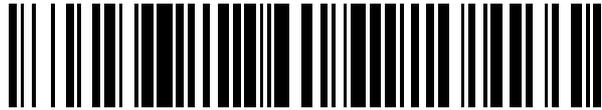


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 392 288**

51 Int. Cl.:

**H02K 21/24** (2006.01)

**H02K 16/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **09723499 .1**

96 Fecha de presentación: **13.03.2009**

97 Número de publicación de la solicitud: **2255431**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **01.12.2010**

54 Título: **Accionamiento directo de baja inercia con alta densidad de potencia**

30 Prioridad:

**15.03.2008 DE 102008014556**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:

**07.12.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:

**07.12.2012**

73 Titular/es:

**COMPOUND DISK DRIVES GMBH (100.0%)  
Gautinger Strasse 6  
82319 Starnberg, DE**

72 Inventor/es:

**MARQUARDT, RAINER**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

**ES 2 392 288 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

Accionamiento directo de baja inercia con alta densidad de potencia

5 La invención se refiere a máquinas eléctricas, que posibilitan con una longitud de construcción axial muy reducida y corta, altos pares motores específicos así como cumplen altos requerimientos de uniformidad del par motor. Con preferencia, están previstas para la alimentación electrónica de potencia con alta frecuencia básica y, como resultado, posibilitan altas densidades de potencia.

### Estado de la técnica

10 De acuerdo con el estado de la técnica, el requerimiento de par motor específico alto se cumple mejor por máquinas excitadas de forma permanente. Estos accionamientos o bien están realizados como máquinas sincronizadas polifásicas, excitadas de forma permanente o como máquinas de flujo universal, puesto que éstas posibilitan divisiones polares pequeñas y altas densidades de fuerza. La primera forma de construcción mencionada se conoce, entre otros, a partir del documento DE 10 2004 045 939 ("Máquina sincronizada excitada de forma permanente con medios de supresión para la mejora de la ondulación del par motor"). Tiene, entre otros, los siguientes inconvenientes esenciales:

- 15
- El rotor necesita, con la finalidad de un reflujo magnético, cantidades considerables de material de hierro blando, que elevar el momento de inercia y el peso.
  - Los polos del estator llevan, respectivamente, bobinas polares individuales para la excitación eléctrica. Esto conduce, en las formas de realización de alta polaridad, necesarias para altas densidades de fuerza, a un elevado gasto de arrollamiento y a altas potencias de pérdida de cobre en el estator.

20 La segunda forma de realización mencionada es esencialmente más favorable con respecto a este punto, porque el arrollamiento del estator se puede realizar como arrollamiento anular sencillo y se pueden realizar mejor formas de realización de polaridad extremadamente alta.

25 Se conocen formas de construcción de máquinas de flujo universal, entre otros, a partir del documento DE 101.10.719 ("Máquina de flujo transversal con varias piezas de excitación de una sección") y DE 198.48.123 ("Máquina de flujo transversal con colector de rotor").

Desafortunadamente, estas formas de construcción presentan una construcción complicada de muchas piezas y otros inconvenientes esenciales:

- 30
- El rotor necesita para la conducción del campo y la concentración del campo ("colector del rotor") cantidades considerables de material de hierro blando adicionalmente a los imanes permanentes, con lo que se incrementan el momento de inercia y el peso de una manera más desfavorable.
  - La uniformidad de la fuerza de avance generada es insatisfactoria, de manera que con objeto de la reducción de pulsaciones del par motor se necesita un número de secciones alto (es decir, mayor que 3) y/o un control electrónico, dependiente del ángulo del rotor de las corrientes de la sección.

35 Ambas medidas tienen una influencia desfavorable sobre el gasto técnico para la electrónica de potencia correspondiente y el rendimiento alcanzable. Este respecto, es deseable una disposición, que proporcione, ya condicionada por el principio, por cada sección, en una zona muy amplia de ángulos del rotor, un momento útil alto, en gran medida constante, para que se posibiliten también formas de realización bifásicas (número de secciones: 2) de una manera conveniente y de poco gasto.

- 40
- El arrollamiento anular, que se puede realizar fácilmente, genera un campo de dispersión perturbador, que provoca pérdidas no deseables en piezas de construcción metálicas adyacentes. Esto es un problema agravante en situaciones de montaje estrechas.

Para evitar los inconvenientes del arrollamiento anular, se han indicado también máquinas de flujo transversal con arrollamiento distribuido. Una forma de realización correspondiente se conoce a partir de la publicación de patente DE 10 2004.006.890 ("Máquina de flujo transversal de varias secciones con arrollamiento distribuido").

45 La división de la polaridad del arrollamiento de varias divisiones se puede seleccionar aquí un múltiplo mayor que la división predeterminada a través de los imanes permanentes del rotor, de manera que está disponible una sección transversal del arrollamiento mayor –comparada con una máquina sincrónica polifásica con la misma distribución de la polaridad-. En cambio, es un inconveniente el gasto alto para la electrónica de potencia correspondiente (ver la figura 5 en el documento DE 10 2004 006 890), que se manifiesta en el número de los vibradores necesarios y en altos requerimientos con respecto a su frecuencia de conmutación y reserva de tensión. Los inconvenientes mencionados se mantienen con respecto a la construcción / fabricación mecánica y con respecto al momento de

50

inercia alto del rotor.

5 Se conoce a partir del documento DE 102 42 833.6 ("Dispositivo de accionamiento eléctrico") y DE 102 006 036 707 ("Accionamiento directo de baja inercia") otras formas de realización de máquinas de flujo transversal. Ambos documentos presentan rotores en forma de disco – portadores de imanes permanentes -, que no contienen material  
 10 concéntricos.

El rotor del documento DE 10 2000 6036 707 no sólo es, en comparación, más fácil en cuanto a la técnica de fabricación, sino que es también esencialmente más resistente a la flexión. Para un rotor en forma de anillo de densidad más reducida, tiene una importancia decisiva, como se conoce, una alta resistencia a la flexión.

15 De acuerdo con la publicación de patente DE 102 42833.6, el sensor correspondiente comprende una pluralidad de láminas de estator en forma de U (34), que están dispuestas a la izquierda y a la derecha del disco del rotor en forma de anillos cilíndricos. El espacio hueco entre las láminas del estator está relleno por nervaduras de material no magnético, para obtener, por una parte, una forma de construcción más estable y para no perjudicar, por otra parte, el flujo magnético. Estos puntos de unión entre las láminas del estator en forma de U y las nervaduras son, sin  
 20 embargo, extraordinariamente desfavorables en lo que se refiere a la fabricación, la estabilidad mecánica y la resistencia de larga duración – como muestran las experiencias de aplicación de máquinas de flujo transversal similares.

Una sustitución de las láminas del estator en forma de U (entre otros, de chapa de acero magnético blando) por piezas similares de material compuesto de polvo magnético blando sería, evidentemente, posible – puesto que, en principio, en todas las máquinas eléctricas se pueden emplear de manera alternativa estos materiales.

25 No obstante, puesto que los materiales compuestos de polvo magnético blanco presentan una permeabilidad esencialmente más reducida –menor que una potencia de diez – que los metales macizos, esto conduce sin otras medidas inventivas a inconvenientes y pérdidas de potencia considerables.

Estos inconvenientes son especialmente:

- Un par motor / merma de potencia considerable, típicamente de al menos 40 %.
- 30 • Una dispersión esencialmente elevada y campos de dispersión exteriores perturbadores, que provocan pérdidas no deseable en piezas de construcción metálicas adyacentes.

Se conoce a partir del documento EP 0 305 569 A1 una disposición de estator, que está fabricada de chapa metálica doblada redonda y presenta un intersticio anular circunferencial y un desplazamiento angular entre ranuras del estator.

35 El cometido de la invención es evitar los inconvenientes mencionados e indicar un accionamiento directo mejorado, cuya densidad de potencia es elevada – a pesar de la utilización de materiales compuestos de baja permeabilidad.

Otro objetivo de la invención es poder emplear la forma de realización del rotor, ventajosa desde el punto de vista de la técnica de fabricación y desde el punto de vista mecánico, del documento DE 10 2006 036 707 (ver la figura 1). La disposición de una serie de los imanes permanentes (2), así como el número reducido resultante y la masa magnética reducida de esta forma de realización del rotor, deben emplearse tanto para máquinas monofásicas como también para máquinas polifásicas.

Por lo demás, se posibilita la segmentación favorable de los imanes permanentes (2) en dirección radial, que no perjudica la resistencia a la flexión del disco del rotor. Esto se representa a modo de ejemplo en la figura 2 para el imán permanente inferior (2).

45 Un objetivo adicional de la invención es mejorar esencialmente el estator con respecto al gasto de fabricación y a la estabilidad mecánica y a la resistencia de larga duración. También es ventajosa y se pretende la reducción del número de los arrollamientos del estator (4) y sus conexiones para la reducción del gasto.

De acuerdo con la invención, los objetos mencionados anteriormente se consiguen porque el rotor y el estator se configuran de acuerdo con la reivindicación 1 y las otras reivindicaciones. Para la explicación adicional de la invención sirven los dibujos siguientes. En este caso:

La figura 1 muestra un disco de rotor conocido a partir del documento DE 10 2006 036 707 ("Accionamiento directo de baja inercia"). Este disco de rotor consta de un anillo de soporte (3) de material amagnético – con preferencia de

plástico reforzado con fibras – con recesos para la inserción de imanes permanentes (2). Otros detalles instructivos y variantes de realización se conocen a partir de la publicación de patente mencionada anteriormente. Los imanes permanentes (2) están orientados en el anillo de soporte de tal forma que la línea de unión de sus polos magnéticos Norte y Sur apunta en la dirección circunferencial y los imanes permanentes (2) adyacentes se repelen entre sí. También esto se conoce a partir de la publicación de patente mencionada anteriormente.

La figura 2 muestra un disco de rotor conocido a partir de la publicación de patente mencionada anteriormente (DE 10 2006 036 707) similar a la figura 1. Para la ilustración de una dirección de segmentación posible ventajosa de los imanes permanentes (2), se representa a modo de ejemplo un imán permanente inferior (2) segmentado de forma correspondiente.

La figura 3 muestra una sección a través de la zona exterior de una forma de realización ejemplar de un accionamiento directo (dirección de la visión perpendicularmente aleje de giro del accionamiento). Las mazas del estator (1) de material compuesto magnético blando cubren con preferencia toda la periferia del rotor, de manera que presentan la forma de un anillo de forma circular. Esto es ventajoso también con respecto a la estabilidad mecánica. Las mazas de estator (1) del lado izquierdo y del lado derecho se pueden conectar mecánicamente, por ejemplo por medio de un tubo cilíndrico de material amagnético.

En ranuras anulares unilaterales circunferenciales de las mazas del estator (1) se encuentran los arrollamientos del estator (4). Éstos pueden estar realizados de manera conocida como arrollamientos anulares. Las mazas de estator (1) presentan en un lado unas superficies límites exteriores (5) ranuradas radialmente y una superficies límites interiores (6). Estas zonas no son visibles directamente (en la dirección de la visión presente en la figura 4) y, por lo tanto, están marcadas de negro para su reconocimiento mejorado. La medida de la división de las ranuras está adaptada a la del rotor – como se representa a continuación en la figura 4.

Las ranuras de la superficie límite (5) ranurada dispuesta radialmente en el exterior y las ranuras de las superficies límites (6) ranuradas dispuestas radialmente en el interior presentan de acuerdo con la invención un desplazamiento angular de la mitad de la medida de la división entre sí – que corresponde a un semiperiodo eléctrico. El mismo desplazamiento angular presentan también las ranuras izquierdas, que se encuentran en cada caso sobre el mismo radio, con respecto a las ranuras derechas.

Por lo demás, están previstos anillos de cortocircuito (14) opcionales en la proximidad espacial de las mazas de estator (1). A este respecto, se realiza la explicación con relación a la figura 4.

La figura 4 muestra con objeto de una explicación adicional una vista con dirección de la visión desde el exterior (perpendicularmente al eje de giro mecánico) sobre las mazas de estator (1) y los imanes permanentes (2) del rotor. Para la representación gráfica simplificada se ha elegido un desarrollo lineal, que omite la curvatura en forma de arco circular. Las partes mecánicas del rotor – como entre otros el anillo de soporte (3) - no se representan para mayor claridad. Las designaciones de las medidas significan lo siguiente:

- a. dilatación de los imanes permanentes (2) en dirección axial,
- b. espesor de los imanes permanentes (2) en la dirección de magnetización,
- c. medida de la división de las ranuras de las mazas de estator (1).

La medida de división tiene la dimensión de una longitud en la representación lineal simplificada de la figura 4. Sin esta simplificación, la indicación como medida angular sería correcta.

Con líneas continuas se representan las superficies límites ranuradas exteriores (5) de las mazas de estator (1). Con líneas de puntos se representan las superficies límites ranuradas interiores (6) de las mazas de estator (1). Esta disposición posibilita, a pesar del material compuesto poco permeable de las mazas de estator (1), una dispersión esencialmente reducida así como un aprovechamiento casi completo del flujo de los imanes permanentes (2). Las densidades de fuerza alcanzables son, con las mismas medidas radiales, más del 40 ... 50 % mayores que en la disposición conocida con láminas de estator en forma de U altamente permeables y con el tipo de construcción complicado correspondiente con varios anillos magnéticos concéntricos según el documento DE 102 42 8336.

No obstante, un cierto inconveniente de otro tipo, que se produce a través del material compuesto magnético blando de baja permeabilidad, está representado por el campo de dispersión exterior grande de las mazas de estator (1). Éste se puede aliviar a través de la disposición de anillos de cortocircuito (14) de material buen conductor de electricidad en la proximidad de las mazas de estator (1). Estos anillos de cortocircuito (14) son muy poco costosos y se pueden aplicar bien para los accionamientos directos de acuerdo con la invención – en particular por los siguientes motivos:

- Los anillos de cortocircuito (14) no tienen que estar conectados eléctricamente y no tienen que estar aislados eléctricamente de manera forzosa contra las mazas de estator (1).

- Los anillos de cortocircuito (14) se pueden realizar – con objeto de la reducción al mínimo de las pérdidas de calor de la corriente – economizando espacio con sección transversal relativamente grande.
- Los anillos de cortocircuito (14) se pueden realizar huecos y atravesados en el interior por la corriente de cortocircuito, de manera que refrigeran a través del conducto de calor también las mazas de estator (1) adyacentes.

Esta última medida se puede realizar aquí de una manera especialmente ventajosa, puesto que, entre otras cosas, no es necesario un aislamiento eléctrico contra las mazas de estator (1) –que impediría el conducto de calor-.

No obstante, en el caso de alta conductividad eléctrica del material de estator, puede ser deseable forzar una localización lo más unívoca posible de las corrientes circulares inducidas en el material del anillo de cortocircuito (14). Un aislamiento suficiente se puede realizar entonces ya a través de una eloxidación de la superficie de aluminio de los anillos de cortocircuito (14), en el caso de que éstos estén constituidos de aluminio. En el caso de empleo de materiales de cobre se puede emplear, por ejemplo una lámina de aislamiento fina entre las mazas de estator (1) y los anillos de cortocircuito (14). No obstante, en general, en el caso de empleo de material compuesto para el estator, no son necesarios aislamientos eléctricos.

Las posibilidades de refrigeración mencionadas anteriormente son, por lo tanto, ventajosas, entre otras cosas porque con frecuencia es problemática una refrigeración líquida directa de las mazas de estator – por ejemplo de manera conocida con taladros pasantes-. Un motivo esencial para esta problemática conocida es la corrosión de los materiales del estator en el caso de contacto directo con los medios de refrigeración. Otros motivos están en el debilitamiento de las secciones transversales magnéticas a través de canales de refrigeración o bien taladros de refrigeración en las mazas de estator (1).

Con respecto a la configuración geométrica de los anillos de cortocircuito (14) existen muchos grados de libertad. Por ejemplo, si debe reducirse al mínimo la longitud axial del accionamiento directo de acuerdo con la invención, puede ser ventajoso dividirla en dos anillos de cortocircuito concéntricos para aprovechar en dirección axial en la zona del arrollamiento del estator (4) el espacio en la mayor medida posible para el material del estator.

Por lo demás, a partir de la función de los anillos de cortocircuito, se deduce para el técnico medio que es evidente que se puede emplear un circuito en serie y/o un circuito en paralelo discrecional de varios anillos de cortocircuito.

La figura 5 muestra con objeto de una explicación adicional una vista sobre las superficies límites ranuradas (5) y (6) de las mazas de estator (1) con dirección de la visión paralelamente al eje de giro del accionamiento directo. Para la simplificación de la representación gráfica solamente se muestra un fragmento pequeño y de nuevo se omite la curvatura (desarrollo lineal). Las zonas que se encuentran más bajas en el plano del dibujo –es decir, las zonas ranuradas- se representan en negro, las zonas de las superficies límites (5) y (6) que se encuentran más altas se representan en blanco. Las zonas blancas se pueden designar aquí de manera conveniente como superficies polares. En el centro, se representa adicionalmente la zona con el arrollamiento del estator (4). La representación gráfica según la figura 5 no está a escala, en el sentido de que las proporciones geométricas estuvieran optimizadas. La figura 5 solamente sirve para la explicación adicional de la figura 4 y debe mostrar especialmente el desplazamiento ya explicado entre las ranuras de las superficies límites exteriores (5) y las superficies límites interiores (6) de nuevo en otra dirección de la visión.

La figura 6 muestra otra disposición similar a la figura 3. A diferencia de la figura 3, los arrollamientos del estator (4) se encuentran solamente en una de las dos mazas del estator (1). Esta medida es posible de manera conveniente en accionamientos directos de acuerdo con la invención, especialmente en virtud del círculo magnético optimizado y de la dispersión extremadamente reducida. Como resultado no se producen mermas considerables del par motor cuando el arrollamiento del estator (4) está realizado de forma asimétrica. Como ventajas resultan, entre otras cosas, una fabricación simplificada, un número reducido de conexiones eléctricas y una accesibilidad mejorada de las conexiones eléctricas del arrollamiento del estator (4). Esta última problemática es con frecuencia importante en el caso de relaciones estrechas de montaje. También se facilita la realización de los arrollamientos de estator como conductores huecos con refrigeración interior, que es ventajosa en todos los accionamientos directos de acuerdo con la invención.

En la figura 6 se indica adicionalmente el hecho de que las dimensiones de las mazas de estator (1) y de las ranuras anulares así como el número de espiral de los arrollamientos de estator para este caso se pueden variar y optimizar, de manera que la disposición según la figura 6 es igual o superior con respecto al par motor, la potencia y el rendimiento de la disposición según la figura 3. La posibilidad favorable de poder reducir convenientemente la ranura anular sin arrollamiento en la maza derecha del estator de la figura 6 resulta esencialmente de la misma manera a partir de la disposición básica de acuerdo con la invención de muy baja dispersión de acuerdo con la reivindicación 1.

La figura 7 muestra una disposición según la figura 6, que se diferencia esencialmente por imanes permanentes (2) prolongados radialmente. Esta medida posibilita, con el mismo peso de las mazas de estator (1), incrementar

adicionalmente el par motor y la potencia. El peso del rotor es en los accionamientos directos de acuerdo con la invención, entre otras cosas, una potencia de diez menor que el peso del estator, de manera que el aumento reducido de la masa de los imanes magnéticos (2) no es esencial. Por lo demás, los accionamientos directos de acuerdo con la invención contienen – con respecto al par motor y a la potencia – cantidades comparativamente extraordinariamente reducidas de material magnético, de manera que tampoco el aumento de los costes es esencial.

La figura 8 muestra, como ejemplo de realización de la invención, un accionamiento directo bifásico que – en el caso de alimentación con dos corrientes de estator desfasadas eléctricamente  $90^\circ$ - puede cumplir ya requerimientos máximos de consistencia del par motor. Se puede pensar que proceden de dos disposiciones según la figura 6. Las entalladuras de forma triangular en la maza central del estator (1) sin arrollamiento pueden estar realizadas también más profundas para desacoplar de la mejor manera posible el círculo magnético izquierdo y derecho. También es posible una separación mecánica completa de la maza de estator en la línea de simetría de puntos y trazos.

La figura 9 muestra una disposición de acuerdo con la invención similar a la figura 8. A diferencia de la figura 8, las mazas de estator (1) están dispuestas en simetría de espejo invertido. Esto tiene la ventaja de que los dos arrollamientos de estator (4) de las dos fases eléctricas se encuentran en una maza de estator (1) común. Este hecho puede ser ventajoso –de acuerdo con la aplicación- desde el punto de vista de la técnica de fabricación, desde el punto de vista mecánico o de la técnica de conexión.

La figura 10 muestra, para completar, una disposición bifásica de acuerdo con la invención, que se forma por dos disposiciones según la figura 3. En general, es menos ventajoso – en virtud del número alto de conexiones eléctricas-.

La figura 11 muestra otra disposición para un accionamiento directo polifásico. Esta disposición es adecuada con preferencia para accionamientos directos con diámetros muy grandes. En estos casos es posible y conveniente insertar concéntricamente dos más sectores de los accionamientos directos de acuerdo con la invención.

Las mazas de estator (1) se pueden conectar mecánicamente y pueden permanecer de una sola pieza cuando las fases eléctricas son desacopladas magnéticamente por medio de ranuras de separación (15) radiales circunferenciales.

Si el accionamiento bifásico resultante (figura 11) debe proporcionar un par de accionamiento medio de la misma magnitud que la disposición original (figura 3), en principio se puede emplear el mismo disco de rotor con las mismas dimensiones de los imanes permanentes (2). La representación (figura 11) no está en este sentido a escala – o bien representa una forma de realización con par motor más elevado.

Las diferencias insignificantes del par motor entre la fase radialmente exterior y la fase interior se pueden pasar por alto en el caso de diámetros grandes de la disposición, cuando las dilataciones radiales de las mazas de estator (1) son seleccionadas pequeñas con respecto al diámetro. Esta condición previa se cumple o bien se pretende, en general, por razones de reducción al mínimo del peso. Las diferencias insignificantes remanentes de los pares motores se pueden compensar también por medio de pequeñas adaptaciones de medida de las ranuras radiales (5 y 6).

La figura 12 muestra otra medida para posibilitar accionamientos polifásicos, que solamente necesitan un disco de rotor. También aquí se puede emplear el disco de rotor fácil de fabricar de forma inalterada en cuanto al diseño y las medidas, como ya se ha explicado en la figura 11. Con esta medida se dividen las zonas ranuradas (5) y (6) de las mazas de estator (1) en varios sectores. En la figura 12, esto se representa en principio en el ejemplo de un accionamiento bifásico.

Están previstos arrollamientos de estator (4) para la alimentación de corriente de la primera fase con las conexiones A1 y A2 así como arrollamientos de estator para la alimentación de corriente de la segunda fase con las conexiones B1 y B2. Las corrientes ( $i_A$ ) e ( $i_B$ ) correspondientes deben presentar un desplazamiento de fases de  $90^\circ$  entre sí, como se indica, como se conoce, para accionamientos bifásicos.

A la primera fase eléctrica están asociados aquí los sectores (42) y (40). A la segunda fase eléctrica están asociados los sectores (41) y (43). Las superficies límites (5) y (6) radialmente ranuradas presentan en los últimos sectores ((41) y (43)) un desplazamiento angular de las ranuras de un cuarto de división ( $c/4$ ) con respecto a las de los primeros sectores mencionados. Entre los sectores se pueden insertar ranuras radiales más anchas – bajo pérdida de algunas pocas superficies polares-, que facilitan adicionalmente la conducción radial de los arrollamientos de estator (4) hacia las conexiones exteriores.

Por medio de las medidas descritas, tanto el disco del rotor (10) como también las mazas de estator (1) pueden permanecer sencillas en cuanto a la técnica de fabricación. En particular, no deben fragmentarse mecánicamente, lo que perjudicaría también la resistencia y la facilidad de montaje. Solamente la realización de los arrollamientos de estator es insignificadamente más costosa: en los sectores no utilizados, respectivamente, por la fase eléctrica respectiva, los arrollamientos de estator (4) deben conducirse en el espacio fuera de la ranura anular propiamente

dicha.

5 Esto se puede representar en la figura 12 solamente a través de desplazamiento radial de los arrollamientos de estator (4) en el plano del dibujo. En los accionamientos de acuerdo con la invención es posible de manera ventajosa conducir los arrollamientos de estator (4) en estas zonas del sector en el lado de las mazas de estator (1) alejado del intersticio de aire – por ejemplo: en las esquinas biseladas en la proximidad de los anillos de cortocircuito (14)-. La necesidad de espacio no es aquí perturbadora.

10 De acuerdo con ello, como inconveniente considerable de un accionamiento polifásico con esta división en forma de sectores descrita permanece únicamente la longitud elevada de los arrollamientos de estator (4). De la misma manera, son posibles de forma conveniente formas de realización con tres o más fases eléctricas y con un número mayor de sectores.

**REIVINDICACIONES**

- 5 1.- Accionamiento directo de longitud de construcción axial corta con rotores libres de hierro en forma de disco, que llevan imanes permanentes (2) dispuestos en una serie en un circuito concéntrico, en el que los estatores están constituidos por dos o más mazas de estator (1), fabricadas de material compuesto magnético blando, que están dispuestas a ambos lados de los discos del rotor, caracterizado porque las mazas de estator (1) presenta la forma de anillos circulares con superficies límites (5) y (6) ranuras dispuestas radialmente en el exterior y ranuradas dispuestas radialmente en el interior, respectivamente, que están desplazadas angularmente entre sí con respecto a la división ranurada en una semimedida de la división y están separadas por medio de una ranura anular circunferencial.
- 10 2.- Accionamiento directo de acuerdo con la reivindicación 1, en el que los rotores en forma de disco presentan, respectivamente, unos anillos de soporte (3) de material amagnético, equipados con imanes permanentes (2) – dispuestos en una serie en un círculo concéntrico-, cuyos imanes permanentes (2) en cada uno de los anillos de soporte (3) están orientados de tal forma que la línea de unión de sus polos magnéticos Norte y Sur apunta en dirección circunferencial y los imanes permanentes (2) adyacentes se repelen.
- 15 3.- Accionamiento directo de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que los imanes permanentes (2) presentan junturas de separación en dirección radial o están totalmente divididos en imanes parciales individuales.
- 20 4.- Accionamiento directo de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que los arrollamientos del estator (4) en las ranuras anulares circunferenciales de las mazas de estator (1) solamente están equipados en un lado de los discos del rotor.
- 5.- Accionamiento directo de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que la ranura anular circunferencial en las mazas de estator (1) sin arrollamiento está dimensionada en la dilatación radial y/o axial menor que en las mazas de estator (1) equipadas con arrollamiento.
- 25 6.- Accionamiento directo de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que los lados alejados del rotor de las mazas de estator están equipados con anillos de cortocircuito (14) de material conductor eléctrico, que están recorridos de manera opcional adicionalmente en su interior por la corriente de refrigerantes líquidos.
- 7.- Accionamiento directo de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que los imanes permanentes (2) de los rotores sobresalen radialmente dentro y/o fuera en su dilatación por encima de las medidas de las superficies límites ranuradas (5) y (6) de las mazas de estator (1).
- 30 8.- Accionamiento directo de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que las mazas de estator (1) entre dos o más discos de rotor están agrupadas mecánicamente por parejas para formar una pieza.
- 9.- Accionamiento directo de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que las mazas de estator (1) presentan dos o más superficies límites interiores y exteriores (5) y (6) que, dispuestas concéntricamente, están separadas totalmente por una ranura de separación circunferencial (15) o mecánicamente.
- 35 10.- Accionamiento directo de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que las superficies límites (5) y (6) ranuradas radiales de las mazas de estator (1) están divididas por sectores y las ranuras en uno o varios de estos sectores presentan un desplazamiento angular entre sí.

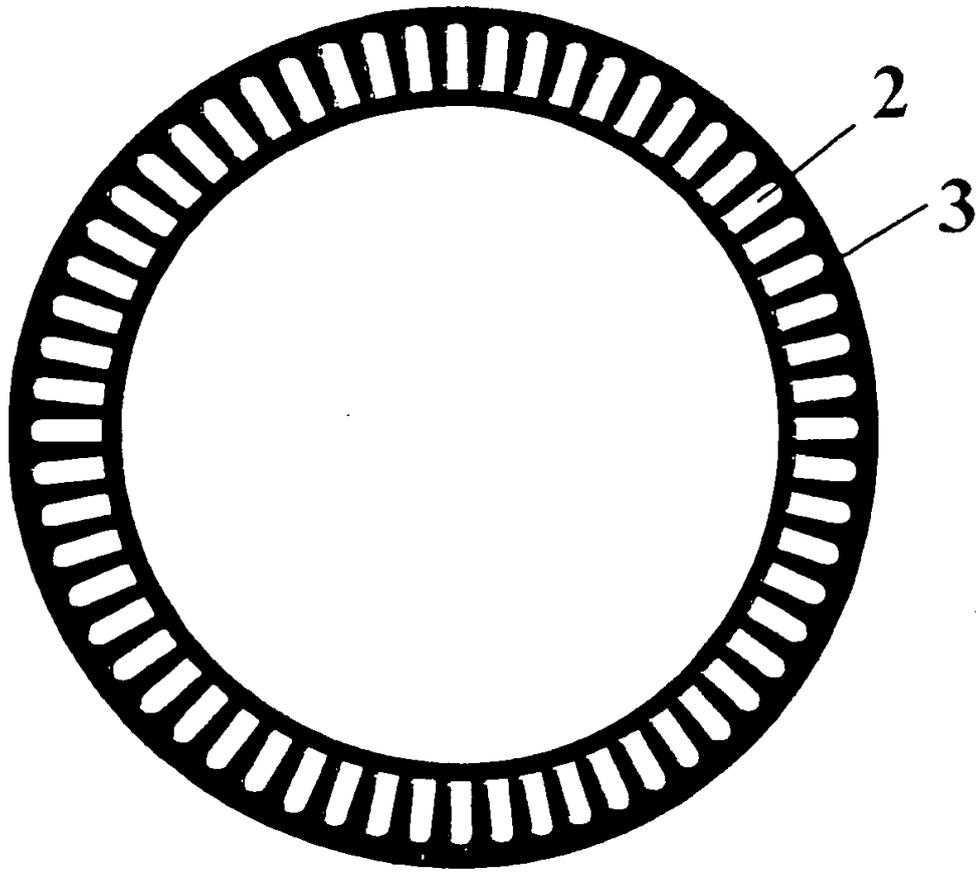
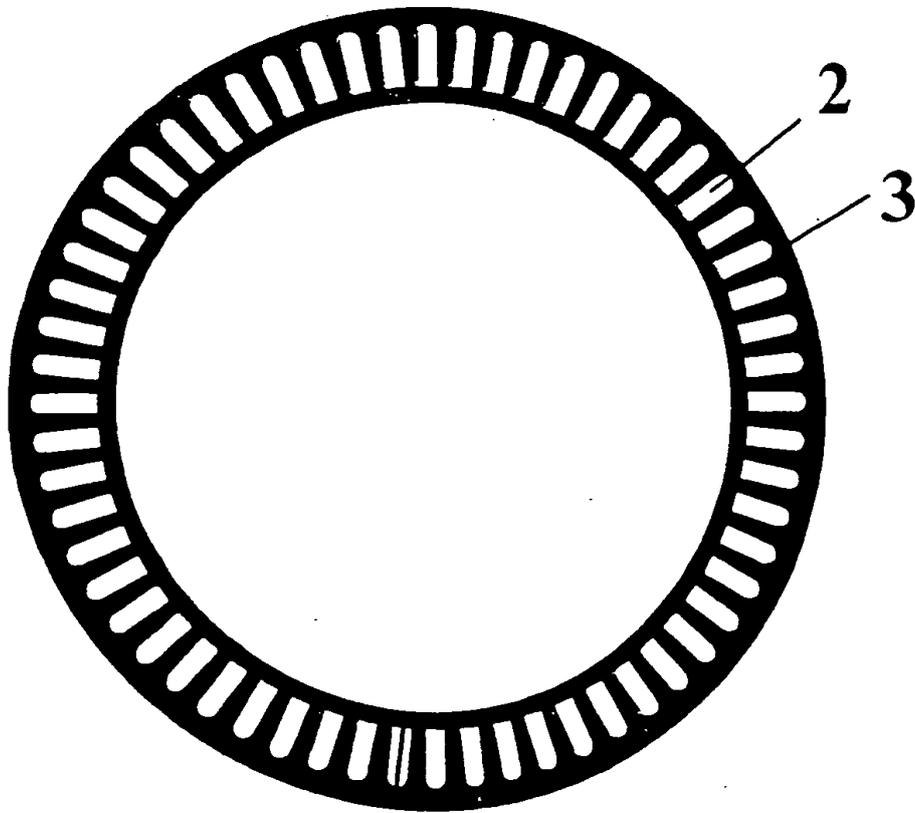


Fig. 1



**Fig. 2**

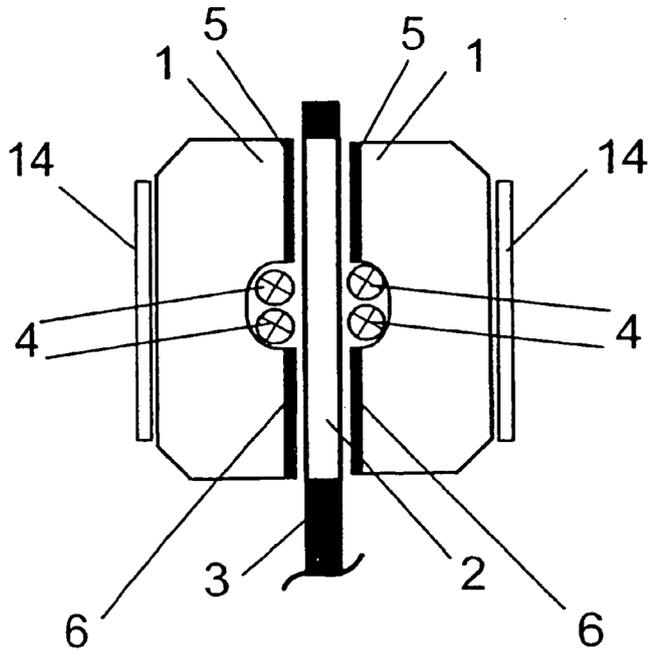


Fig. 3



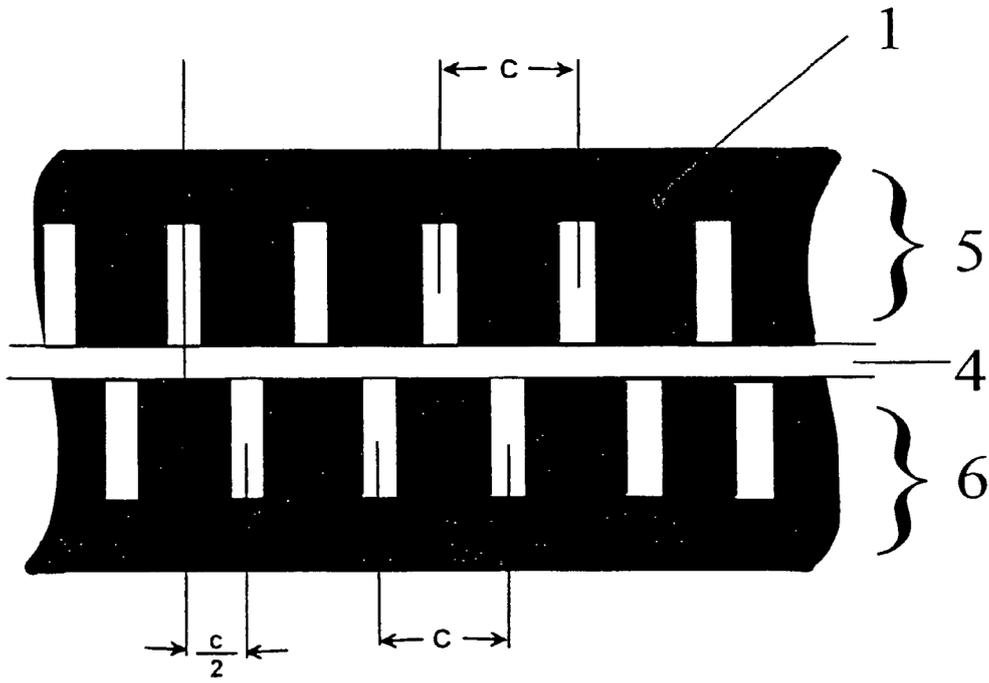


Fig. 5

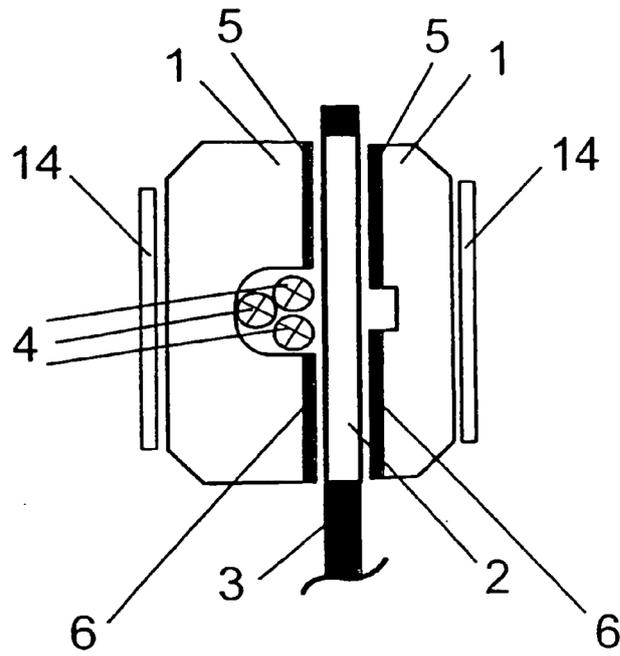


Fig. 6

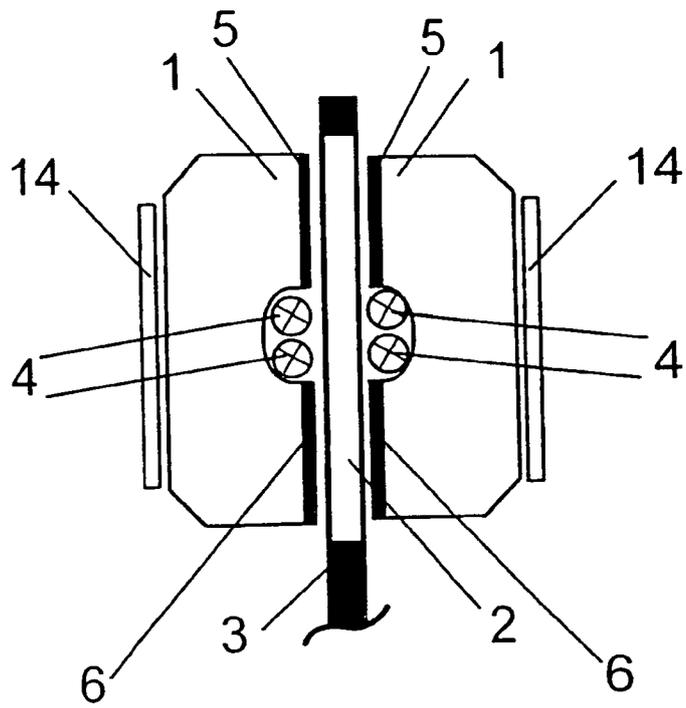


Fig. 7

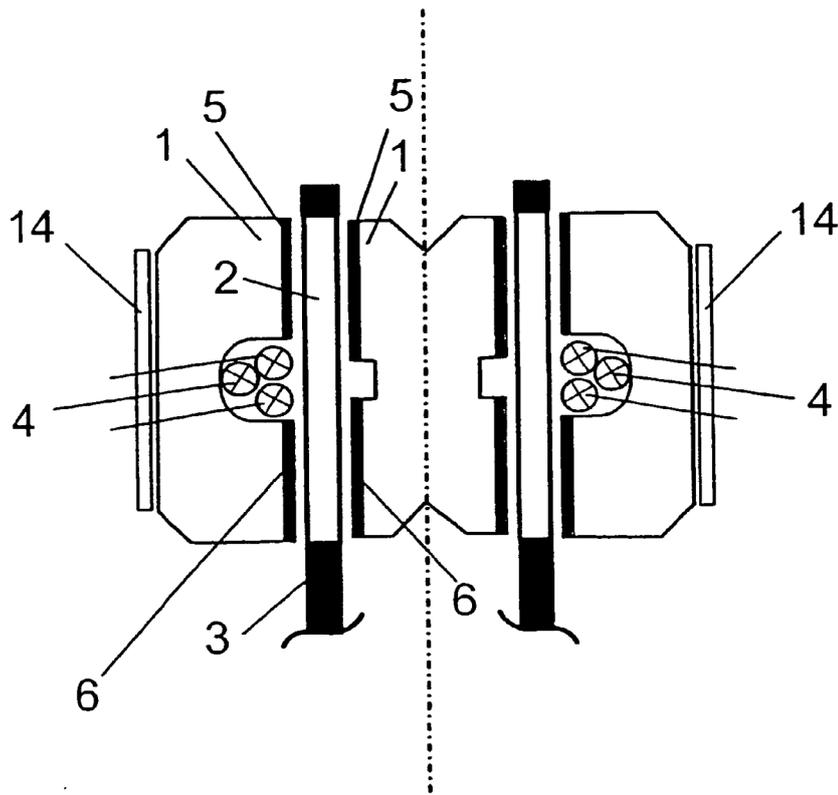


Fig. 8

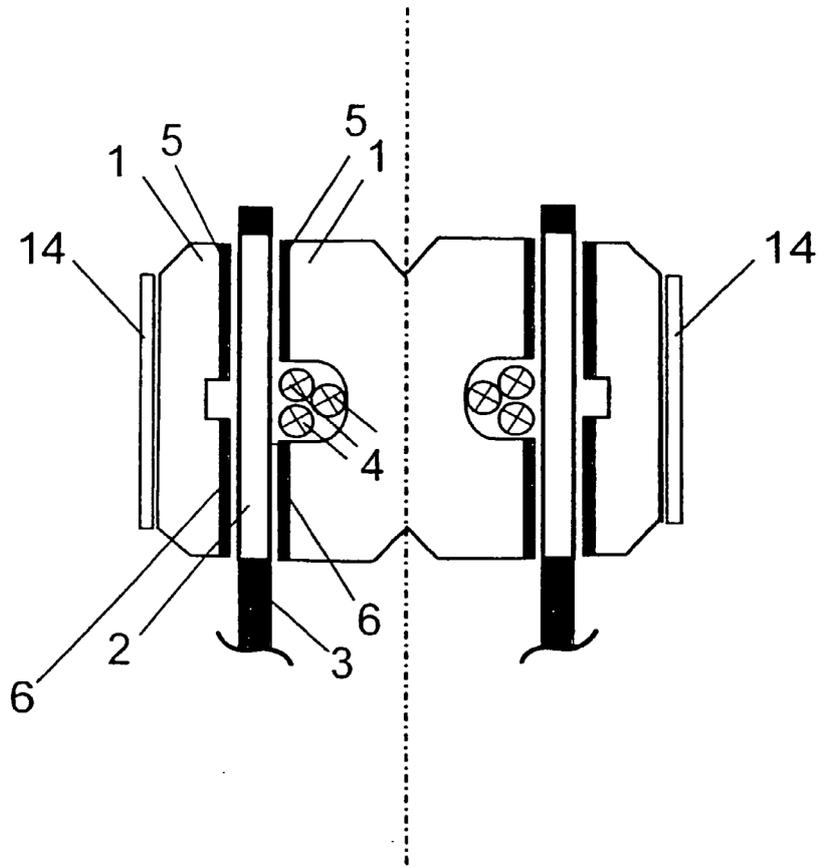


Fig. 9

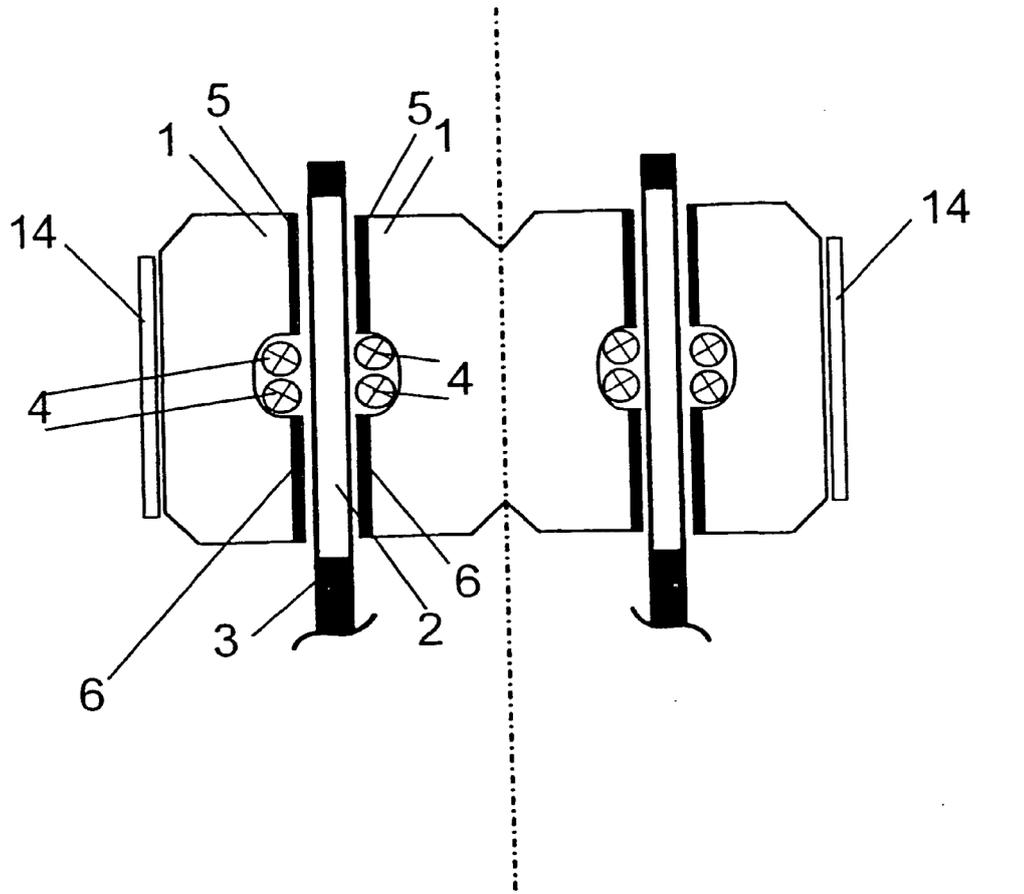


Fig. 10

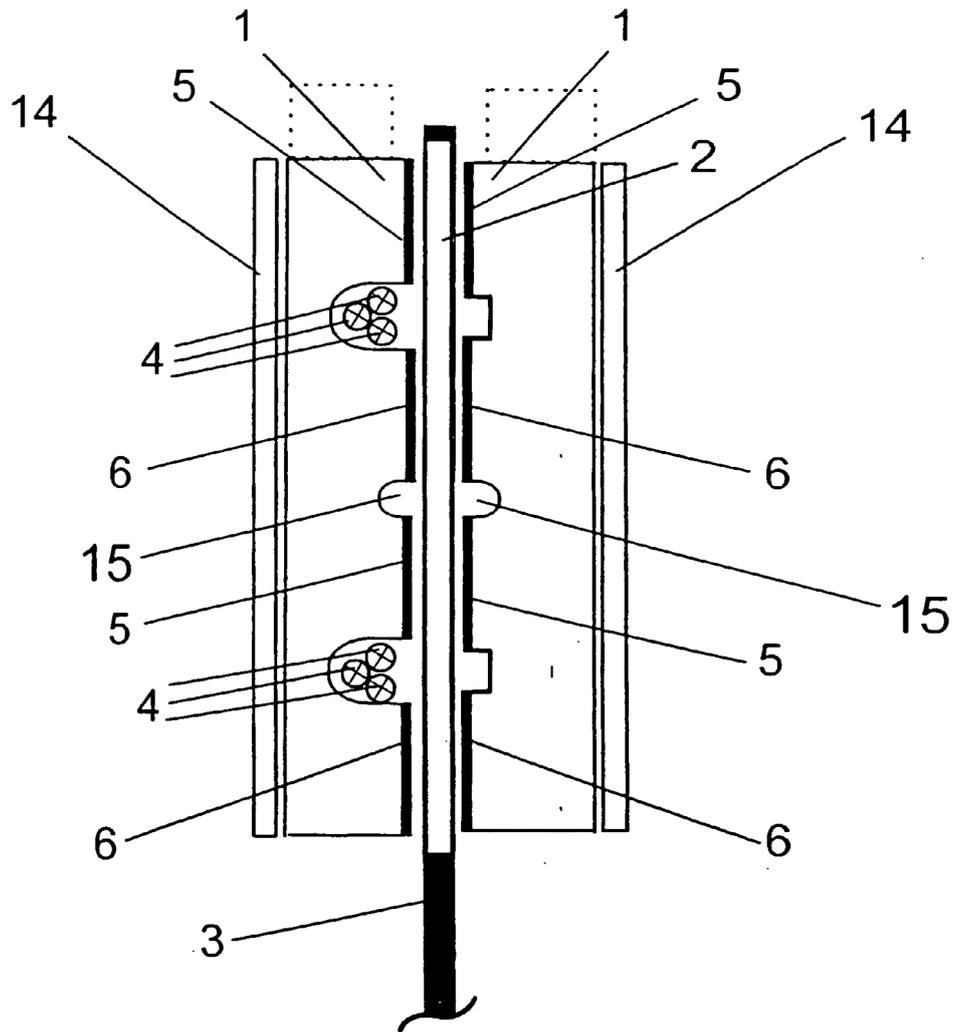


Fig. 11

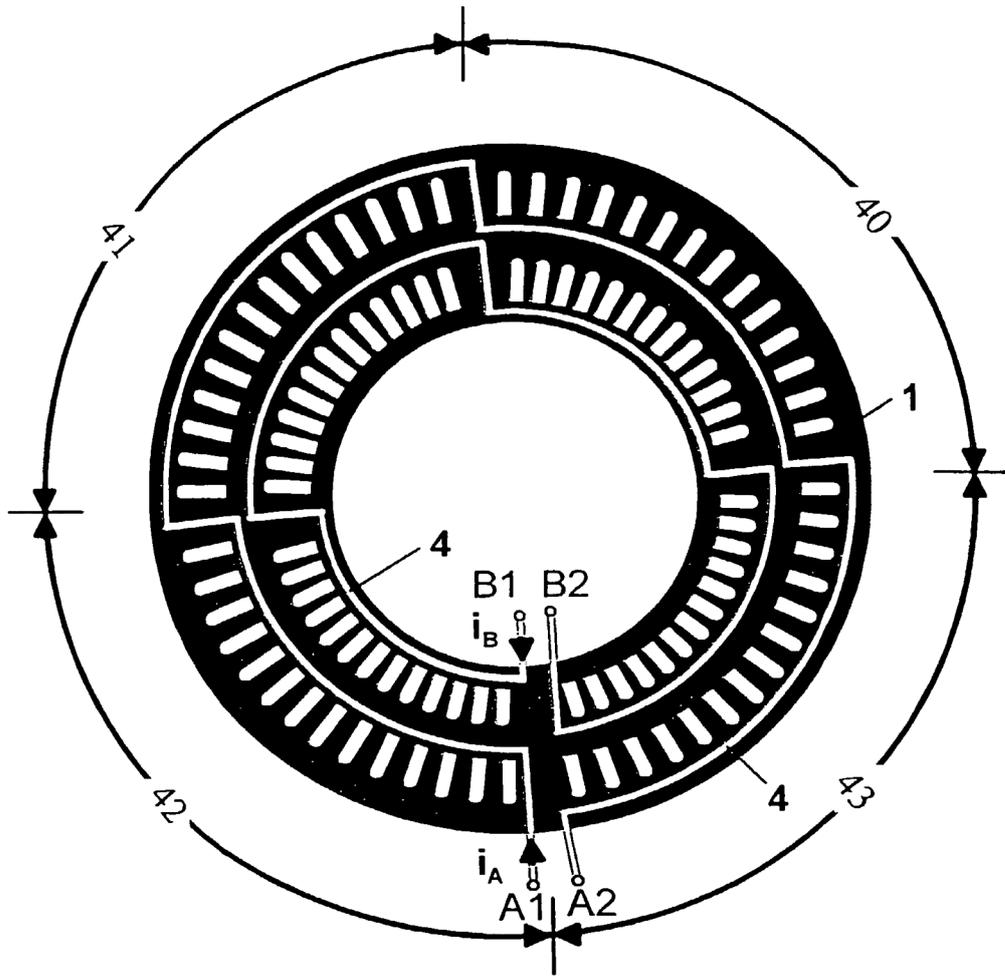


Fig. 12