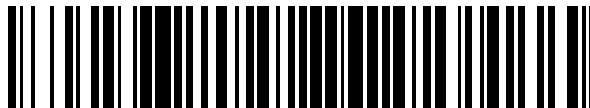


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 626 535**

51 Int. Cl.:

H02K 7/09 (2006.01)

F16C 39/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.10.2002 PCT/FI2002/00842**

87 Fecha y número de publicación internacional: **08.05.2003 WO03038973**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.10.2002 E 02772435 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.05.2017 EP 1440499**

54 Título: **Un método para disponer una máquina eléctrica sobre cojinetes, y un conjunto de cojinetes de una máquina eléctrica**

30 Prioridad:

31.10.2001 FI 20012105

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

25.07.2017

73 Titular/es:

**SULZER MANAGEMENT AG (100.0%)
Neuwiesenstrasse 15
8401 Winterthur, CH**

72 Inventor/es:

LIKKANEN, MATTI

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 626 535 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

Un método para disponer una máquina eléctrica sobre cojinetes, y un conjunto de cojinetes de una máquina eléctrica

La presente invención se refiere a un conjunto de cojinetes de pivote de muñón para el cojinete de seguridad de una máquina eléctrica de alta velocidad, cuya máquina eléctrica de alta velocidad comprende un rotor dispuesto para ser giratorio, un estator, y al menos un cojinete sin contacto para el cojinete durante el funcionamiento de la máquina eléctrica de alta velocidad, cuyo conjunto de cojinetes de muñón comprende al menos tres medios de cojinetes simétricos rotatorios que están montados sobre cojinetes en relación a su centro de rotación, y porque dichos al menos tres medios de cojinetes simétricos rotatorios están colocados alrededor de un árbol sustancialmente simétrico, de manera que el diámetro del círculo imaginario mayor dentro de los medios de cojinete es mayor que el diámetro del árbol en los medios de cojinetes. La invención se refiere también a una máquina eléctrica de alta velocidad que comprende un conjunto de cojinetes de muñón para el cojinete de seguridad de una máquina eléctrica, un rotor dispuesto para ser giratorio, un estator y al menos un cojinete sin contacto para el cojinete durante la operación de la máquina eléctrica de alta velocidad, cuyo conjunto de cojinetes de muñón comprende al menos tres medios de cojinetes simétricos rotatorios, que están montados sobre cojinetes en relación a su centro de rotación y porque dichos al menos tres medios de cojinetes simétricos rotatorios están colocados alrededor de un árbol sustancialmente simétrico, de manera que el centro de rotación de los medios de cojinete está colocado sobre la circunferencia sustancialmente del mismo círculo, de tal manera que el diámetro del círculo imaginario mayor dentro del medio de cojinete es mayor que el diámetro del árbol en los medios de cojinete. Además, la invención se refiere a un método para el cojinete de seguridad de una máquina eléctrica de alta velocidad por medio de un conjunto de cojinetes de muñón, cuya máquina eléctrica de alta velocidad comprende un rotor dispuesto para ser giratorio con relación a un árbol, un estator, y al menos un cojinete sin contacto para el cojinete durante la operación de la máquina eléctrica de alta velocidad, en cuyo método el cojinete de muñón está dispuesto con al menos tres medios de cojinetes simétricos rotatorios que están montados sobre cojinetes en relación a su centro de rotación, y porque dichos al menos tres medios de cojinetes simétricos rotatorios están colocados alrededor de un árbol sustancialmente simétrica, de manera que el centro de rotación de los medios de cojinetes está colocado sobre la circunferencia sustancialmente del mismo círculo, de tal manera que el diámetro del círculo imaginario mayor dentro de los medios de cojinete es mayor que el diámetro del árbol en los medios de cojinete.

En particular, se conocen máquinas eléctricas de alta velocidad, que aplican cojinetes magnéticos para mantener el rotor de rotación de la máquina eléctrica en una posición deseada durante la rotación del rotor. El funcionamiento del cojinete magnético se basa en efectos de fuerza sobre el rotor, que deben producirse por campos magnéticos. El cojinete pasivo implementado por imanes permanentes se utiliza normalmente sólo en la construcción de instrumentos. En aplicaciones industriales, se utiliza un cojinete magnético activo controlado eléctricamente, en el que un dispositivo de control controla la corriente que debe suministrarse a los imanes eléctricos, de tal manera que la fuerza efectiva sobre la pieza ferromagnética lo mantiene flotando de una manera sin contacto. Por lo tanto, es un llamado cojinete sin contacto para reducir al mínimo la fricción y el desgaste entre el árbol del rotor y el cojinete.

No obstante, durante su rotación, el rotor puede estar sometido a efectos de fuerzas repentinas que son difíciles de compensar sólo por cojinetes magnéticos. Esto implica el riesgo de que el rotor pueda tocar el estator, el cojinete magnético u otra parte de la máquina eléctrica. En particular en motores de alta velocidad, este impacto puede causar la rotura de la máquina eléctrica. Para prevenir tal daño, las máquinas eléctricas con cojinetes magnéticos están provistas normalmente con un conjunto de cojinetes de muñón para prevenir causar daño o al menos para reducir significativamente el riesgo de causar daño. Además, el conjunto de cojinetes de muñón previene el impacto entre el estator y el rotor cuando se desconectan los cojinetes magnéticos, por ejemplo cuando de para la máquina eléctrica. Además, el conjunto de cojinetes de muñón es sensible al cojinete del rotor durante la parada del movimiento de rotación del rotor en situaciones de fallo, tales como fallos de potencia o daño en el conjunto de cojinete magnético. El cojinete de muñón es típicamente un cojinete basado en contacto, tal como un cojinete de fricción o un cojinete de bolas.

El conjunto de cojinetes de muñón debería estar provisto con una holgura adecuada con relación al rotor durante el funcionamiento normal. Las disposiciones de cojinetes de muñón conocidas en asociación con cojinetes magnéticos incluyen estructuras del tipo de cojinete de fricción, o bien lubricado o provisto con el suministro de un lubricante. Un ejemplo de tal disposición de cojinete se describe en la patente US 5.355.040. También es posible utilizar cojinetes de rodillos convencionales, como se presentan, por ejemplo, en la patente US 5.272.403. De otros campos de la tecnología se conoce utilizar un cojinete del tipo de rodillo de soporte para el soporte de sólidos de revolución. Ejemplos de tales dispositivos que merecen mención incluyen hornos giratorios horizontales, en los que la dirección de carga es casi constante y las velocidades de rotación son bajas.

La implementación de un conjunto de cojinetes de muñón que funciona bien implica varios problemas. Las causas de los problemas incluyen, por ejemplo, las altas velocidades de rotación que se utilizan comúnmente en máquinas con cojinetes magnéticos así como la holgura que se requiere entre el cojinete de muñón y el rotor por razones funcionales y que es a menudo claramente mayor que la holgura que se utiliza normalmente, por ejemplo, en

disposiciones de cojinetes de fricción. Además, a menudo es preferible proveer el rotor giratorio rápido con un diámetro grande, en el que también la velocidad periférica de los puntos de soporte es alta (> 100 m/s) y las velocidades giratorias admisibles de los cojinetes de rodillos con dimensiones adecuadas permanecen bajas. Cuando se incrementan las dimensiones de los cojinetes de rodillos, sus holguras estructurales también se incrementan. Esto causará también problemas en el ajuste de la holgura para el dispositivo. Cuando se incrementan las dimensiones de los cojinetes de rodillos, también se incrementan su inercia de masas y su par de fricción, que son ambos desfavorables para la aceleración y funcionamiento del cojinete. Además, cuando la máquina con cojinetes magnéticos está libre de lubricantes en otros aspectos, in indeseable utilizar lubricantes en los cojinetes de muñón.

En disposiciones de cojinetes radiales del tipo de fricción, la fricción entre el rotor y el cojinete se incrementará rápidamente. El desarrollo de una fuerza de fricción alta sobre el perímetro del rotor implicará el rotor en un movimiento de rotación que se determina de acuerdo con el cojinete de muñón. En este movimiento rotatorio, el centro del rotor orbita alrededor de una trayectoria circular que causa fuerzas centrífugas sobre el rotor. A la vista del funcionamiento del conjunto de cojinetes de muñón de tipo radial, es ventajoso si la velocidad de rotación del rotor sobre la trayectoria limitada por el cojinete de muñón permanece lo más baja posible. Si la velocidad de rotación se incrementa hasta un nivel alto, a menudo conduciría a fuerzas radiales que no tan grandes que son difíciles de controlar.

La patente US 5.752.774 describe una disposición para eliminar la holgura radial entre el rotor y el cojinete de muñón, cuando el árbol del rotor toca el cojinete de cojinete de muñón. El objetivo de esa invención era eliminar problemas que ocurren en la aplicación de las llamadas disposiciones convencionales, tales como impactos y la implicación del rotor en tal movimiento rotatorio que no tiene lugar alrededor del centro del rotor. En dicha publicación, el objetivo es reducir el efecto de impactos por medio de varias disposiciones de atenuador. La implicación en un movimiento giratorio, a su vez, se previene eliminando la holgura entre los medios de cojinetes y el rotor. La eliminación de la holgura entre el rotor y el cojinete de muñón, implementada de acuerdo con el principio básico de la publicación, requiere el uso de medios de cojinete montados para que sean móviles.

En motores de alta velocidad, la velocidad alta de rotación del rotor establece otros requerimientos especiales sobre la construcción del rotor y sobre el conjunto de cojinete, los más importantes de los cuales se describirán a continuación. Cuando el objetivo es conseguir una velocidad de rotación crítica de primer orden lo más alta posible, el árbol debe hacerse lo más corto posible y con un diámetro lo más grande posible. Por lo tanto, los diámetros llegan a ser tan grandes que cuando se selecciona el cojinete del rodillo sobre estos principios, la velocidad de rotación admisible del cojinete de muñón permanece baja y, por lo tanto, no es adecuada para aplicaciones a alta velocidad. Además, si ambos extremos del árbol ya están en uso, no es ventajoso proveer los extremos del rotor con un cojinete axial.

La geometría del cojinete radial debe estar diseñada para que resista la desviación del rotor hasta un estado móvil, en el que ambos giran alrededor de su propio árbol central y al mismo tiempo dicho árbol central orbita alrededor de una trayectoria circular, causando fuerzas centrífugas altas.

Un objeto de la presente invención es eliminar los inconvenientes mencionados anteriormente hasta una gran extensión y mejorar el estado de la técnica. La presente invención se basa en la idea de que los medios de cojinete son piezas simétricas rotatorias montadas sobre cojinetes en sus centros. Por decirlo con más precisión, la estructura de cojinete de acuerdo con la invención se caracteriza principalmente porque al menos algunos de los centros de rotación de los medios de cojinete están dispuestos en localizaciones sustancialmente constantes en el conjunto de cojinetes de muñón, y al menos algunos de los medios de cojinetes están dispuestos para limitar el movimiento del árbol en la dirección axial y porque los medios de cojinetes que limitan el movimiento en la dirección axial comprenden al menos un primer conjunto de medios de cojinetes, de tal manera que el centro de rotación del primer conjunto de medios de cojinetes se coloca sustancialmente en el mismo plano. La máquina eléctrica de acuerdo con la invención se caracteriza principalmente porque al menos algunos de los centros de rotación de los medios de cojinetes están dispuestos en localizaciones sustancialmente constantes en el conjunto de cojinetes de muñón y porque al menos algunos de los medios de cojinetes están dispuestos para limitar el movimiento del árbol en la dirección axial y porque los medios de cojinetes que limitan el movimiento en la dirección axial comprenden al menos un primer conjunto de medios de cojinetes, de tal manera que el centro de rotación del primer conjunto de medios de cojinetes está colocado sustancialmente en el mismo primer plano. Además, el método de acuerdo con la invención se caracteriza porque al menos algunos de los centros de rotación de los medios de cojinetes están dispuestos en localizados sustancialmente constantes en el conjunto de cojinetes de muñón, y al menos algunos de los medios de cojinetes están dispuestos en localizaciones sustancialmente constantes en el conjunto de cojinetes de muñón, y al menos algunos de los medios de cojinetes se utilizan para limitar el movimiento del árbol en la dirección axial, y porque de los medios de cojinetes que limitan el movimiento en la dirección axial, está previsto al menos un primer conjunto de los medios de cojinetes, cuyo centro de rotación está localizado sustancialmente en el mismo primer plano.

La presente invención muestra ventajas considerables sobre soluciones de la técnica anterior. Por medio de la disposición de acuerdo con la invención, el cojinete axial se puede colocar relativamente libre, que hace posible, por ejemplo, proporcionar una localización ventajosa para el centro de movimientos térmicos. La invención proporciona también libertad con vista a la posición operativa de la máquina eléctrica. Además, por la geometría de diseño de los cojinetes de acuerdo con la invención, es posible resistir la desviación del rotor hasta el estado móvil, en el que gira alrededor de su propio árbol central y el árbol central orbita al mismo tiempo alrededor de una trayectoria circular. Por lo tanto, no se desarrollarán fuerzas centrífugas causadas por el movimiento circular del tipo mencionado anteriormente hasta la misma extensión que en disposiciones de la técnica anterior. Las superficies de contacto de los cojinetes de muñón están fabricadas con preferencia de un material de baja fricción, que reducirá, por ejemplo, el calentamiento y el desgaste de los cojinetes. En una forma de realización de acuerdo con una forma de realización ventajosa de la invención, las superficies de contacto se forman de rodillos montados sobre cojinetes en relación a los centros de rotación, que pueden utilizarse también para reducir la fricción. Además, la disposición de acuerdo con la invención hace posible tanto cojinetes axiales como también cojinetes radiales. Por lo tanto, la disposición de los cojinetes es más sencilla, debido a que no se necesitarán cojinetes separados para el conjunto de cojinetes de muñón en la dirección axial y en la dirección radial.

A continuación se describirá la invención con más detalle con referencia a los dibujos anexos, en los que:

La figura 1a muestra un cojinete de muñón de acuerdo con una forma de realización ventajosa de la invención, vista desde el extremo del árbol y en una vista parcialmente en sección.

La figura 1b muestra el cojinete de muñón de la figura 1a en una sección transversal parcial, vista desde el lado.

La figura 2a muestra un cojinete de muñón de acuerdo con una segunda forma de realización ventajosa de la invención, vista desde el extremo del árbol y en una vista de la sección parcial.

La figura 2b muestra el cojinete de muñón de la figura 2a en una sección transversal parcial, vista desde el lado.

La figura 3a muestra un cojinete de muñón de acuerdo con una tercera forma de realización ventajosa de la invención, vista desde el extremo del árbol y en una vista de la sección parcial.

La figura 3b muestra el cojinete de muñón de la figura 3a en una sección transversal parcial, vista desde el lado.

La figura 4 muestra, en una vista de la sección transversal parcial reducida, una máquina eléctrica que aplica el conjunto de cojinetes de muñón de acuerdo con la invención.

La figura 5 muestra una vista de principio de un polígono que limita la trayectoria de movimiento del centro del rotor en una máquina eléctrica de acuerdo con una forma de realización ventajosa de la invención.

La figura 6a muestra un cojinete de muñón de acuerdo con una cuarta forma de realización ventajosa de la invención, vista desde el extremo del árbol y en una vista en sección parcial, y

La figura 6b muestra el cojinete de muñón de la figura 6a en una sección transversal parcial, vista desde el lado.

Se describirá a continuación, la estructura de un cojinete de muñón 1 de acuerdo con una forma de realización ventajosa de la invención, implementada en conexión con una máquina eléctrica de alta velocidad, con referencia a las figuras 1a y 1b. El rotor 3 de la máquina eléctrica 2 comprende un árbol 4. Para situaciones operativas, el rotor 3 está montado sobre cojinetes sin contacto, tales como cojinetes magnéticos 5. Por lo tanto, los cojinetes magnéticos 5 son controlados durante la operación de la máquina eléctrica 2, de tal manera que el árbol 4 se mantiene lo más estable posible, de manera que el rotor 3 no toca el estator 6. No obstante, el rotor 3 puede ser sometido a efectos de fuerzas que causan que el rotor 3 se desplace desde este centro. Por esta razón, la máquina eléctrica está provista con uno o más cojinetes de muñón 1. El cojinete de muñón mostrado en las figuras 1a y 1b está destinado para eliminar el efecto de desviaciones en la dirección radial, con preferencia como se indica a continuación. El cojinete de muñón 1 comprende medios de soporte 7 tales como rodillos, montados sobre cojinetes en relación a los centros de rotación que permanecen en posiciones sustancialmente constantes. En el montaje de los medios de soporte 7 es posible usar, por ejemplo, cojinetes de bolas u otras disposiciones del tipo de cojinetes de rodillos, en los que la pista de rodadura exterior del cojinete se utiliza como el rodillo, y el cojinete está dispuesto por medio de bolas 8 o similares, como se muestra en la vista de la sección transversal de la figura 1b. Los medios de cojinetes 7 están espaciados con preferencia, de tal manera que los centros de rotación de los medios de cojinetes están colocados sobre la circunferencia sustancialmente del mismo círculo. Los medios de cojinete 7 están colocados con preferencia de tal manera que los centros de rotación de los medios de cojinetes están colocados sobre la circunferencia sustancialmente del mismo círculo. El diámetro de este círculo se selecciona para que el diámetro del círculo imaginario mayor dentro del sistema de medios de soporte del cojinete de muñón 1 sea mayor que el diámetro D1 del carbón en el cojinete de muñón 1. De esta manera, el árbol 4 está en contacto con un máximo de dos medios de

soporte 7. El centro de rotación de los medios de soporte 7 permanecerá sustancialmente en una posición constante, independientemente de si el árbol 4 está en contacto no con dichos medios de soporte. Además, estos medios de soporte 7 limitan el movimiento del centro de rotación del árbol, de tal manera que la trayectoria máxima del centro de rotación del árbol no es un círculo geométrico, sino un polígono. Cuando el movimiento de rotación es menor que el polígono limitado por los medios de soporte, el movimiento de rotación puede ser también un círculo, pero el diámetro de este círculo es tan pequeño que la fuerza centrífuga causada por el movimiento de rotación no es peligrosamente grande. En el cojinete de muñón 1 de la figura 1a, existen siete medios de cojinete 7 colocados a intervalos regulares, donde los centros de rotación de los medios de soporte 7 están localizados sobre la circunferencia del círculo a intervalos de aproximadamente $51,4^\circ$. No obstante, será evidente que la invención no está limitada sólo por tales cojinetes de muñón, sino que el número de medios de soporte 7 puede variar en diferentes aplicaciones.

La alta velocidad de rotación del rotor 3 establece ciertos requerimientos especiales sobre la estructura del cojinete de muñón 1. La inercia de masas y el par de fricción de los medios de soporte 7 deberían reducirse a un mínimo. Por lo tanto, cuando el árbol 4 del rotor 3 que gira a alta velocidad toca un medio de soporte 7 del cojinete de muñón 1, este medio de soporte comenzará a girar. Gracias a la inercia de masas alta, los medios de soporte alcanzarán relativamente rápido una velocidad de rotación que corresponde a la velocidad de rotación del árbol, donde el efecto térmico de la fuerza de fricción causada por la diferencia en la velocidad entre el árbol 4 y los medios de soporte 7 es relativamente reducido en el tiempo. Además, el par de fricción bajo reducirá también el calentamiento del árbol 4 y de los medios de soporte 7, cuando la velocidad de rotación de los medios de soporte 7 es menor que la velocidad de rotación del árbol 4 que toca los medios de soporte 7. Medios de soporte 7 conocidos con fricción muy baja incluyen, por ejemplo, cojinetes de bolas, cojinetes de bolas angulares de una hilera, y cojinetes de rodillos cilíndricos cargados con soportes. No obstante, será evidente que la presente invención no está limitada sólo para aplicar los medios de soporte mencionados aquí.

Debe dejarse una cierta holgura entre el rotor 3 y el cojinete de muñón, en la que la magnitud de esta holgura afectará, por ejemplo, al número de medios de soporte 7 en el cojinete de muñón 1. El número de medios de soporte se selecciona con preferencia para que el rotor 3 y su árbol no contacten con nada, en cualquier situación durante el funcionamiento de la máquina de alta velocidad, salvo los medios de soporte 7 del cojinete de muñón.

El cojinete de muñón 1 puede estar integrado en una sola unidad, que comprende los medios de soporte necesarios y una estructura de soporte 7 para mantener los medios de soporte en posición. Este cojinete de muñón 1 está acoplado, por ejemplo, a la parte extrema de la máquina eléctrica 2, donde el cojinete de muñón forma un taladro pasante para el árbol 4. El árbol 4 puede estar acoplado de esta manera a un mecanismo de transmisión deseado (no mostrado), de cualquier manera conocida como tal. El cojinete de muñón radial 1 de acuerdo con la invención está dispuesto con preferencia en cada extremo del árbol. No obstante, es evidente que el cojinete de muñón de acuerdo con la presente invención se puede colocar también en cualquier otro punto sobre el árbol 4, o el número de cojinetes de muñón puede ser también uno o más de dos.

Las figuras 2a y 2b muestran un cojinete de muñón 1 de acuerdo con una segunda forma de realización ventajosa de la invención. Este cojinete de muñón axial 1 es similar, hasta una gran extensión, al cojinete de muñón radial mostrado en las figuras 1a y 1b. Además, este cojinete de muñón axial 1 comprende medios de soporte, tales como los medios de soporte 7. Estos medios de soporte están montados sobre cojinetes en su centro, que permanece en una localización sustancialmente constante, por ejemplo por cojinetes de rodillos. En esta forma de realización, los medios de soporte 7 están colocados sobre la circunferencia de un círculo, de tal manera que los centros de rotación están colocados en el mismo plano que está sustancialmente perpendicular a la dirección axial del rotor 3. El árbol 4 está provisto con preferencia con al medios una gradación, donde el árbol comprende al menos una superficie plana A1 además de los extremos. El diámetro del círculo imaginario utilizado en la disposición de los medios de soporte 7 es, por lo tanto, menor que el diámetro D2 de la superficie plana A1 formada en el árbol 4 del rotor. El cojinete de muñón 1 está colocado cerca de dicha superficie plana A1. Por lo tanto, cuando el rotor se mueve hacia el cojinete de muñón en la dirección axial, se reduce la holgura entre los medios de soporte del cojinete de muñón y dicha superficie plana A1, hasta que la superficie plana A1 del árbol toca los medios de cojinete. Como resultado de este contacto, el movimiento de rotación del rotor causa que los medios de cojinete comiencen a girar y previenen el daño al rotor. Además, en esta forma de realización, es esencial que los medios de cojinete utilizados sean rodillos o similares, montados sobre cojinetes en relación al centro de rotación y con una inercia de masas y par de fricción bajos. Para el cojinete axial, estos medios de soporte están colocados sustancialmente en el mismo plano que está sustancialmente perpendicular a la dirección longitudinal del árbol. Es evidente que el cojinete de muñón axial 1 puede colocarse también, en algunas aplicaciones, en el extremo del árbol, donde el extremo del árbol se utiliza como la superficie plana A1.

Además, las figuras 3a y 3b muestran la estructura de un cojinete de muñón 1 de acuerdo con una tercera forma de realización ventajosa de la invención. El cojinete de muñón 1 está dispuesto para proporcionar soporte en ambas direcciones radial y axial, en situaciones en las que los cojinetes magnéticos no están funcionando o no pueden prevenir suficientemente el movimiento del árbol en la dirección radial y/o axial. El cojinete de muñón 1 comprende

un primer conjunto 7a de medios de soporte 7 así como un segundo conjunto 7b de medios de soporte 7. Además, en esta forma de realización, estos medios de soporte 7 están montados sobre cojinetes en su centro de rotación, como se presentan anteriormente en esta descripción. El primer conjunto 7a de medios de soporte se utiliza para cojinete de muñón en la dirección radial, donde estos medios de soporte están colocados sobre la circunferencia sustancialmente del mismo círculo, de tal manera que el diámetro máximo del círculo imaginario dentro del sistema de medios de soporte es mayor que el diámetro D1 del árbol 4 en dicho punto de soporte. De esta manera, no más de dos medios de soporte 7 del primer conjunto 7a están simultáneamente en contacto con el árbol 4.

De una manera correspondiente, el segundo conjunto 7b de medios de soporte 7 se utiliza para el cojinete de muñón en la dirección axial. Estos medios de soporte están colocados de tal forma que los centros de rotación de los medios de soporte están colocados sustancialmente en el mismo plano que está sustancialmente paralelo a la dirección longitudinal del árbol 4. En la disposición de las figuras 3a y 3b, el árbol 4 está provisto con una muesca o similar, que comprende dos superficies A1, A2 sustancialmente planas. La distancia D entre estas superficies planas es ligeramente mayor que el diámetro D4 de los medios de soporte del segundo conjunto 7b. Por lo tanto, en la situación normal, se forma una holgura V pequeña entre los medios de soporte y las superficies placas A1, A2. Cuando el árbol 4 es desplazado en la dirección axial, reduce la holgura V en la dirección del desplazamiento, hasta que los medios de soporte 7 del segundo conjunto 7b tocan en plano A1, A2 en la dirección del desplazamiento del árbol. De esta manera, los medios de soporte 7 previenen el desplazamiento del árbol más allá de este punto específico, y se puede prevenir el daño al rotor. Esta disposición tiene, por ejemplo, la ventaja de que solamente se necesita un conjunto de cojinetes de muñón en la dirección axial.

El cojinete de muñón 1 comprende una estructura de soporte 9 a la que están acoplados los medios de soporte del primer conjunto 7a y del segundo conjunto 7b de una manera giratoria, por ejemplo por disposiciones del tipo de cojinetes de rodillos. En una aplicación del cojinete de muñón 1 de acuerdo con esta tercera forma de realización ventajosa de la invención, los medios de soporte 7 del segundo conjunto 7b están colocados de tal manera que su centro está localizado sobre la circunferencia sustancialmente del mismo círculo, donde están localizados los centros de rotación de los medios de soporte 7 del primer conjunto 7a. Además, todos los medios de soporte están colocados con preferencia a intervalos sustancialmente regulares. Por lo tanto, en la disposición de la figura 3a, en la que cada conjunto 7a, 7b de medios de soporte comprende 5 medios de soporte, el ángulo entre medios de soporte adyacentes será 36° .

Además, las figuras 6a y 6b muestran la estructura de un cojinete de muñón 1 de acuerdo con una cuarta forma de realización ventajosa de la invención. Esta estructura difiere de la estructura de las figuras 3a y 3b principalmente porque el segundo conjunto 7b de medios de soporte dispuestos para soportar en la dirección axial no están en el mismo plano, sino que el segundo conjunto 7b de medios de soporte está dividido en al menos un primer grupo y un segundo grupo. De esta manera, los medios de soporte del primer grupo están colocados en un plano diferente que los medios de cojinete del segundo grupo. Además, los medios de soporte del primer grupo se pueden colocar sobre una circunferencia diferente (a una distancia diferente del centro del rango de movimiento del árbol) que los medios de soporte del segundo grupo. Estas distancias diferentes se indican con las referencias R1 y R2 en la figura 6a. De una manera correspondiente, la distancia entre dichos planos se indica con la referencia a en la figura 6b. Es evidente que en el cojinete de muñón 1 de acuerdo con esta forma de realización ventajosa, los medios de soporte de la dirección axial se pueden colocar en más planos que dichos primero y segundo planos. Esta forma de realización es particularmente ventajosa en aquellas aplicaciones en las que las fuerzas axiales efectivas sobre el rotor cambian su dirección de forma aleatoria, a una frecuencia aleatoria, cuando el cojinete de muñón está operativo. Por lo tanto, los medios de soporte 7b de la dirección axial no cambian su dirección de rotación cuando se cambia la dirección de la fuerza axial. Además, por el cojinete de muñón de acuerdo con esta forma de realización es posible implementar espesores totales aleatorios del cojinete axial, utilizando todavía medios de soporte de dimensiones estándar.

Aunque se ha presentado anteriormente que los medios de cojinete 7 son rodillos, será evidente que se pueden utilizar también otras piezas que son simétricas con relación a su centro de rotación. Algunos ejemplos que se pueden mencionar incluyen un cilindro que es más grueso en su parte media que en sus extremos (un tonel), y una bola. En dichas piezas, el cojinete se puede disponer, por ejemplo, de tal forma que se pueden montar por separado sobre cojinetes en la estructura de soporte 9.

La ventaja de los medios de soporte 7a, 7b del tipo de rodillo se basa, por ejemplo, en el hecho de que su par de fricción y de esta manera también la carga circunferencial sobre el rotor que lo fuerza a un movimiento de rotación, sólo depende ligeramente de la carga. Sin embargo, en estructuras de cojinetes de fricción no lubricados, la fuerza de fricción es aproximadamente directamente proporcional a la carga.

Es evidente que los medios de soporte de la dirección axial no tienen que estar colocados sobre la misma circunferencia, sino que cada medio de soporte 7b de la dirección axial se puede colocar sobre una circunferencia separada. Esto se aplica también a la estructura de soporte 1 mencionada anteriormente de acuerdo con la cuarta forma de realización ventajosa, donde algunos o todos los medios de cojinetes del primer grupo se pueden colocar

sobre circunferencias diferentes que los otros medios de soporte del primer grupo y, respectivamente, algunos o todos los medios de soporte del primer grupo y, respectivamente, algunos o todos los medios de soporte del segundo grupo pueden estar colocados sobre diferentes circunferencias que los otros medios de soporte del segundo grupo.

5 La figura 4 muestra todavía otra máquina eléctrica 2 que aplica el conjunto de cojinetes de muñón de acuerdo con la invención. La máquina eléctrica 2 comprende un rotor 3 provisto con un árbol 4 y un arrollamiento de rotor 10. Además, la máquina eléctrica está provista con un estator 11, que comprende, por ejemplo, un arrollamiento de estator 12. Los cojinetes de muñón 1, 1' están acoplados al estator 11. El primer cojinete de muñón 1 está destinado para uso como un tope de bloqueo contra el desplazamiento radial del árbol 4. En el segundo cojinete de muñón 1', se combinan el cojinete de muñón radial y el cojinete de muñón axial, donde este segundo cojinete de muñón 1' se utiliza como un tope de bloqueo contra desplazamientos del árbol 4 en las direcciones radial y axial. Los cojinetes de muñón 1, 1' están acoplados entre estructuras de soporte 9, 9' y el estator 11 u otro elemento de bastidor en la máquina eléctrica (no mostrada). Además, la figura 4 muestra, de una manera reducida, cojinetes magnéticos 5, por los que se puede proporcionar el cojinete sin contacto real.

Las piezas simétricas giratorias o medios de soporte 7a, a utilizar para el cojinete radial de los cojinetes de muñón 1, se colocan sustancialmente simétricos alrededor del rotor 3 (o su árbol 4), de tal manera que definen un área poligonal como el rango de movimiento para el centro de rotación del rotor. El centro de este polígono está sustancialmente en el centro del árbol del rotor 4 en una situación en la que el rotor 3 está colocado en su posición definida, sustancialmente en el centro del área definida por el estator. De esta manera, la distancia entre el rotor y el estator es óptima a la vista de posibles impactos sobre el rotor. Los lados imaginarios del polígono pueden ser rectos o curvados. En la figura 5, una línea discontinua L ilustra un polígono teórico que limita un área, dentro de la cual el centro M del árbol 4 se puede mover en una forma de realización ventajosa. En esta forma de realización, el cojinete de muñón 1, 1' comprende seis medios de soporte 7a para el cojinete radial. A partir de la figura, se puede ver que los lados del polígono L (en este caso un hexágono) están curvados y que teóricamente la distancia más corta entre el lado y el centro del polígono se determina sobre la base de tres radios R1, R2, R3, de tal manera que esta distancia más corta es $R3 - (R1 + R2)$. De estos radios, el primero R1 indica el radio del rotor (o su árbol 4) en el punto de soporte. El segundo radio R2 es el radio del medio de soporte. El tercer radio es el diámetro de la circunferencia imaginaria P de un círculo, sobre el que están localizados los centros O de los medios de soporte 7a. Aunque los lados del polígono L pueden estar curvados, en la práctica, a altas velocidades de rotación, la trayectoria del centro del rotor está limitada a un polígono con lados rectos.

El principio de simetría descrito anteriormente se puede aplicar también en una aplicación, en la que el cojinete de muñón 1, 1' comprende ambos medios de soporte 7a que implementan el soporte en la dirección radial y los medios de soporte 7b que implementan el soporte en la dirección axial. Por lo tanto, los medios de soporte 7a que implementan el soporte en la dirección radial están colocados sustancialmente simétricos sobre la misma circunferencia. De una manera correspondiente, los medios de soporte 7b que implementan el soporte en la dirección axial están colocados sustancialmente simétricos sobre la misma circunferencia que, sin embargo, no tiene que ser la misma que la de los medios de soporte 7a que implementan el soporte en la dirección radial. Por consiguiente, los medios de soporte 7b a utilizar para el soporte en la dirección axial se pueden colocar sobre la circunferencia de un círculo, cuyo diámetro es distinto a la circunferencia del círculo imaginario para el emplazamiento de los medios de cojinete 7a a utilizar para el soporte en la dirección radial.

45 Es evidente que la presente invención no está limitada sólo a las formas de realización presentadas anteriormente, sino que se puede modificar dentro del alcance de las reivindicaciones anexas.

REIVINDICACIONES

- 1.- Un conjunto de cojinetes de muñón (1) para el cojinete de seguridad de una máquina eléctrica de alta velocidad (2), cuya máquina eléctrica de alta velocidad (2) comprende un rotor (3) dispuesto para ser giratorio, un estator (11) y al menos un cojinete sin contacto (5) para el cojinete durante el uso de la máquina eléctrica de alta velocidad, cuyo conjunto de cojinetes de muñón (1) comprende al menos tres medios de cojinetes simétricos rotatorios (7) que están montados sobre cojinetes en relación a su centro de rotación, y porque dichos al menos tres medios de cojinetes simétricos rotatorios (7) están colocados alrededor de un árbol (4) sustancialmente simétrico, de manera que el centro de rotación de los medios de cojinete (7) está colocado sobre la circunferencia sustancialmente del mismo círculo (P) de tal manera que el diámetro del círculo imaginario mayor dentro de los medios de cojinete es mayor que el diámetro del árbol (4) en los medios de cojinetes (7), **caracterizado** porque al menos algunos (7b) de los centros de rotación de los medios de cojinetes (7) están dispuestos en localizaciones sustancialmente constantes en el conjunto de cojinetes de muñón (1), y al menos algunos (7b) de los medios de cojinetes (7) están dispuestos para limitar el movimiento del árbol (4) en la dirección axial y porque los medios de cojinetes (7b) que limitan el movimiento en la dirección axial comprenden al menos un primer conjunto (7b) de medios de cojinetes, de tal manera que el centro de rotación del primer conjunto (7b) de medios de cojinetes se coloca sustancialmente en el mismo plano.
- 2.- El conjunto de cojinetes de muñón de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado** porque los medios de cojinetes (7) comprenden un segundo conjunto de medios de cojinetes (7b), cuyo centro de rotación se coloca en un plano diferente en la dirección axial.
- 3.- El conjunto de cojinetes de muñón de acuerdo con la reivindicación 1, en el que los medios de cojinetes (7b) que limitan el movimiento en la dirección axial están colocados alrededor del árbol (4), de tal manera que el centro de rotación de todos los medios de cojinetes (7b) que limitan el movimiento en la dirección axial está colocado sustancialmente en el mismo plano, sustancialmente perpendicular a la dirección longitudinal del árbol, **caracterizado** porque el árbol (4) está provisto con al menos una superficie plana (A1), porque los medios de cojinetes del primer conjunto (7b), que limitan el movimiento en la dirección axial, están colocados cerca de dicha superficie plana, de tal manera que los centros de rotación de los medios de cojinetes del primer conjunto (7b), que limitan el movimiento en la dirección axial, están colocados sobre la circunferencia (P) sustancialmente del mismo círculo, y porque el diámetro del círculo es menor que el diámetro de dicha superficie plana.
- 4.- El conjunto de cojinetes de muñón de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado** porque algunos (7a) de los medios de cojinetes (7) están dispuestos para limitar el movimiento del árbol (4) en la dirección radial, en el que al menos los medios de cojinetes (7a) que limitan el movimiento en la dirección radial están colocados alrededor del árbol (4), de tal manera que los centros de rotación de todos los medios de cojinetes (7a) que limitan el movimiento en la dirección radial están colocados sobre la circunferencia sustancialmente del mismo círculo (P), de tal manera que dichos medios de cojinetes (7a) que limitan el movimiento en la dirección radial definen el rango de movimiento del rotor en la dirección radial en forma de un polígono, y porque algunos (7b) de los medios de cojinetes (7) están dispuestos para limitar el movimiento del árbol (4) en la dirección axial, en el que los medios de cojinetes (7b) que limitan el movimiento en la dirección axial están colocados alrededor del árbol (4), de tal manera que los centros de rotación de todos los medios de cojinetes (7b) que limitan el movimiento en la dirección axial están colocados sustancialmente en el mismo plano, sustancialmente perpendiculares a la dirección longitudinal del árbol.
- 5.- El conjunto de cojinetes de muñón de acuerdo con la reivindicación 4, **caracterizado** porque los lados de dicho polígono son sustancialmente rectos.
- 6.- El conjunto de cojinetes de muñón de acuerdo con la reivindicación 4, **caracterizado** porque los lados de dicho polígono son curvados.
- 7.- El conjunto de cojinetes de muñón de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado** porque la inercia de masas y el par de fricción de los medios de cojinetes (7) son bajos.
- 8.- El conjunto de cojinetes de muñón de acuerdo con la reivindicación 7, **caracterizado** porque los medios de cojinetes (7) son cojinetes de bolsas, cojinetes de bolas angulares de una sola hilera, y/o cojinetes de rodillos cilíndricos cargados radialmente con soportes.
- 9.- Una máquina eléctrica de alta velocidad (2) que comprende un conjunto de cojinetes de muñón (1) para el cojinete de seguridad de una máquina eléctrica (2), un rotor (3) dispuesto para ser giratorio, un estator (11) y al menos un cojinete sin contacto (5) para el cojinete durante la operación de la máquina eléctrica de alta velocidad, cuyo conjunto de cojinetes de muñón (1) comprende al menos tres medios de cojinetes simétricos rotatorios (7), que están montados sobre cojinetes en relación a sus centros de rotación y porque dichos al menos tres medios de cojinetes simétricos rotatorios (7) están colocados alrededor de un árbol (4) sustancialmente simétrico, de manera que los centros de rotación de los medios de cojinete (7) están colocados sobre la circunferencia sustancialmente

- del mismo círculo (P), de tal manera que el diámetro del círculo imaginario mayor dentro del medio de cojinete es mayor que el diámetro del árbol (4) en los medios de cojinete (7), **caracterizada** porque al menos algunos (7b) de los centros de rotación de los medios de cojinetes (7) están dispuestos en localizaciones sustancialmente constantes en el conjunto de cojinetes de muñón (1) y al menos algunos (7b) de los medios de cojinetes (7) están dispuestos para limitar el movimiento del árbol (4) en la dirección axial y porque los medios de cojinetes (7b) que limitan el movimiento en la dirección axial comprenden al menos un primer conjunto (7b) de medios de cojinetes, de tal manera que el centro de rotación del primer conjunto (7b) de medios de cojinetes está colocado sustancialmente en el mismo primer plano.
- 5
- 10.- La máquina eléctrica de alta velocidad de acuerdo con la reivindicación 9, **caracterizada** porque los medios de cojinetes (7) comprenden un segundo conjunto de medios de cojinetes (7b), cuyos centros de rotación están colocados en un plano diferente del primer plano en la dirección axial.
- 10
- 11.- Un método para el cojinete de seguridad de una máquina eléctrica de alta velocidad (2) por medio de un conjunto de cojinetes de muñón (1), cuya máquina eléctrica de alta velocidad (2) comprende un rotor (3) dispuesto para ser giratorio con relación a un árbol (4), un estator (11), y al menos un cojinete sin contacto (5) para el cojinete durante la operación de la máquina eléctrica de alta velocidad, en cuyo método el cojinete de muñón (1) está por al menos tres medios de cojinetes simétricos rotatorios (7) que están montados sobre cojinetes en relación a su centro de rotación, y porque dichos al menos tres medios de cojinetes simétricos rotatorios (7) están colocados alrededor de un árbol (4) sustancialmente simétrica, de manera que el centro de rotación de los medios de cojinetes (7) está colocado sobre la circunferencia (P) sustancialmente del mismo círculo, de tal manera que el diámetro del círculo imaginario mayor dentro de los medios de cojinete (7) es mayor que el diámetro del árbol (4) en los medios de cojinete (7), **caracterizado** porque al menos algunos (7b) de los centros de rotación de los medios de cojinetes (7) están dispuestos sustancialmente en lugares constantes en el conjunto de cojinetes de muñón (1), y al menos alguno (7b) de los medios de cojinetes se utilizan para limitar el movimiento del árbol (4) en la dirección axial, y porque de los medios de cojinete (7b) que limitan el movimiento en la dirección axial, está previsto al menos un primer conjunto de medios de cojinetes (7b), cuyo centro de rotación está colocado sustancialmente en el mismo primer plano.
- 15
- 20
- 25
- 12.- El método de acuerdo con la reivindicación 11, **caracterizado** porque de los medios de cojinetes (7), está previsto un segundo conjunto de medios de cojinete (7b), cuyo centro de rotación está colocado en un plano diferente del primer plano en la dirección axial.
- 30
13. El método de acuerdo con la reivindicación 10 u 11, **caracterizado** porque al menos algunos (7a) de los medios de cojinetes (7) se utilizan para limitar el movimiento del árbol (4) en la dirección, en el que los medios de cojinetes (7a) que limitan el movimiento en la dirección radial están colocados alrededor del árbol (4) de tal manera que los centros de rotación de todos los medios de cojinetes (7a) que limitan el movimiento en la dirección radial están colocados sobre la circunferencia sustancialmente del mismo círculo, de tal manera que el diámetro del círculo imaginario mayor dentro de los medios de cojinetes (7) es mayor que el diámetro del árbol (4) en los medios de cojinete (7).
- 35
- 40
- 14.- El método de acuerdo con la reivindicación 11, **caracterizado** porque al menos algunos (7b) de los medios de cojinetes se utilizan para limitar el movimiento del árbol (4) en la dirección axial, en el que los medios de cojinetes (7b) que limitan el movimiento en la dirección axial están colocados alrededor del árbol (4) de tal manera que los centros de rotación de todos los medios de cojinetes (7b) que limitan el movimiento en la dirección axial están colocados sustancialmente en el mismo plano, sustancialmente perpendicular a la dirección longitudinal del árbol.
- 45

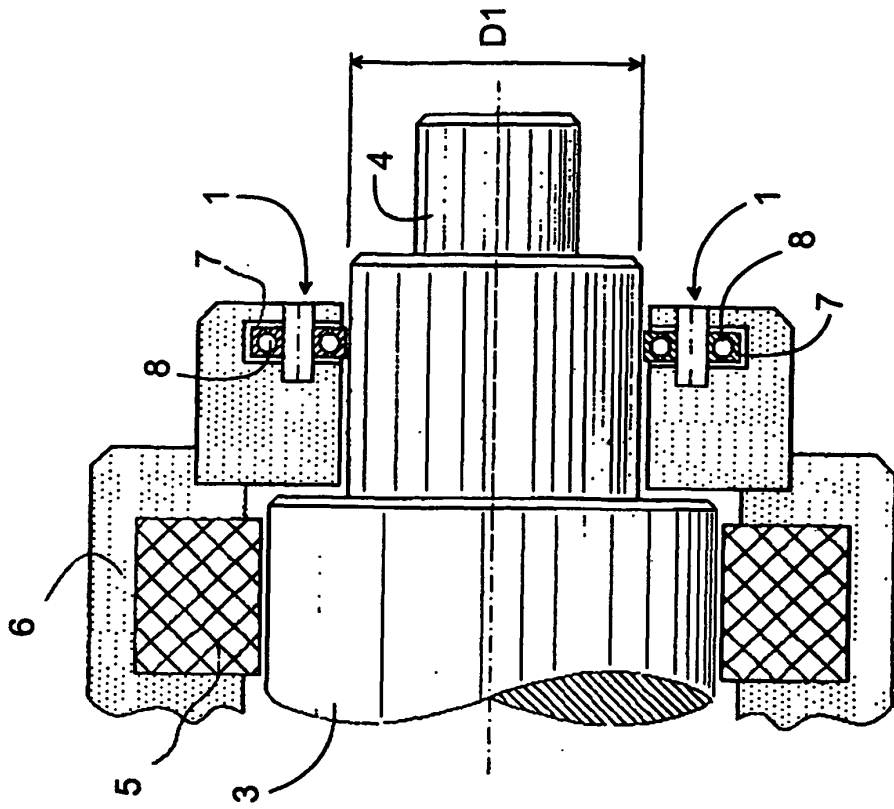


Fig. 1b

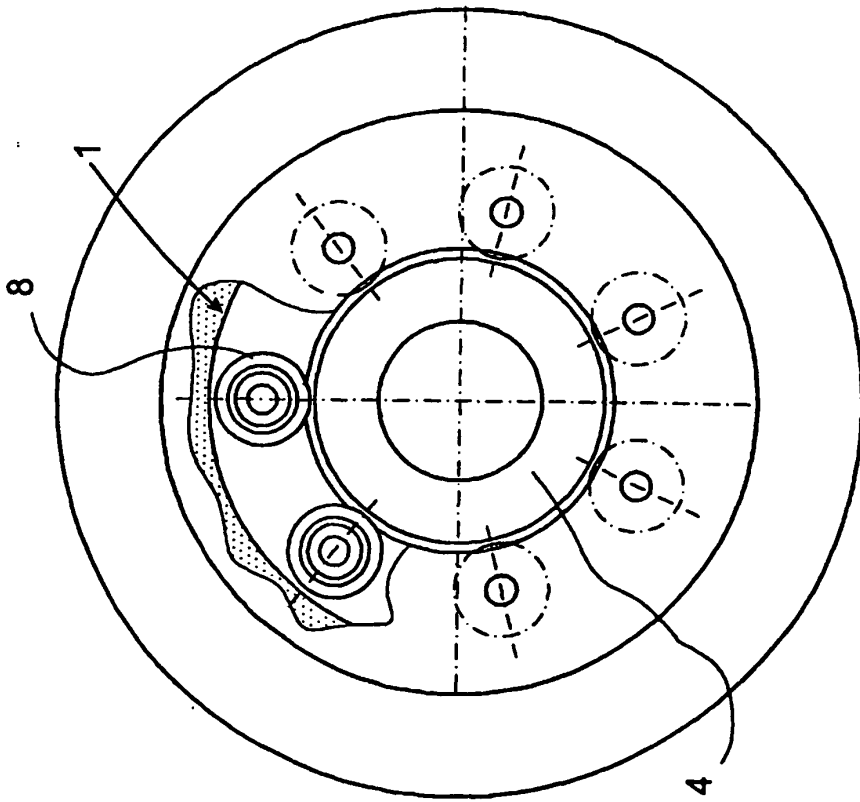


Fig. 1a

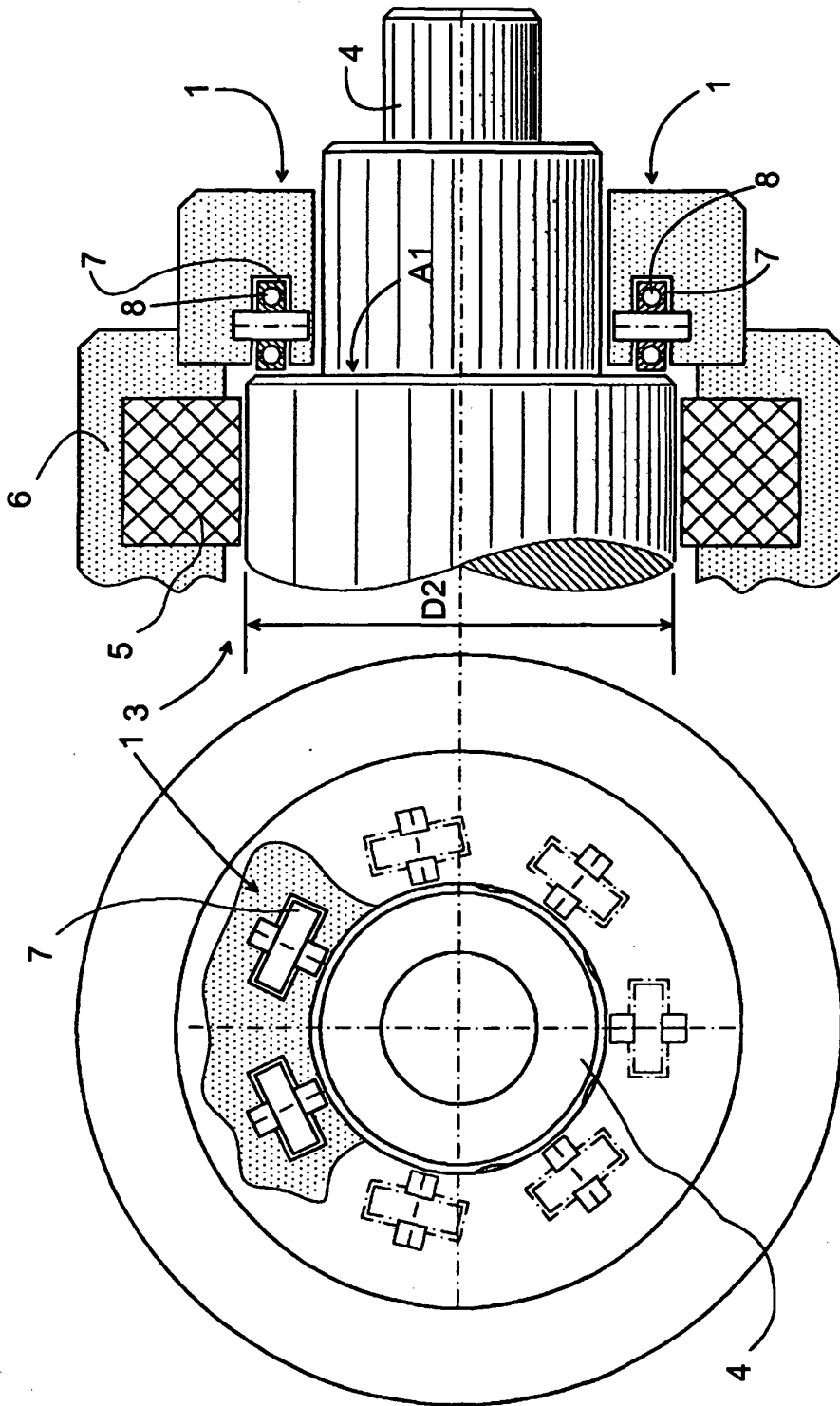


Fig. 2b

Fig. 2a

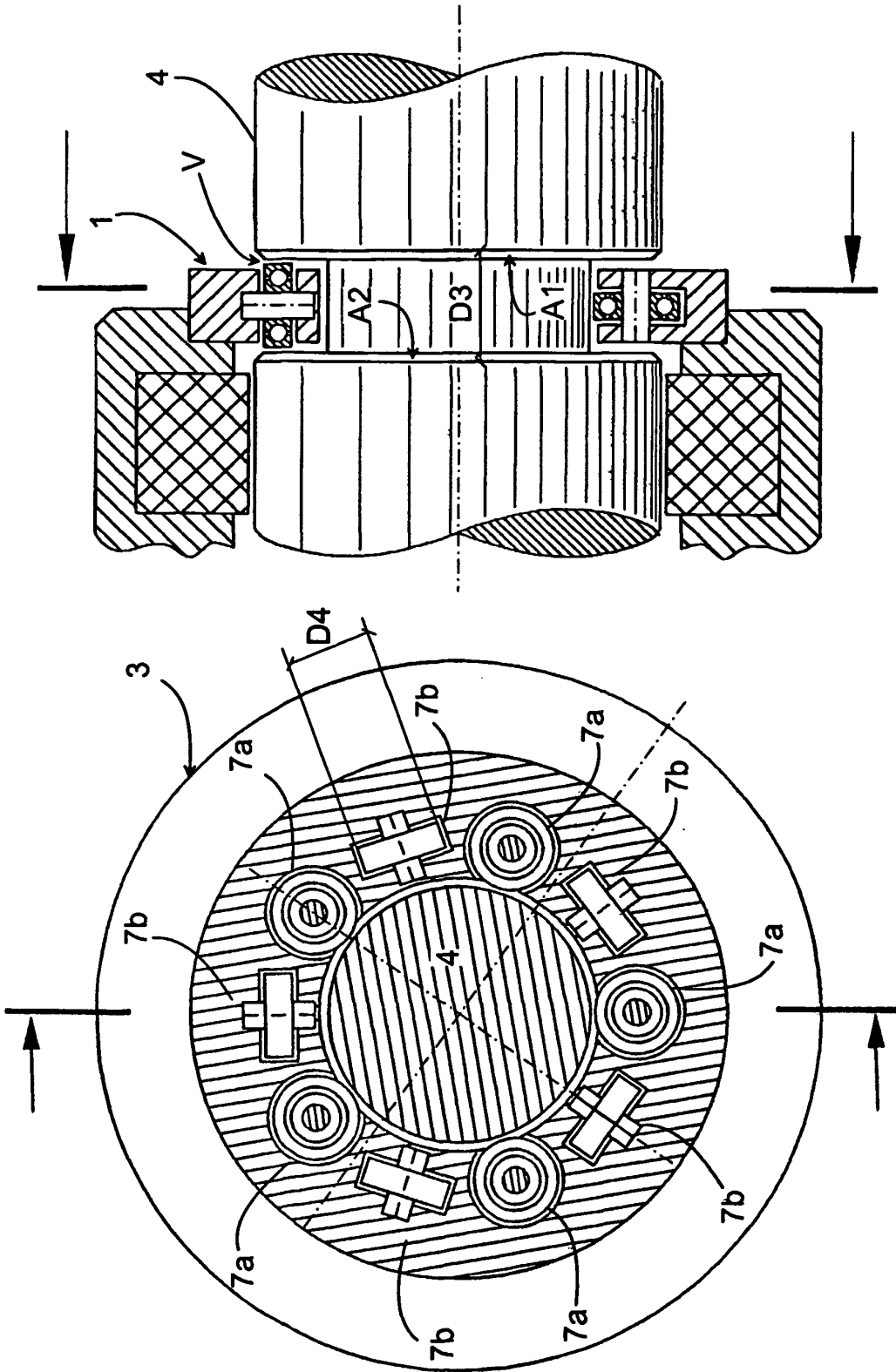


Fig. 3b

Fig. 3a

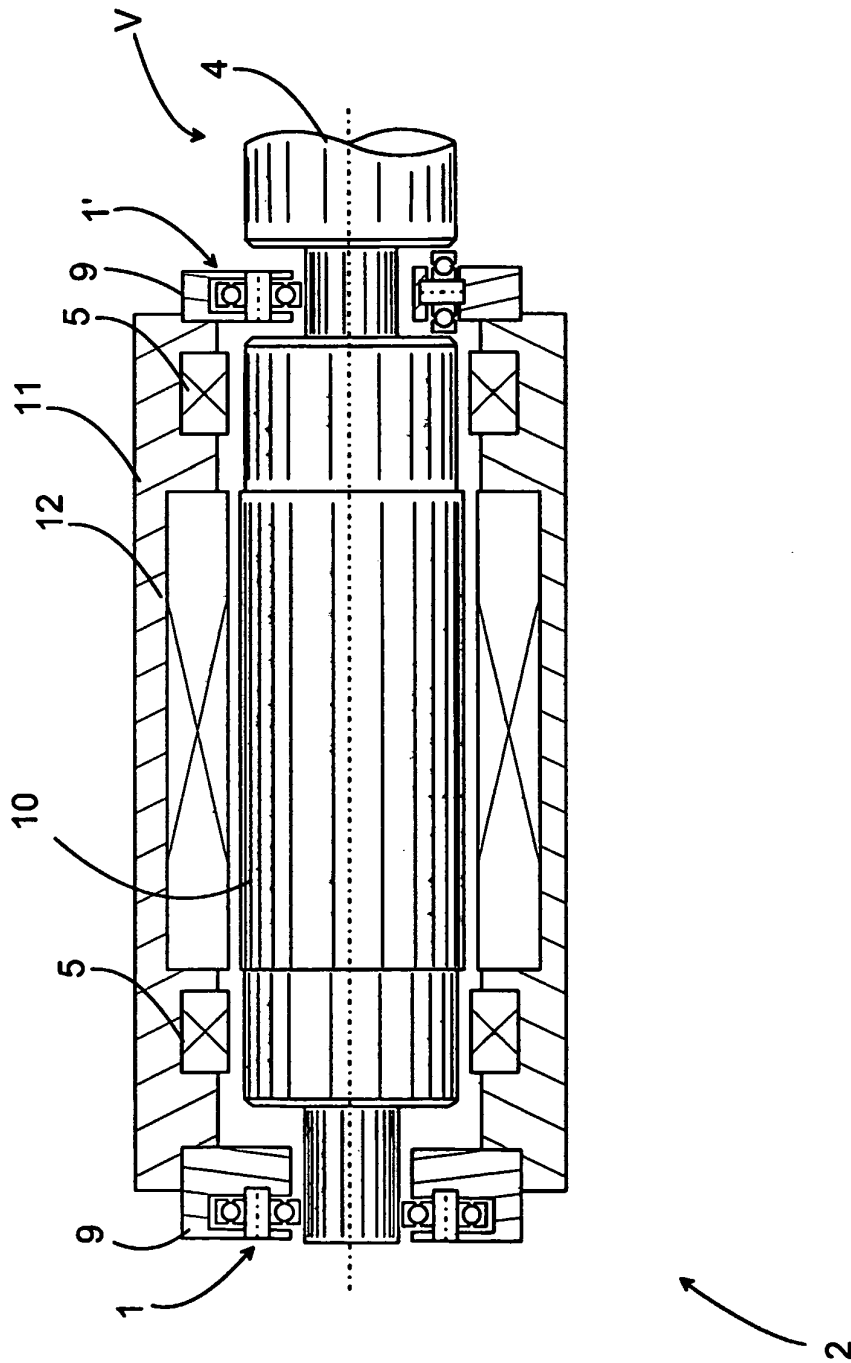


Fig. 4

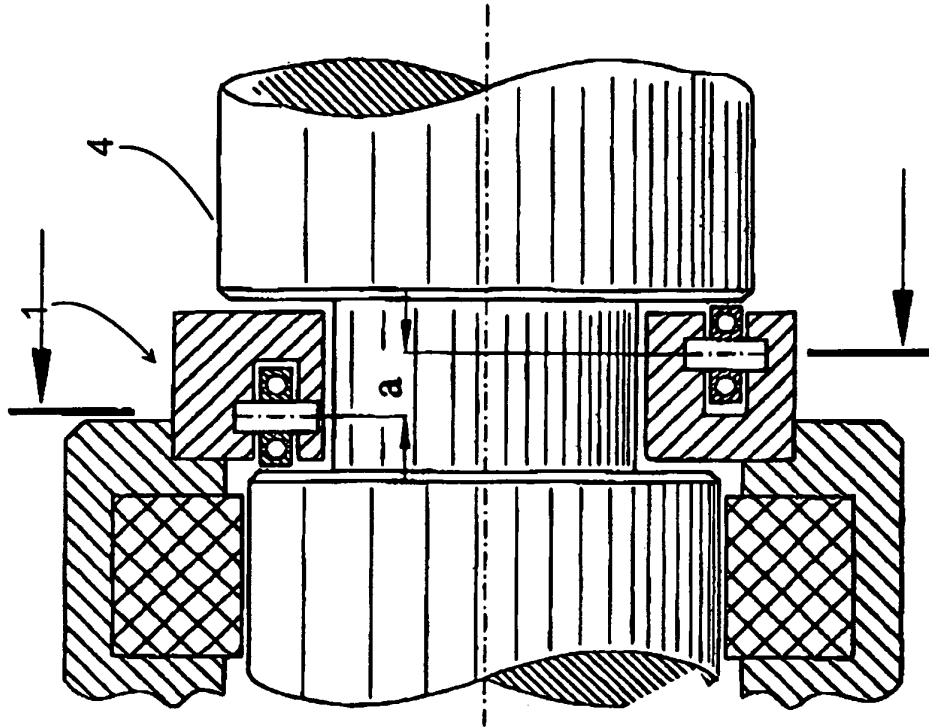


Fig. 6b

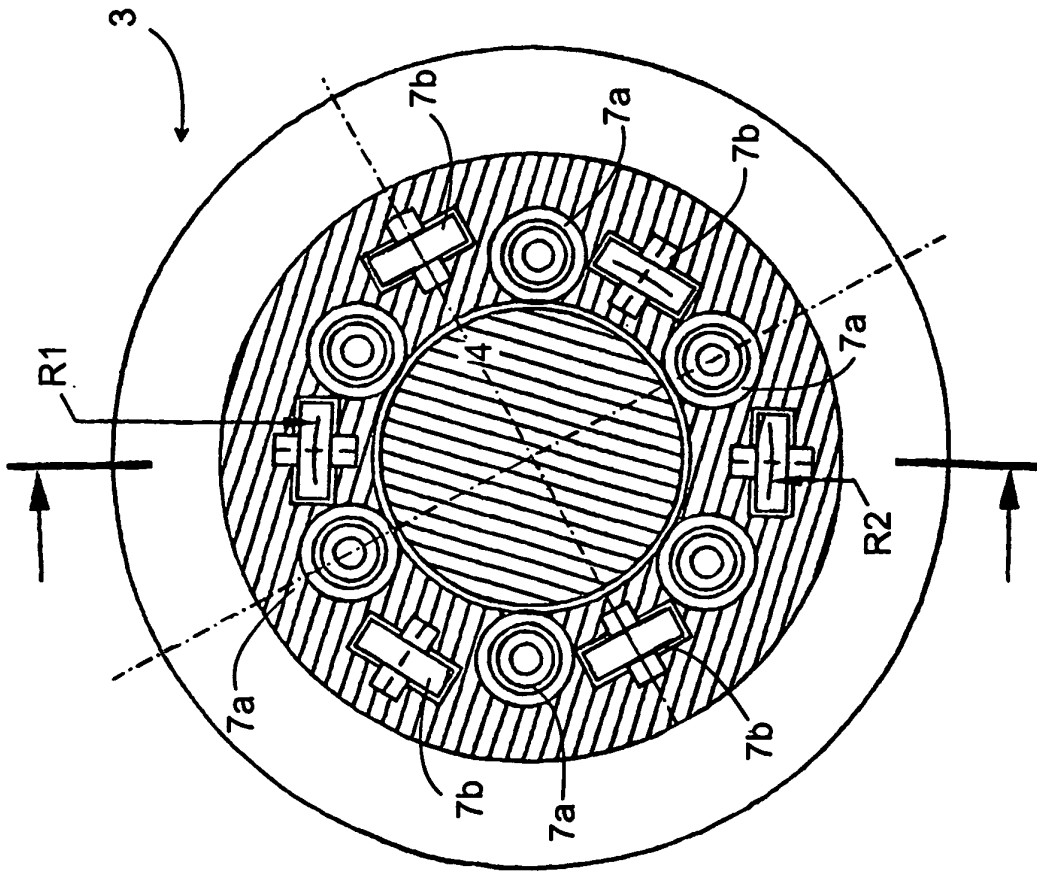


Fig. 6a