

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 381 746**

51 Int. Cl.:
F16C 39/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **06777300 .2**
- 96 Fecha de presentación: **12.06.2006**
- 97 Número de publicación de la solicitud: **1891346**
- 97 Fecha de publicación de la solicitud: **27.02.2008**

54 Título: **Dispositivo de cojinete magnético de un eje del rotor en contra de un estator, con elementos de disco del rotor y elementos de disco del estator que enganchan unos dentro de otros**

30 Prioridad:
17.06.2005 DE 102005028209

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
31.05.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
31.05.2012

73 Titular/es:
**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
WITTELSBACHERPLATZ 2
80333 MÜNCHEN, DE**

72 Inventor/es:
RIES, Günter

74 Agente/Representante:
Carvajal y Urquijo, Isabel

ES 2 381 746 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

Dispositivo de cojinete magnético de un eje del rotor en contra de un estator, con elementos de disco del rotor y elementos de disco del estator que enganchan unos dentro de otros

5 La presente invención hace referencia a un dispositivo para el soporte magnético de un eje del rotor contra un estator, con las siguientes características:

a) una primera pieza de cojinete se encuentra conectada con el eje del rotor, y es rodeada por una segunda pieza de cojinete asignada al estator, con un distanciamiento recíproco,

10 b) la primera pieza de cojinete comprende elementos de disco del rotor magnéticos suaves, orientados perpendicularmente al eje del eje del rotor, y dispuestos en serie en el sentido de dicho eje, que se encuentran distanciados respectivamente mediante la conformación de un espacio intermedio,

c) la segunda pieza de cojinete comprende elementos de disco del estator magnéticos suaves distanciados entre sí, orientados perpendicularmente al eje del árbol del rotor, y dispuestos en serie en el sentido del eje del árbol del rotor, que sobresalen respectivamente hacia el interior de uno de los espacios intermedios de los elementos de disco del rotor adyacentes,

15 d) entre los elementos se conforma un flujo magnético orientado esencialmente en el sentido axial.

Un dispositivo de cojinete correspondiente se deduce, por ejemplo, de la patente DE 38 44 563.

Los dispositivos de cojinete magnéticos permiten un soporte libre de contacto y de desgaste de las piezas móviles. Dichos dispositivos no requieren de agentes lubricantes y se pueden construir de manera que presenten poco rozamiento.

20 Los dispositivos de cojinete magnéticos radiales o axiales convencionales utilizan fuerzas magnéticas entre los electroimanes entre los electroimanes estacionarios de un estator y los elementos ferromagnéticos de un cuerpo del rotor que rotan conjuntamente. En el caso de dicha clase de cojinete, las fuerzas magnéticas son siempre atrayentes. Como consecuencia, en principio no se puede lograr ningún soporte estable inherente en los tres sentidos espaciales. Por lo tanto, esta clase de dispositivos de cojinete magnéticos requieren de una regulación activa del cojinete que controla las corrientes de los electroimanes a través de sensores de posición y bucles de control, y contrarrestan las divergencias del cuerpo del rotor a partir de su posición teórica. La regulación que se realiza mediante una pluralidad de canales, requiere de una electrónica de potencia costosa. Los dispositivos de cojinete magnético correspondientes se emplean, por ejemplo, en el caso de las bombas turbomoleculares, las ultracentrifugas, los husillos de alta velocidad de máquinas-herramientas, y los tubos de rayos X con ánodos giratorios. También se conoce la utilización en motores, generadores, turbinas y compresores.

35 La conformación básica de un dispositivo de cojinete correspondiente 30 se representa en la figura 1. En la figura se indican dos cojinetes radiales activos 31 y 32 con imanes de excitación 33 y 34, y rotores del cojinete 35 y 36 en un eje del rotor 37, un cojinete axial activo 38 con discos del rotor 39 y 40 en el eje del rotor 37, y devanados concéntricos 42i en los discos del rotor, así como cinco sensores de distancia 41a a 41e, en correspondencia con ambos grados de libertad laterales respectivamente por cojinete radial, y con un grado de libertad del cojinete axial. Además, se requieren cinco bucles de control asignados r1 a r4 ó z5. Dichos dispositivos correspondientes desde un comienzo no son estacionarios, dado que en el caso de un dispositivo de cojinete de esta clase con una abertura del cojinete que se reduce, se incrementan las fuerzas de atracción. Por consiguiente, la posición del eje del rotor 37 se debe estabilizar mediante un bucle de control compuesto por una medición de distancia de los sensores 41a a 41e con un regulador dispuesto a continuación, y un amplificador que alimenta los imanes de excitación 33 y 34. En consecuencia, los dispositivos de cojinete correspondientes resultan costosos. Se debe proporcionar adicionalmente un cojinete de retención mecánico, para evitar una interrupción repentina del bucle de control.

45 Además, se conocen, por ejemplo, de la patente DE 44 36 831 C2, dispositivos de cojinete magnéticos con imanes permanentes y con un material superconductor de alta temperatura crítica. Esta clase de dispositivos de cojinete presentan una estabilidad propia, es decir, que no requieren de regulación alguna. Debido a la temperatura criogénica de funcionamiento necesaria del material superconductor de particularmente por debajo de 80 K, se requieren sin embargo un aislamiento térmico y un suministro de frío mediante un agente refrigerante criogénico correspondiente o mediante una máquina de enfriamiento.

50 También se conocen dispositivos de cojinete que presentan estabilidad propia en un sentido, con un flujo magnético, piezas magnéticas suaves, por ejemplo, compuestas de hierro, y con imanes permanentes. En las ejecuciones correspondientes de esta clase de dispositivos de cojinete, como se deducen, por ejemplo, de las patentes DE 34 08 047 A y DE 38 44 563 A, los anillos de imanes permanentes se orientan hacia un eje, axialmente en una primera

línea con los polos de un yugo de hierro, y generan de esta manera un centrado radial. El flujo magnético se amplifica en este caso mediante bobinas de excitación, en donde eventualmente el grado de libertad axial inestable, se estabiliza mediante un bucle de control electrónico. Además, se pueden enfilear una pluralidad de imanes anulares dispuestos en serie de manera alternada entre estacionaria y giratoria, con la misma magnetización axial, y cumplen con una función de soporte radial. También en este caso, el grado de libertad axial se debe estabilizar de manera activa.

A partir de la patente DE 199 44 863 A, se deduce además una bomba con un soporte radial modificado. En este caso, se proporciona un rotor con cilindros magnéticos permanentes en lugar de anillos, en donde se encuentran axialmente enfrentados a dicho imán permanente estacionario o cilindro de hierro. Un estator que encierra el rotor, presenta bobinas de excitación eléctricas. Además, existen estabilizadores radiales especiales.

Todos los dispositivos de cojinete mencionados anteriormente con piezas magnéticas permanentes, presentan una fuerza portante relativamente reducida y una rigidez del cojinete insuficiente.

Es objeto de la presente invención proporcionar un dispositivo de cojinete magnético para un soporte sin contacto de un eje, particularmente para una máquina de alta velocidad, como por ejemplo, un turbocompresor, que en comparación con el estado del arte mencionado, resulta menos costoso. En particular, considerando las fuerzas dinámicas y las tolerancias de abertura reducidas, se garantiza una fuerza portante elevada y una rigidez elevada del cojinete.

Dicho objeto se resuelve, conforme a la presente invención, mediante las medidas mencionadas en la reivindicación 1.

De acuerdo con ello, en el dispositivo para el soporte magnético de un eje del rotor contra un estator, se deben proporcionar las siguientes características:

- una primera pieza de cojinete se encuentra conectada con el eje del rotor, y es rodeada por una segunda pieza de cojinete asignada al estator, con un distanciamiento,

- la primera pieza de cojinete comprende elementos de disco del rotor magnéticos suaves, orientados perpendicularmente al eje del eje del rotor, y dispuestos en serie en el sentido de dicho eje, que se encuentran distanciados respectivamente mediante la conformación de un espacio intermedio,

- la segunda pieza de cojinete comprende elementos de disco del estator magnéticos suaves distanciados entre sí, orientados perpendicularmente al eje del árbol del rotor, y dispuestos en serie en el sentido de dicho eje, que sobresalen respectivamente hacia el interior de uno de los espacios intermedios de los elementos de disco del rotor,

- los elementos de disco del rotor y los elementos de disco del estator, en sus lados orientados respectivamente unos con otros, se encuentran provistos de prolongaciones anulares en forma de dientes, que se encuentran enfrentadas respectivamente mediante una abertura de ventilación, y

- a los elementos de disco del rotor o a los elementos de disco del estator se le asignan medios que generan campos magnéticos, para generar un flujo magnético entre dichos elementos, orientado esencialmente en el sentido axial.

En el caso del dispositivo de cojinete conforme a la presente invención, en comparación con el estado del arte, los medios exteriores generadores de campos magnéticos impulsan un flujo magnético a través de la respectiva abertura del cojinete, y magnetizan las prolongaciones en forma de dientes compuestas del material magnético suave, en particular, hierro. Además, la densidad del flujo magnético en la respectiva abertura no es homogénea, por lo cual se ejercen fuerzas sobre las superficies de hierro. De manera ventajosa, en el material magnético suave, como el hierro, se puede lograr una magnetización considerablemente mayor y, de esta manera, una fuerza de cojinete mayor por superficie, que con sólo las exigencias del material magnético permanente, como por ejemplo, una aleación de hierro-neodimio-boro (Nd-Fe-B).

De acuerdo con el principio de reluctancia, el sistema minimiza la resistencia magnética, y orienta las prolongaciones en forma de dientes de manera tal que se encuentren enfrentadas lo más próximas posible. En el caso de una desviación radial, las fuerzas magnéticas generan una fuerza proporcional de reposición, por lo que ya no se requiere de una regulación radial.

Ante un desplazamiento, la fuerza radial máxima se aplica a la mitad del ancho de una prolongación en forma de diente. Dado que la escala de longitud se proporciona mediante el ancho radial de las prolongaciones en forma de dientes, y de los espacios intermedios adyacentes a dichas prolongaciones, la rigidez del cojinete se puede seleccionar con límites más amplios mediante las dimensiones de las prolongaciones con forma de dientes. En particular, mediante un dentado fino se pueden realizar cojinetes muy rígidos. Ante una disposición simétrica con

5 aberturas del cojinete iguales a ambos lados, se neutralizan las fuerzas axiales en los elementos de disco del rotor. Sin embargo, dicho equilibrio resulta inestable axialmente, y se debe estabilizar mediante medios adicionales, como por ejemplo, cojinetes magnéticos controlados de manera activa, eventualmente también mediante cojinetes mecánicos. Sin embargo, por cada eje sólo se requiere un único bucle de control para un único cojinete axial, en lugar de cinco como en el estado del arte de acuerdo con la figura 1, con cojinetes radiales controlados de manera activa.

10 Por otra parte, mediante un desplazamiento axial reducido, se puede aplicar una fuerza axial estacionaria magnética considerable, sin la necesidad de una potencia eléctrica, de manera que el cojinete axial sólo deba recibir la porción dinámica de la carga axial. Esto se logra mediante un ajuste de una regulación axial, en donde como valor teórico se proporciona un mínimo del promedio de tiempo del flujo magnético del cojinete axial.

15 Los acondicionamientos ventajosos del dispositivo de cojinete conforme a la presente invención, se deducen de las reivindicaciones relacionadas con la reivindicación 1. Además, la forma de ejecución de acuerdo con la reivindicación 1 se puede combinar con las características de una de las reivindicaciones relacionadas, o preferentemente también con aquellas de una pluralidad de reivindicaciones relacionadas. Conforme con ello, el dispositivo de cojinete de acuerdo con la presente invención, puede presentar adicionalmente las siguientes características:

20 • De esta manera, para el cierre del circuito del flujo magnético se proporciona un material magnético suave que se extiende axialmente en el exterior de los espacios intermedios entre los elementos de disco del rotor y los elementos de disco del estator, en el borde radial interior o exterior de los elementos de disco, a los cuales no se asignan los medios generadores de campos magnéticos, en forma de un cuerpo de yugo que se extiende axialmente o, al menos, piezas del eje del rotor. Con dichas piezas de material magnético suave se puede reducir la resistencia magnética del circuito de flujo magnético, de manera que se pueda lograr un aumento correspondiente de la densidad del flujo entre las prolongaciones en forma de dientes y, a continuación, una rigidez magnética mejorada.

25 • De manera ventajosa, los medios generadores de campos magnéticos pueden ser elementos magnéticos permanentes, en donde dichos elementos se pueden encontrar integrados, al menos, en algunos de los elementos de disco del rotor o de los elementos de disco del estator. Los dispositivos de cojinete correspondientes se deben construir relativamente compactos.

30 • Además, de manera ventajosa, los elementos de disco provistos de los elementos magnéticos permanentes se encuentran distribuidos axialmente, respectivamente en dos mitades, entre las cuales se encuentran dispuestos los elementos magnéticos permanentes.

• En relación con las densidades de flujo elevadas entre los elementos de disco y una utilización del material magnético permanente, también resulta ventajoso cuando los elementos de disco con los elementos magnéticos permanentes presentan radialmente una dimensión mayor que los elementos de disco sin elementos magnéticos permanentes.

35 • En lugar de utilizar elementos magnéticos permanentes, o adicionalmente, los medios generadores de campos magnéticos pueden estar conformados por, al menos, un devanado de un electroimán. Dicho devanado se puede encontrar dispuesto en el borde radial interior o exterior de los elementos de disco del rotor o de los elementos de disco del estator, en donde puede estar asignado al material magnético suave que se extiende axialmente de un cuerpo de yugo o del eje del rotor. El devanado se encuentra en el exterior de los espacios intermedios conformados entre los elementos de disco del rotor y los elementos de disco del estator, en el borde de los elementos, a los cuales no se asocian los medios generadores de campos magnéticos, para el cierre del circuito del flujo magnético.

40 • Conforme a la presente invención, los lados planos orientados unos con otros, provistos de prolongaciones en forma de dientes, de los elementos de disco del rotor y de los elementos de disco del estator, se encuentran dispuestos de manera inclinada en relación con una vertical en el eje del árbol del rotor. Con una inclinación de esta clase, se logran formas de secciones longitudinales en forma de cuña. Además, la extensión axial (grosor del disco) y el ángulo de inclinación se seleccionan de manera que los elementos de disco puedan recibir en todas partes el flujo magnético, sin alcanzar la saturación magnética.

Otros acondicionamientos ventajosos del dispositivo de cojinete conforme a la presente intención, se deducen de las reivindicaciones relacionadas no mencionadas anteriormente.

50 A continuación, continúa la explicación de la presente invención mediante los ejemplos de ejecución preferidos en relación con los dibujos. Además, muestran respectivamente en una sección longitudinal axial y en una forma esquemática simple:

La figura 2 la conformación básica de un dispositivo de cojinete magnético,

La figura 3 el desarrollo de la línea del flujo entre las prolongaciones en forma de dientes, conforme a la presente invención, de elementos de disco del rotor y de elementos de disco del estator, en el caso de una desviación radial de un eje del rotor,

5 Las figuras 4 y 5 conforme a la presente invención, y la figura 6 otra forma de ejecución de dispositivos de cojinete magnéticos con imanes permanentes como medios generadores de campos magnéticos,

Así como las figuras 7 y 8 formas de ejecución especiales de dispositivos de cojinete magnéticos respectivamente con, al menos, un devanado electromagnético, como medios generadores de campos magnéticos.

En las figuras, las piezas que se corresponden entre sí están provistas respectivamente de los mismos símbolos de referencia.

10 Las piezas no realizadas en detalle en las figuras de los dispositivos de cojinete magnéticos conformes a la presente invención, resultan conocidas en general. El dispositivo de cojinete magnético indicado en general con el símbolo de referencia 2 que se muestra en la figura 2, comprende un eje del rotor 3 a soportar sin contacto, con una primera pieza de cojinete 4 que presenta los elementos de disco del rotor 4i que rotan conjuntamente, fijados en dicha pieza, orientados perpendicularmente en relación con el eje A del eje del rotor 3. Dichos elementos están compuestos de un material magnético suave. Se encuentran dispuestos en serie en el sentido axial, de manera distanciada, con una conformación de espacios intermedios respectivos 5j. Un estator fijo conforma una segunda pieza de cojinete 7 con elementos de disco del estator 7i de forma de disco anular que encierran el eje del rotor 3 con un distanciamiento, también distanciados axialmente entre sí. También dichos elementos están compuestos del material magnético suave y sobresalen radialmente hacia el interior de los espacios intermedios 5j sin contacto, de manera que se logra una disposición alternada en forma de cresta de los elementos de disco del rotor 4i y de los elementos de disco del estator 7i. Los elementos de disco del rotor y los elementos de disco del estator, en sus lados orientados respectivamente unos con otros, están provistos respectivamente de prolongaciones 4f ó 7f en forma de dientes, enfrentadas mediante una abertura de ventilación 8k con una extensión axial reducida o bien, un ancho reducido b, o se encuentra conformado como dichas prolongaciones. Las prolongaciones de cada elemento de disco se encuentran conformadas de forma anular, y se encuentran dispuestas de manera concéntrica entre sí. Además, el ancho b conforme a la presente invención, asciende entre 0,05 y 0,25 veces la distancia radial s de las mitades de las prolongaciones adyacentes. Además, en la figura se indican mediante líneas discontinuas, las líneas de flujo de un flujo magnético Mf generadas por medios externos generadores de campos magnéticos no realizados.

30 En los extremos de la pila se conforman los elementos de disco finales 7e como piezas conductoras del flujo ranuradas de un lado, que pueden estar provistos junto con una recirculación magnética del flujo, por ejemplo, para un eje ferromagnético o un cuerpo de yugo de hierro fijo, para cerrar el circuito de flujo magnético.

35 Además, como se representa en la figura 2, las prolongaciones en forma de dientes 4f y 7f de los elementos de disco anulares 4i ó 7i, vistas en la sección longitudinal, presentan una estructura rectangular o bien, secciones transversales. Además, los espacios libres 41 y 71 entre las prolongaciones pueden ser aproximadamente iguales en relación con el ancho, y aproximadamente 0,5 a 1 vez de profundidad (visto axialmente). Preferentemente, los espacios libres y las prolongaciones en forma de dientes presentan las mismas dimensiones radiales.

40 Los elementos 4i y 7i en forma de discos anulares, así como todas las demás piezas conductoras del flujo magnético de un dispositivo de cojinete magnético, conforme a la presente invención, pueden estar compuestas preferentemente de materiales magnéticos suaves con una magnetización de saturación elevada, por ejemplo, de Fe, Fe aleado con Si, o una aleación de FeCo. La abertura de ventilación 8k presenta entre las prolongaciones 4f ó 7f enfrentadas en forma de dientes, un ancho axial que asciende en general entre 0,2 veces y 0,6 veces del ancho correspondiente de las prolongaciones en forma de dientes o bien, de la profundidad de los espacios libres adyacentes a dichas prolongaciones.

45 Para los cojinetes radiales, las prolongaciones en forma de dientes 4i y 7i se conforman, por ejemplo, sobre discos de hierro mediante superficies ranuradas a ambos lados, de manera anular y concéntrica. En la posición de equilibrio indicada en la figura 2, dichas prolongaciones 4i y 7i se encuentran enfrentadas con exactitud. En el caso de una desviación radial, las fuerzas magnéticas generan una fuerza proporcional de reposición. Como se deduce del desarrollo de las líneas del flujo magnético Mf de la figura 3, mediante un recorte de algunos de los elementos de disco 4i y 7i de la forma de ejecución de acuerdo con la figura 2, el sistema intenta minimizar la resistencia magnética con sus piezas conductoras del flujo magnético, de acuerdo con el principio de reluctancia, de manera tal que las prolongaciones en forma de dientes de los elementos de disco adyacentes se orienten de manera que se encuentren enfrentadas lo más próximas posible, como se muestra en la figura 2.

55 Además, como se deduce de la figura 3, las prolongaciones en forma de dientes conforme a la presente invención, también presentan una conformación trapezoidal vistas en una sección longitudinal, en donde sus lados se encuentran inclinados hasta 45°, frente a una paralela en relación con el eje del árbol del rotor A.

En las figuras 4 a 8 se indican diferentes posibilidades de acondicionamiento de dispositivos de cojinete magnéticos, que se diferencian respectivamente por sus circuitos de flujo magnético con medios externos para generar un flujo magnético axial mediante los elementos de disco que se encuentran dispuestos en serie, de la primera y de la segunda pieza de cojinete. Las líneas del flujo magnético M_f se indican mediante una línea discontinua.

5 En el caso del dispositivo de cojinete magnético indicado en la figura 4 en general con el número 12, sus elementos del estator 7i se dividen axialmente en dos mitades, entre las cuales se encuentra dispuesto un elemento magnético permanente como un medio generador de campos magnéticos. En correspondencia, al centro de cada elemento de disco del estator 7i se encuentra introducida una capa que se extiende radialmente o un disco anular 7m compuesto del material magnético permanente, preferentemente de un material de aleación de Nd-Fe-B. Además, los
10 elementos del disco del estator presentan, de manera ventajosa, un diámetro axial mayor que su superficie de acción ranurada, provista de las prolongaciones 7f en forma de dientes, para lograr de esta manera en la abertura de ventilación 8k, densidades de flujo particularmente de 1 Tesla y más, y para poder accionar el material magnético en un punto de trabajo, por ejemplo, entre 0,5 y 0,8 Tesla en la aleación de NbFeB, con un producto de energía mayor $B \cdot H$. Además, los lados planos orientados unos con otros, provistos de prolongaciones 4f y 7f en forma de dientes,
15 de los elementos de disco del rotor 4i y de los elementos de disco del estator 7i, se encuentran dispuestos de manera inclinada conforme a la presente invención. Con una inclinación de esta clase, el grosor del hierro se adapta al flujo magnético local. De esta manera, se puede conservar relativamente reducida la longitud axial del cojinete. El ángulo de inclinación α en relación con la vertical sobre el eje del árbol del rotor A se debe seleccionar de manera que, a pesar de la forma de cuña resultante de los elementos de disco (vistos en la sección longitudinal), no se
20 presenten zonas con saturación magnética en dichos elementos. De acuerdo con el ejemplo de ejecución, el ángulo α entre aproximadamente 7° y 15° asciende, por ejemplo, a aproximadamente 10° . Los elementos de disco finales que rotan conjuntamente 4e de la primera pieza de cojinete 4 y el eje del rotor 4, compuestos de hierro o con piezas de hierro, conforman el circuito del flujo de retorno magnético. Un casquillo no magnético 13 sujeta los elementos de disco del estator fijos 7i en su borde exterior.

25 El dispositivo de cojinete magnético indicado en general con el número 15, que se muestra en la figura 5, se diferencia del dispositivo 12 de acuerdo con la figura 4, sólo mediante el hecho de que no sus elementos de disco del estator 7i, sino sus elementos de disco del rotor 4i están provistos del material magnético permanente en forma de capas o placas 4m, respectivamente en el centro axial del disco. En dicha forma de ejecución, el eje del rotor 3 no es magnético. El cuerpo del circuito magnético se conforma en este caso mediante los elementos de disco finales
30 fijos 7e y un cuerpo de yugo exterior fijo 16 de la segunda pieza de cojinete 7, en el borde exterior de los elementos de disco del estator 7i.

En el caso de los dispositivos de cojinete magnéticos 12 y 22, de acuerdo con las figuras 4 y 5, también pueden estar equipados individualmente sus elementos de disco anulares 7i ó 4i, por ejemplo, cada segundo, tercer o cuarto
35 elemento, con un elemento de la aleación NdFeBE más grueso en correspondencia 7m ó 4m. Para evitar un cortocircuito magnético, entre los elementos de disco y el respectivo cuerpo del circuito magnético, se debe insertar en el caso de la figura 4, el eje 3, o en el caso de la figura 5, un cuerpo de yugo exterior 9, y para el aislamiento magnético, un espacio intermedio no magnético de 10 a 50 veces el ancho de la abertura del cojinete. En este caso, sólo los elementos de disco finales presentan una unión magnéticamente estrecha.

40 En el caso del dispositivo de cojinete magnético indicado en general con el número 18, que se muestra en la figura 6, en su segunda pieza de cojinete 7 se incorporan orientados radialmente uno o una pluralidad de elementos que presentan una forma de disco anular 19m en un cuerpo de yugo exterior 20 conductor del flujo magnético, compuestos de material magnético suave. A excepción de los elementos de disco finales 7e radiales de un estator 7, conductores del flujo, en este caso los elementos de disco 7i y/o 4i pueden ser tan delgados como lo permita la
45 carga mecánica. Cuando se utiliza un eje del rotor 3 de material magnético, en los elementos de disco del rotor 4i que rotan conjuntamente también se puede proporcionar en este caso un elemento intermedio aislante magnético 21, que se conforma, por ejemplo, como un casquillo no magnético. Sin embargo, en el caso de la forma de ejecución que se muestra, el eje 3 debe ser lo más antimagnético posible.

En lugar de utilizar elementos magnéticos permanentes como medios generadores de campos magnéticos, se pueden proporcionar de igual manera devanados de electroimanes. Las figuras 7 y 8 muestran en cada caso una
50 opción de un dispositivo de cojinete magnético correspondiente 22 ó 25. La forma de ejecución del dispositivo de cojinete magnético 22 de acuerdo con la figura 7, en comparación con el dispositivo de cojinete magnético 18 de acuerdo con la figura 6, se diferencia por el hecho de que en su cuerpo de yugo exterior 20 magnético suave faltan elementos magnéticos permanentes y, en lugar de ellos, en dicho cuerpo se monta, al menos, un devanado 23 de un electroimán. Mediante la corriente a través del devanado de excitación 23, se controla de manera ventajosa la
55 densidad del flujo magnético B y, de esta manera, la rigidez del cojinete que es proporcional a B^2 . También en este caso, cuando se utiliza un eje del rotor 3 con material magnético, se requiere de un cuerpo intermedio 21 aislante magnético suficiente entre el eje y los elementos de disco del rotor individuales 4i. La mitad inferior de la figura muestra una forma de ejecución correspondiente, mientras que la mitad superior parte del hecho de que el eje no es magnético.

5 En el caso de la forma de ejecución del dispositivo de cojinete magnético 25 de acuerdo con la figura 8, en el borde interior de los elementos de disco del estator fijos 7i se encuentran dispuestos devanados electromagnéticos 26o. Por otra parte, dichos elementos son sujetados en su borde exterior por un casquillo no magnético 13 en correspondencia con la figura 4. En este caso, un eje del rotor 3 compuesto de un material magnético, se utiliza como cuerpo del circuito para la conducción del flujo magnético Mf. También en dicha forma de ejecución se puede ajustar de manera ventajosa la rigidez del cojinete mediante los devanados 26o.

10 En el caso de las formas de ejecución explicadas previamente de los dispositivos de cojinete magnéticos 2, 12, 15, 18, 22 y 25, se parte del hecho de que los medios generadores de campos magnéticos son, ya sea elementos magnéticos permanentes 4m, 7m, 19m, o devanados magnéticos 23, 26o. Naturalmente, para generar el flujo magnético axial deseado Mf a través de las prolongaciones en forma de dientes 4m y 7m de los dispositivos de cojinete, también resulta concebible una combinación de los elementos magnéticos permanentes y los devanados de electroimanes representados en cada figura.

15 En las formas de ejecución representadas en las figuras, de los dispositivos de cojinete magnético conforme a la presente invención, el eje del árbol del rotor A se extiende respectivamente en el sentido horizontal. Naturalmente, resulta concebible también una orientación de los dispositivos de cojinete magnético, debido a que su eje del árbol del rotor se encuentra en un sentido inclinado o perpendicular en relación con dicho árbol. Además, en todos dichos dispositivos de cojinete, la guía radial presenta una estabilidad propia. La ventaja de un soporte de esta clase consiste en que sólo se debe estabilizar el grado de libertad axial remanente mediante, por ejemplo, un cojinete magnético controlado activamente. Además, en comparación con los dispositivos de cojinete que utilizan imanes permanentes de acuerdo con el estado del arte explicado, se pueden generar campos más elevados en la respectiva
20 abertura de ventilación, y la estructura de las prolongaciones en forma de dientes se puede conformar muy delgada, hecho que conduce a una rigidez elevada del cojinete. Ante una excitación permanente, la guía radial no presenta potencia. Además, se puede aplicar en un ambiente agresivo. En las formas de ejecución en las que se excita mediante devanados electromagnéticos, se puede utilizar de manera ventajosa un método conocido de los cojinetes convencionales, para explorar los números de revoluciones críticos (observar la patente DE 42 34 524 A1), en donde
25 a través de un transmisor de revoluciones se puede detectar un valor crítico, y se puede incrementar o reducir la rigidez del cojinete por un periodo de tiempo reducido. De esta manera, se pueden evitar las resonancias mecánicas del sistema completo. Además, mediante el ajuste de la posición axial de los elementos de disco individuales giratorios, con aberturas de ventilación desiguales, se puede aplicar una fuerza axial duradera sin potencia. El bucle de control axial debe compensar tan sólo las fuerzas axiales en función del tiempo, y debe garantizar la estabilidad axial.
30

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo para el soporte magnético de un eje del rotor (3) contra un estator, con las siguientes características:
- a) una primera pieza de cojinete (4) se encuentra conectada con el eje del rotor (3), y es rodeada por una segunda pieza de cojinete (7) asignada al estator, con un distanciamiento recíproco,
 - 5 b) la primera pieza de cojinete (4) comprende elementos de disco del rotor (4i) magnéticos suaves, orientados perpendicularmente al eje (A) del eje del rotor (3), y dispuestos en serie en el sentido de dicho eje (A), que se encuentran distanciados respectivamente mediante la conformación de un espacio intermedio (5j),
 - c) la segunda pieza de cojinete (7) comprende elementos de disco del estator (7i) magnéticos suaves distanciados entre sí, orientados perpendicularmente al eje del árbol del rotor (A), y dispuestos en serie en el sentido de dicho eje (A), que sobresalen respectivamente hacia el interior de uno de los espacios intermedios (5j) de los elementos de disco del rotor (4i) adyacentes,
 - 10 d) los elementos de disco del rotor (4i) y los elementos de disco del estator (7i), en sus lados orientados respectivamente unos con otros, se encuentran provistos de prolongaciones (4f ó 7f) anulares en forma de dientes, que se encuentran enfrentadas respectivamente mediante una abertura de ventilación (8k),
 - 15 e) los lados planos orientados unos con otros, provistos de prolongaciones (4f, 7f) en forma de dientes, de los elementos de disco del rotor (4i) y los elementos de disco del estator (7i), se encuentran dispuestos de manera inclinada en relación con una vertical en el eje del árbol del rotor (A),
 - f) a los elementos de disco del rotor (4i) o a los elementos de disco del estator (7i) se les asignan medios que generan campos magnéticos para crear un flujo magnético (Mf) entre los elementos de disco (4i, 7i), orientado esencialmente en un sentido axial común, y
 - 20 g) la abertura de ventilación (8k) presenta entre las prolongaciones (4f ó 7f) enfrentadas, en forma de dientes, un ancho axial que asciende entre 0,2 veces y 0,6 veces del ancho axial de las prolongaciones en forma de dientes (4f ó 7f).
2. Dispositivo de cojinete magnético de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por** una inclinación de los lados planos de los elementos de disco del rotor (4i) y de los elementos de disco del estator (7i), de un ángulo de entre 7° y 15° en relación con una vertical en el eje del árbol del rotor (A).
- 25 3. Dispositivo de cojinete magnético de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado porque** las prolongaciones en forma de dientes (4f, 7f) presentan una conformación trapezoidal, vistas en una sección longitudinal.
- 30 4. Dispositivo para el soporte magnético de un eje del rotor (3) contra un estator, con las siguientes características:
- a) una primera pieza de cojinete (4) se encuentra conectada con el eje del rotor (3), y es rodeada por una segunda pieza de cojinete (7) asignada al estator, con un distanciamiento recíproco,
 - b) la primera pieza de cojinete (4) comprende elementos de disco del rotor (4i) magnéticos suaves, orientados perpendicularmente al eje (A) del eje del rotor (3), y dispuestos en serie en el sentido de dicho eje (A), que se encuentran distanciados respectivamente mediante la conformación de un espacio intermedio (5j),
 - 35 c) la segunda pieza de cojinete (7) comprende elementos de disco del estator (7i) magnéticos suaves distanciados entre sí, orientados perpendicularmente al eje del árbol del rotor (A), y dispuestos en serie en el sentido de dicho eje (A), que sobresalen respectivamente hacia el interior de uno de los espacios intermedios (5j) de los elementos de disco del rotor (4i) adyacentes,
 - d) los elementos de disco del rotor (4i) y los elementos de disco del estator (7i), en sus lados orientados respectivamente unos con otros, se encuentran provistos de prolongaciones (4f ó 7f) anulares en forma de dientes, que se encuentran enfrentadas respectivamente mediante una abertura de ventilación (8k),
 - 40 e) las prolongaciones en forma de dientes (4f, 7f) presentan una conformación trapezoidal, vistas en una sección longitudinal,
 - 45 f) a los elementos de disco del rotor (4i) o a los elementos de disco del estator (7i) se les asignan medios que generan campos magnéticos para crear un flujo magnético (Mf) entre los elementos de disco (4i, 7i), orientado esencialmente en un sentido axial común, y

g) la abertura de ventilación (8k) presenta entre las prolongaciones (4f ó 7f) enfrentadas, en forma de dientes, un ancho axial que asciende entre 0,2 veces y 0,6 veces del ancho axial de las prolongaciones en forma de dientes (4f ó 7f).

- 5 **5.** Dispositivo de cojinete magnético de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** para el cierre del circuito del flujo magnético se proporciona un material magnético suave que se extiende axialmente, en el exterior de los espacios intermedios (5j) entre los elementos de disco del rotor (4i) y los elementos de disco del estator (7i), en el borde radial interior o exterior de los elementos de disco (4i, 7i), a los cuales no se asignan los medios generadores de campos magnéticos.
- 10 **6.** Dispositivo de cojinete magnético de acuerdo con la reivindicación 5, **caracterizado porque** el material magnético suave se encuentra a disposición para el cierre del circuito del flujo magnético mediante un cuerpo de yugo (16, 20) que se extiende axialmente o mediante, al menos, partes del eje del rotor (3).
- 7.** Dispositivo de cojinete magnético de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** los medios generadores de campos magnéticos son elementos magnéticos permanentes (4m, 7m, 19m).
- 15 **8.** Dispositivo de cojinete magnético de acuerdo con la reivindicación 7, **caracterizado porque** los elementos (4m, 7m) magnéticos permanentes se encuentran integrados, al menos, en algunos de los elementos de disco del rotor (4i) o elementos de disco del estator (7i).
- 9.** Dispositivo de cojinete magnético de acuerdo con la reivindicación 8, **caracterizado porque** los elementos de disco (4i ó 7i) con los elementos magnéticos permanentes (4m ó 7m) se encuentran distribuidos axialmente, respectivamente en dos mitades, entre las cuales se encuentran dispuestos los elementos magnéticos permanentes (4m, 7m).
- 20 **10.** Dispositivo de cojinete magnético de acuerdo con la reivindicación 8 ó 9, **caracterizado porque** los elementos de disco (4i ó 7i) con los elementos magnéticos permanentes (4m ó 7m) presentan radialmente una dimensión mayor que los elementos de disco sin elementos magnéticos permanentes.
- 11.** Dispositivo de cojinete magnético de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** los medios generadores de campos magnéticos están conformados por, al menos, un devanado (23, 26) de un electroimán.
- 25 **12.** Dispositivo de cojinete magnético de acuerdo con la reivindicación 11, **caracterizado porque** el, al menos un, devanado magnético (23, 26) se encuentra dispuesto en el borde radial interior o exterior de los elementos de disco del rotor (4i) o de los elementos de disco del estator (7i).
- 30 **13.** Dispositivo de cojinete magnético de acuerdo con la reivindicación 11 ó 12, **caracterizado porque** el, al menos un, devanado magnético (23, 26) se asigna al material magnético suave que se extiende axialmente de un cuerpo de yugo (20), o al eje del rotor (3).

FIG 1

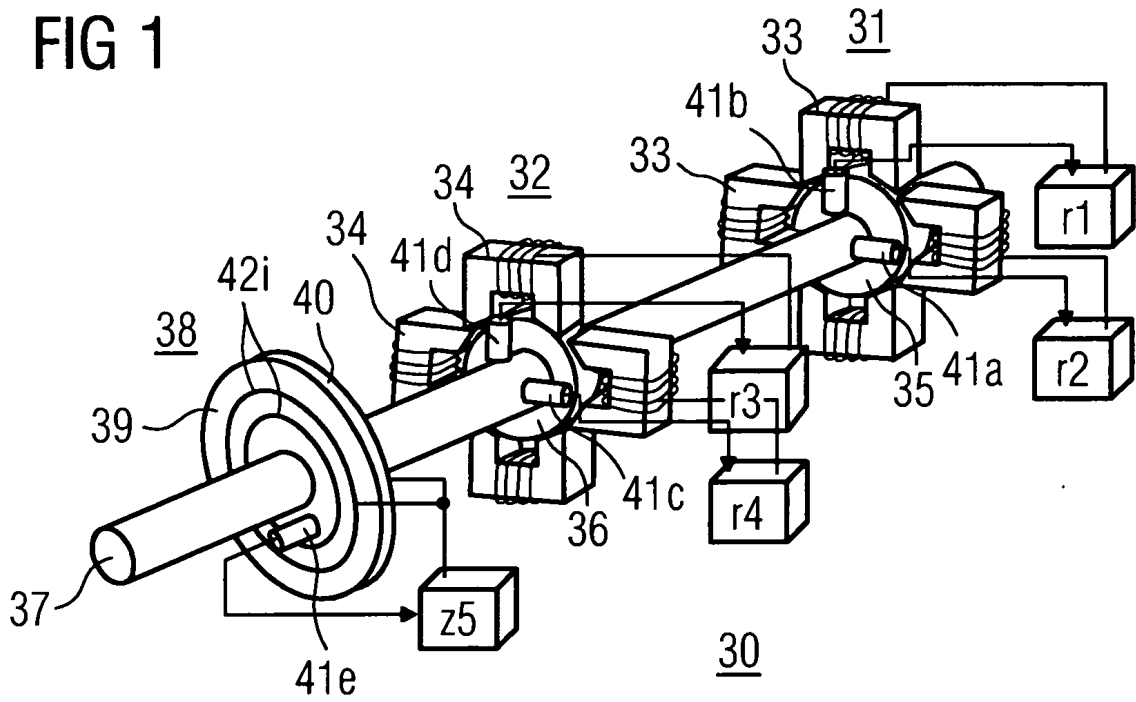


FIG 2

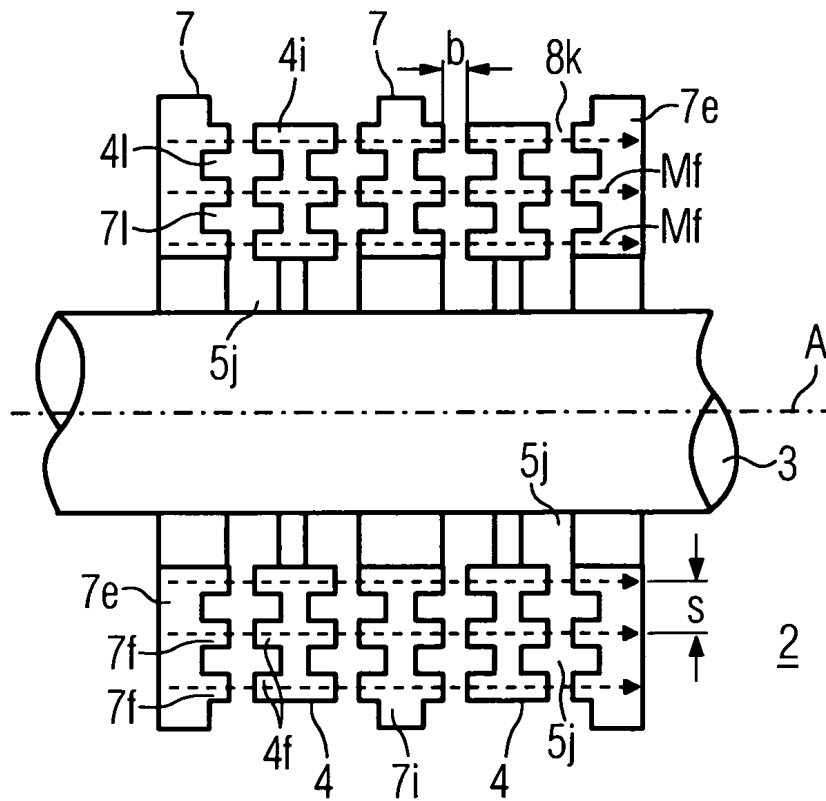


FIG 3

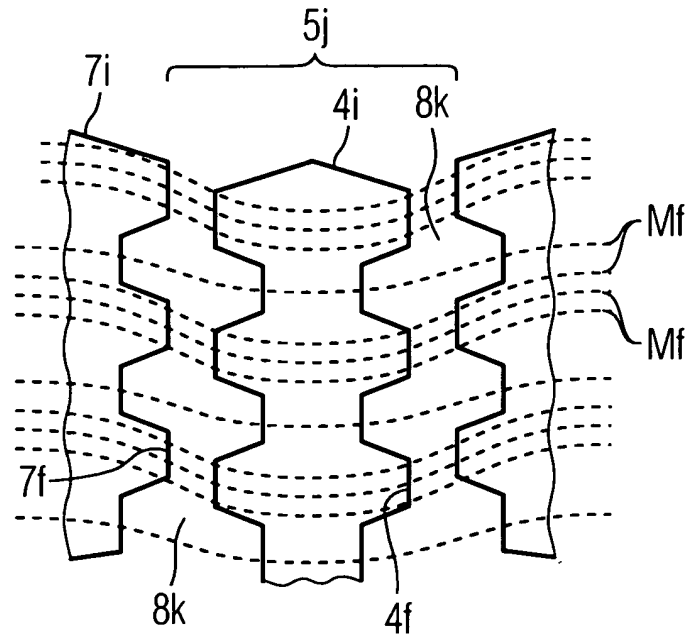


FIG 4

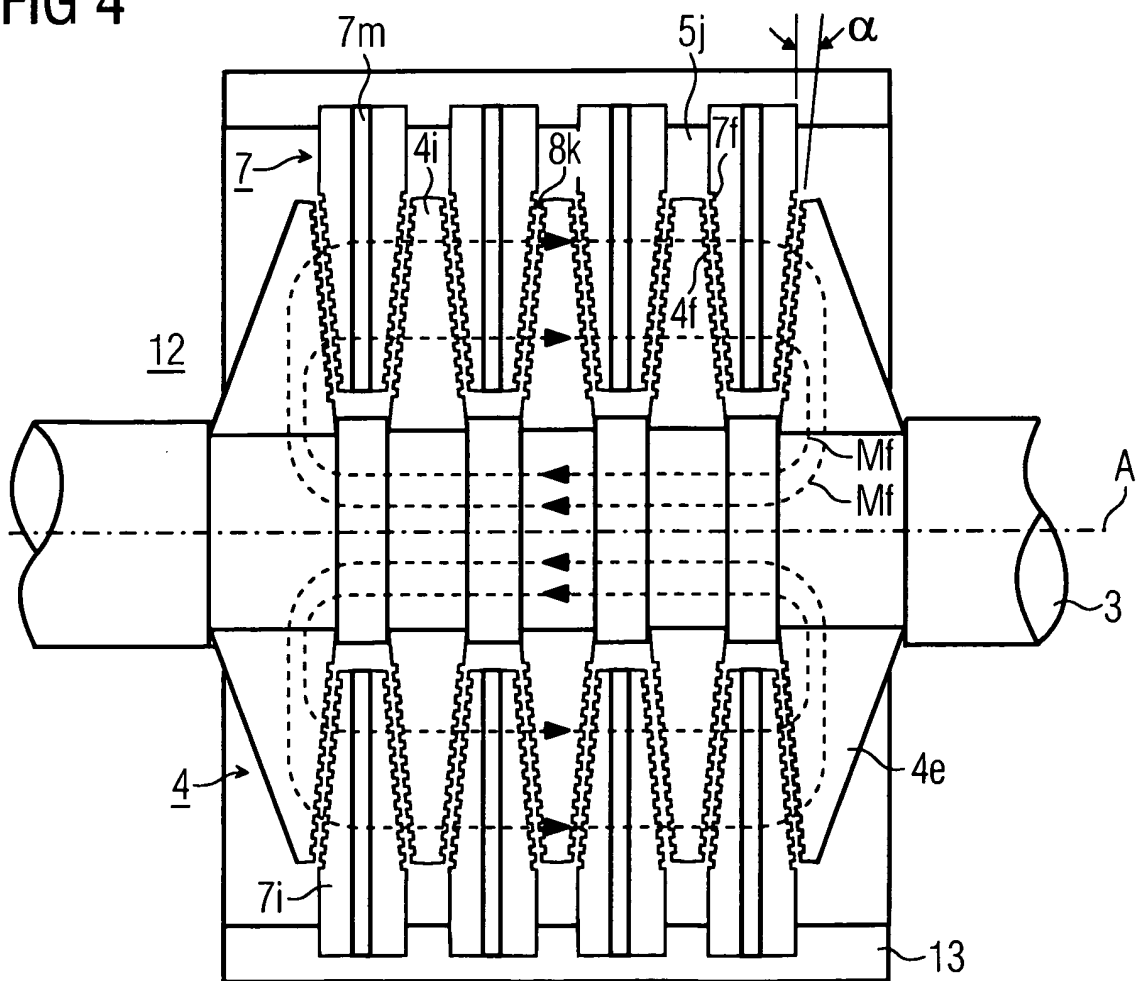


FIG 5

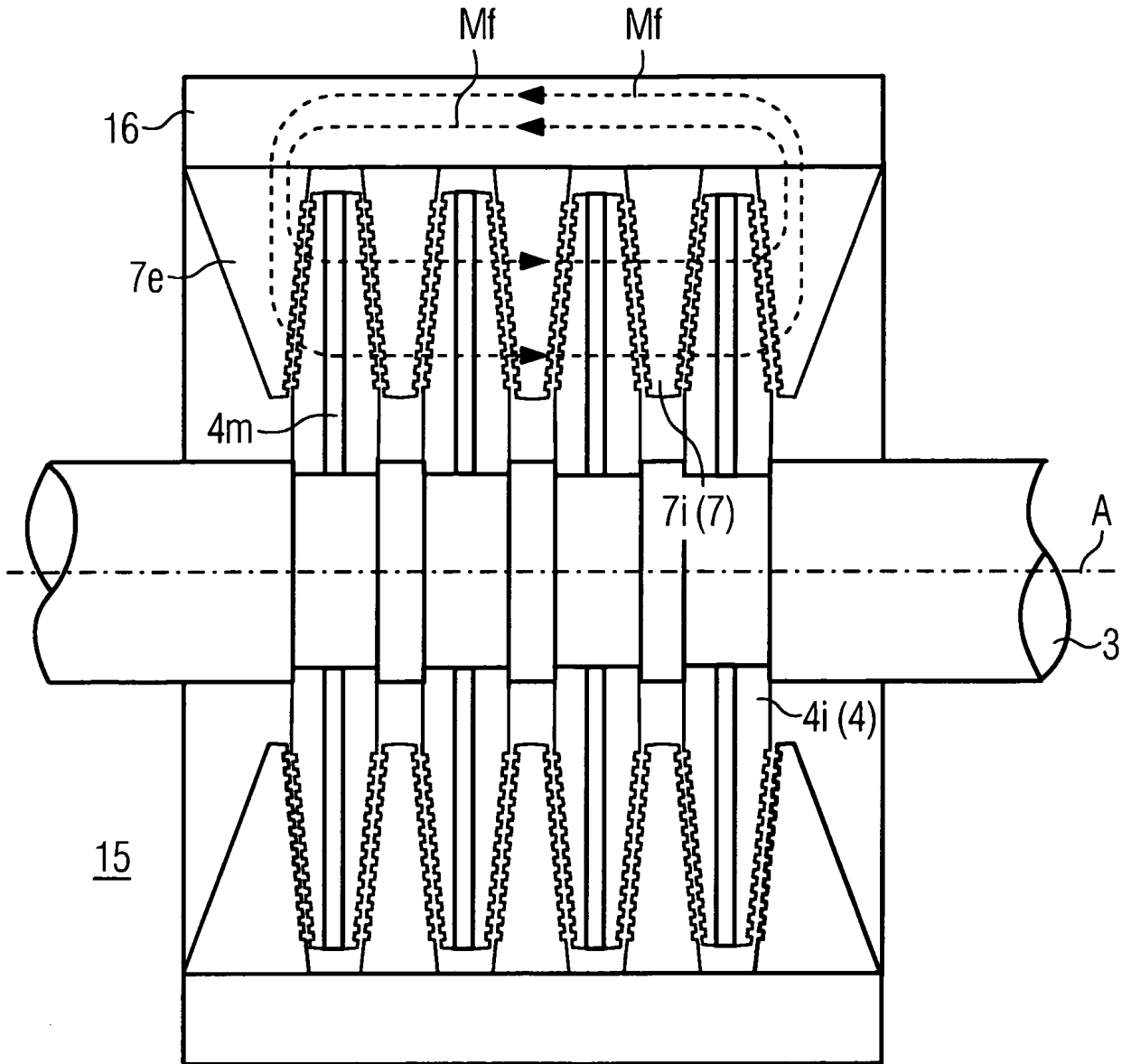


FIG 6

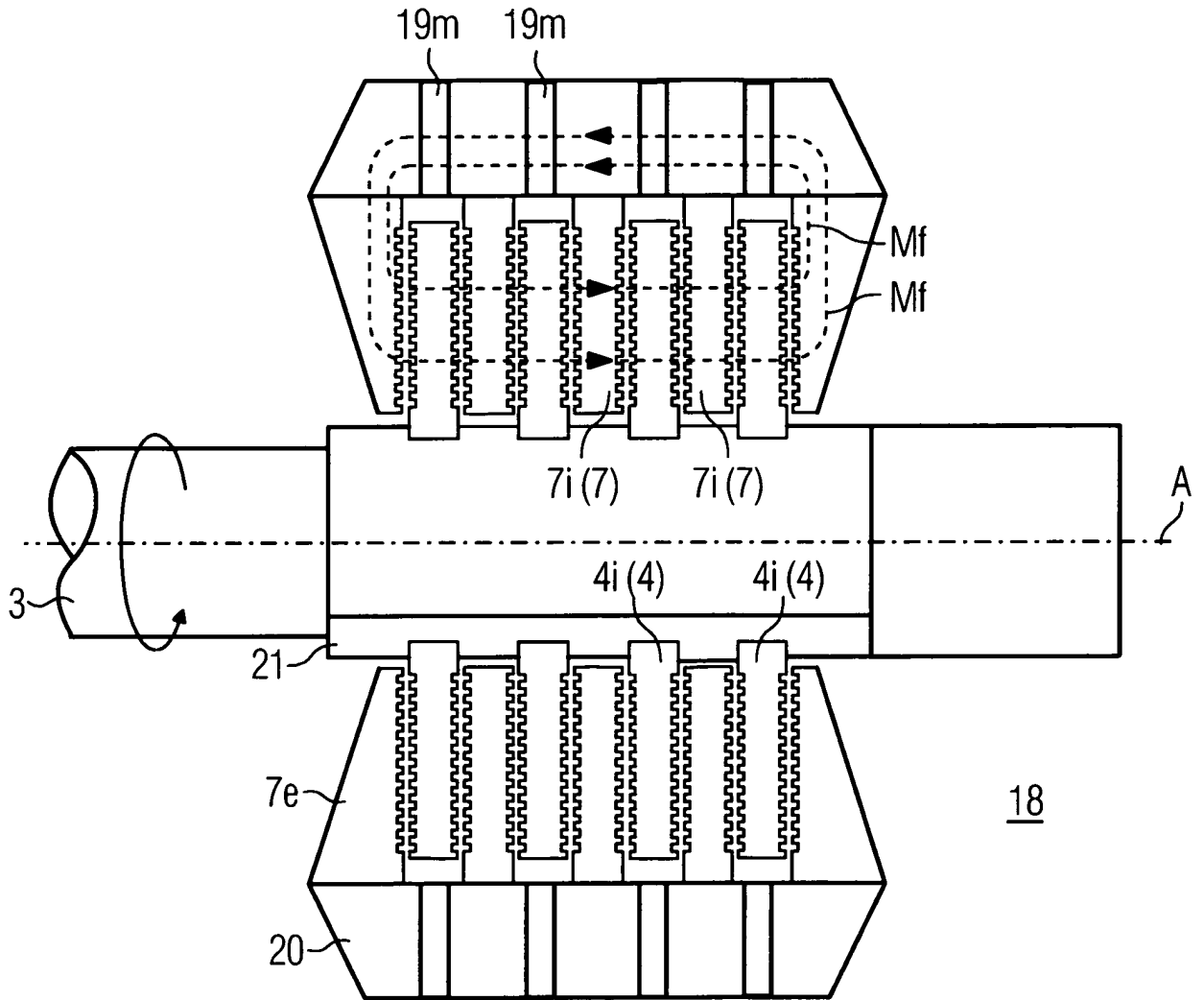


FIG 7

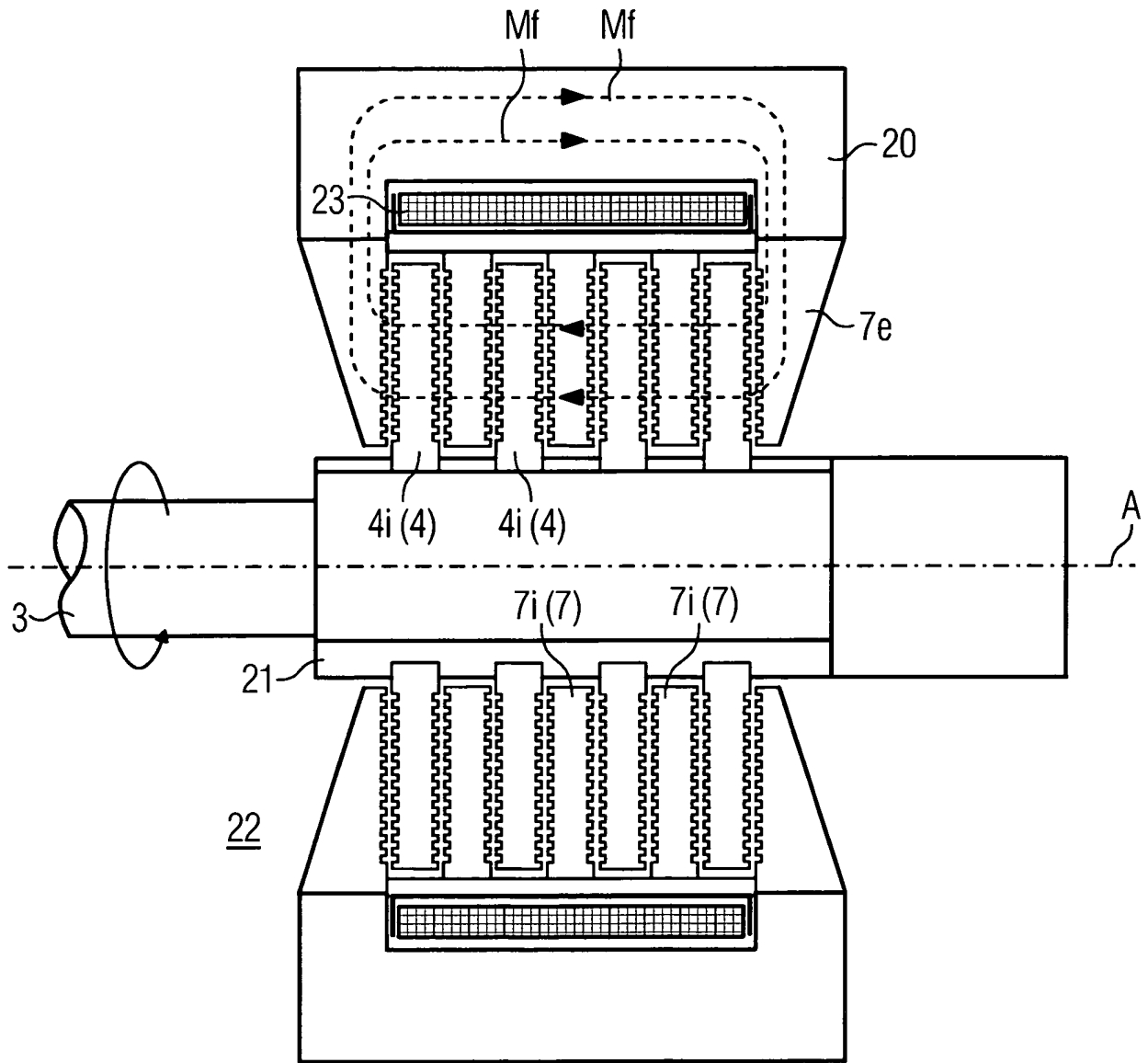


FIG 8

