100 comprende, por ejemplo, tres palas de rotor. El convertidor de potencia 102 puede comprender, por ejemplo, un generador para convertir la fuerza de accionamiento mecánico en potencia aprovechable, tal como electricidad. El eje de accionamiento 104 puede dividirse en más ejes, por ejemplo el rotor 100 puede accionar un eje de entrada 112 para el engranaje 108, desde el que se extiende un eje de salida 114 hasta el freno 110, y un eje aguas abajo 116 puede extenderse desde el freno hasta el convertidor de potencia 102. En la realización ilustrada, el dispositivo de amortiguación torsional 106 se conecta al eje aguas abajo 116.

30 La figura 2 es una ilustración esquemática de un dispositivo de amortiguación torsional 106a que comprende un elemento de inercia giratorio que comprende un elemento anular 120 dispuesto de manera coaxial con el eje de accionamiento 104. El elemento anular 120, en esta realización un anillo metálico, tiene un diámetro interior que es mayor que un diámetro exterior del eje de accionamiento 104. El eje de accionamiento 104 se conecta al anillo metálico 120 mediante un elemento de amortiguación elástica en forma de tres tacos de goma 122. Estos tacos de goma 122 se conectan todos a la superficie circunferencial exterior del eje de accionamiento 104 y a la superficie interior del anillo metálico 120.

35 La figura 3 es una ilustración esquemática de otra realización de un dispositivo de amortiguación torsional 106b que se conecta al eje de accionamiento 104 que tiene un eje de rotación que es paralelo al eje. En la realización ilustrada, el dispositivo de amortiguación torsional 106b comprende cuatro masas 130 que se alojan cada una de manera móvil en una ranura 132 en un elemento anular 134 que se conecta al eje de accionamiento 104 para girar con el mismo. Las ranuras 132 no son paralelas al eje de rotación. En esta realización, las masas 130 son sólidas.

40 La figura 4 es una ilustración esquemática de una tercera realización de un dispositivo de amortiguación torsional 106c que se conecta al eje de accionamiento 104. El dispositivo de amortiguación comprende tres péndulos 140 que se conectan cada uno al eje 104. Se proporciona un escudo 142 para aumentar la seguridad y para evitar el contacto con los péndulos 140 durante el funcionamiento de la turbina eólica. La longitud de los péndulos en la presente realización está en el intervalo de entre 0,1 y 0,7 metros.

45 En una realización alternativa adicional ilustrada en las figuras 5a y 5b, el dispositivo de amortiguación torsional 106d comprende una cámara 150 que aloja aceite 152 y un deflector 154 que se extiende hacia el interior del aceite 152. Las vibraciones torsionales se amortiguan durante el funcionamiento de la turbina eólica debido a la interacción viscosa entre el deflector 154 y el aceite 152. El deflector 154 se conecta de manera accionable al eje de accionamiento 104 a través de un engranaje cónico 156, tal como se ilustra en la figura 5b.

REIVINDICACIONES

1. Uso de un dispositivo de amortiguación torsional (106) para amortiguar vibraciones torsionales de baja frecuencia que tienen una frecuencia por debajo de 10 Hz en un sistema de transmisión de una turbina eólica, comprendiendo la turbina eólica un rotor de accionamiento eólico (100) para convertir energía eólica en una fuerza de accionamiento mecánico, un convertidor de potencia (102) para convertir la fuerza de accionamiento en potencia aprovechable, y un sistema de transmisión para transmitir de manera giratoria la fuerza de accionamiento al convertidor de potencia, comprendiendo el sistema de transmisión al menos un elemento de accionamiento giratorio, un engranaje dispuesto entre el rotor de accionamiento eólico y el convertidor de potencia, en el que un eje de salida (114) del engranaje gira a una velocidad más alta que un eje de entrada (112) del mismo, teniendo el dispositivo de amortiguación torsional (106) un elemento de inercia giratorio que puede accionarse mediante el al menos un elemento de accionamiento giratorio, y conectándose el elemento de inercia de tal manera al al menos un elemento de accionamiento giratorio que el elemento de inercia amortigua las vibraciones torsionales en el elemento de accionamiento giratorio durante el funcionamiento de la turbina eólica, en el que se dispone el dispositivo de amortiguación torsional (106) entre el engranaje (108) y el convertidor de potencia (102).
2. Turbina eólica que comprende:
 - un rotor de accionamiento eólico (100) para convertir energía eólica en una fuerza de accionamiento mecánico;
 - un convertidor de potencia (102) para convertir la fuerza de accionamiento en potencia aprovechable;
 - un sistema de transmisión para transmitir de manera giratoria la fuerza de accionamiento al convertidor de potencia, comprendiendo el sistema de transmisión al menos un elemento de accionamiento giratorio (104);
 - un engranaje (108) dispuesto entre el rotor de accionamiento eólico y el convertidor de potencia, en la que un eje de salida del engranaje gira a una velocidad más alta que un eje de entrada del mismo, en la que el sistema de transmisión comprende además un dispositivo de amortiguación torsional (106) que tiene un elemento de inercia giratorio que puede accionarse mediante el al menos un elemento de accionamiento giratorio, y en la que el elemento de inercia se conecta de tal manera al al menos un elemento de accionamiento giratorio que el elemento de inercia amortigua las vibraciones torsionales en el elemento de accionamiento giratorio durante el funcionamiento de la turbina eólica, en la que:
 - el dispositivo de amortiguación torsional (106) se dispone entre el engranaje y el convertidor de potencia, y en la que
 - el dispositivo de amortiguación torsional (106) está configurado para amortiguar las vibraciones torsionales de baja frecuencia que tienen una frecuencia por debajo de 10 Hz.
3. Turbina eólica según la reivindicación 2, en la que el elemento de inercia giratorio se conecta al elemento de accionamiento mediante al menos un elemento de amortiguación que tiene propiedades elásticas, viscosas o viscoelásticas.
4. Turbina eólica según la reivindicación 3, en la que el elemento de inercia giratorio comprende un elemento anular dispuesto de manera coaxial con el al menos un elemento de accionamiento giratorio, teniendo el elemento anular un diámetro interior que es mayor que un diámetro exterior del elemento de accionamiento, y en la que el elemento de accionamiento se conecta al elemento de inercia por medio de dicho elemento de amortiguación, entrando en contacto o conectándose el elemento de amortiguación con una superficie circunferencial exterior del elemento de accionamiento y con una superficie interior del elemento anular.
5. Turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 2-4, en la que el elemento de accionamiento tiene un eje de rotación, y en la que el elemento de inercia giratorio comprende una masa, que se aloja de manera móvil en una ranura en el elemento de accionamiento, siendo la ranura no paralela al eje de rotación.
6. Turbina eólica según la reivindicación 5, en la que el elemento giratorio es viscoso.
7. Turbina eólica según la reivindicación 5, en la que el elemento giratorio es sólido.
8. Turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 2-4, en la que el elemento de inercia giratorio comprende al menos un péndulo.
9. Turbina eólica según la reivindicación 2, que comprende además una cámara que aloja un medio que tiene propiedades viscosas, y en la que el elemento de inercia giratorio comprende al menos un deflector que se

extiende hacia el interior del medio y que está unido para girar con el elemento de accionamiento giratorio de modo que las vibraciones torsionales del elemento de accionamiento giratorio se transfieren al deflector con lo cual se amortiguan debido a la interacción viscosa entre el medio y el deflector.

- 5
10. Turbina eólica según la reivindicación 9, que comprende además un engranaje para unir de manera accionable el deflector al elemento de accionamiento.
 11. Turbina eólica según la reivindicación 10, en la que el engranaje comprende un engranaje cónico.

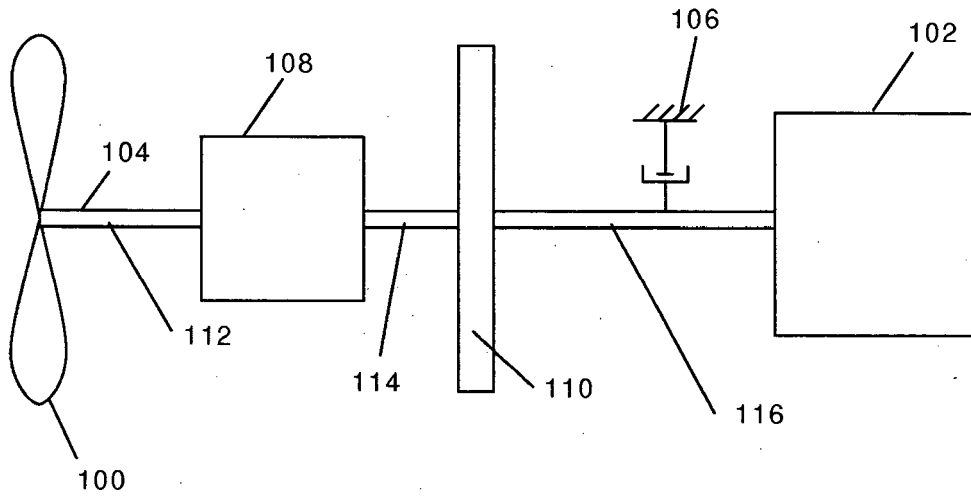


Fig. 1

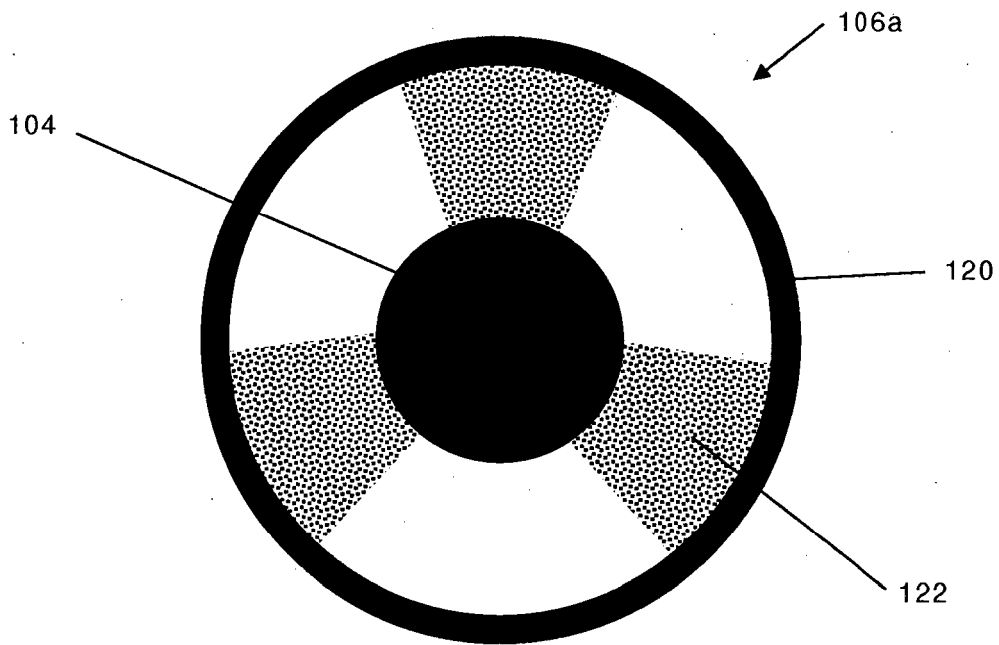


Fig. 2

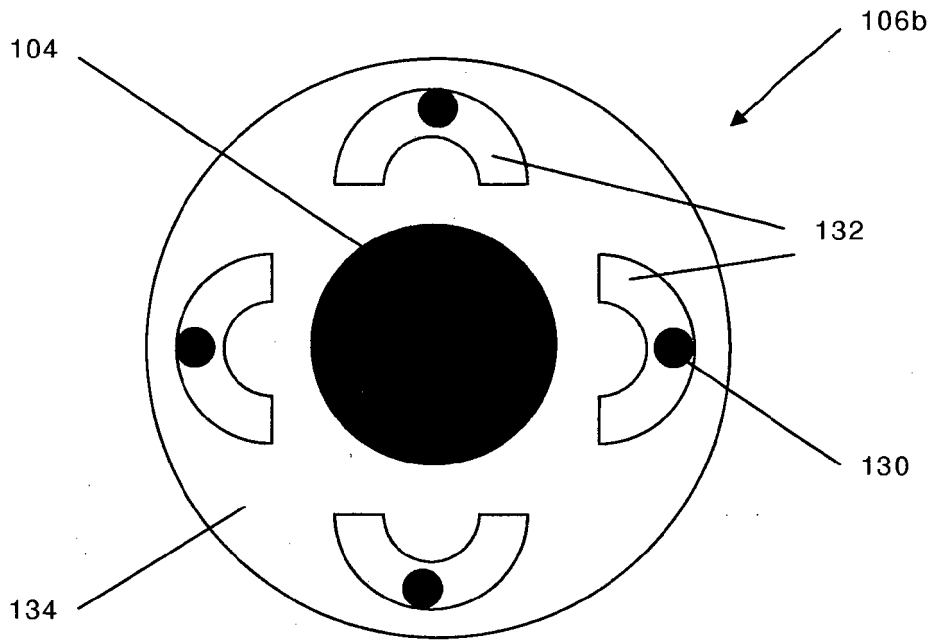


Fig. 3

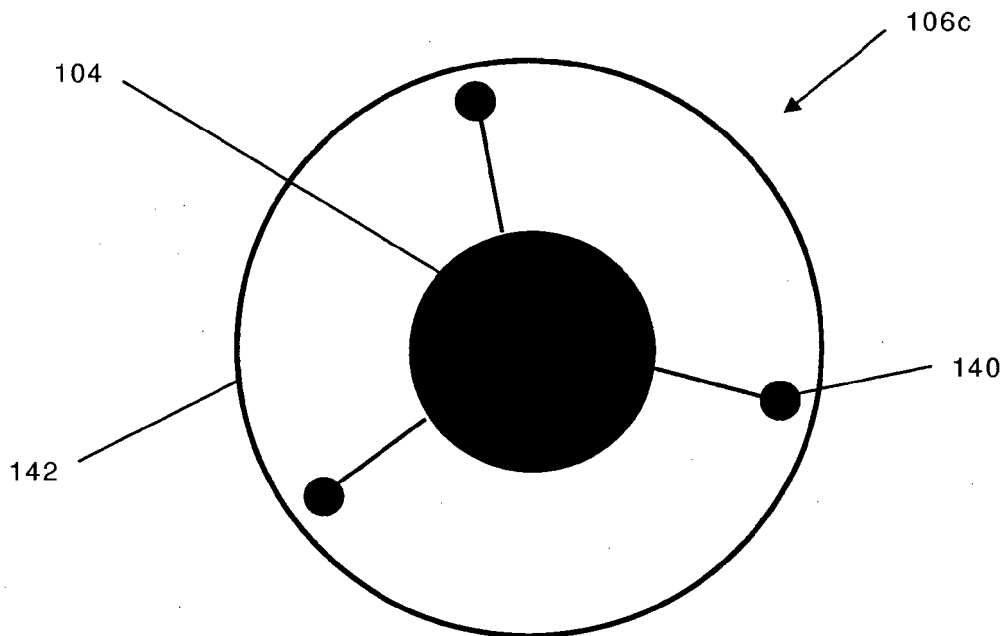


Fig. 4

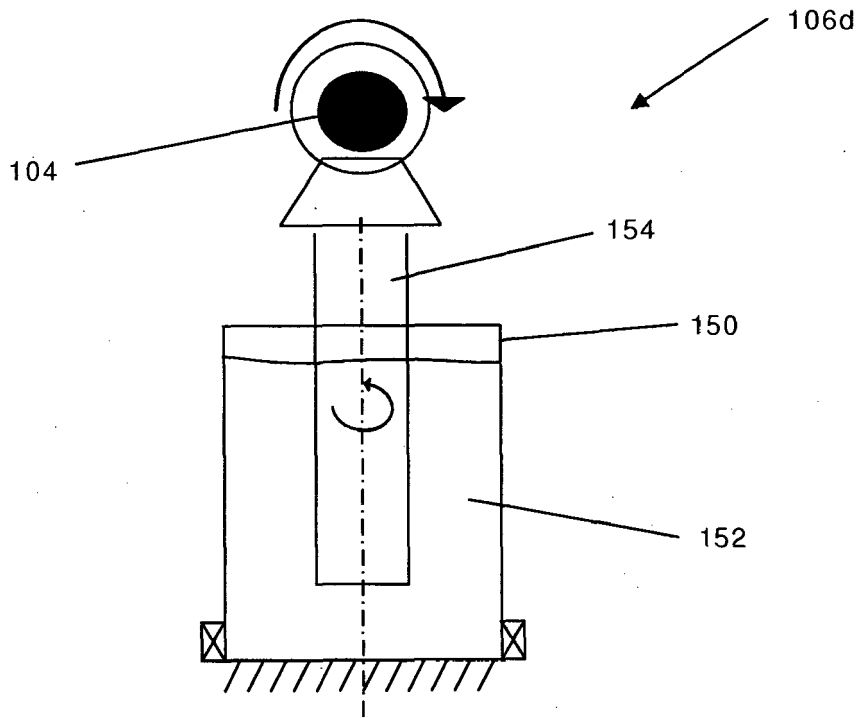


Fig. 5a

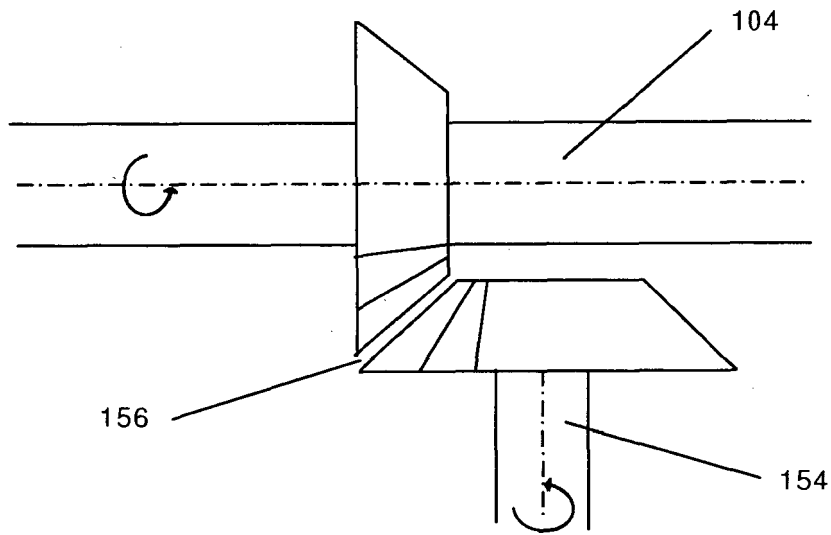


Fig. 5b