

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 569 363**

51 Int. Cl.:

H02K 1/14 (2006.01)
H02K 1/18 (2006.01)
H02K 7/08 (2006.01)
H02K 15/00 (2006.01)
H02K 21/02 (2006.01)
H02K 7/18 (2006.01)
H02K 7/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.01.2011 E 11700020 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.03.2016 EP 2661799**

54 Título: **Generador de turbina eólica con subunidades de estator móviles**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
10.05.2016

73 Titular/es:
VESTAS WIND SYSTEMS A/S (100.0%)
Hedeager 42
8200 Aarhus N, DK

72 Inventor/es:
STAGHØJ, MICHAEL;
LARSEN, GERNER;
OLSEN, NIELS CHRISTIAN y
HANSEN, FRANK MØLLER

74 Agente/Representante:
ARIAS SANZ, Juan

ES 2 569 363 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

Generador de turbina eólica con subunidades de estator móviles

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a un generador para una turbina eólica. El generador de la invención permite controlar de manera exacta un entrehierro entre un rotor y un estator del generador, incluso para rotores y estatores de gran diámetro. La presente invención se refiere además a una turbina eólica que comprende un generador de este tipo, y a un método para realizar operaciones de servicio en un generador de este tipo.

Antecedentes de la invención

10 Los generadores normalmente comprenden un rotor y un estator, estando dispuesto el rotor de manera giratoria en relación con el estator con un entrehierro pequeño entre los mismos. Es necesario conseguir y mantener una alta precisión en el entrehierro entre el rotor y el estator dado que el entrehierro, también para generadores muy grandes, ha de ser bastante pequeño, y generalmente de solo unos pocos milímetros. Con este fin el rotor y el estator se han diseñado anteriormente muy rígidos y muy pesados.

15 El documento US 2010/0007225 A1 da a conocer un generador o aparato motriz que tiene un estator formado a partir de una pluralidad de pares de segmentos de estator paralelos. Los pares de segmentos paralelos están conectados entre sí para formar un canal en el que se mueve un rotor anular. El rotor anular también comprende una pluralidad de segmentos separables conectados entre sí para formar un tren anular que puede funcionar para moverse a través del canal. Cada segmento de estator comprende un conjunto de devanado de estator, y cada
20 segmento de rotor comprende un imán dimensionado para caber entre los segmentos de estator separados en paralelo. Pueden minimizarse variaciones en salidas de CA mediante la conexión de segmentos de estator en paralelo unos con otros. A medida que un segmento de rotor dado pasa por los segmentos de estator de un par dado, cualquier desviación mecánica con respecto al centro en la que el segmento de rotor dado está a distancia de un segmento de estator del par dado se ve compensada por el segmento de rotor dado que está correspondientemente más cerca del otro segmento de estator del par dado.

25 El documento WO 2009 093 183 da a conocer un generador para una turbina eólica según el preámbulo de la reivindicación 1 y un método para realizar operaciones de servicio en un generador de una turbina eólica según el preámbulo de la reivindicación 11.

Sumario de la invención

30 Es un objeto de realizaciones de la invención proporcionar un generador para una turbina eólica que permite realizar operaciones de servicio fácilmente en el generador.

Según un primer aspecto la invención proporciona un generador para una turbina eólica según la reivindicación 1.

35 El rotor está configurado para rotar alrededor de un eje de rotación, y el/los estator(es) está(n) dispuesto(s) junto al rotor. Por consiguiente, cuando el rotor rota alrededor del eje de rotación, realiza movimientos rotacionales en relación con el/los estator(es), y de ese modo en relación con los módulos de generación de flujo magnético. Este movimiento relativo provoca que se produzca energía eléctrica mediante el generador.

40 Los módulos de generación de flujo magnético están dispuestos de tal manera que están orientados hacia el rotor, pero están separados del mismo. Esto forma un entrehierro entre el rotor y los módulos de generación de flujo magnético. El rotor y los módulos de generación de flujo magnético del estator incluyen imanes permanentes, devanados electromagnéticos, combinaciones de los mismos, u otros materiales activos configurados para proporcionar un flujo magnético a través del entrehierro suficiente para generar electricidad.

45 Cada estator comprende al menos dos subunidades. Las subunidades están dispuestas una al lado de otra a lo largo de una dirección de movimiento del rotor, es decir a lo largo de la dirección en la que el rotor pasa por el/los estator(es) cuando rota alrededor del eje de rotación. Por consiguiente, durante la rotación del rotor, una parte dada del rotor pasará en primer lugar por una primera subunidad, y el/los módulo(s) de generación de flujo magnético de la misma, y posteriormente por una segunda subunidad, y el/los módulo(s) de generación de flujo magnético de la misma.

Las subunidades pueden moverse unas en relación con otras a lo largo de una dirección que es sustancialmente transversal a la dirección de movimiento del rotor. Por tanto, las subunidades pueden moverse individualmente en una dirección hacia y alejándose del rotor.

50 Cada subunidad comprende un primer módulo de generación de flujo magnético y un segundo módulo de generación de flujo magnético dispuestos en lados opuestos del rotor. Según esta realización, al menos un conjunto de módulos de generación de flujo magnético está dispuesto opuesto entre sí con el rotor que rota en un canal formado entre los módulos de generación de flujo magnético. Un entrehierro se forma entre el rotor y el primer módulo de generación de flujo magnético, así como entre el rotor y el segundo módulo de generación de flujo

magnético.

El primer módulo de generación de flujo magnético y el segundo módulo de generación de flujo magnético están montados en partes de soporte de estator separadas, que a su vez están montadas en una estructura de soporte de estator. Las partes de soporte de estator están conectadas entre sí por medio de una conexión articulada. Ha de observarse que en el presente contexto el término "conexión articulada" deberá interpretarse como que significa una conexión que permite un movimiento de rotación mutuo de las dos partes de soporte de estator (y, por tanto, los módulos de generación de flujo magnético montados en las mismas), teniendo el movimiento de rotación mutuo solo un grado de libertad. Durante el funcionamiento normal del generador, las partes de soporte de estator (y módulos de generación de flujo magnético montados sobre las mismas) están preferiblemente fijadas sustancialmente unas en relación con otras en el sentido de que se impide que realicen movimientos rotacionales relativos por medio de la conexión articulada. Esto puede conseguirse, por ejemplo, uniendo mediante pernos las partes de soporte de estator entre sí.

Tal como se describió anteriormente, la conexión articulada permite a los módulos de generación de flujo magnético realizar movimientos rotacionales relativos, incluso aunque los módulos de generación de flujo magnético no estén conectados directamente entre sí por medio de la conexión articulada. En particular, esto permite rotar uno de los módulos de generación de flujo magnético alejándose del otro módulo de generación de flujo magnético, por medio de la conexión articulada, haciendo posible obtener acceso a la región entre los módulos de generación de flujo magnético, es decir la región que alberga el rotor. Esto puede ser deseable para el mantenimiento o las operaciones de servicio del generador. Además, es posible fijar una de las partes de soporte de estator a una subunidad colindante o a un soporte durante movimientos de la otra parte de soporte de estator de la misma subunidad por medio de la conexión articulada. Como tal, uno de los módulos de generación de flujo magnético se mantiene inmóvil en relación con el estator, mientras que el otro módulo de generación de flujo magnético se mueve por medio de la parte de soporte de estator asociada y su conexión articulada.

Al menos dos subunidades o dos grupos de subunidades pueden definir subgeneradores separados eléctricamente. Dado que los subgeneradores están separados eléctricamente, pueden funcionar independientemente entre sí. Esto proporciona la posibilidad de continuar la producción de potencia a un nivel de potencia reducido en el caso de una avería de uno de los subgeneradores. En este caso el subgenerador que sufre una avería puede desacoplarse, mientras el/los subgenerador(es) restante(s) continua/continúan produciendo potencia. Además, en el caso de viento reducido, uno o más subgeneradores pueden apagarse, manteniendo de ese modo la producción de potencia a un nivel de potencia reducido por medio del/de los subgenerador(es) restante(s).

Las subunidades pueden ser pasivamente móviles unas en relación con otras a lo largo de la dirección transversal, es decir el movimiento relativo a lo largo de la dirección transversal puede proporcionarse sin el uso de medios activos, tales como actuadores o similares.

El generador puede comprender al menos dos estatores dispuestos a lo largo de segmentos angulares separados del rotor. Según esta realización, los estatores están dispuestos de tal manera que solo parte del rotor está dispuesta adyacente a un estator en cualquier momento dado, es decir los estatores no ocupan la totalidad de la periferia definida por el rotor.

Los segmentos angulares separados están distribuidos preferiblemente de manera sustancialmente uniforme a lo largo de la periferia definida por el rotor, y los estatores preferiblemente ocupan segmentos angulares de tamaño sustancialmente igual. Por ejemplo, el generador puede comprender dos estatores dispuestos sustancialmente opuestos entre sí, por ejemplo ocupando cada uno un segmento angular de aproximadamente 60°. Como alternativa, el generador puede comprender tres estatores dispuestos con aproximadamente 120° entre segmentos de estator colindantes, o el generador puede comprender cualquier otro número adecuado o deseable de estatores.

Como alternativa, el generador puede comprender un único estator dispuesto a lo largo de la totalidad de la periferia del rotor, es decir extendiéndose el estator a lo largo de 360°. Como otra alternativa, un único estator puede extenderse a lo largo de una parte angular más pequeña de la periferia definida por el rotor.

El generador puede ser un generador de flujo magnético axial con un entrehierro entre los módulos de generación de flujo magnético y extendiéndose el rotor sustancialmente paralelo al eje de rotación del rotor. De ese modo, las líneas de flujo magnético generadas a medida que el rotor se mueve pasando por los módulos de generación de flujo magnético también se extienden sustancialmente paralelas al eje de rotación del rotor. Por consiguiente, las fuerzas que actúan entre el rotor y los estatores también se extienden sustancialmente paralelas al eje de rotación del rotor, minimizando de ese modo las fuerzas que actúan sustancialmente de manera perpendicular al eje de rotación. Esto reduce las cargas introducidas en el generador.

Alternativamente, el generador puede ser un generador de flujo magnético radial con un entrehierro entre los módulos de generación de flujo magnético y extendiéndose el rotor sustancialmente perpendicular al eje de rotación del rotor.

Según un segundo aspecto, la invención proporciona una turbina eólica que comprende al menos un generador según el primer aspecto de la invención.

- 5 La turbina eólica puede comprender dos generadores según el primer aspecto de la invención, estando montados los rotores de dichos generadores en un árbol de rotación común. Según esta realización, los generadores pueden estar montados, por ejemplo, en lados opuestos de una construcción de torre que porta los generadores. De ese modo la producción de potencia de la turbina eólica puede aumentarse significativamente, posiblemente doblarse, en comparación con una turbina eólica que comprende solo un generador.
- El/Los rotor(es) del/de los generador(es) puede(n) conectarse a un conjunto de palas de turbina eólica, es decir los movimientos rotacionales del/de los rotor(es) pueden ser un resultado del viento que actúa sobre las palas de turbina eólica.
- 10 La turbina eólica puede ser una turbina eólica de eje horizontal, es decir puede ser de una clase que tiene un conjunto de palas de turbina eólica montadas en o conectadas a un eje principal dispuesto de manera rotacional, y extendiéndose a lo largo de una dirección sustancialmente horizontal.
- Como alternativa, la turbina eólica puede ser una turbina eólica de eje vertical, es decir puede ser de una clase que tiene un conjunto de palas de turbina eólica montadas en o conectadas a un eje principal dispuesto de manera rotacional, y extendiéndose a lo largo de una dirección sustancialmente vertical.
- 15 El generador puede ser un generador de accionamiento directo, o un generador sin engranaje. Según esta realización, el rotor se acciona directamente mediante las palas de turbina eólica, es decir el viento que actúa sobre las palas de turbina eólica directamente proporciona los movimientos relativos entre el rotor y los estatores sin el uso de una fase de engranaje. Como alternativa, la turbina eólica puede comprender un sistema de engranaje dispuesta entre las palas de turbina eólica y el rotor del generador. El sistema de engranaje normalmente aumenta la velocidad de rotación, es decir la velocidad de rotación de un árbol de entrada del generador es mayor que la velocidad de rotación de un eje principal acoplado a y accionado mediante las palas de turbina eólica.
- 20 Según un tercer aspecto la invención proporciona un método para realizar operaciones de servicio en un generador de una turbina eólica, comprendiendo el generador un rotor configurado para rotar alrededor de un eje de rotación, y al menos un estator dispuesto junto al rotor, comprendiendo cada estator al menos dos subunidades, estando dispuestas las subunidades una al lado de otra a lo largo de una dirección de movimiento del rotor, comprendiendo cada subunidad un primer módulo de generación de flujo magnético y un segundo módulo de generación de flujo magnético dispuestos en lados opuestos del rotor y separados de la misma, estando conectados entre sí el primer módulo de generación de flujo magnético y el segundo módulo de generación de flujo magnético de al menos una subunidad por medio de una conexión articulada, comprendiendo el método las etapas de:
- 25 - fijar el primer módulo de generación de flujo magnético de una primera subunidad,
- mover el segundo módulo de generación de flujo magnético de la primera subunidad relativamente con respecto al primer módulo de generación de flujo magnético, por medio de la conexión articulada, proporcionando acceso de ese modo a una región entre los módulos de generación de flujo magnético y el rotor, y
- 30 - realizar operaciones de servicio en el generador, por medio de dicho acceso proporcionado.
- 35 De nuevo, el tercer aspecto de la invención se refiere a un método para realizar operaciones de servicio en un generador de una turbina eólica. El generador es preferiblemente un generador según el primer aspecto de la invención, de la clase en la que los módulos de generación de flujo magnético del estator están dispuestos en lados opuestos del rotor, estando conectados entre sí los módulos de generación de flujo magnético por medio de una conexión articulada, por ejemplo una conexión articulada entre partes de soporte de estator opuestas en las que
- 40 están montados los módulos de generación de flujo magnético. Los comentarios expuestos anteriormente con referencia al primer aspecto de la invención son por tanto igualmente aplicables en este caso.
- En el método según el tercer aspecto de la invención, el primer módulo de generación de flujo magnético de una primera subunidad se fija inicialmente. De ese modo se impiden movimientos adicionales del primer módulo de generación de flujo magnético, y la posición del primer módulo de generación de flujo magnético se controla de ese modo.
- 45 A continuación, el segundo módulo de generación de flujo magnético de la primera subunidad se mueve en relación con el primer módulo de generación de flujo magnético, por medio de la conexión articulada. Por tanto, se realiza un movimiento basculante o de rotación del segundo módulo de generación de flujo magnético, mientras que el primer módulo de generación de flujo magnético se mantiene inmovilizado. De ese modo el segundo módulo de generación de flujo magnético se mueve alejándose del rotor y del primer módulo de generación de flujo magnético. Mover el segundo módulo de generación de flujo magnético de esta manera introduce una abertura en la posición en la que
- 50 está dispuesto el segundo módulo de generación de flujo magnético durante el funcionamiento normal. Por medio de esta abertura, puede obtenerse acceso a una región entre los módulos de generación de flujo magnético y el rotor, es decir la región en la que el rotor se mueve durante el funcionamiento normal del generador.
- 55 Finalmente, se realizan operaciones de servicio en el generador, por medio del acceso proporcionado. Por tanto, es posible realizar operaciones de servicio en los módulos de generación de flujo magnético y en el rotor. Esto es

posible debido a la conexión articulada entre los módulos de generación de flujo magnético, que permite mover el segundo módulo de generación de flujo magnético tal como se describió anteriormente, que proporciona acceso de ese modo a la región entre los módulos de generación de flujo magnético y el rotor.

5 La etapa de fijar el primer módulo de generación de flujo magnético puede comprender fijar el primer módulo de generación de flujo magnético a una segunda subunidad. La segunda subunidad puede ser ventajosamente una subunidad colindante. Como alternativa, el primer módulo de generación de flujo magnético puede fijarse a una parte de soporte. Esto se ha descrito en detalle anteriormente con referencia al primer aspecto de la invención.

10 El método puede comprender además la etapa de liberar una conexión entre el primer módulo de generación de flujo magnético y el segundo módulo de generación de flujo magnético, antes de la etapa de mover el segundo módulo de generación de flujo magnético. Durante el funcionamiento normal, el primer módulo de generación de flujo magnético y el segundo módulo de generación de flujo magnético están fijados preferiblemente uno en relación con otro para mantener un entrehierro sustancialmente uniforme entre el rotor y los módulos de generación de flujo magnético. Por tanto, durante el funcionamiento normal no deberá permitirse que los módulos de generación de flujo magnético se muevan uno en relación con otro por medio de la conexión articulada. Por consiguiente, para permitir que el segundo módulo de generación de flujo magnético se mueva relativamente con respecto al primer módulo de generación de flujo magnético en el caso en que se desea realizar operaciones de servicio en el generador, es necesario liberar una conexión que fija los módulos de generación de flujo magnético uno en relación con otro durante el funcionamiento normal.

20 La conexión entre los módulos de generación de flujo magnético puede ser, por ejemplo, una conexión por perno sencilla, u otra clase adecuada de conexión.

Breve descripción de los dibujos

A continuación se describirá la invención en más detalle con referencia a los dibujos adjuntos en los que

la figura 1 es una vista en perspectiva de una turbina eólica según una realización de la invención,

la figura 2 es una vista en perspectiva de un estator de un generador según una realización de la invención,

25 la figura 3 muestra un detalle del estator de la figura 2,

la figura 4 muestra otro detalle del estator de la figura 2, y

la figura 5 es una vista en sección transversal de un generador que comprende el estator de la figura 2.

Descripción detallada de los dibujos

30 La figura 1 es una vista en perspectiva de una turbina eólica 1 según una realización de la invención. La turbina eólica 1 comprende una torre de turbina eólica 2 que tiene un rotor 3 y dos estatores 4 montados sobre la misma, formando parte el rotor 3 y los estatores 4 de un generador 5. Tres palas de turbina eólica 6 están montadas en el rotor 3 de tal manera que el rotor 3 rota en relación con los estatores 4 debido al viento que actúa sobre las palas de turbina eólica 6.

35 La turbina eólica 1 es una turbina eólica de accionamiento directo, es decir el rotor 3 del generador 5 se acciona directamente mediante las palas de turbina eólica 6 sin una etapa de engranaje para aumentar las velocidades de rotación.

Los estatores 4 están dispuestos sustancialmente opuestos entre sí, ocupando cada uno un segmento angular de aproximadamente 60° a lo largo de una periferia definida por el rotor 3. Aunque solo se muestran dos estatores 4, en realizaciones alternativas puede incluirse un número adicional de estatores.

40 La figura 2 es una vista en perspectiva de un estator 4 de un generador según una realización de la invención. El estator 4 comprende cuatro armazones de estator 7, teniendo cada uno tres subunidades 8 montadas en el mismo, estando dispuestas las subunidades 8 una al lado de otra. Cada subunidad 8 comprende dos módulos de generación de flujo magnético 9 dispuestos opuestos y separados entre sí, definiendo de ese modo un conducto entre los mismos, a través del cual puede pasar un rotor (no mostrado) durante el funcionamiento normal del generador. El rotor porta imanes permanentes, electroimanes, o algún otro material activo o componente diseñado para interactuar con los módulos de generación de flujo magnético 9 para generar corriente eléctrica. Específicamente, se mantiene un entrehierro entre el rotor y cada módulo de generación de flujo magnético 9. A medida que el material activo del rotor se mueve pasando por los módulos de generación de flujo magnético 9, el flujo magnético se mueve a través del entrehierro. Este flujo magnético en movimiento induce una corriente en los devanados montados cerca de los módulos de generación de flujo magnético 9.

50 Los módulos de generación de flujo magnético 9 están montados cada uno en una parte de soporte de estator 10, y para cada subunidad 8, dos partes de soporte de estator 10 están conectadas entre sí por medio de una conexión articulada 11, permitiendo mover de ese modo las partes de soporte de estator 10 y los módulos de generación de

flujo magnético 9 montados en las mismas unos en relación con otros por medio de la conexión articulada 11. Esto se describirá en más detalle a continuación con referencia a la figura 3.

Las subunidades 8 están montadas en el armazón de estator 7 de tal manera que pueden moverse unas en relación con otras a lo largo de una dirección que es sustancialmente transversal a la dirección de movimiento del rotor durante el funcionamiento normal del generador, es decir en una dirección hacia o alejándose del conducto definido entre los módulos de generación de flujo magnético 9. Según un aspecto que no forma parte de la invención, cuando hay pequeñas irregularidades presentes en el rotor (por ejemplo, debido a deformaciones, tolerancias de mecanizado, etc.), o se producen otras variaciones en los entrehierros entre el rotor y los módulos de generación de flujo magnético 9, tales irregularidades o variaciones pueden compensarse mediante una subunidad 8 que se mueve ligeramente en relación con una subunidad 8 colindante, sin afectar a la subunidad 8 colindante. De ese modo es posible mantener un entrehierro uniforme y sustancialmente constante entre el rotor 3 y cada uno de los módulos de generación de flujo magnético 9. Los movimientos transversales de las subunidades 8 se proporcionan pasivamente debido a propiedades inherentes, tales como propiedades de material, diseño geométrico, etc., de los armazones de estator 7 y/o las partes de soporte de estator 10. Los armazones de estator 7 y las partes de soporte de estator 10 en combinación conforman o forman parte de una estructura de soporte de estator.

Según un aspecto que no forma parte de la invención, los armazones de estator 7 y/o las partes de soporte de estator 10 pueden definir una fuerza elástica cargada previamente que actúa contra fuerzas magnéticas que se producen entre el rotor y los módulos de generación de flujo magnético 9 durante el funcionamiento del generador. En este caso la fuerza elástica cargada previamente garantiza automáticamente que cualquier fluctuación en el entrehierro entre el rotor y los módulos de generación de flujo magnético 9 se compensa, ayudando de ese modo a mantener un entrehierro uniforme y constante.

Según un aspecto que no forma parte de la invención, cada subunidad 8 está dotada además de ocho unidades de cojinete. Aunque las unidades de cojinete 12 se muestran en forma de cojinetes neumáticos, se apreciará que pueden usarse otros tipos de cojinetes (por ejemplo, cojinetes de rodillos, cojinetes de deslizamiento, cojinetes hidrodinámicos, cojinetes hidrostáticos, etc.) en lugar de o además de cojinetes neumáticos. De manera adicional, el número y la ubicación de las unidades de cojinete 12 pueden variar. En la figura 2, las unidades de cojinete 12 de cada subunidad están dispuestas por encima y por debajo de los módulos de generación de flujo magnético 9. Cada unidad de cojinete 12 incluye un cuerpo que define una cavidad con un extremo abierto orientado hacia el rotor. Una fuente de fluido a presión (no mostrada) está conectada a cada unidad de cojinete 12, cuyos cuerpos dirigen el fluido contra el rotor creando de ese modo una película de fluido entre las cavidades y el rotor. La película de fluido ayuda a mantener un entrehierro uniforme entre el material activo del rotor y los módulos de generación de flujo magnético 9.

La figura 3 muestra el estator 4 de la figura 2 en más detalle. En la figura 3 una de las partes de soporte de estator 10 de una de las subunidades 8 se ha movido en relación con la otra parte de soporte de estator 10 de esa subunidad 8, por medio de la conexión articulada 11. Por tanto, una de las partes de soporte de estator 10, y de ese modo los módulos de generación de flujo magnético 9 montados en las mismas, se ha rotado alejándose del conducto a través del cual pasa el rotor durante el funcionamiento normal del generador. De ese modo es posible obtener acceso a una región entre el rotor y los módulos de generación de flujo magnético 9. Esto permite realizar fácilmente operaciones de servicio en partes en esta región del generador, por ejemplo en los módulos de generación de flujo magnético 9, las unidades de cojinete 12 y/o el rotor.

Un método para realizar operaciones de servicio en un generador que comprende el estator 4 de las figuras 2 y 3 puede realizarse de la siguiente manera. Inicialmente, una de las partes de soporte de estator 10 ("primera" parte de soporte de estator) se fija independientemente de la otra parte de soporte de estator 10 en la misma subunidad 8 ("segunda" parte de soporte de estator), por ejemplo uniendo la parte de soporte de estator 10 a una subunidad 8 colindante, impidiendo de ese modo que la parte de soporte de estator 10 se mueva por medio de la conexión articulada 11. Entonces la conexión por perno (no mostrada) entre las dos partes de soporte de estator 10 de la subunidad 8 se libera, permitiendo de ese modo un movimiento relativo entre las partes de soporte de estator 10. Posteriormente, la segunda parte de soporte de estator 10, junto con el módulo de generación de flujo magnético 9 montado en la misma, se mueve por medio de la conexión articulada 11 a la posición mostrada en la figura 3. En este punto es posible realizar un mantenimiento u operaciones de servicio en el generador en la región entre el rotor y los módulos de generación de flujo magnético 9, tal como se describió anteriormente. Cuando se han completado las operaciones de servicio, la segunda parte de soporte de estator 10 se devuelve a la posición de funcionamiento mostrada en la figura 2, por medio de la conexión articulada 11. Entonces, la conexión por perno entre las partes de soporte de estator 10 vuelve a establecerse, y la fijación de la primera parte de soporte de estator 10 se libera. Entonces el generador está de nuevo listo para el funcionamiento normal.

La figura 4 muestra otro detalle del estator 4 de la figura 2. En la figura 4 la conexión articulada 11 es visible.

La figura 5 es una vista en sección transversal de un generador 5 que comprende el estator 4 de la figura 2. En la figura 5 el rotor 3 está dispuesto en el conducto definido entre los módulos de generación de flujo magnético 9 del estator 4. También resulta evidente a partir de la figura 5 que el entrehierro definido entre el rotor 3 y los módulos de generación de flujo magnético 9 es muy pequeño.

En la figura 5 la forma de las partes de soporte de estator 10 puede verse claramente. Cada parte de soporte de estator 10 tiene una forma curvada. Según un aspecto que no forma parte de la invención, el grosor de material es más grueso en la posición en la que las partes de soporte de estator 10 están montadas en el armazón de estator 7, y disminuye gradualmente a lo largo de la forma curvada en una dirección alejándose del punto de montaje. De ese modo las partes de soporte de estator 10 son más flexibles en una posición próxima a los módulos de generación de flujo magnético 9 que en una posición próxima al armazón de estator 7. Además, la forma curvada está diseñada de una manera que minimiza la deformación introducida en la parte de soporte de estator 10 durante el funcionamiento del generador. La forma de la parte de soporte de estator 10 se selecciona cuidadosamente de tal manera que se proporciona una fuerza elástica cargada previamente que actúa contra fuerzas magnéticas que se producen entre el rotor 3 y los módulos de generación de flujo magnético 9. Más particularmente, las fuerzas magnéticas que se producen entre el rotor 3 y los módulos de generación de flujo magnético 9 tenderán a tirar de los módulos de generación de flujo magnético 9 hacia el rotor 3. La forma de la parte de soporte de estator 10 está diseñada de tal manera que ésta se ve contrarrestada de manera automática y pasiva por la parte de soporte de estator 10.

Los módulos de generación de flujo magnético 9 están montados en las partes de soporte de estator 10 de tal manera que un punto de contacto entre una parte de soporte de estator 10 y el correspondiente módulo de generación de flujo magnético 9 se coloca sustancialmente a medio camino entre un borde superior y un borde inferior del módulo de generación de flujo magnético 9, es decir aproximadamente en una región central del módulo de generación de flujo magnético 9. Además, la forma de la parte de soporte de estator 10 cerca de este punto de contacto está diseñada de tal manera que las fuerzas transferidas entre la parte de soporte de estator 10 y el módulo de generación de flujo magnético 9 se transfieren a lo largo de una dirección que es sustancialmente perpendicular a una dirección radial definida por el rotor 3, así como a la dirección de movimiento del rotor 3. De ese modo se obtiene que las fuerzas transferidas entre la parte de soporte de estator 10 y el módulo de generación de flujo magnético 9 no tenderán a "inclinarse" el módulo de generación de flujo magnético 9, creando de ese modo una variación en el tamaño del entrehierro definido entre el rotor 3 y el módulo de generación de flujo magnético 9 a lo largo de la dirección radial.

Según un aspecto que no forma parte de la invención, cuatro unidades de cojinete 12 son visibles. Cada unidad de cojinete 12 incluye un cuerpo 16 que define una cavidad 14 con un extremo abierto orientado hacia el rotor 3. Una fuente de fluido a presión (no mostrada) está conectada a cada unidad de cojinete 12, cuyos cuerpos 16 dirigen el fluido contra el rotor 3 creando de ese modo una película de fluido entre las cavidades 14 y el rotor 3. La película de fluido ayuda a mantener un entrehierro uniforme entre el material activo del rotor 3 y los módulos de generación de flujo magnético 9. En las unidades de cojinete 12 mostradas en las figuras 2-5, la cavidad 14 de cada unidad de cojinete 12 está conectada de manera fijada a un conducto de fluido 13 que guía fluido a presión desde la fuente de fluido a presión hasta la cavidad 14.

35

REIVINDICACIONES

1. Generador (5) para una turbina eólica (1), comprendiendo el generador:
 - un rotor (3) configurado para rotar alrededor de un eje de rotación, y
 - al menos un estator (4) dispuesto junto al rotor, comprendiendo cada estator al menos dos subunidades (8), estando dispuestas las subunidades una al lado de otra a lo largo de una dirección de movimiento del rotor, comprendiendo cada subunidad al menos un módulo de generación de flujo magnético (9) orientado hacia el rotor pero separado del mismo,

en el que las subunidades pueden moverse unas en relación con otras a lo largo de una dirección que es sustancialmente transversal a la dirección de movimiento del rotor (3),

en el que cada subunidad comprende un primer módulo de generación de flujo magnético (9) y un segundo módulo de generación de flujo magnético (9) dispuestos en lados opuestos del rotor,

en el que el primer módulo de generación de flujo magnético y el segundo módulo de generación de flujo magnético están montados en partes de soporte de estator separadas (10), caracterizado porque dichas partes de soporte de estator separadas (10) están conectadas entre sí por medio de una conexión articulada (11).
2. Generador según la reivindicación 1, en el que una de las partes de soporte de estator (10) de una subunidad (8) está configurada para fijarse a una subunidad colindante o a un soporte durante movimientos de la otra parte de soporte de estator de la subunidad por medio de la conexión articulada (11).
3. Generador según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que al menos dos subunidades o dos grupos de subunidades definen subgeneradores separados eléctricamente.
4. Generador según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que las subunidades son pasivamente móviles unas en relación con otras a lo largo de la dirección transversal.
5. Generador según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el generador comprende al menos dos estatores (4) dispuestos a lo largo de segmentos angulares separados del rotor (3).
6. Generador según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el generador es un generador de flujo magnético axial con un entrehierro entre los módulos de generación de flujo magnético y extendiéndose el rotor paralelo al eje de rotación del rotor.
7. Turbina eólica (1) que comprende al menos un generador (5) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores.
8. Turbina eólica según la reivindicación 7, en la que el rotor del generador está conectado a un conjunto de palas de turbina eólica (6).
9. Turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 7-8, siendo la turbina eólica una turbina eólica de eje horizontal.
10. Turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 7-9, en la que el generador es un generador de accionamiento directo.
11. Método para realizar operaciones de servicio en un generador (5) de una turbina eólica (1), comprendiendo el generador un rotor (3) configurado para rotar alrededor de un eje de rotación, y al menos un estator (4) dispuesto junto al rotor, comprendiendo cada estator al menos dos subunidades (8), estando dispuestas las subunidades una al lado de otra a lo largo de una dirección de movimiento del rotor, comprendiendo cada subunidad un primer módulo de generación de flujo magnético (9) y un segundo módulo de generación de flujo magnético dispuestos en lados opuestos del rotor y separados de la misma, caracterizado porque el primer módulo de generación de flujo magnético y el segundo módulo de generación de flujo magnético de al menos una subunidad están conectados entre sí por medio de una conexión articulada (11), comprendiendo el método las etapas de:
 - fijar el primer módulo de generación de flujo magnético de una primera subunidad,
 - mover el segundo módulo de generación de flujo magnético de la primera subunidad relativamente con respecto al primer módulo de generación de flujo magnético, por medio de la conexión articulada, proporcionando acceso de ese modo a una región entre los módulos de generación de flujo magnético y el rotor, y
 - realizar operaciones de servicio en el generador, por medio de dicho acceso proporcionado.

12. Método según la reivindicación 11, en el que la etapa de fijar el primer módulo de generación de flujo magnético comprende fijar el primer módulo de generación de flujo magnético a una segunda subunidad.
 13. Método según la reivindicación 11 ó 12, que comprende además la etapa de liberar una conexión entre el primer módulo de generación de flujo magnético y el segundo módulo de generación de flujo magnético, antes de la etapa de mover el segundo módulo de generación de flujo magnético.
- 5

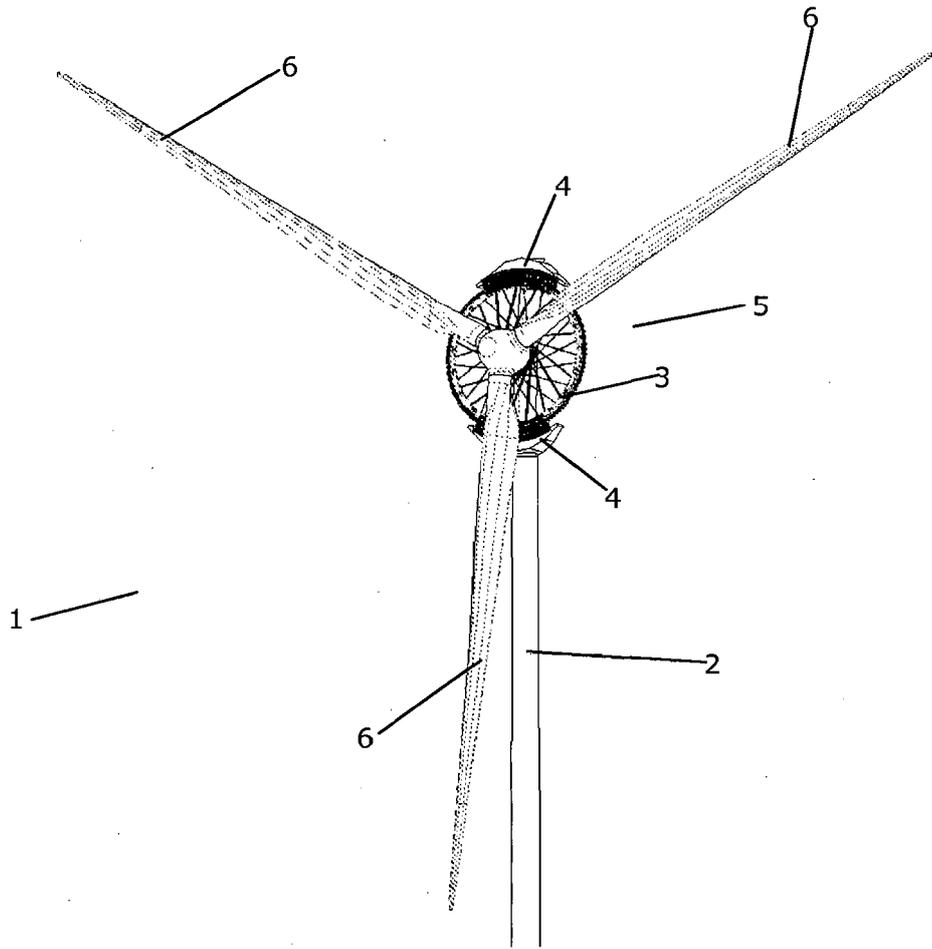


Fig. 1

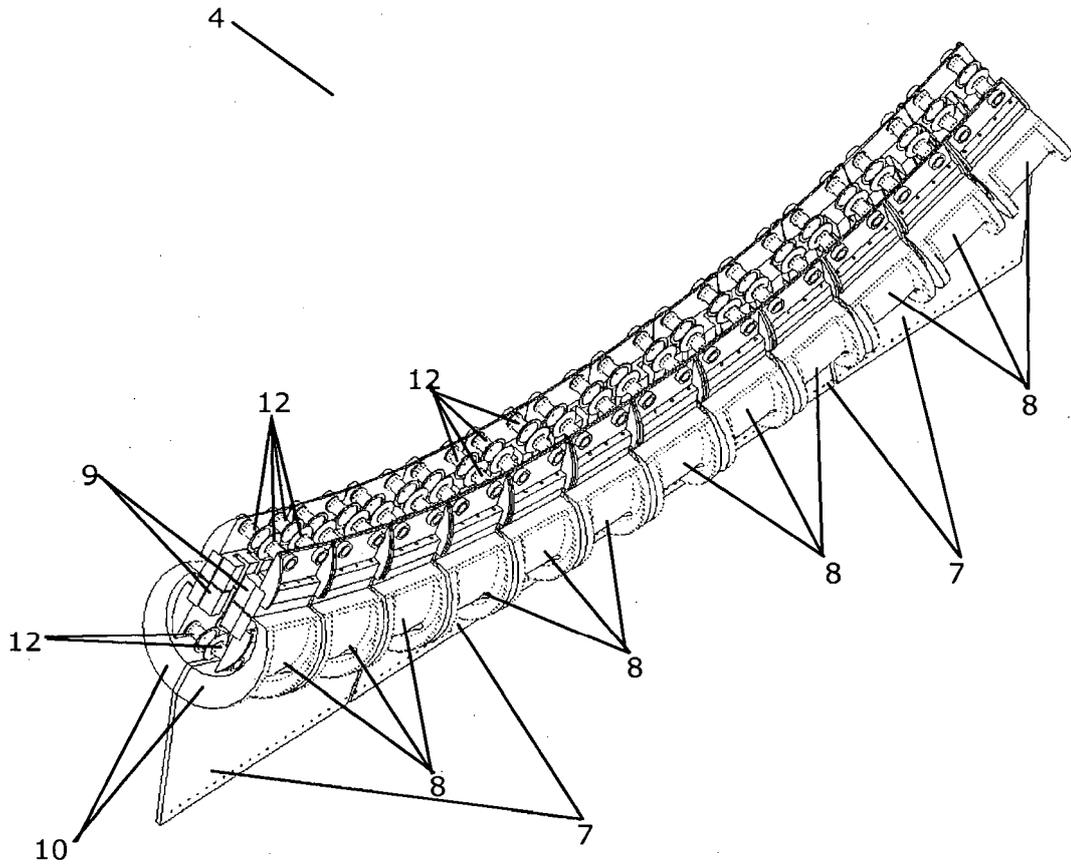


Fig. 2

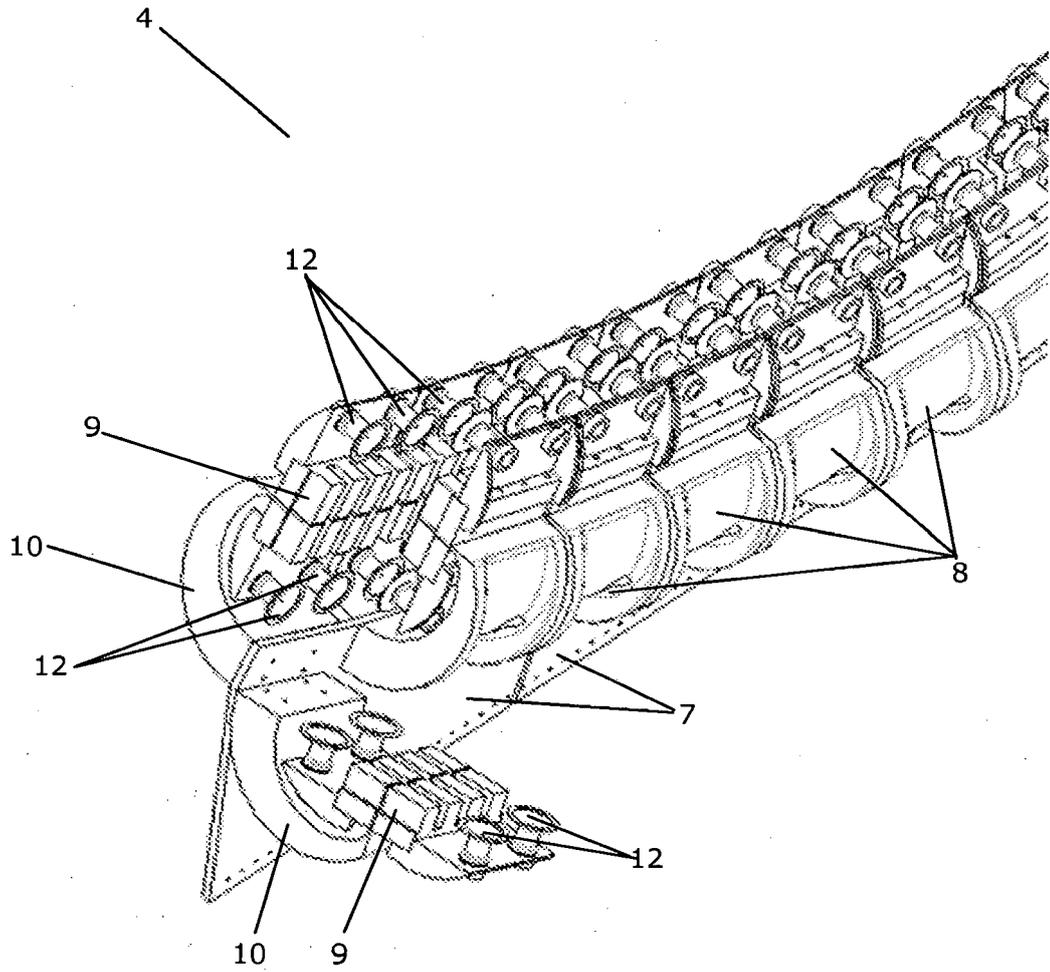


Fig. 3

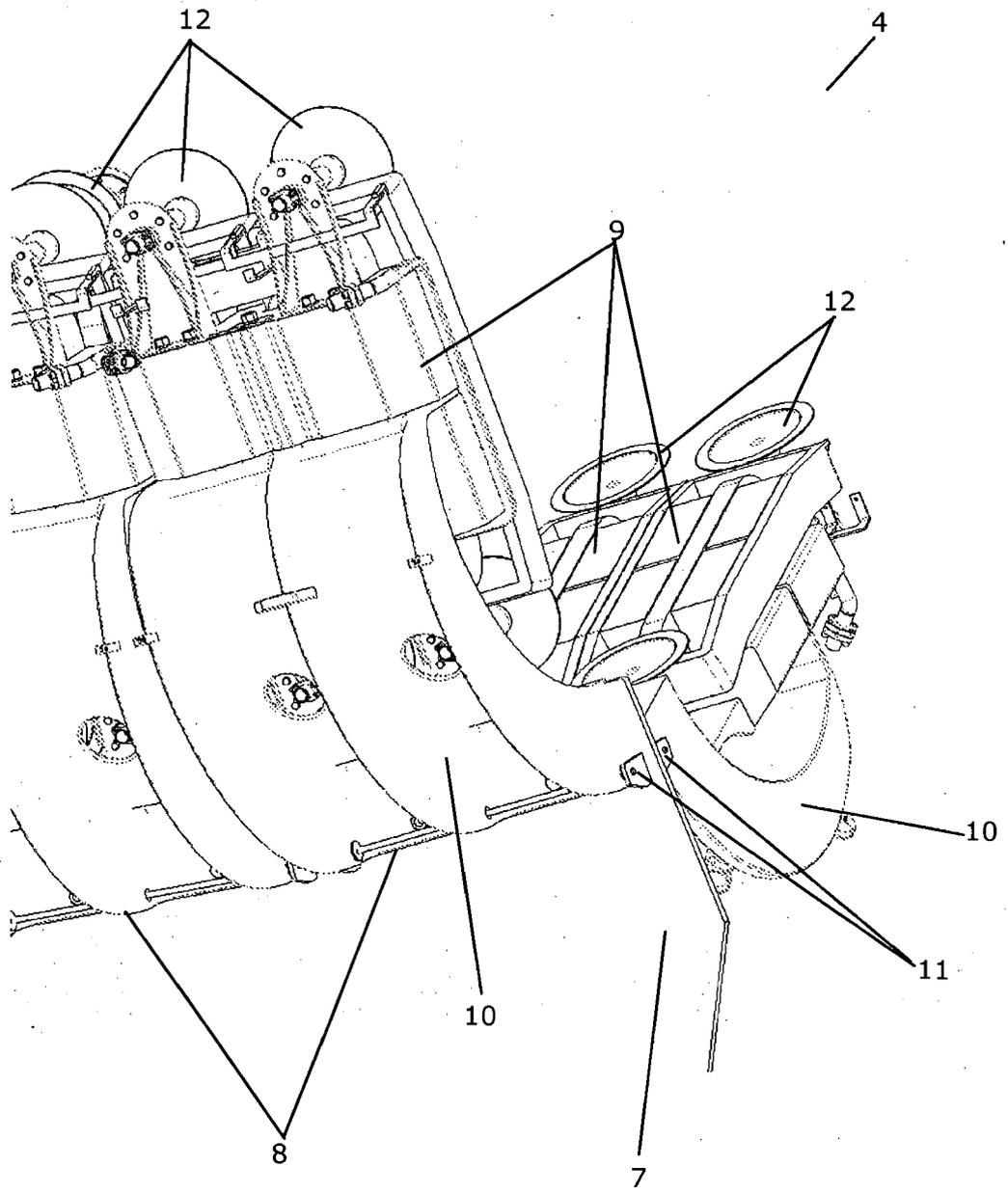


Fig. 4

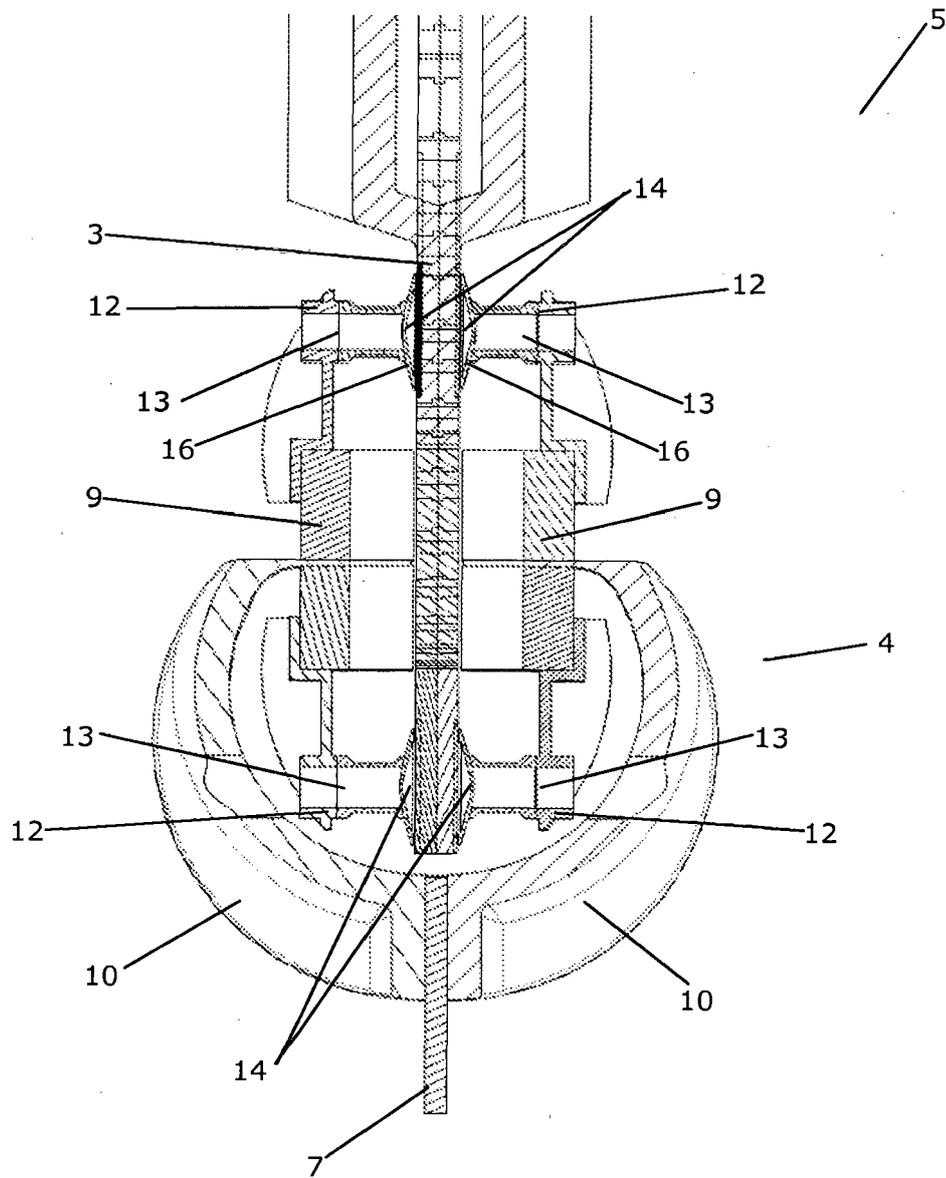


Fig. 5