



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 357 945**

51 Int. Cl.:

H02K 16/02 (2006.01)

H02K 51/00 (2006.01)

B60K 6/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **03743639 .1**

96 Fecha de presentación : **28.02.2003**

97 Número de publicación de la solicitud: **1481463**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **01.12.2004**

54 Título: **Convertidor electromecánico.**

30 Prioridad: **01.03.2002 NL 1020095**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
04.05.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
04.05.2011

73 Titular/es: **Nederlandse Organisatie voor
Toegepast -Natuurwetenschappelijk Onderzoek
TNO
Schoemakerstraat 97
2628 VK Delft, NL**

72 Inventor/es: **Hoeijmakers, Martin, Jacobus**

74 Agente: **Durán Moya, Carlos**

ES 2 357 945 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

La presente invención se refiere a un convertidor electromecánico, en particular a una transmisión eléctrica variable, dotada de un eje primario que tiene un rotor montado en dicho eje, un eje secundario que tiene un rotor intermedio montado en el mismo, y un estator montado de forma fija en el cuerpo envolvente del convertidor electromecánico en el que, visto desde el eje primario en dirección radial, el rotor, el rotor intermedio y el estator están dispuestos concéntricamente uno con respecto al otro, y en el que el rotor y el estator están diseñados con uno o varios devanados monofásicos o polifásicos accesibles eléctricamente. Una parte de la potencia suministrada a través del eje primario puede pasar directamente de manera electromagnética al rotor intermedio sobre el eje secundario, mientras que otra parte puede ser extraída utilizando, por ejemplo, anillos colectores en el eje primario y ser suministrada al estator a través de convertidores electrónicos de potencia. Además, puede invertirse la dirección de transporte de la potencia y la velocidad de salida puede ser mayor o menor que la velocidad de entrada. Asimismo, estas velocidades pueden cambiar de signo.

Dichos convertidores electromecánicos son conocidos, entre otros documentos, a partir de la solicitud de patente internacional WO 00/34066, de la descripción de la patente USA 3 683 249 y de la solicitud de patente europea EP-A-0 866 544. Dichos convertidores pueden ser aplicados en forma de transmisión eléctrica variable (EVT), no solo en múltiples vehículos de carretera, en particular autobuses urbanos, sino también en vehículos de ferrocarril tales como trenes diesel, y en buques.

El documento US 3 683 249 da a conocer en la realización de la figura 8, una disposición de una máquina eléctrica en la que está dispuesto un acoplamiento electromagnético concéntricamente con una máquina eléctrica rotativa. La disposición comprende un estator que rodea dos rotores dispuestos de forma concéntrica: un rotor y un rotor intermedio. El conjunto rotor-rotor intermedio, así como el conjunto rotor intermedio-estator, forman dos máquinas eléctricas integradas mecánicamente. Sin embargo, las máquinas eléctricas están electromagnéticamente separadas: no existe transferencia radial de flujo desde el rotor a través del rotor intermedio hasta el estator o viceversa.

El documento WO 00/34066 da a conocer un accionamiento híbrido con una transmisión electromecánica que comprende un estator que rodea dos rotores dispuestos concéntricamente, mientras que los rotores están acoplados mecánicamente a un motor IC (de combustión interna) y a un tren de accionamiento, respectivamente. El rotor exterior, que está dispuesto entre el rotor interior y el estator, se denomina rotor intermedio en el contexto de esta solicitud. En el documento WO 00/34066, tanto el conjunto rotor-rotor intermedio como el conjunto rotor intermedio-estator forman dos máquinas eléctricas integradas mecánicamente que pueden ser tanto de tipo síncrono como asíncrono. La transferencia de flujo tanto entre rotor-rotor intermedio como entre rotor intermedio-estator es radial o axial. Las máquinas eléctricas están separadas electromagnéticamente: no existe transferencia de flujo desde el rotor a través del rotor intermedio hasta el estator o viceversa. El rotor intermedio está formado por piezas acopladas mecánicamente pero electromagnéticamente separadas. Las máquinas eléctricas de la transmisión electromecánica están controladas cada una de ellas con medios de control individuales.

La transmisión eléctrica variable (EVT) es un convertidor electromecánico con dos vías de acceso mecánicas, es decir, un eje primario (de accionamiento) y un eje secundario (conducido), y una vía de acceso eléctrica a través de la cual se puede intercambiar potencia. Si no se utiliza la vía de acceso eléctrica, la EVT funciona como una transmisión común infinitamente variable, en la que la relación de transferencia tiene un margen muy amplio. La EVT cumple una función que es comparable a la de la combinación de un embrague y una caja de velocidades de un vehículo. En combinación con la EVT, el motor de combustión funciona en realidad como una fuente de potencia en la que puede fijarse la velocidad de acuerdo con unas características óptimas del motor. De este modo puede reducirse el consumo de combustible, el nivel sonoro y la emisión de gases nocivos del vehículo. Debido a que la EVT es una transmisión infinitamente variable, no se producen choques por los cambios de velocidad durante la aceleración. Esto significa asimismo que siempre es posible la aceleración con una potencia constante (máxima permisible), y no, como en una caja de cambios convencional, con un desarrollo de la potencia, en función del tiempo, más o menos en forma de diente de sierra. Por consiguiente, con el mismo motor, la aceleración con una EVT se produce más rápidamente que con una caja de cambios convencional.

La EVT puede funcionar como motor de arranque substancialmente libre de desgaste mediante la conexión de la vía de acceso eléctrica a una batería del vehículo. En consecuencia, los autobuses urbanos equipados con una EVT pueden, por ejemplo, detener su motor en las paradas del autobús sin ningún problema, lo cual es más cómodo y además conduce a un ahorro substancial de combustible, dado que las paradas frecuentes comportan un desgaste indebido del motor de arranque y de la corona de arranque en los motores de puesta en marcha convencionales.

A través de la vía de acceso eléctrica mediante un convertidor electrónico, se puede alimentar la red del vehículo y por tanto se puede cargar la batería del mismo. De este modo se obtiene una dinamo substancialmente libre de desgaste. Dado que las dinamos convencionales tienen un rendimiento deficiente, ello conduce asimismo a un pequeño ahorro de combustible. En un sistema eléctrico con una dinamo común, la potencia está limitada prácticamente por el accionamiento de correa y por la baja tensión instalada. En la utilización de la EVT a través de convertidores electrónicos de potencia, pueden generarse de forma sencilla niveles de tensión más elevados y la potencia solamente está limitada por el motor diesel. Esto significa que algunos dispositivos auxiliares

que en la actualidad son accionados directamente por el motor, tales como, por ejemplo, la bomba para la dirección asistida o el compresor en los autobuses, pueden ser accionados eléctricamente con una gran eficiencia. Dichos dispositivos pueden ser conectados y desconectados a voluntad, de modo que las pérdidas sin carga son menores. Esto conduce igualmente a ahorros de combustible.

5 Con la EVT es posible frenar simplemente utilizando el motor. La potencia de frenado puede incrementarse aumentando la velocidad del motor. Sin embargo, esto se acompaña de un aumento de la generación de ruido. Además, es posible disipar la energía de frenado en resistencias que están conectadas a la vía de acceso eléctrica. Esto hace posible frenar hasta el paro, en contraste, por ejemplo, con el retardador convencional de los autobuses. Incluso, posiblemente puede desconectarse el motor al frenar, de manera que se reduce el consumo de combustible y el motor no produce ningún ruido.

10 Puede conectarse un acumulador en forma de batería o de un sistema de volante a la vía de acceso eléctrica. Con estos dispositivos, puede almacenarse la energía de frenado que puede ser utilizada de nuevo para la aceleración. Esta ampliación relativamente costosa puede producir, particularmente en autobuses urbanos, un ahorro substancial de combustible.

15 La vía de acceso eléctrica hace que el convertidor sea particularmente adecuado para ser utilizado en vehículos híbridos; la potencia mecánica para el eje cardán puede ser producida tanto por el motor IC como por una fuente eléctrica.

20 El inconveniente más importante de las EVT actuales es su masa. Es significativamente mayor que la de una caja de cambios convencional. Además, las EVT actuales son asimismo más costosas que una caja de cambios convencional.

25 Tal como ya se ha mencionado, un convertidor electromecánico tal como el descrito en el párrafo inicial, es conocido a partir de la patente europea EP-A-0 866 544. Sin embargo, el convertidor electromecánico descrito en dicha patente tiene el inconveniente de que el rotor intermedio está formado por dos partes de un rotor que están conectadas mecánicamente entre sí, pero que están electromagnéticamente separadas, de modo que el rotor con una parte del rotor constituye una primera máquina, y la otra parte del rotor con el estator constituye una segunda máquina que funciona de manera independiente de la primera. Aunque como resultado se obtiene la ventaja de que el flujo magnético en las dos máquinas puede ser controlado por separado, es un inconveniente grave el que como resultado de esta estructura el convertidor electromagnético es grande y pesado.

30 Para solucionar este inconveniente, el convertidor electromecánico, tal como está descrito en el párrafo inicial, se caracteriza por la configuración caracterizante de la reivindicación 1. El rotor intermedio forma un conjunto, tanto mecánica como electromagnéticamente, y está dispuesto como un conductor del flujo magnético en dirección radial y tangencial. En otras palabras, comparado con el convertidor electromecánico de la solicitud de patente europea EP-A-0 866 544, las dos partes del rotor han sido acopladas electromagnéticamente, y además han sido integradas en un solo conjunto, de modo que se ha hecho posible el ahorro deseado de peso y volumen. En el convertidor electromecánico según la invención, por supuesto permanece presente una conducción del flujo magnético en dirección radial.

35 Las partes de la máquina eléctrica están acopladas electromagnéticamente: la transferencia de flujo puede tener lugar desde el rotor a través del rotor intermedio, hasta el estator y viceversa. La máquina forma un conjunto tanto mecánica como electromagnéticamente. Las partes de la transmisión electromagnética están controladas por medio de un dispositivo de control único.

40 Aunque es conocido como utilizar un rotor intermedio formando un conjunto a partir de la solicitud de patente europea EP-A-1 154 551, el rotor intermedio descrito en esta memoria es única y exclusivamente adecuado para servir de conductor del flujo magnético en la dirección radial. Con este objeto, el rotor intermedio descrito en dicha solicitud de patente europea está formado por una unidad tubular que tiene una pared relativamente delgada, mientras que, visto en dirección tangencial, el material conductor del flujo se alterna cada vez con material, en particular cobre, que no conduce el flujo electromagnético, en todo caso en una magnitud extremadamente pequeña. Debido a la característica, según la invención, de que el rotor intermedio forma no solo un conductor para el flujo magnético en la dirección radial, sino también en la dirección tangencial, ha sido posible, tal como se describirá adicionalmente más adelante, utilizar la amortiguación del flujo en una parte del convertidor electromecánico mientras que esto no se realiza en la otra parte.

45 El rotor intermedio se compone de un circuito eléctrico y un circuito magnético. En una primera realización, según la invención, el circuito magnético está formado por un yugo cilíndrico que está dotado de dientes en los lados radial interior y exterior entre los que están situadas unas acanaladuras que se prolongan en sentido longitudinal en las que se extienden devanados en cortocircuito que forman el circuito eléctrico. En una segunda realización, el rotor intermedio está formado por un yugo cilíndrico conductor del flujo magnético mientras que en los lados radiales interior y exterior está dispuesto un material permanentemente magnético, por ejemplo, en forma de bloques. En una tercera realización, el rotor intermedio está formado por un yugo cilíndrico conductor del flujo magnético, mientras que en un lado está dispuesto un material permanentemente magnético y en el otro lado están dispuestas unas acanaladuras que se prolongan en sentido longitudinal en las cuales está dispuesto un devanado accesible eléctricamente.

60

Preferentemente, el circuito conductor del flujo magnético del rotor intermedio, en particular el yugo con dientes entre los cuales están situadas las acanaladuras, tiene una superficie substancialmente lisa en el lado radial interior y/o en el lado radial exterior del rotor intermedio. En particular, el lado radial interior y/o el lado radial exterior del material conductor del flujo magnético del circuito son partes que llegan libremente al exterior con respecto al contorno del circuito. Lo que se consigue de este modo es la ausencia de polos salientes que imponen una configuración predeterminada fija de los polos magnéticos en el material conductor del flujo magnético del rotor intermedio, de modo que la configuración de los polos magnéticos en el material conductor del flujo magnético del rotor intermedio es libre y puede ser modificada durante el funcionamiento. En este contexto, debe tenerse en cuenta que una superficie substancialmente lisa se entiende que significa no solamente una superficie completamente lisa, sino también que puede comprender una superficie que tenga, por ejemplo, con respecto a un contorno liso, cilíndrico, circular, unas acanaladuras (ranuras) dirigidas radialmente hacia el interior con respecto al circuito. Dichos rebajes comprenden menos de la mitad de la circunferencia total del lado radial interno o externo del circuito, respectivamente, preferentemente menos de un 20 a un 30% aproximadamente de la circunferencia.

El devanado del estator y el devanado del rotor pueden estar interconectados a través de uno o varios convertidores electrónicos de potencia. Como resultado, es posible la transferencia de energía eléctrica desde el rotor al estator, por ejemplo, cuando un vehículo se pone en marcha, o viceversa, por ejemplo, durante una llamada sobremarcha (overdrive). En un caso particular, éste o estos convertidores electrónicos pueden ser accesibles eléctricamente a través de una sola vía de acceso eléctrica, por ejemplo, para poder conectar a los mismos una batería del vehículo, de modo que con la ayuda de la EVT puede disponerse de un motor de puesta en marcha substancialmente libre de desgaste. Por el contrario, desde la EVT, a través de esta vía de acceso eléctrica, se puede cargar la batería del vehículo, de manera que puede disponerse de una dinamo substancialmente libre de desgaste. En otra realización, el devanado del rotor y el devanado del estator pueden ser accesibles eléctricamente por separado a través de convertidores electrónicos de potencia mediante una vía de acceso eléctrica. En dicho caso, es posible que cuando el vehículo está parado y solamente funciona el motor de combustión, la combinación de rotor-rotor intermedio pueda funcionar como generador para, por ejemplo, una instalación de aire acondicionado del vehículo. Asimismo, es posible entonces utilizar la combinación rotor-rotor intermedio como un motor, por ejemplo en vehículos híbridos, en cuyo caso no se utiliza la combinación rotor-rotor intermedio.

El eje de entrada y el eje de salida pueden estar interconectados mecánicamente de forma opcional, por ejemplo, por medio de un embrague de garras o de fricción, para formar una denominada posición de inmovilización en la que tiene lugar la transmisión directa de la fuerza mecánica entre el eje de entrada y el eje de salida.

La invención se refiere no solo a un convertidor electromecánico, sino también a un aparato dotado de un convertidor electromecánico, tal como el descrito anteriormente, para la puesta en marcha de un motor de combustión de accionamiento o para alimentar un equipo eléctrico, y a un aparato dotado de un convertidor electromecánico tal como el descrito anteriormente y dotado de un sistema para el almacenamiento de energía.

A continuación se describirá adicionalmente la invención en base a una realización a modo de ejemplo, tal como la representada en los dibujos adjuntos, en los cuales:

la figura 1 muestra de forma esquemática la estructura básica de una transmisión eléctrica variable, según la técnica anterior;

la figura 2 muestra de forma esquemática una estructura más práctica de dicha transmisión eléctrica variable;

la figura 3 muestra con mayor detalle una realización de una transmisión eléctrica variable, según la invención; y

las figuras 4 a 6 muestran secciones transversales de una combinación de rotor-rotor intermedio en la transmisión eléctrica variable, según la invención, para la descripción del funcionamiento de la misma.

Las partes equivalentes de las figuras están indicadas con los mismos numerales de referencia.

La transmisión eléctrica variable (EVT) es un convertidor electromecánico con dos vías de acceso mecánicas y una vía de acceso eléctrica. En principio, la EVT es una transmisión infinitamente variable mientras que además, a través de la vía de acceso eléctrica se puede intercambiar energía. En la descripción siguiente de las figuras, no se tendrá en cuenta inicialmente la vía de acceso eléctrica.

La estructura básica de una EVT está representada esquemáticamente en la figura 1, y es conocida a partir de la solicitud de patente europea EP-A-0 866 533. Esta EVT está construida a partir de una parte electromecánica -1- y una parte electrónica de potencia -2-. La parte electromecánica -1- comprende un cuerpo envolvente -3- en el que están dispuestas una máquina de inducción primaria -4- con un eje primario -5- y una máquina de inducción secundaria -6- con un eje secundario -7-. Los dos ejes -5- y -7- están montados sobre cojinetes en el cuerpo envolvente -3-. En esta realización, la máquina de inducción primaria -4- se compone de un rotor -8- formado por un inducido con anillos colectores, con un devanado polifásico accesible eléctricamente, y un devanado de jaula -9- no accesible eléctricamente. La máquina de inducción secundaria -6- se compone de una parte estacionaria, el estator -10-, conectado de forma fija al cuerpo envolvente -3-, y un inducido de jaula -11-

montado en el eje secundario -7-. El eje secundario -7- de la máquina de inducción secundaria -6- está montado asimismo sobre cojinetes en el rotor -8-. El estator -10- tiene un devanado polifásico accesible eléctricamente. Entre el rotor -8- y el estator -10- se puede intercambiar energía eléctrica a través de la parte electrónica de potencia -2- que en este caso comprende un convertidor de potencia electrónico -12- y un convertidor de potencia electrónico -13-, diseñados ambos como un inversor de tensión alterna-tensión continua. Los dos inversores están conectados entre sí en el lado de la tensión continua. Según la invención, la base de la EVT es la máquina de inducción primaria -3- que funciona como un embrague de tipo electromagnético. La máquina secundaria funciona como un motor auxiliar con generador.

Para describir el funcionamiento de esta EVT conocida de una forma sencilla, se supone que no se producen pérdidas en la misma. En primer lugar, se supone que el devanado -8- con anillos colectores está alimentado desde una fuente de tensión continua formada por el inversor de tensión primario -12-, y que el eje secundario -7- gira aproximadamente a la misma velocidad que el eje primario -5-. El campo rotativo en la primera máquina de inducción -4- gira entonces de forma sincronizada con el inducido -8- de anillo colector. La máquina de inducción secundaria -6- todavía no está activa. Como resultado de la diferencia de velocidad entre el eje primario -5- y el inducido de jaula primario -9-, y por tanto del eje secundario -7-, se crea un campo magnético rotativo y se induce una corriente eléctrica en el inducido primario -9- de jaula, de manera que se crea un par electromagnético con lo cual el par del eje primario se transfiere al eje secundario, con una pérdida mínima debida únicamente al deslizamiento. La fuente de tensión continua solamente proporciona potencia para su disipación en la resistencia del devanado de corriente rotativa del inducido -8- de anillos colectores que asimismo se desprecia.

Durante el funcionamiento normal, el convertidor primario de tensión no suministra tensión continua sino tensión alterna, y a través de la parte electrónica -2- de potencia tiene lugar el intercambio de energía.

Despreciando la velocidad angular de deslizamiento del devanado de jaula -9-, lo que es aplicable en una situación estacionaria, esto es, en una situación con equilibrio de pares, es que $T_1 = T_{c1}$, en donde T_1 es el par ejercido sobre el eje primario -5- mediante, por ejemplo, un motor de combustión, y T_{c1} es el par ejercido a través del campo electromagnético mediante el devanado -8- de anillos colectores sobre el devanado de jaula -9- de la máquina de inducción primaria -4-. Lo que puede indicar para las potencias mecánicas es: $P_{m1} = \omega_{m1}T_1$ y $P_{m12} = \omega_{m2}T_{c1} = \omega_{m2}T_1$, en donde P_{m1} es la potencia mecánica suministrada a través del eje primario -5-, ω_{m1} es la velocidad angular del eje primario -5-, ω_{ms} es la velocidad angular del eje primario -5-, P_{m12} es la potencia mecánica suministrada a la máquina de inducción secundaria -6-, y ω_{m2} es la velocidad angular del eje secundario -7-. La diferencia entre estas dos potencias $P_e = (\omega_{m1} - \omega_{m2})T_1$ se elimina mediante una combinación -14- de anillos colectores y escobillas que están en contacto con los mismos, y la parte electrónica de potencia -2-. En este caso, $(\omega_{m1} - \omega_{m2})$ representa la velocidad del campo rotativo con respecto al devanado -8- de anillos colectores; esta velocidad junto con el par del entrehierro, es determinante de la potencia que se convierte a través del devanado de la corriente rotativa. Si el eje secundario -7- gira con una velocidad menor que el eje primario -5- (incluyendo la situación de paro), es decir, $\omega_{m1} > \omega_{m2}$, entonces el devanado -8- de anillos colectores suministra potencia eléctrica a través de dicha combinación -14- de anillos colectores y escobillas que están en contacto con los mismos. Por el contrario, en el caso en que $\omega_{m1} < \omega_{m2}$ ("sobremarcha" en vehículos de carretera), es necesario suministrar potencia eléctrica al devanado -8- de anillos colectores.

Se supone ahora además que $\omega_{m1} > \omega_{m2}$. Entonces, el devanado -8- de anillos colectores suministra potencia eléctrica. Esta potencia eléctrica es suministrada con la ayuda de los inversores de tensión -12- y -13- a través de un proceso electrónico de conversión de potencia a la máquina de inducción secundaria -6-. Supongamos que este proceso de conversión está también libre de pérdidas y que no se produce una velocidad angular de deslizamiento ni otras pérdidas, de manera que la totalidad de la potencia eléctrica suministrada es convertida en potencia mecánica. Lo que es aplicable entonces con respecto al par ejercido sobre el rotor secundario es: $T_{c2} = P_e/\omega_{m2} = (\omega_{m1} - \omega_{m2})T_1/\omega_{m2}$. El par ejercido por el eje secundario, por ejemplo, bajo una carga mecánica, es la suma del par primario y del par ejercido sobre el rotor secundario: $T_2 = T_1 + T_{c2} = \omega_{m1}T_1/\omega_{m2}$. En este caso, $(\omega_{m1} > \omega_{m2})$ el par de salida es mayor que el par de entrada.

En el caso en que el eje secundario gire a una velocidad mayor que el eje primario ($\omega_{m1} < \omega_{m2}$), las ecuaciones anteriores simplemente siguen siendo válidas. Sin embargo, en dicho caso, a través de la combinación -14- de anillos colectores y escobillas que están en contacto con los mismos, se debe suministrar potencia eléctrica a la máquina de inducción primaria -4- ($P_e < 0$). Esta potencia es suministrada por la máquina de inducción secundaria -6- que funciona entonces como generador. En esta situación de funcionamiento, el par ejercido sobre el rotor -11- de la máquina de inducción secundaria -6- es negativo ($T_{c2} < 0$) y T_2 será menor que T_1 .

La figura 2 muestra de forma esquemática una disposición más práctica de la EVT de la figura 1. En esta realización, la máquina de inducción secundaria -6- ha sido construida alrededor de la máquina de inducción primaria -4-. En el cuerpo envolvente -3-, a partir del eje central, de forma sucesiva, han sido dispuestos concéntricamente uno con respecto a otro, el devanado -8- de anillos colectores, el devanado primario de jaula -9-, el devanado secundario de jaula -11- y el estator -10-. Los devanados de jaula primario y secundario -9- y -11- respectivamente, forman conjuntamente un rotor intermedio hueco -15-. Esto proporciona la posibilidad de permitir que las máquinas de inducción primaria y secundaria -4- y -6-, respectivamente, utilicen conjuntamente una parte del flujo, de modo que el yugo entre los devanados de la jaula puede ser fabricado con un diseño más ligero. A este fin, los dos devanados de jaula no solo están acoplados mecánicamente, como es el caso del convertidor

5 electromagnético de la solicitud de patente europea EP-A- 0 866 544, sino también acoplados electromagnéticamente. De manera más favorable, esto ha sido realizado construyendo los dos devanados de jaula -9- y -11- como un conjunto integrado. El rotor intermedio -16- obtenido de este modo está representado en la figura 3 y además en las figuras 4 a 6, las cuales muestran una sección A-A del rotor, el rotor intermedio y el estator en la figura 3. El rotor intermedio -15- se compone de un circuito eléctrico y un circuito magnético. En la realización de la figura 3, y en las figuras 4 a 6, el circuito magnético está formado por un cilindro de varias capas -16- que tiene a ambos lados acanaladuras que se prolongan longitudinalmente, en las cuales se extienden los devanados en cortocircuito -17- que forman el circuito eléctrico. En las figuras 4 a 6, estos devanados solamente han sido insertados en unos pocos lugares. Por cierto, esto último es asimismo cierto en el caso del devanado -18- y -19- del rotor y el estator, respectivamente, en las acanaladuras en el cilindro del rotor -8- y del estator -10-.

10 El circuito conductor del flujo magnético del rotor intermedio, en este caso un yugo con dientes entre los cuales están situadas las acanaladuras, tiene una superficie substancialmente lisa en su lado radial interno y en el lado radial externo. La disposición de los polos magnéticos en el material magnéticamente conductor del rotor intermedio puede ser modificada durante el funcionamiento. Las piezas del rotor, del rotor intermedio y del estator del convertidor electromagnético están acopladas electromagnéticamente: la transferencia de flujo puede tener lugar desde el rotor a través del rotor intermedio hasta el estator y viceversa. El rotor intermedio forma un conjunto, tanto mecánica como electromagnéticamente. Las partes de la transmisión electromagnética están controladas conjuntamente por medio de un único dispositivo de control.

15 En la realización representada en la figura 3, el convertidor electromecánico tiene cuatro polos, mientras que en las figuras 4 a 6 se han indicado, en negritas, para uno de estos polos, un cierto número de líneas magnéticas. La figura 4 muestra una situación que es comparable a una situación que se produce específicamente con la EVT en la solicitud de patente europea EP-A-1 154 551: en el rotor intermedio -15- no se produce conducción en dirección tangencial, sino solamente en dirección radial. La trayectoria de las líneas del campo magnético asociado está indicada en la figura 4 mediante el numeral de referencia -20-. En la ETV no es posible una amortiguación local del campo magnético; esto solamente es posible en caso de una conducción de flujo magnético en el rotor intermedio -15- en la dirección tangencial, tal como se muestra más adelante y está representado en las figuras 5 y 6.

20 La figura 5 muestra una situación que se produce en una EVT, según la invención, por ejemplo cuando se pone en marcha un vehículo dotado de dicha EVT. El rotor -8- tiene entonces inicialmente una velocidad (ω_{m1}) que es relativamente elevada con respecto a la velocidad (ω_{m2}) del rotor intermedio -15-. En caso de un valor relativamente grande de la diferencia de velocidades ($\omega_{m1} - \omega_{m2}$) y una tensión determinada aplicada por el convertidor electrónico de potencia primario -12- a los anillos colectores del rotor -8-, es decir, $U_r = c(\omega_{m1} - \omega_{m2})\Phi_r$, en donde Φ_r es el flujo magnético generado en el rotor y "c" es una constante, entonces en el rotor se generará un flujo magnético relativamente débil Φ_r . En este caso, el flujo magnético no necesita ser grande porque el par ejercido por el rotor -8- sobre el rotor intermedio -15- tampoco necesita serlo. El rotor -8- funciona entonces como un generador para el estator -10-, mientras que a través de los inversores de tensión -12- y -13- se transfiere potencia al estator; entonces está aplicada una tensión relativamente elevada al estator $U_s = c' \cdot \omega_{m2} \cdot \Phi_s$, en donde Φ_s es el flujo generado en el estator y "c'" es una constante. Esto significa que en el estator se genera un flujo magnético Φ_s relativamente potente, de modo que a su vez puede transferirse un par T_{c2} relativamente grande al rotor intermedio -15- y por lo tanto al eje -7- y a la carga montada en el mismo. La combinación rotor intermedio-rotor, funciona entonces como un motor. El flujo magnético en la combinación rotor intermedio-estator estará entonces saturado. La trayectoria de las líneas de campo magnético en esta situación está indicada mediante el numeral -21- en la figura 5, con lo cual se produce una trayectoria tangencial del flujo en el rotor intermedio -15-.

25 La figura 6 muestra una situación que se produce en una EVT según la invención, por ejemplo, dentro del margen convencional de funcionamiento de una EVT en un vehículo. El rotor -8- tiene entonces una velocidad (ω_{m1}) que es relativamente baja con respecto a la velocidad (ω_{m2}) del rotor intermedio -15-. En el caso de un valor relativamente bajo de la diferencia de velocidades ($\omega_{m1} - \omega_{m2}$) y una tensión determinada aplicada por el convertidor electrónico de potencia primario -12- a los anillos colectores del rotor -8-, es decir, $U_r = c(\omega_{m1} - \omega_{m2})\Phi_r$, en donde Φ_r es el flujo magnético generado en el rotor y "c" es una constante, entonces en el rotor se generará un flujo magnético Φ_r relativamente intenso, de manera que el rotor -8- puede ejercer un par importante en el rotor intermedio -15-. En dicho caso, a través de los inversores de tensión -12- y -13-, se transfiere poca potencia al estator; entonces, aplicada al estator -10- existe una tensión relativamente baja $U_s = c' \cdot \omega_{m2} \cdot \Phi_s$, en donde Φ_s es el flujo generado en el estator y "c'" es una constante. Esto significa que en el estator se genera un flujo magnético Φ_s relativamente débil, como resultado de lo cual, entonces, a través de la parte electrónica de potencia -12-, puede transferirse un par T_{c2} relativamente pequeño al rotor intermedio -15- y por lo tanto al eje -7- y a la carga montada en el mismo. La combinación rotor-rotor intermedio funciona aquí como un motor. El flujo magnético en la combinación rotor-rotor intermedio estará entonces saturado. La trayectoria de las líneas del campo magnético en esta situación está indicada en la figura 6 mediante el numeral -22-, mientras que de nuevo se produce una trayectoria tangencial del flujo en el rotor intermedio -15-.

30 En la situación de sobremarcha, tiene lugar una transferencia de potencia desde el estator -10- al rotor -8- a través del inversor de tensión -12- y -13-. El estator ejerce entonces un par relativamente reducido sobre el rotor intermedio -15-. Por el contrario, el rotor -8- ejerce un par importante sobre el rotor intermedio.

5 La invención no está limitada a la realización a modo de ejemplo descrita en esta memoria
10 haciendo referencia a la figura 3 y a las figuras 4 a 6, sino que abarca todos los tipos de modificaciones de la misma, naturalmente siempre que estén comprendidas dentro del ámbito de protección de las reivindicaciones siguientes. De este modo es posible, por ejemplo, diseñar el rotor intermedio como un cilindro conductor del flujo magnético, en el que, en los lados opuestos del mismo, está dispuesto un material permanentemente magnético, por ejemplo, en forma de bloques. En otra realización posible, el rotor intermedio está formado mediante un cilindro conductor del flujo magnético en el que en un lado está aplicado un material permanentemente magnético y en el otro lado han sido dispuestas acanaladuras que se extienden en sentido longitudinal en las que se ha dispuesto un devanado accesible eléctricamente. No obstante, en este último caso, debe garantizarse que exista un punto de suministro de corriente en el rotor intermedio -15- o en el eje secundario -7-; en este eje -7- pueden montarse fácilmente anillos colectores a través de los cuales puede suministrarse o cortarse la corriente.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Convertidor electromecánico, en particular una transmisión eléctrica variable, dotada de un eje primario (5) que tiene un rotor (8) montado en el mismo, un eje secundario (7) que tiene un rotor intermedio (15) montado en el mismo, y un estator (10) montado de forma fija en el cuerpo envolvente (3) del convertidor electromecánico, en el que, visto desde el eje primario (5) en dirección radial, el rotor(8), el rotor intermedio (15) y el estator (10), están dispuestos de forma concéntrica unos con respecto a otros, y en el que el rotor (8) y el estator (10) están diseñados con uno o varios devanados monofásicos o polifásicos accesibles eléctricamente, caracterizado porque el rotor intermedio (15) forma un conjunto tanto electromecánicamente como electromagnéticamente y está dispuesto como un conductor para el flujo magnético en dirección tangencial y radial, y porque la disposición de los polos magnéticos en el material conductor del flujo magnético, por lo menos en un lado del rotor intermedio (15), es libre y puede ser modificada durante el funcionamiento.
- 10 2. Convertidor electromecánico, según la reivindicación 1, caracterizado porque el rotor intermedio (15) comprende un circuito eléctrico y un circuito magnético, estando formado el circuito magnético mediante un cilindro que tiene a ambos lados unas acanaladuras que se prolongan en sentido longitudinal en las que se extienden los devanados en cortocircuito que forman el circuito eléctrico.
- 15 3. Convertidor electromecánico, según la reivindicación 1, caracterizado porque el rotor intermedio (15) está formado mediante un cilindro conductor del flujo magnético, mientras que en un lado está aplicado un material permanentemente magnético y en el otro lado están dispuestas acanaladuras que se prolongan en sentido longitudinal, en las que está dispuesto un devanado accesible eléctricamente.
- 20 4. Convertidor electromecánico, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque el devanado del estator y el devanado del rotor están conectados mutuamente entre sí a través de uno o varios convertidores electrónicos de potencia (12, 13).
- 25 5. Convertidor electromecánico, según la reivindicación 4, caracterizado porque dichos uno o varios convertidores electrónicos de potencia (12, 13) son accesibles eléctricamente a través de una única vía de acceso eléctrica.
6. Convertidor electromecánico, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque el devanado del estator y el devanado del rotor son accesibles, cada uno por separado, a través de una vía de acceso eléctrica, mediante un convertidor electrónico de potencia.
- 30 7. Aparato, dotado de un convertidor electromecánico, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, para la puesta en marcha de un motor de combustión de accionamiento.
8. Aparato, dotado de un convertidor electromecánico, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, para alimentar equipos eléctricos.
9. Aparato, dotado de un convertidor electromecánico, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado porque en el mismo está incorporado un sistema para el almacenamiento de energía.

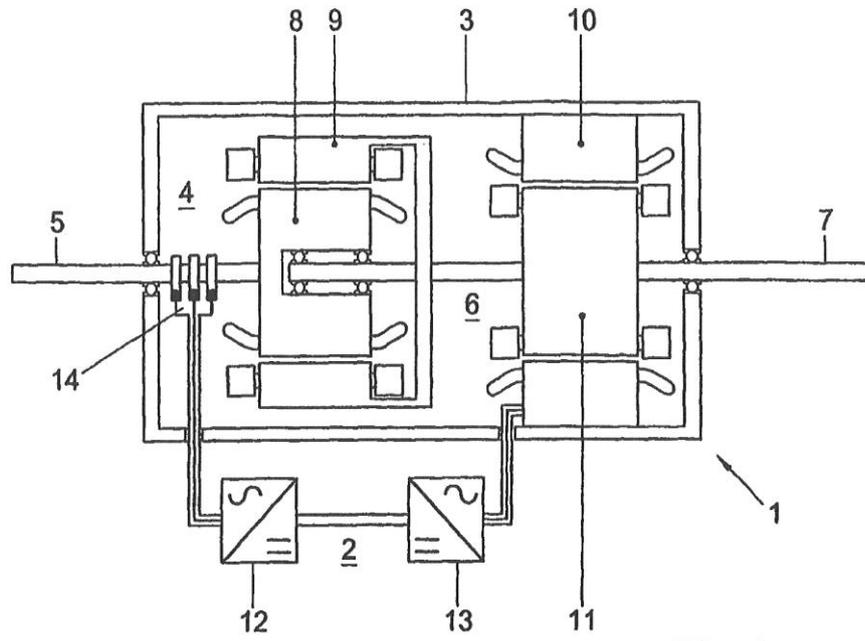


Fig. 1

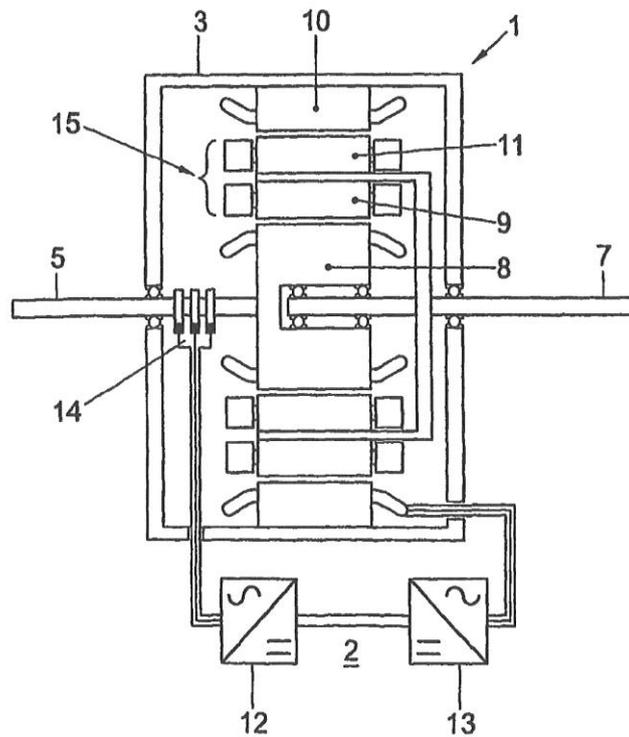


Fig. 2

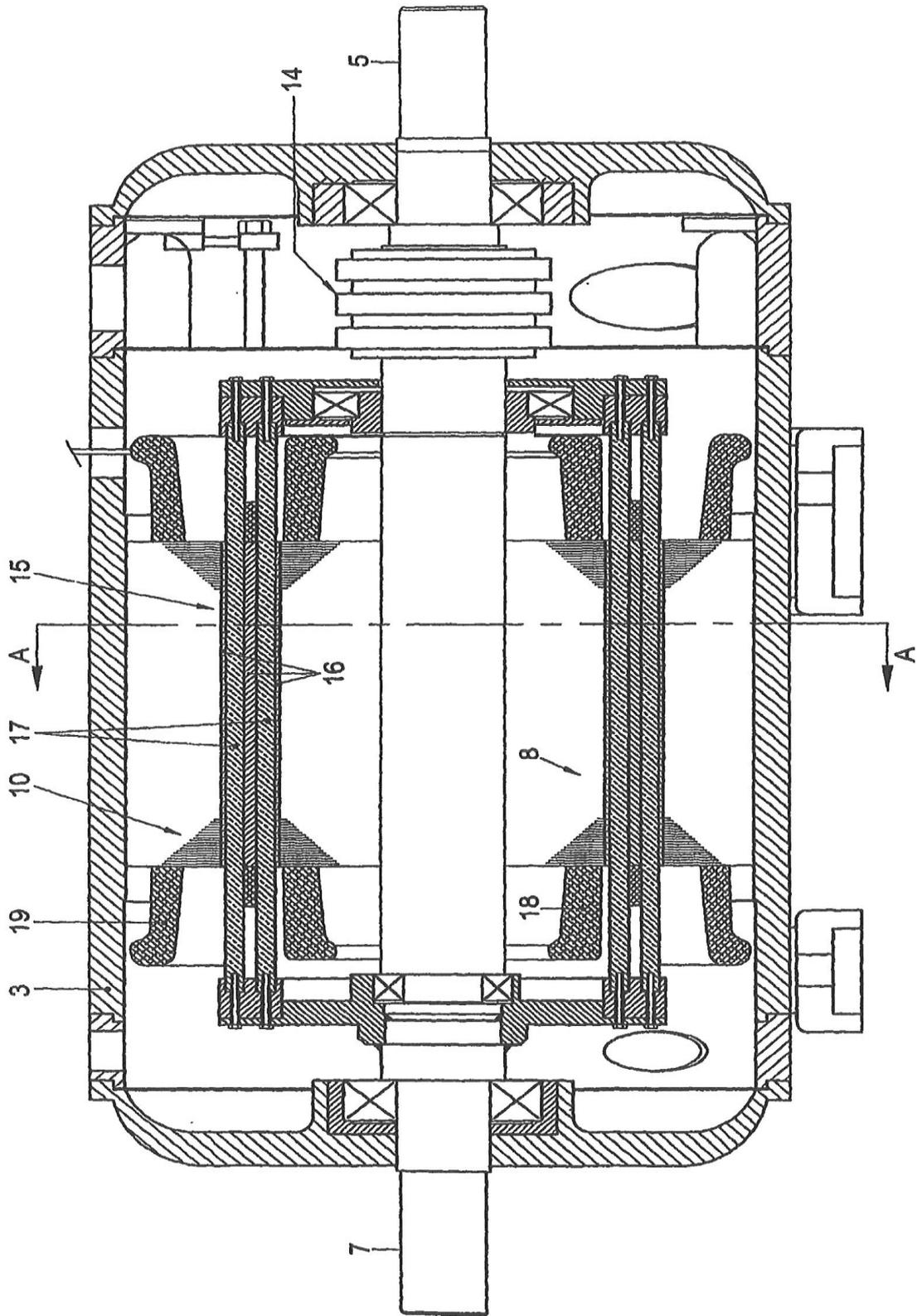


Fig. 3

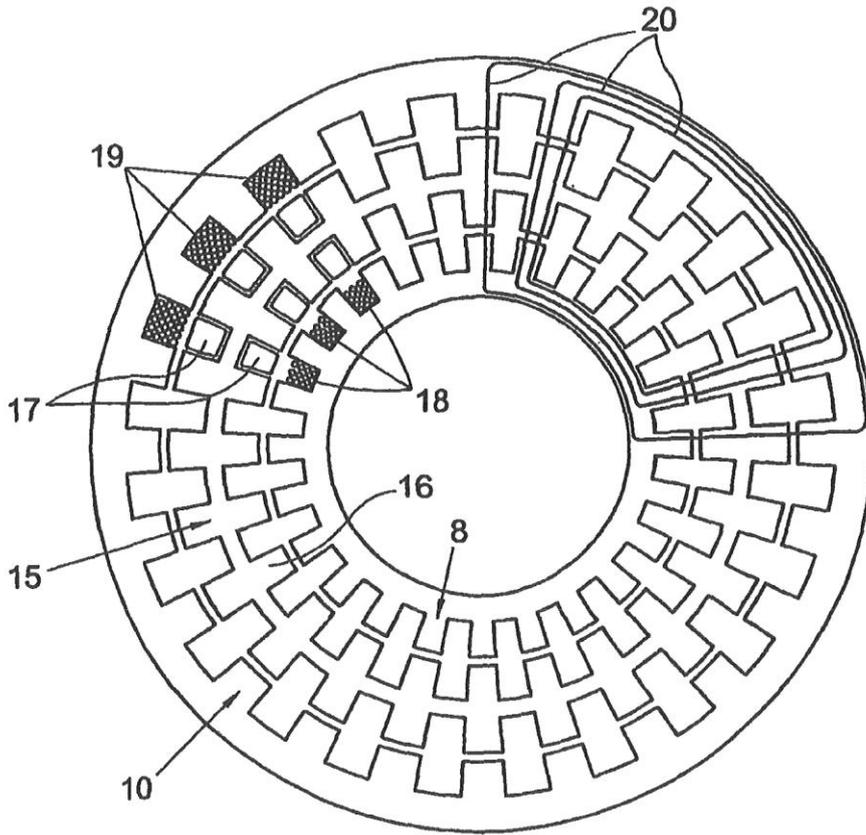


Fig. 4

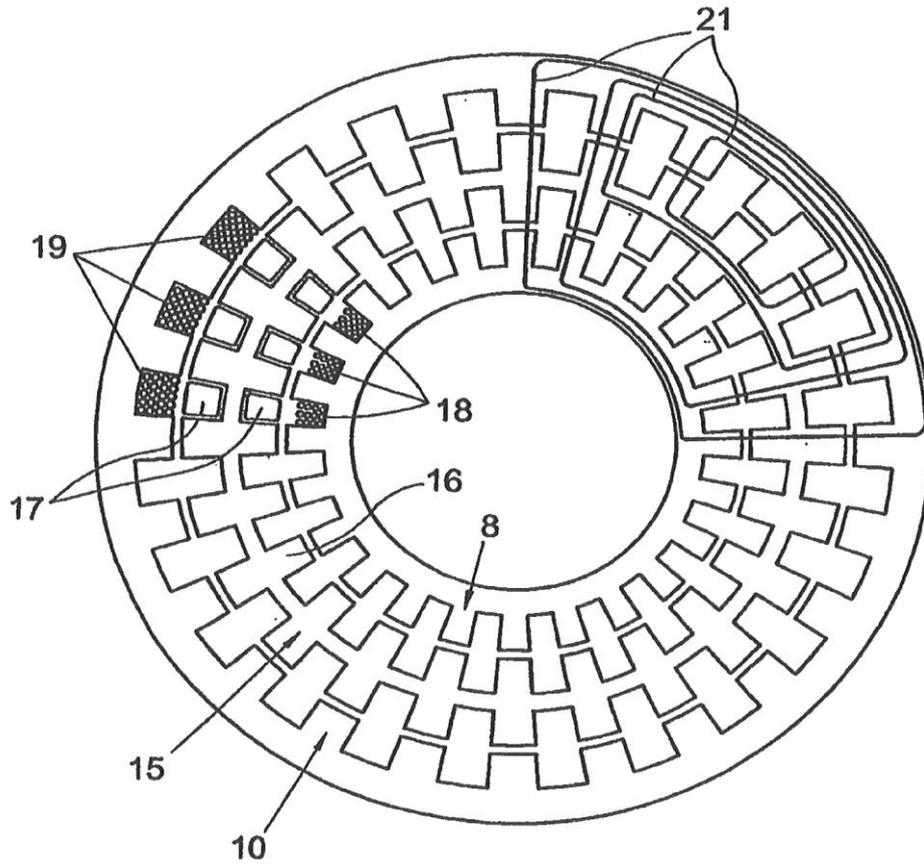


Fig. 5

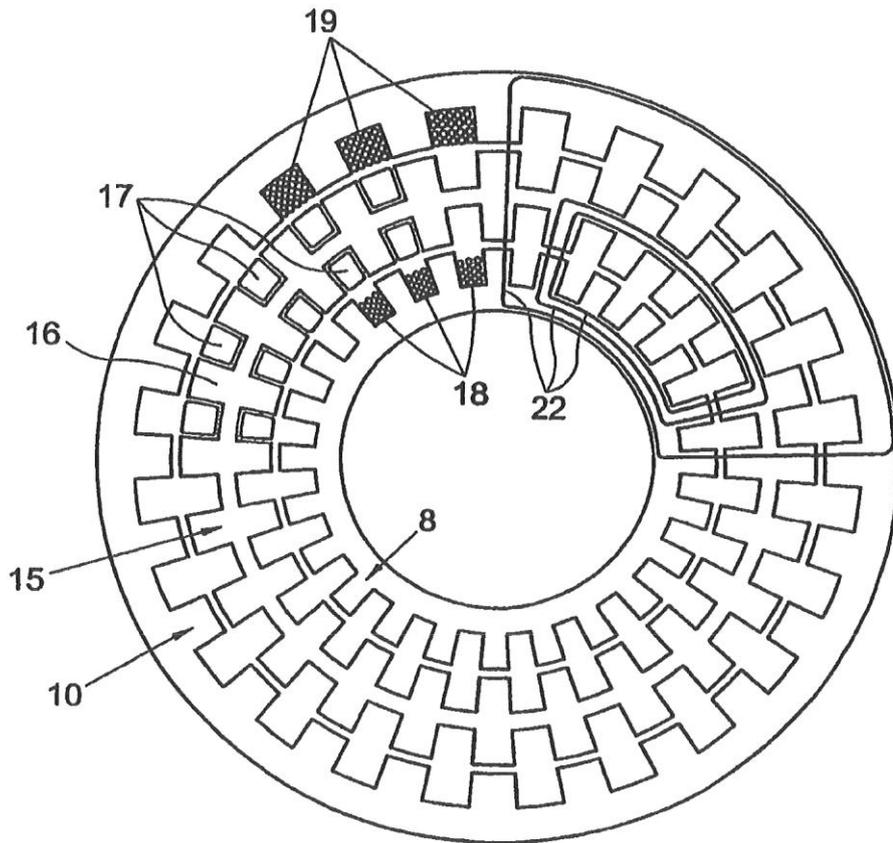


Fig. 6