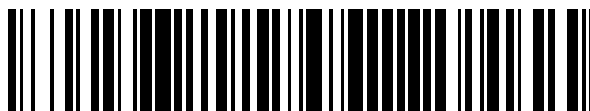


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 427 837**

51 Int. Cl.:

A61M 1/10 (2006.01)
F01L 9/04 (2006.01)
H02K 41/02 (2006.01)
H02K 41/03 (2006.01)
H02K 41/035 (2006.01)
F04B 17/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.08.2008 E 08801602 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.07.2013 EP 2178581**

54 Título: **Accionamiento lineal y sistema de bombeo, en particular un corazón artificial**

30 Prioridad:

17.08.2007 DE 102007039014

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

04.11.2013

73 Titular/es:

**RHEINISCH-WESTFÄLISCHE TECHNISCHE
HOCHSCHULE AACHEN (RWTH) (50.0%)
Templergraben 55
52062 Aachen, DE y
HERZ- UND DIABETESZENTRUM NRW (50.0%)**

72 Inventor/es:

**FINOCCHIARO, THOMAS;
BUTSCHEN, THOMAS;
LESSMANN, MARC;
HAMEYER, KAY;
SCHMITZ-RODE, THOMAS;
STEINSEIFER, ULRICH y
KWANT, PAUL BARTELD**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 427 837 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 lineal y sistema de bombeo, en particular un corazón artificial

La invención se refiere a un accionamiento eléctrico lineal, en particular para un sistema de bombeo de un corazón artificial, con una parte móvil y una parte estacionaria en el que la parte estacionaria está formada mediante una disposición de imanes permanentes y la parte móvil mediante una disposición de bobinas, o a la inversa, y en la que la disposición de bobinas y la disposición de imanes permanentes pueden ser movidas entre sí ida y vuelta en sentido axial mediante la aplicación de tensión a la disposición de bobinas, la disposición de bobinas está dispuesta en un entrehierro de la disposición de imanes permanentes extendida en sentido axial, cuyo material magnético está magnetizado en sentido axial y presenta al menos en sus dos extremos axiales zapatas polares internas y externas que se encuentran opuestas entre sí en sentido radial y distanciadas por medio del entrehierro, por lo cual el campo magnético en el entrehierro en el sector de las zapatas polares respectivamente opuestas entre sí está concentrado en sentido radial, por lo que se forma al menos un circuito magnético en el que las líneas de flujo magnético atraviesan el entrehierro radialmente tanto de dentro hacia fuera como el entrehierro de fuera hacia dentro.

Un accionamiento lineal de este tipo se conoce, por ejemplo, por la publicación DE 103 60 713 A1.

Además, la invención se refiere a un sistema de bombeo con un accionamiento de este tipo, en particular un corazón artificial para la asistencia cardíaca intracorpórea o extracorpórea o el reemplazo de órganos, en particular del corazón.

En cuanto en esta descripción de la invención se mencionen características de un accionamiento, dichas características son válidas también para un sistema de bombeo, en particular para un corazón artificial o a la inversa.

Por ejemplo, un sistema de bombeo de este tipo puede reemplazar como corazón artificial intracorpóreamente el corazón y, por lo tanto, salvar la vida a pacientes enfermos del corazón y que, hasta ahora, todavía estaban principalmente dependiendo de un corazón donado. En este caso, contrariamente a otros sistemas estándar aplicados hasta ahora, la calidad de vida del paciente permanece en gran parte conservada.

Los sistemas de asistencia cardíaca son generalmente conocidos en el actual estado de la técnica. Una pluralidad de sistemas de asistencia cardíaca ya ha sido desarrollada en los años 20 y se aplican en el hombre con éxito creciente. En este caso se distingue, generalmente, entre sistemas de asistencia cardíaca y sistemas de reemplazo cardíaco.

En el reemplazo de sistemas de asistencia cardíaca, el corazón está restringido en su funcionalidad, pero todavía continúa cumpliendo una parte de su capacidad de bombeo inicial. A uno o ambos ventrículos se conecta en paralelo o en serie un sistema de bombeo artificial que asiste al corazón. De esta manera se consigue, eventualmente, una recuperación del corazón y, a continuación, el sistema puede ser removido nuevamente.

En caso que el corazón natural este debilitado de tal manera que una asistencia cardíaca no es suficiente para alimentar el cuerpo suficientemente de sangre y no cabe esperar una recuperación del corazón, el corazón natural debe ser extirpado y reemplazado por una alternativa, por ejemplo un corazón artificial o un corazón donado trasplantado.

Pero, como la demanda de corazones donados está en continuo ascenso y, al mismo tiempo, la disposición a donar disminuye, ya no hay a disposición corazones donados suficientes. La inserción de un corazón artificial puede reducir la elevada tasa de mortalidad de los pacientes de la lista de espera.

El Incor es un típico representante del sistema de asistencia cardíaca que ya es aplicado en el hombre. Como sistema reemplazante del corazón se puede aplicar, por ejemplo, el Cardiowest. Los diferentes sistemas de asistencia cardíaca o de reemplazo cardíaco se distinguen fuertemente en estructura y modo de funcionamiento. Los sistemas se pueden dividir en bombas radiales o axiales de trabajo continuo (por ejemplo, Incor) y bombas de desplazamiento pulsátiles (por ejemplo, Cardiowest).

La transmisión de fuerzas entre accionamiento y membrana de bombeo es realizada mediante conexiones mecánicas rígidas (por ejemplo, Abiocror 2), hidráulicas (por ejemplo, Abiocror 1), neumáticas (por ejemplo, Cardiowest) o magnéticas (por ejemplo, Magscrew). En este contexto, la transmisión de fuerzas se realiza en forma de una fuerza de empuje o un par ya sea directo (por ejemplo, Cardiowest) o mediante una desmultiplicación (por ejemplo, Abiocror 2).

Se pone especial atención al calor disipado del accionamiento, que puede provocar un deterioro de la sangre en forma de una coagulación. Mediante el llenado parcial o total del accionamiento con líquido refrigerante, que en algunos conceptos sirve al mismo tiempo como lubricante para la disposición de cojinetes, como por ejemplo según el documento US 5.500.111, se intenta transmitir la energía disipada de manera a ser posible homogénea a la sangre y al tejido adyacente.

La disposición de cojinetes de los sistemas de bombeo es realizada con grandes posibilidad de desgaste mediante cojinetes de bolas o de deslizamiento (por ejemplo, Abiocor 2) o casi sin desgaste mediante cojinetes hidrodinámicos, por ejemplo según el documento US 5.360.445 y cojinetes magnéticos. La tendencia es hacia accionamientos de poco desgaste que alcancen al menos un periodo de servicio de 5 años. Para un alivio mecánico de los cojinetes se usan accionamientos simétricos por rotación, en los cuales en un centrado se compensan las fuerzas de atracción entre estator y rotor en máquinas rotativas o bien entre la parte primaria y la parte secundaria en accionamientos lineales. De esta manera, los cojinetes pasan a ser más ligeros y compactos y alcanzan mayores periodos de servicio. Debido a que un centrado ideal es técnicamente irrealizable, se producen en todos los sistemas anteriores fuerzas de atracción entre estator y rotor o bien entre parte primaria y parte secundaria que producen un desgaste prematuro de los cojinetes.

Las mayores coincidencias entre la invención y el estado actual de la técnica la tienen los accionamientos lineales eléctricos sin desmultiplicación, por ejemplo según los documentos US 5.360.445 y US 5.300.111.

Todos los conceptos previos enumerados anteriormente no tienen una fuerza resultante en sentido radial sólo con un centrado ideal de la parte móvil respecto de la parte fija. Debido a que en una parte siempre se usa material ferromagnético y en la otra parte material magnético, entre las dos partes siempre se producen fuerzas de atracción que sólo serían compensadas con un centrado ideal. Como un centrado ideal es técnicamente irrealizable, existen siempre en sentido radial fuerzas más o menos pronunciadas entre las dos partes. Estas, además de la función real de guía, someten los cojinetes a un esfuerzo y los llevan a un desgaste aumentado de los cojinetes, con lo cual se reduce el periodo de servicio.

Los conceptos anteriores no maximizan la densidad de fuerza. Como se describe en la patente de Panton (US 5.300.111), en el desarrollo de corazones artificiales, la evacuación de calor al tejido adyacente y a la sangre puede ser realizada mediante medidas de refrigeración apropiadas. Más bien, el peso y las dimensiones del corazón artificial son un problema principal debido al espacio muy limitado en la caja torácica debido a una fuerza de empuje predeterminada. Si bien, según el concepto de aplicación de tensión descrito en la patente de Goldowsky (US 5.924.975), la fuerza está maximizada mediante la selección de segmentos de bobinas y electroimanes de igual longitud con pérdidas óhmicas mínimas, empero la fuerza fluctúa fuertemente, como se ha descrito anteriormente, en función de la condición de solapamiento y no adopta el valor máximo absoluto.

El motivo de ello es una ampliación del campo magnético (dispersión) en los sectores de las bobinas adyacentes sin tensión aplicada. Por lo tanto, para asegurar una fuerza predeterminada, el sistema de accionamiento debe estar diseñado más grande que un sistema que aprovecharía el flujo de dispersión.

Si bien, el concepto según Yeakley (US 6.194.796 B1) utiliza este flujo de dispersión mediante la aplicación de sólo un segmento de bobina, este segmento de bobina largo produce grandes pérdidas óhmicas que reducen fuertemente el grado de eficiencia.

La densidad de flujo magnético en el sector de los segmentos de bobina es en todos los conceptos de la misma magnitud que la densidad del flujo producida por los imanes. Según Lorentz, la fuerza de los segmentos de bobina bajo corriente es proporcional a la densidad de flujo magnético. Por lo tanto, mediante un aumento de la densidad de flujo magnético, por ejemplo en forma de un concentrador de flujo, con una energía óhmica disipada constante la fuerza puede ser aumentada ostensiblemente. Con ello sería posible un aumento del grado de eficiencia o una reducción del accionamiento.

Los conceptos de accionamientos rotativos sólo producen una velocidad de flujo continua de la sangre, el comportamiento de bombeo del corazón humano no es replicado. Asimismo, en estos conceptos las grandes velocidades de rotación de los rotores son una desventaja mediante la cual se ejercen sobre la sangre elevadas fuerzas transversales que conducen de manera intensificada a un daño de la sangre.

Los conceptos según Vitale (US 6.190.409 B1) están en posición de reproducir el proceso de bombeo del corazón humano en cuanto a su capacidad de bombeo, pero el corazón humano no puede ser replicado suficientemente dentro de un ciclo de bombeo en lo que se refiere al curso de flujo de presión y volumen de la sangre.

Además, estos sistemas trabajan en parte con una frecuencia cardíaca aumentada.

En el Abiocor 1 se usa aceite de siliconas que rellena todo el accionamiento. Debido a que en el sistema no se encuentra ningún medio comprimible (por ejemplo, aire), la membrana es succionada activamente en la diástole (fase de llenado), con lo cual se puede producir un colapso hemodinámico inconveniente de la aurícula.

Para garantizar una cierta calidad y perspectiva de vida para el paciente, los sistemas de asistencia o reemplazo de órganos deben ser lo más silenciosos posibles y presentar un periodo de servicio garantizado de 5 años. Todos los conceptos previos usan convertidores de potencia, por ejemplo transmisiones mecánicas, magnéticas o neumáticas. Sin embargo, muchos componentes móviles producen una generación incrementada del ruido y un aumento del desgaste.

El objetivo de la invención es poner a disposición un accionamiento de tipo genérico, en particular para un sistema

de bombeo, en particular un corazón artificial o sistema de asistencia, que trabaje casi sin desgaste y asegure así una durabilidad, a ser posible larga, que sea de construcción compacta para que, por ejemplo, pueda ser aplicado también como accionamiento de un corazón artificial en pacientes pequeños y posibilite una función de bombeo ajustable al comportamiento fisiológico y suministre sangre al cuerpo, a ser posible de manera fisiológica de manera correspondientemente pulsante del corazón natural.

En este caso, las desventajas descritas anteriormente de los conceptos previos han de ser, a ser posible, evitados completamente, mientras que sus ventajas reunidas en un solo sistema.

Las particularidades de la invención son, entre otras, la disminución del tamaño, de manera que se posibilita un aumento creciente del círculo de pacientes al que es posible implantar el sistema. Además, la invención posibilita una vida útil más prolongada del sistema que la mayoría de los restantes sistemas actuales.

Por otra parte, un accionamiento según la invención no solamente puede ser empleado para el accionamiento de un sistema de bombeo y ser, en este caso, usado como corazón artificial, sino para cualquier tipo de aplicaciones de accionamiento y, en particular, para cualquier tipo de aplicaciones de bombeo.

En este caso, en particular, el foco está puesto en el transporte, particularmente pulsante, de líquidos que son, por ejemplo, altamente sensibles respecto de presiones, tensiones transversales, temperaturas, aceleraciones, etc., por ejemplo sangre. Por lo tanto, un campo de aplicación preferente de los accionamientos según la invención se encuentra en el campo de corazones artificiales, sin embargo no está limitado a ello.

De acuerdo con un aspecto de la invención, el objetivo es resuelto mediante un accionamiento lineal de tipo genérico que está perfeccionado porque la disposición de imanes permanentes presenta imanes permanentes en sentido radial en los dos lados del entrehierro entre las piezas polares y porque la disposición de imanes permanentes presenta un primer imán permanente interior y un segundo imán permanente exterior, coaxial al primero y separado para la formación de un entrehierro, particularmente en sección transversal con forma de marco o anillo.

Una disposición de este tipo según la invención tiene la ventaja de que respecto de disposiciones convencionales de bobinas móviles, las disposiciones de bobinas no solamente pueden penetrar hasta cierto grado en la disposición de imanes permanentes, sino que aquí el entrehierro está abierto en los dos extremos axiales de la disposición de imanes permanentes y, por lo tanto, una disposición de bobinas puede salir o entrar de/a ambos extremos axiales. Por lo tanto, el recorrido de un accionamiento de este tipo depende, esencialmente, sólo de la longitud axial de la disposición de bobinas.

Además de ello, mediante la magnetización de la disposición de imanes permanentes resulta en sentido axial al menos un circuito magnético que se extiende en sentido axial sobre la disposición de imanes permanentes y en sentido radial dos veces sobre las zapatas polares y el entrehierro, o sea al menos en los extremos axiales, con lo cual se encuentra un entrehierro en cada punto en el cual mediante las zapatas polares las líneas de flujo magnético están concentradas en sentido radial. O sea, a lo largo de la longitud axial del accionamiento, la disposición de bobinas puede atravesar al menos dos sectores (a lo largo de la extensión axial) de la concentración de líneas de flujo máxima que se encuentra al menos en los extremos axiales de la disposición de imanes permanentes. Por otra parte, entre las zapatas polares, el campo magnético, excepto los sectores de dispersión, está alineado, al menos en lo esencial, paralelo al sentido axial.

En una posible y sencilla configuración del accionamiento, empero no según la invención, puede estar previsto que la disposición de imanes permanentes presente, al menos por sectores en sentido axial, solamente un imán permanente dispuesto en sentido radial en un lado del entrehierro de forma de marco o anillo particularmente en sección transversal, estando en el otro lado del entrehierro conectadas las zapatas polares mediante un material magnetizable, no automagnetizable, para la guía de las líneas de flujo. De esta manera, por ejemplo, un imán permanente puede estar previsto coaxialmente dentro o fuera respecto del entrehierro, particularmente con forma de marco o anillo en sección transversal, estando previsto en el lado opuesto respectivo solamente zapatas polares o elementos de yugo, particularmente con forma de marco o anillo en sección transversal, para guiar las líneas de flujo.

Sin embargo, según la invención puede estar previsto que la disposición de imanes permanentes presente en sentido radial imanes permanentes entre las zapatas polares en los dos lados del entrehierro con forma de marco o anillo, particularmente en sección transversal. De esta manera, la disposición de imanes permanentes tiene un primer imán permanente interior (dado el caso, con paso interior, particularmente coaxial) y un segundo imán permanente exterior coaxial al mismo, con forma de marco o anillo, particularmente en sección transversal, y distanciado para la formación del entrehierro. De esta manera, los respectivos extremos axiales del imán permanente interior y exterior tienen diferente polaridad.

Por lo tanto, una disposición de accionamiento de acuerdo con la invención presenta al menos dos pares de zapatas polares radialmente opuestos entre sí y distanciados por medio del entrehierro, estado cada par localizado en un extremo axial. En este caso, la forma de sección transversal de una zapata polar está ajustada a la forma de sección transversal del imán permanente respectivo con el cual está conectada la zapata polar.

En otra realización también puede estar previsto que entre las zapatas polares del extremo axial esté dispuesto al menos otro par de zapatas polares distanciadas mediante el entrehierro y opuestas uno al otro en sentido radial, que concentran el campo magnético en sentido radial. Consiguientemente, en una disposición de este tipo pueden existir no sólo dos pasos radiales de las líneas de flujo magnético, sino también tres o más, por lo cual en sentido axial también pueden estar formados dos o más circuitos magnéticos sucesivos y, en cada uno de los circuitos, las líneas de flujo magnético se pueden extender en sentido radial una vez de dentro hacia fuera a través del entrehierro y una vez de fuera hacia dentro a través del entrehierro. De esta manera, dos circuitos magnéticos contiguos en sentido axial tienen, en cada caso, un par de zapatas polares comunes.

En particular, en una disposición de imanes permanentes de este tipo se encuentran dispuestos en sentido axial al menos dos imanes permanentes coaxialmente sucesivos separados mediante una zapata polar, lo que es válido también para la disposición de imanes permanentes coaxialmente exterior y coaxialmente interior o solamente para una de las disposiciones de imanes permanentes, cuando de acuerdo a la realización nombrada en primer término se encuentran dispuestos elementos de yugo en el lado opuesto.

Los imanes permanentes de la disposición de imanes permanentes presentan en sentido axial al menos un cambio de polarización. Básicamente es posible cualquier número de cambios de polarización.

Con el accionamiento aquí descrito es posible configurar, preferentemente, un sistema de bombeo para un corazón artificial.

En todas las realizaciones de un accionamiento de este tipo, sea este un sistema de bombeo para un corazón artificial o para cualesquiera otras aplicaciones de accionamiento, en un perfeccionamiento también puede estar previsto que el espesor de las zapatas polares aumente en sentido radial hacia el entrehierro. De esta manera es posible ahorrar material y, consecuentemente, peso. Una reducción del espesor en sentido contrario al entrehierro es, en este caso, inofensiva, porque la concentración de líneas de flujo magnéticas también decrece en este sentido debido a la desviación de las líneas de flujo magnéticas desde la dirección axial a la dirección radial en la localización de las zapatas polares.

Como en estas realizaciones está previsto mover la disposición de bobinas en ambos lados axiales de la disposición de imanes permanentes fuera de la misma o hacia dentro de la misma están dadas, sin embargo, a lo largo de la extensión axial al menos dos puntos en los cuales las líneas de flujo magnéticas se extienden en sentidos radiales opuestos, en un perfeccionamiento se ha previsto que, durante el funcionamiento, la disposición de bobinas sea atravesada en dichos puntos por la corriente en sentidos opuestos para el movimiento definido en un sentido deseado. Para ello, en una configuración sencilla puede estar previsto, por ejemplo, que la disposición de bobinas presente un único arrollamiento de bobina, cuya orientación de arrollamiento se revierta al menos una vez en sentido axial de la disposición de bobinas. Es así que con una aplicación de tensión constante debida a la inversión de la orientación de arrollamiento se consigue, en la práctica, también la inversión del sentido de la corriente y, con ello, fuerzas de accionamiento rectificadas en sentido axial que actúan entre la disposición de imanes permanentes y la disposición de bobinas.

En otra realización, preferente respecto de esto, puede estar previsto que la disposición de bobinas presente al menos dos bobinas o segmentos de bobinas dispuestos en sentido axial uno detrás de otro aplicables con tensiones diferentes, estando aplicada la tensión, en particular, mediante un control de orden superior solamente a aquellos segmentos de bobina localizados en el sector de las zapatas polares. En este caso, una aplicación de tensión diferente puede significar diferente intensidad de corriente y/o sentido de corriente. En este caso, los segmentos de bobina y/o zapatas polares pueden ser de diferente anchura en sentido axial.

En todas las realizaciones de la invención según este aspecto, los elementos como imanes permanentes y zapatas polares dispuestos radialmente internos o externos respecto del entrehierro están firmemente conectados mecánicamente entre sí para que su posición relativa entre sí sea fija. Ello, por ejemplo, puede estar dado mediante una disposición de marco envolvente fijo.

De acuerdo con otro aspecto, pero no según la invención, el objetivo también se consigue mediante un accionamiento lineal de clase genérica que está perfeccionado porque la disposición de imanes permanentes está conformado como una pila de imanes, con forma de marco, en particular con forma anular, que están magnetizados alternadamente axial y radialmente en sentido axial, de manera que el campo magnético en un lado de marco o anular, en particular del lado exterior radial, está amplificado y en el otro lado, en particular del lado interior radial está atenuado, estando la disposición de bobinas dispuesto en forma coaxial a la disposición de imanes permanentes en el lado del campo magnético amplificado. También con un accionamiento de este tipo, de manera preferente pero no limitante, es posible configurar un sistema de bombeo para un corazón artificial.

De acuerdo con este aspecto, si bien se produce una solución constructiva diferente del objetivo propuesto, según ambos aspectos se hace uso, sin embargo, de la idea esencial de la invención de conseguir, como resultado de un tipo especial de la configuración de la polarización magnética (sentido de magnetización) de la disposición de imanes permanentes y entorno constructivo, una concentración local de las líneas de flujo magnético en el sector inmediato de la aplicación de tensión a la disposición de bobinas. Por lo tanto, ambos aspectos están unidos por la

misma idea de la invención. También es importante que en ambos conceptos no se presente ningún movimiento relativo entre el imán permanente y los componentes de guía de flujo (por ejemplo, Vacoflux).

[0046] Para ello, en una configuración sencilla puede estar previsto, por ejemplo, que la disposición de bobinas presente un único arrollamiento de bobina, cuya orientación de arrollamiento se revierta al menos una vez en sentido axial de la disposición de bobinas. Es así que, con una aplicación de tensión constante debida a la inversión de la orientación de arrollamiento, se consiga, en la práctica, también la inversión del sentido de la corriente y, con ello, fuerzas de accionamiento rectificadas en sentido axial que actúan entre la disposición de imanes permanentes y la disposición de bobinas.

En esta configuración también puede estar previsto dividir la disposición de bobinas en segmentos de bobina individuales y, en particular debido a un control de orden superior, solamente aplicar tensión a los segmentos de bobina que solapan con el material magnético y/o son atravesados prioritariamente por un campo magnético radial. En este caso, puede estar previsto al mismo tiempo desconectar de la corriente los segmentos de bobina en los que el campo magnético se extienda, esencialmente, paralelo al eje del accionamiento lineal. También puede estar previsto desconectar de la corriente al mismo tiempo los segmentos de bobina en los que el campo magnético no presente la suficiente fuerza. En este caso, el paso entre el estado sin tensión y el estado con aplicación de tensión de los segmentos de bobina puede ser ajustable particularmente de manera continua en función de la posición y, por ejemplo, realizado por un control de orden superior.

En las realizaciones de ambos aspectos puede estar previsto que una alimentación de corriente de la disposición de bobinas esté realizado, por ejemplo, mediante contactos deslizantes y de manera particularmente preferente mediante al menos dos conductores eléctricos configurados de forma helicoidal. En una posición definida, los conductores pueden formar, en cada caso, una espiral que se encuentra en un plano, moviéndose entonces el extremo interior o exterior de la espiral correspondiente hacia fuera de este plano mediante una desviación de la disposición de bobinas respecto de la disposición de imanes permanentes. De esta manera, el conductor helicoidal correspondiente descansa sobre una superficie envolvente cónica imaginaria.

En este caso, los al menos dos conductores pueden estar rodeados en forma de espiral y/o puede estar previsto que al menos dos conductores estén dispuestos en una espiral con un aislamiento intermedio. En particular, en una disposición por capas, múltiples conductores dispuestos en capas en espiral pueden comenzar y/o terminar con un desplazamiento en sentido helicoidal, para de manera simplificada poder colocar la alimentación eléctrica en los extremos desplazados.

La configuración de las alimentaciones mediante conductores en forma de espiral tiene la particular ventaja de que un extremo de estos conductores puede estar fijado a un elemento estacionario del accionamiento y el correspondiente otro extremo a una parte móvil, por ejemplo una disposición de bobinas. En los movimientos relativos de las piezas entre sí, los conductores en forma de espiral se mueven hacia fuera del plano de la espiral sin producir una gran carga mecánica. Los conductores configurados de esta manera tienen, por lo tanto, una larga vida útil, que es esencial justamente en la aplicación en corazones artificiales.

El número de conductores de forma helicoidal puede ser limitado a dos, cuando un sistema electrónico (convertidor) está dispuesto en la disposición de bobinas misma para la aplicación de tensión y conversión de segmentos de bobina y, por lo tanto, por ejemplo, sea arrastrado. En este caso se necesitan solamente las dos alimentaciones a este sistema electrónico.

La disposición de bobinas mismas por esta fijada a un elemento de transmisión de fuerzas que en un sector medio está montado en particular de manera coaxial en la disposición de imanes permanentes y atraviesa la disposición de imanes permanentes. De esta manera es posible una disposición con ahorro de espacio. Los arrollamientos de bobina pueden estar dispuestos, por ejemplo, en un elemento de soporte que, por ejemplo, está conformado en forma de olla y dispuesto en el elemento de transmisión de fuerza.

El elemento de transmisión de fuerzas puede presentar axialmente a ambos lados de la disposición de imanes permanentes placas de presión mediante las cuales es posible ejercer una fuerza sobre elementos circundantes, en particular una membrana de una cámara de bombeo.

El estado actual de la técnica y los ejemplos de realización de la invención se muestran en las figuras siguientes. Muestran:

La figura 1, un corazón artificial con un accionamiento lineal de acuerdo al estado actual de la técnica;

la figura 2, la disposición de los imanes permanentes y elementos de zapatas polares de acuerdo al primer aspecto de la invención, sin ilustración de la disposición de bobinas;

la figura 3, un accionamiento lineal según el primer aspecto, por ejemplo para el uso en un corazón artificial;

la figura 4, una disposición de imanes permanentes y de bobinas según un segundo aspecto, pero no según la invención;

la figura 5, la representación del principio de la concentración de las líneas de flujo magnético en una realización según el segundo aspecto;

la figura 6, una disposición de dos conductores eléctricos helicoidales para el contacto entre la disposición de bobinas y disposición de imanes magnéticos en movimiento relativo una respecto de la otra.

- 5 Mediante la figura 1 se explican las características principales de un dispositivo de bombeo, por ejemplo para un corazón artificial mediante un accionamiento lineal, no estando representado aquí el accionamiento lineal con su disposición de bobinas e imanes permanentes. El dispositivo de bombeo mostrado esquemáticamente puede alojar accionamientos lineales de acuerdo con el primer aspecto según la invención y también de acuerdo con el segundo aspecto no según la invención.
- 10 Todo los sistemas lineales de accionamiento tienen en común que la parte móvil de una disposición de bobinas 1 comprende al menos una bobina y la parte estacionaria al menos un imán permanente 2 o a la inversa. Los imanes permanentes 2 generan un campo magnético con densidad de flujo B. Atraviesa las bobinas 1 completamente o en forma proporcional. En la figura 1, las referencias 1 y 2 sólo están dispuestas simbólicamente en un lugar que aloja el accionamiento, sin designar concretamente las bobinas 1 e imanes 2.
- 15 Mediante el aporte de una corriente I a las bobinas 1 de la disposición de bobinas se produce, según Lorentz, sobre las bobinas 1 con una longitud de arrollamiento medio l y número de arrollamientos n una fuerza F según

$$\vec{F} = n \cdot I \cdot (\vec{l} \times \vec{B})$$

- Dicha fuerza es transmitida alternadamente en forma de un elemento de transmisión de fuerzas 3, realizado mecánica, hidráulica, neumática o magnéticamente, sobre al menos una cámara de bombeo 4, preferentemente sobre dos cámaras de bombeo 4 dispuestas a ambos lados axiales del accionamiento lineal. Las cámaras de bombeo pueden presentar, en cada caso, una membrana 4a orientada al interior, sobre la que en el movimiento actúa el elemento de transmisión de fuerzas 3 y, por lo tanto, por ejemplo, en un lado desplaza sangre de la cámara 4, mientras en el otro lado fluye sangre a la cámara 4. Para que el elemento de transmisión de fuerzas 3 pueda ser movido mediante la aplicación de tensión a la disposición de bobinas, se ha previsto fijar la disposición de bobinas o la disposición de imanes a dicho elemento de transmisión de fuerzas 3, por ejemplo, a un soporte de arrollamiento dispuesto en el elemento de transmisión de fuerzas 3.
- 20
- 25

- La disposición de cojinetes de las piezas móviles se realiza por medio de cojinetes deslizantes o de bolas, cojinetes magnéticos o cojinetes hidrodinámicos que, por ejemplo, actúan en la parte axial 3a del elemento de transmisión de fuerzas 3. Mediante la inversión del sentido de corriente en las bobinas se invierte el sentido de fuerza, de manera que se produce una acción pulsante sobre las cámaras de bombeo 4. Las válvulas en las entradas y salidas definen el sentido de flujo del fluido, en particular de la sangre. Por medio de la amplitud de la corriente en las diferentes bobinas pueden ser reguladas la fuerza, y con ella la velocidad de flujo del fluido, y el pulso.
- 30

Las figuras 2 muestran diferentes variantes y una forma de realización según el primer aspecto de la invención.

- Según la figura 2a se ha previsto en una realización no según la invención, usar un imán permanente 2 situado coaxialmente interior respecto del entrehierro 5, imán permanente que presenta una magnetización exclusivamente axial. El material de imán permanente se indica en las figuras 2 mediante flechas y el sentido de la magnetización mediante el sentido de las flechas. Aquí, el imán permanente 2 es de forma anular con un paso axial a través del cual puede atravesar, por ejemplo, un elemento de transmisión de fuerzas 3 y al que puede estar montada una disposición de cojinetes correspondiente para el elemento de transmisión de fuerza. Para simplificar, ambos no se muestran en la ilustración. La línea de trazos muestra en todas las figuras 2 un eje de simetría, en particular un eje de simetría por rotación, que también se da en las figuras 3 y 4.
- 35
- 40

En los dos extremos axiales (aquí arriba y abajo) del imán permanente se han previsto zapatas polares 6a y 6b, en particular de sección transversal con forma de marco o anular, firmemente conectadas con el imán permanente 2 para desviar radialmente el campo magnético axial del imán permanente 2 y concentrar el mismo en sentido radial.

- A una distancia radial alrededor del imán permanente 2 se encuentra dispuesto un elemento de yugo 7 con forma de marco o anular de un material magnetizable, pero no automagnetizable. Mediante la distancia se forma alrededor del eje de simetría el entrehierro 5 con forma de marco o anular que sirve para el alojamiento de una disposición de bobinas, no mostrada aquí. Tanto en las zapatas polares 6a y 6b como en el elemento de yugo 7, el diseño de la forma es tal que su espesor aumenta en sentido radial hacia el entrehierro 5.
- 45
- 50 Referido a la figura 2a, en el imán permanente 2 interior las líneas de fluido magnético se extienden desde abajo hacia arriba, en el sector de la zapata polar superior 6a es radial de dentro hacia fuera, en el elemento de yugo 7 es hacia abajo y en el sector de la zapata polar inferior 6b en forma radial de fuera hacia dentro. Por lo tanto se produce un circuito magnético cerrado en el que las líneas de flujo magnético concentradas radialmente atraviesan dos veces el entrehierro 5, en cada caso en diferente sentido.

Esta es la diferencia esencial en esta disposición respecto de las disposiciones de bobinas móviles convencionales según el estado actual de la técnica, en las que la disposición de bobinas está atravesada radialmente por el campo magnético en sólo una dirección.

Por lo tanto, la disposición de bobinas no mostrada aquí se puede mover hacia dentro y hacia fuera a ambos lados axiales del accionamiento.

Al contrario de la figura 2a, en la figura 2b sólo se encuentra intercambiada la disposición de imanes permanentes 2 con zapatas polares 6a y 6b y elemento de yugo 7. Por lo demás, la forma de accionamiento y el sentido de las líneas de flujo son idénticos.

Una realización según la invención muestra la figura 2c en la que a ambos lados del entrehierro 5 están dispuestos imanes permanentes 2a y 2b con magnetización puramente axial, siendo las magnetizaciones del imán permanente interior y exterior opuestas una a la otra. Ambos imanes permanentes 2a y 2b llevan en sus extremos axiales zapatas polares 6a y 6b, estando las zapatas polares separadas del imán interior y exterior 2a / 2b mediante el entrehierro 5 y posicionadas opuestas radialmente una de otra. Aquí resulta el mismo circuito magnético que en las figuras 2a y 2b, pero con mayor intensidad magnética de campo debida a los dos imanes permanentes. También aquí, el campo está concentrado en sentido radial en los extremos axiales, de manera que la disposición de bobinas 1, no mostrada aquí, está atravesada, esencialmente, por el circuito magnético solamente a la altura axial de las zapatas polares, mientras que en los sectores axiales intermedios actúan campos de dispersión eventualmente inevitables cuya influencia es despreciable, al menos en lo esencial.

La figura 3 muestra un accionamiento lineal con una disposición de imanes 2a / 2b y pares de zapatas polares 6a / 6b según la figura 2c. Aquí, la disposición de bobinas 1 tiene, por ejemplo, 4 segmentos de bobina 1a, 1b, 1c y 1d en el entrehierro 5 entre los dos imanes permanentes 2a y 2b magnetizados, cada uno, en sentido axial y opuesto entre sí.

Mediante el uso de zapatas polares 6, que representan, preferentemente, una elevada inducción magnética de saturación, el campo en el entrehierro 5 es concentrado fuertemente en el sector de las zapatas polares 6. Debido al uso de zapatas polares 6 concentradoras de campo, se produce en comparación con todos los conceptos anteriores un campo mayor, según

$$\vec{F} = n \cdot I \cdot (\vec{l} \times \vec{B})$$

es suficiente, con fuerza constante, una menor corriente de bobina. De esta manera, la energía óhmica disipada se reduce fuertemente en función del cuadrado de la corriente: P es proporcional a $1/B_2$.

Debido al diseño no ferroso de la parte móvil o bien estacionaria no se producen fuerzas de atracción maxwellianas entre las dos partes. De esta manera, los cojinetes que montan mediante el elemento de transmisión de fuerzas 3 la disposición de bobinas 1 en el imán permanente interior 2a, son aliviados en sentido radial y pueden ser dimensionados más pequeños o bien optimizados respecto de su período de servicio. El imán exterior 2b está mecánicamente fijado al imán interior 2a, aquí mediante elementos de fijación 7. El elemento de transmisión de fuerzas tiene aquí un eje interno 3a que está montado en un escotamiento interior coaxial del imán interior 2a. Sin embargo, también es posible cualquier tipo de disposición de cojinetes. Sólo es importante que, como resultado de la aplicación de tensión a la disposición de bobinas, el elemento de transmisión de fuerzas 3 sea móvil en ambos sentidos.

Otra ventaja del diseño no ferroso de uno de los dos componentes está en la posibilidad de poder mover una parte hacia fuera de la otra parte, sin que se produzcan fuerzas de atracción maxwellianas entre ambos componentes. De esta manera, mediante la adaptación de la relación de longitud entre la parte fija y móvil, el perfil de potencia puede ser adaptado a un perfil de potencia requerido, por ejemplo el del corazón humano y, por lo tanto, el peso y el volumen constructivo pueden ser reducidos.

Para la minimización de las pérdidas óhmicas, la disposición de bobinas que incluye aquí segmentos de bobinas 1 a, 1 b, 1 c, 1 d (aquí, como ejemplo, 4 unidades) con aplicación individual de tensión, siendo aplicada tensión, según la invención, solamente a los elementos dentro del sector de las zapatas polares 6a o 6b. Todos los demás segmentos de bobina no contribuyen a la potencia y, consecuentemente, pueden quedar sin tensión.

Para todas las formas de realización aquí mostradas o también no mostradas, la aplicación individual de tensión puede estar prevista mediante un control que, por ejemplo, puede estar dispuesto directamente en la disposición de bobinas, reciba del exterior solamente su alimentación de corriente y que también puede estar dispuesto fuera del accionamiento. La aplicación de tensión a un segmento de bobina que se encuentra, en cada caso, entre las zapatas polares 6 puede tener lugar, en cada realización, por ejemplo automáticamente mediante el control en función de la posición. Para determinar la posición puede estar previsto un sensor de posición que registra la posición del dispositivo de bobinas y/o del elemento de transmisión de fuerzas respecto de las zapatas polares o del imán permanente. Por ejemplo, puede estar prevista una barrera óptica para registrar una posición cero definida y un sensor de movimiento para registrar el sentido y amplitud de movimiento como se conoce, por ejemplo, también de

los ratones ópticos de ordenador. Del mismo modo, el registro de posición se puede producir, por ejemplo, sin sensores directamente mediante la regulación.

En tanto los segmentos de bobinas y zapatas polares sean seleccionados en sentido axial de diferente anchura, también el flujo de dispersión puede ser usado para generar una fuerza de empuje.

- 5 El accionamiento presentado aquí puede, cuando es usado en una disposición de bombeo como se ha mostrado en la figura 1, recrear idealmente en todos los aspectos mencionados el ciclo de bombeo de un corazón humano. En este caso, es posible evitar una succión activa de la membrana 4a durante la diástole, cuando el elemento de transmisión de fuerzas 3 con sus placas de presión 3b sólo contacta sin apretar la membrana 4a. La disposición de cojinetes de la parte móvil respecto de la parte fija puede ser realizada, por ejemplo, por medio de cojinetes convencionales, por ejemplo cojinetes de bolas o deslizantes, o completamente sin desgaste por medio de cojinetes hidrodinámicos o cojinetes magnéticos.

- 15 La figura 4 muestra una disposición de accionamiento compuesta de imán permanente 2 y disposición de bobinas 1 de acuerdo con el segundo aspecto, pero no según la invención. Aquí, el material magnético de la disposición magnética 2 está realizado como una combinación de una secuencia de sentidos de magnetización orientados perpendiculares entre sí, en particular múltiples veces en sentido axial alternada en forma axial y radial. Los anillos magnéticos permanentes 2a, 2b, 2c, ... pueden, por ejemplo, estar apilados uno sobre otro superpuestos entre sí alternadamente con magnetización axial y radial. De esta manera, el desarrollo de las líneas de flujo mostrado en la figura 5, en el que el campo sobre el lado izquierdo (exterior) del material magnético 2 es amplificado y atenuado en el otro lado (interior). Ello también es posible consiguiendo orientando los anillos magnéticos de manera diferente.

- 20 De acuerdo con ello, en esta realización la disposición de bobinas 1 se encuentra en el sector del campo magnético amplificado, en este caso radialmente afuera. No se producen fuerzas de atracción maxwellianas entre la disposición de imanes 2 y las bobinas 1, por lo cual se consigue en sentido radial un alivio mecánico de los cojinetes. También en este caso, un elemento de transmisión de fuerzas, como se muestra en la figura 1, puede soportar la disposición de bobinas 1 y estar montado en el paso interior libre a través de la disposición de imanes 1.

- 25 Mediante el uso preferente de un yugo de retorno delgado, aquí no mostrado, dentro de la disposición de imanes 2 es posible reducir todavía más el campo de dispersión y aumentar todavía más el campo magnético en el sector de las bobinas. Tampoco esto tiene efectos sobre la carga en sentido radial de cojinetes.

- Asimismo, debido a la inexistencia de fuerzas de atracción maxwellianas es posible sacar la parte móvil de la parte fija sin que se presenten fuerzas de reposición. De esta manera es posible, mediante la selección de una relación de longitud apropiada del material magnético y bobinas, ajustar el accionamiento a un perfil de fuerzas requerido, por ejemplo el de un corazón artificial.

- 30 Mediante una división preferente de la disposición de bobinas 1 en elementos individuales (anillos de bobina axialmente sucesivos) 1 a, 1 b, 1 c, ... para la disminución de las pérdidas óhmicas se puede aplicar tensión solamente a los segmentos de bobina que se superponen con el material magnético 2. De esta manera, pueden estar previsto que sean desconectados de la corriente simultáneamente los segmentos de bobina en el sector del material magnético 2 en los que el campo magnético se extiende paralelo al eje, o sea aquí, por ejemplo, en el sector del anillo de imanes permanentes 2b. Por su parte, esta aplicación individual de tensión se puede producir mediante el control con registro eventual de posición, para lo cual es válido lo descrito para la invención según el primer aspecto.

- 40 Debido a un paso continuo dependiente de la posición entre el estado sin aplicación de tensión y con aplicación de tensión, los componentes de campo pueden, con una mínima energía óhmica disipada, ser usados óptimamente en sentido radial para la generación de una fuerza de empuje.

- Mediante la selección de una relación de longitud diferente del segmento magnético (anillo 2a, 2b, ...) respecto del segmento de bobina 1 a, 1b, ..., el flujo de dispersión es usado óptimamente para la generación de fuerzas. 45 Mediante la aplicación de tensión individual independiente a los segmentos de bobina se eliminan todas las desventajas enumeradas anteriormente, de modo que este concepto replica, al ser usado en un accionamiento de bombeo, el corazón humano en todos los aspectos enunciados.

- Además del ajuste de la tensión arterial y del flujo volumétrico durante un ciclo de bombeo, se evita en la diástole la succión activa de la membrana puesto que, según la figura 1, el émbolo de membrana 3b del elemento de transmisión de fuerzas 3 no está conectado fijo a la membrana 4a. De acuerdo con ello, la membrana 4a es movida hacia atrás por la presión natural de la sangre, de manera que ya no existe el peligro de un colapso de la aurícula.

- La generación de ruido es mínima debido a la falta de fuerzas de atracción maxwellianas entre la parte fija y la parte móvil, a la reducida velocidad relativa entre los diferentes componentes mediante la aplicación de un accionamiento directo y a los cojinetes no expuestos a fuerzas perturbadoras.

- 55 La disposición de cojinetes de la parte móvil respecto de la parte fija puede ser realizada también en este caso, por ejemplo, mediante cojinetes convencionales, por ejemplo cojinetes de bolas o deslizantes, o completamente sin

desgaste por medio de cojinetes hidrodinámicos o cojinetes magnéticos.

5 Mediante la aplicación de tensión separada a las bobinas en las formas de realización según ambos aspectos también está dada una redundancia aumentada del accionamiento. Los fallos de segmentos de bobina o componentes electrónicos no provocan un fallo total del sistema sino sólo una disminución del caudal realizable. Lo particular en este concepto respecto del estado actual de la técnica es que el sistema según la invención para la asistencia o reemplazo de órganos reduce las desventajas de los sistemas actuales a un mínimo, en tanto que reúne las ventajas de los diferentes conceptos en un solo sistema.

10 Es válido para todas las realizaciones posibles que cuando las bobinas forman la parte móvil, la aplicación de tensión, por ejemplo, por medio de contactos deslizantes puede tener lugar inductivamente o en un sistema de resortes mostrado en la figura 6. Aquí, a modo de ejemplo se muestran solamente dos conductores 8a y 8b que se extienden, en cada caso, de forma helicoidal y en este proceso rodean uno al otro para conseguir un contacto eléctrico del lado radial interior hacia el lado radial exterior. Consecuentemente, un extremo exterior de los conductores 8a y 8b puede ser fijado a una de las partes del accionamiento (por ejemplo, parte magnética) y el extremo interior a la otra parte del accionamiento (por ejemplo, parte de bobinas). En el caso en que las bobinas formen la parte estacionaria, dichos contactos son completamente prescindibles. De esta manera se reducen aún más los componentes móviles y susceptibles a desgaste.

Mediante la integración a la parte móvil de un convertidor como dispositivo de control, por ejemplo la disposición de bobinas, el número de resortes puede ser limitado a 2, sin embargo también son posibles múltiples resortes por cada convertidor.

20 Mediante la aplicación de tensión separada a las bobinas se produce en el accionamiento una mayor redundancia. Los fallos de segmentos de bobina o componentes electrónicos no provocan un fallo total del sistema sino sólo una disminución de la tensión arterial máxima realizable.

25 Respecto de todas las realizaciones debe señalarse que las características técnicas nombrada en relación con una realización no solamente pueden ser aplicadas a la realización específica, sino también a las respectivas demás realizaciones. Todas las características técnicas dadas a conocer en esta descripción de la invención deben ser catalogadas como esenciales para la invención y son aplicables combinables de cualquier manera entre sí o usadas individualmente.

REIVINDICACIONES

1. Accionamiento eléctrico lineal, en particular para un sistema de bombeo de un corazón artificial, con una parte móvil y una parte estacionaria en el que la parte estacionaria está formada mediante una disposición de imanes permanentes y la parte móvil mediante una disposición de bobinas, o a la inversa, y en la que la disposición de bobinas y la disposición de imanes permanentes pueden ser movidas entre sí ida y vuelta en sentido axial mediante la aplicación de tensión a la disposición de bobinas, la disposición de bobinas (1) está dispuesta en un entrehierro (5) de la disposición de imanes permanentes (2) extendida en sentido axial, cuyo material magnético está magnetizado en sentido axial y presenta al menos en sus dos extremos axiales zapatas polares internas y externas (6a, 6b) que se encuentran opuestas entre sí en sentido radial y distanciadas por medio del entrehierro (5), por lo cual el campo magnético en el entrehierro (5) en el sector de las zapatas polares (6a, 6b) respectivamente opuestas entre sí está concentrado en sentido radial, por lo que se forma al menos un circuito magnético en el que las líneas de flujo magnético atraviesan el entrehierro (5) radialmente tanto de dentro hacia fuera como el entrehierro (5) de fuera hacia dentro, presentando la disposición de imanes permanentes (2) imanes permanentes (2) en sentido radial en los dos lados del entrehierro (5) entre las piezas polares (6a, 6b), caracterizado porque la disposición de imanes permanentes (2) presenta un primer imán permanente interior (2a) y un segundo imán permanente exterior (2b), coaxial al primero y separado para la formación de un entrehierro (5), particularmente en sección transversal con forma de marco o anillo.
2. Accionamiento lineal según la reivindicación 1, caracterizado porque entre las zapatas polares (6a, 6b) del extremo axial está dispuesto al menos un par de zapatas polares espaciado mediante el entrehierro (5) y opuestos uno al otro en sentido radial, que concentran el campo magnético en sentido radial.
3. Accionamiento lineal según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque un imán permanente de la disposición de imanes permanentes (2) presenta en sentido axial al menos un cambio de polarización.
4. Dispositivo según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque el espesor de las zapatas polares (6a, 6b) aumenta en sentido radial hacia el entrehierro (5).
5. Dispositivo según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque la disposición de bobinas (1) presenta al menos dos segmentos de bobinas (1a, 1b, 1c, ...) dispuestos en sentido axial uno detrás de otro aplicables con tensiones diferentes, estando aplicada la tensión, en particular, mediante un control de orden superior solamente a aquellos segmentos de bobina (1a, 1b, 1c, ...) localizados en el sector de las zapatas polares (6a, 6b).
6. Dispositivo según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque los segmentos de bobinas (1 a, 1 b, 1 c, ...) y/o las zapatas polares (6a, 6b) en sentido axial son de anchura diferente.
7. Dispositivo según la reivindicación 6, caracterizado porque al mismo tiempo pueden ser desconectados de tensión los segmentos de bobinas (1a, 1b, 1c, ...) en los que el campo magnético no presenta la fuerza suficiente.
8. Dispositivo según la reivindicación 7, caracterizado porque el paso entre el estado sin tensión y el estado con aplicación de tensión de los segmentos de bobina (1 a, 1 b, 1 c, ...) es ajustable, particularmente de manera continua en función de la posición.
9. Dispositivo según la reivindicación 8, caracterizado porque está previsto un control superior que está dispuesto para aplicar a los segmentos de bobinas (1 a, 1 b, 1 c, ...) tensión en función de la posición.
10. Dispositivo según la reivindicación 9, caracterizado porque para la determinación de la posición local de los segmentos de bobinas está prevista al menos una disposición de sensores, en particular una disposición de sensores con una barrera óptica para la determinación de una posición inicial y/o una disposición de sensores para, en particular, la determinación óptica de un sentido de movimiento y/o amplitud de movimiento.
11. Dispositivo según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque una aplicación de tensión a una disposición de bobinas (1) está conformada por al menos dos conductores eléctricos (8a, 8b) configurados de forma helicoidal.
12. Dispositivo según la reivindicación 11, caracterizado porque al menos dos conductores (8a, 8b) se rodean uno al otro helicoidalmente en un plano.
13. Dispositivo según las reivindicaciones 11 o 12, caracterizado porque al menos dos conductores están dispuestos en capas en espiral con aislamiento intercalado.
14. Dispositivo según la reivindicación 13, caracterizado porque múltiple conductores dispuestos en capas en una espiral comienzan y/o terminan con un desplazamiento en sentido helicoidal.
15. Dispositivo según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque la disposición de bobinas (1) está fijada a un elemento de transmisión de fuerzas (3) que está montado en un sector medio, en particular de manera coaxial en la disposición de imanes permanentes (2) y se extiende a través de la disposición de imanes permanentes (2).

16. Dispositivo según la reivindicación 15, caracterizado porque el elemento de transmisión de fuerzas (3) presenta axialmente a ambos lados de la disposición de imanes permanentes (2) placas de presión (3b) mediante las cuales es posible ejercer una fuerza sobre elementos circundantes, en particular una membrana (4a) de una cámara de bombeo (4).

- 5 17. Sistema de bombeo, en particular un corazón artificial, con un accionamiento eléctrico lineal según una de las reivindicaciones precedentes.

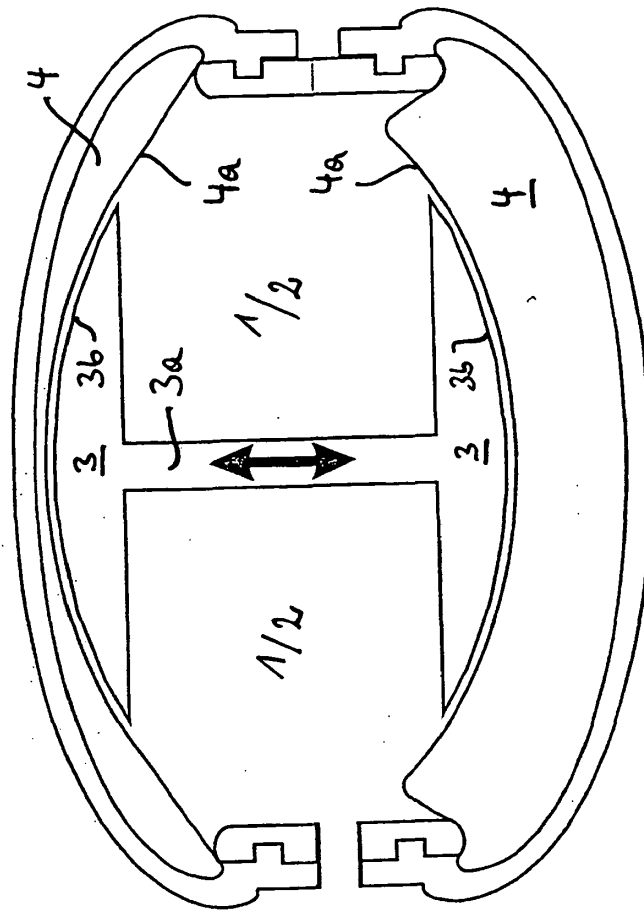


Fig. 1

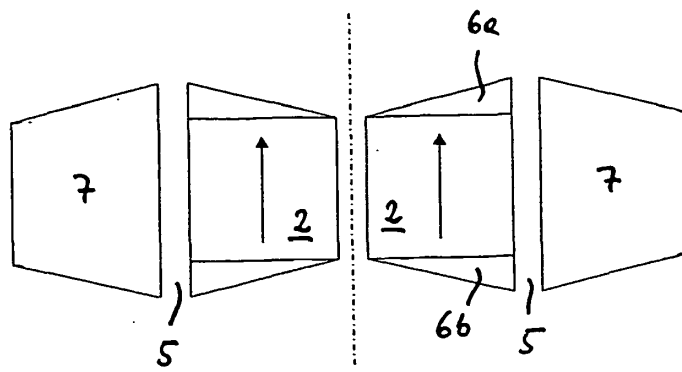


Fig. 2a

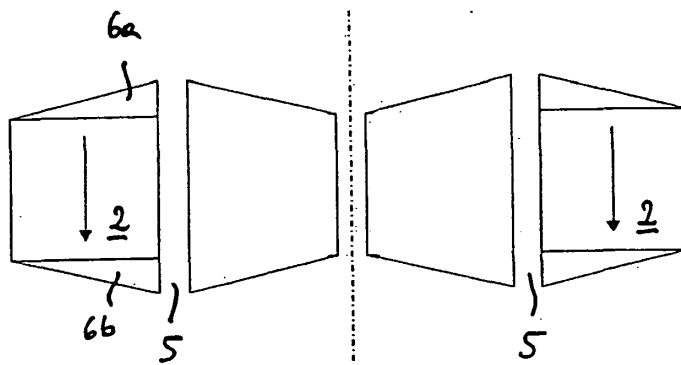


Fig. 2b

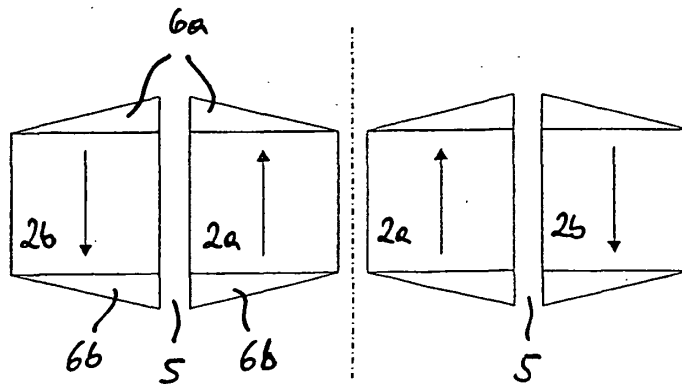


Fig. 2c

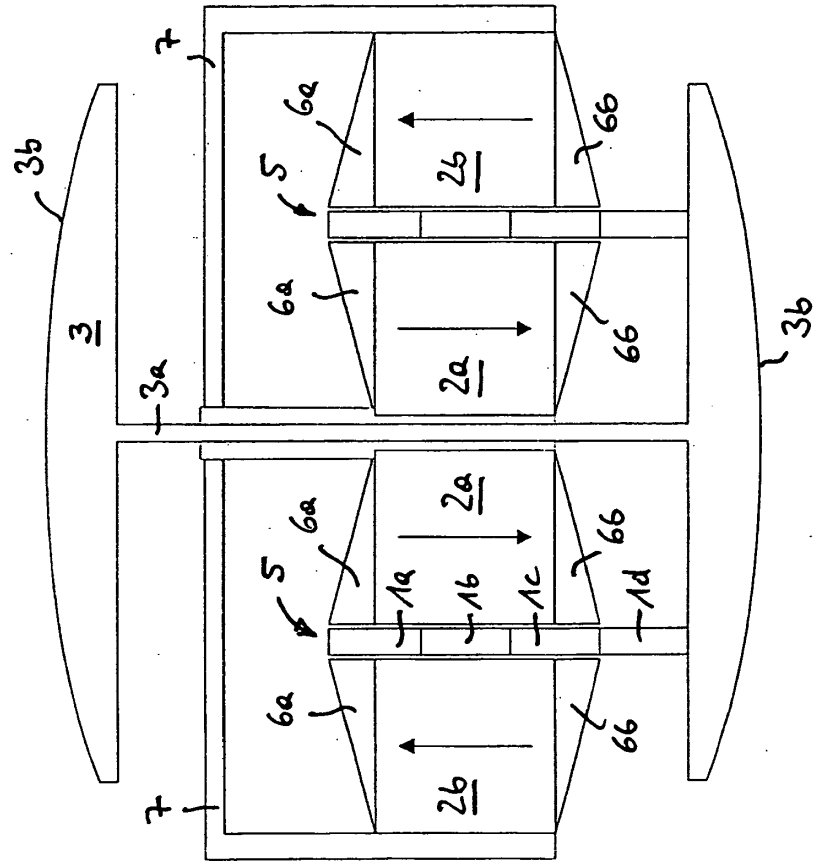


Fig. 3

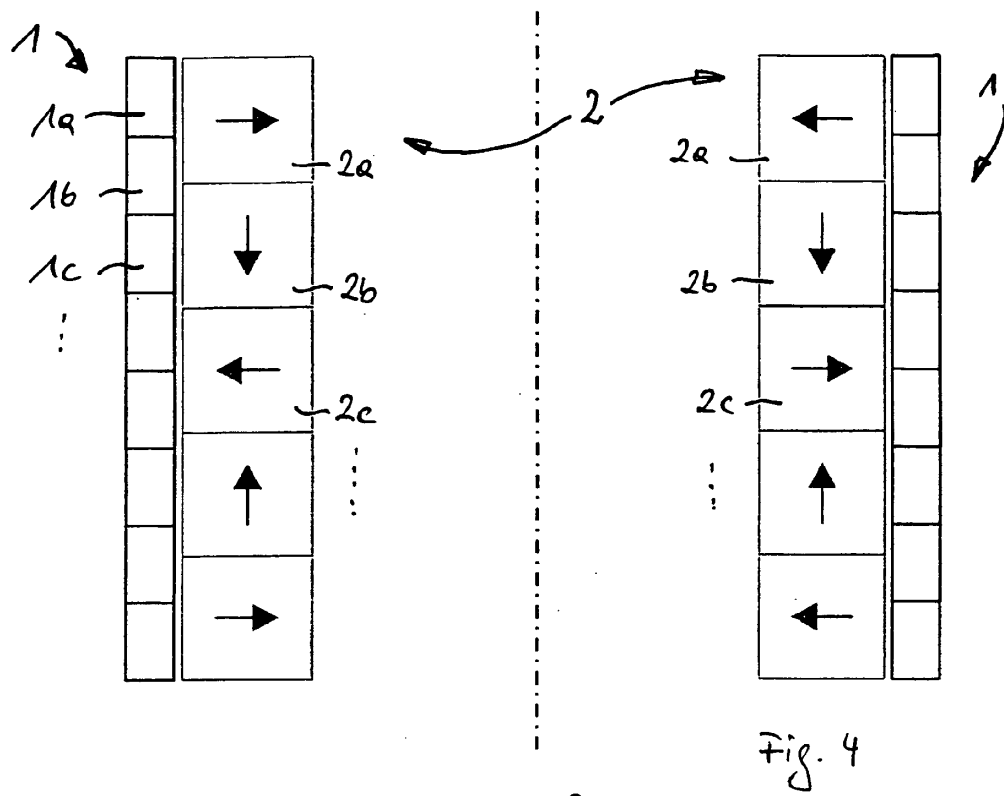


Fig. 4

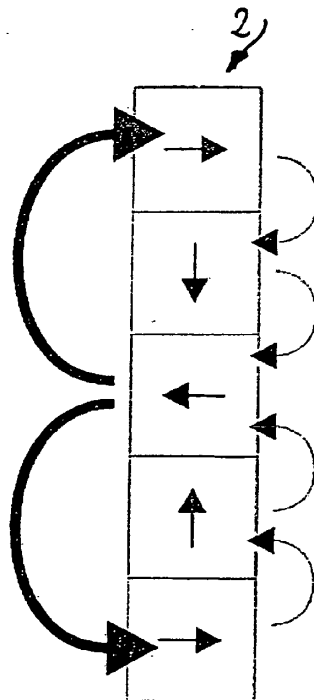


Fig. 5

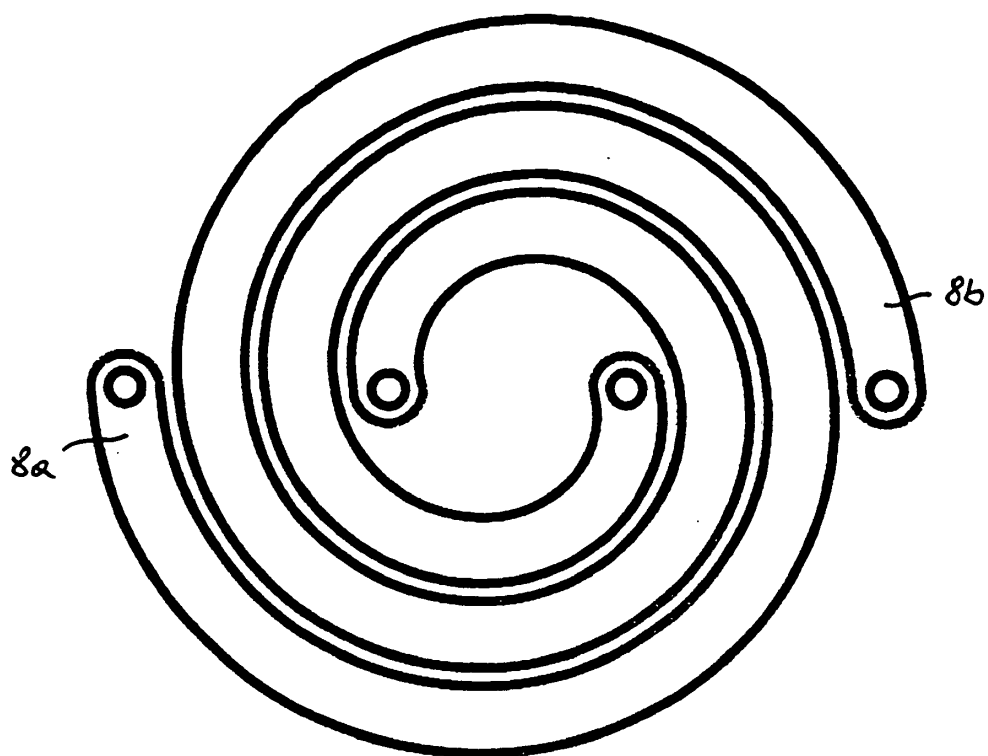


Fig. 6