(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 536 452**

(51) Int. Cl.:
F16H 49/00 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.02.2009 E 13160951 (3)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.01.2015 EP 2644946**

(54) Título: **Engranajes magnéticos variables**

(30) Prioridad:

21.02.2008 GB 0803119

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
25.05.2015

(73) Titular/es:

MAGNOMATICS LIMITED (100.0%)
Park House, Bernard Road
Sheffield S2 5BQ, GB

(72) Inventor/es:

RENS, JAN JOZEF y
ATALLAH, KAIS

(74) Agente/Representante:

IZQUIERDO BLANCO, María Alicia

ES 2 536 452 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).

Engranajes magnéticos variables

Descripción

Campo de la invención

La presente invención se refiere a un sistema de tren de potencia según el preámbulo de la reivindicación 1 y como se desvela en el documento US2007096574A.

Antecedentes de la invención

Se conocen engranajes magnéticos en los que los rotores de entrada y salida están provistos de respectivos conjuntos de pares de polos magnéticos en diferentes separaciones, y un conjunto de piezas polares ferromagnéticas está dispuesto entre los rotores de entrada y de salida para modular el campo magnético y para permitir que el rotor de entrada accione el rotor de salida con una relación de engranaje que depende de la relación de las distancias de los dos conjuntos de polos magnéticos y la separación de las piezas polares.

Resumen de la invención

La presente invención proporciona un sistema de tren de potencia según las características de la reivindicación 1.

Otras realizaciones de la invención se explican resumidamente en las reivindicaciones dependientes.

Breve descripción de los dibujos

La **Figura 1** es una sección esquemática a través de un sistema de engranaje magnético rotatorio conocido;

la **Figura 2** es una sección longitudinal a través del sistema de engranaje de la Figura 1;

la **Figura 3** es una vista en sección transversal de un acoplamiento motriz según una primera realización de la invención;

la **Figura 4** es una sección longitudinal a través del acoplamiento motriz de la Figura 3;

la **Figura 5** es una sección longitudinal a través de un acoplamiento motriz según una segunda realización de la invención;

la **Figura 6** es una sección longitudinal a través de un acoplamiento motriz según una realización adicional de la invención;

la **Figura 7** es una sección transversal a través de un acoplamiento motriz según una realización adicional de la invención;

la **Figura 8** es una sección longitudinal esquemática a través de un sistema de generación de potencia según una realización adicional de la invención;

la **Figura 9** es una sección longitudinal esquemática a través de un sistema de generación de potencia según una realización adicional de la invención;

la **Figura 10** es una sección transversal esquemática a través de un acoplamiento motriz según una realización adicional de la invención;

la **Figura 11** es una sección longitudinal esquemática a través del acoplamiento motriz de la Figura 10;

la **Figura 12** es una sección longitudinal esquemática a través de un tren motriz del vehículo según una realización adicional de la invención; y

la **Figura 13** es un diagrama funcional del tren motriz de la Figura 12.

Refiriéndose a las Figuras 1 y 2, un engranaje magnético rotativo 100 conocido comprende un primer rotor o rotor interior 102, un segundo rotor o rotor exterior 104 que tiene un eje común de rotación con el primer rotor 102, y una serie de piezas polares 106 de material ferromagnético soportado entre los rotores 102, 104. El primer rotor 102 comprende un soporte 108 que lleva un primer conjunto de imanes permanentes 110, dispuestos con sus polos norte y sur en sus extremos radialmente interior y exterior, y orientados con polaridad alterna, por lo que cada uno de los imanes 110 tiene sus polos orientados en la dirección opuesta a los imanes en cada lado del mismo. En esta realización, el primer rotor 102 comprende ocho imanes permanentes, o cuatro pares de polos, dispuestos para

producir un campo magnético espacialmente variable. El segundo rotor 104 comprende un soporte 112 que lleva un segundo conjunto de imanes permanentes 114, de nuevo dispuestos con sus polos enfrentados radialmente hacia el interior y hacia el exterior, y con alternancia de polaridad. El segundo rotor 104 comprende 46 imanes permanentes o 23 pares de polos dispuestos para producir un campo espacialmente variable. El primer y segundo conjuntos de imanes permanentes, por lo tanto, incluyen diferentes números de imanes. En consecuencia, sin ningún tipo de modulación de los campos magnéticos que producen, habría poco o ningún acoplamiento magnético útil o interacción entre los dos conjuntos de imanes permanentes 110 y 114, de tal manera que la rotación de un rotor no causaría la rotación del otro rotor.

Las piezas polares 106, que están soportadas en un soporte cilíndrico no magnético 116, se usan para controlar la forma en que interactúan los campos de los imanes permanentes 110 y 114. Las piezas polares 106 modulan los campos magnéticos de los imanes permanentes 110 y 114, de modo que interactúan en la medida en que la rotación de un rotor inducirá la rotación del otro rotor de una forma engranada. El número de piezas polares se elige para que sea igual a la suma del número de pares de polos de los dos conjuntos de imanes permanentes. La rotación del primer rotor 102 a una velocidad ω_1 inducirá la rotación del segundo rotor 104 a una velocidad ω_2, donde $\omega_1 > \omega_2$. La relación entre las velocidades de rotación ω_1 y ω_2, es decir, la relación de engranaje del acoplamiento, es igual a la relación entre el número de pares de polos de los imanes 110 y 114 sobre el primer y segundo rotores 102, 104. El engranaje puede funcionar en sentido inverso, de modo que la rotación del segundo rotor 104 provocará la rotación del primer rotor a una velocidad mayor.

Refiriéndose a las Figuras 3 y 4, en una primera realización de la invención, un engranaje magnético 200 comprende tres rotores coaxiales: un rotor interior cilíndrico 202 que lleva un primer conjunto de imanes 210 que proporciona un primer conjunto de pares de polos magnéticos, un rotor exterior cilíndrico 204 que lleva un segundo conjunto de imanes 214 que proporciona un segundo conjunto de pares de polos, y un tercer rotor cilíndrico 216 situado radialmente entre los rotores interior y exterior 202, 204, que lleva el conjunto de piezas polares 206. Los imanes 210, 214 y las piezas polares 206 están separados como en el acoplamiento de la Figura 1. Con referencia a la Figura 4, el rotor interior 202 está soportado en un eje de entrada 220 para que pueda girar con el mismo, y el rotor exterior 204 está soportado en un eje de salida 222 para que pueda girar con el mismo. El rotor de la pieza polar 216 está soportado de forma giratoria sobre el eje de entrada 220 mediante un cojinete 224. El tercer rotor 216 es, por lo tanto, giratorio con relación a, e independientemente de los rotores interior y exterior 202, 204. Un motor motriz 230 está conectado de manera conducida mediante una transmisión mecánica 231 al rotor de la pieza polar 216 de manera que pueda girar el rotor de la pieza polar 216 a una velocidad que pueda ser controlada y variarse para controlar la relación de engranaje del engranaje. Si el motor motriz 230 está apagado o se mantiene estacionario, entonces el rotor de la pieza polar 216 se mantiene estacionario y el acoplamiento funciona como el acoplamiento de la Figura 1.

La ecuación que rige las velocidades en el engranaje magnético 200 es:

$$\omega_i P_i + \omega_0 P_0 = \omega_p n_p \qquad (1)$$

con

ω_i, P_i la velocidad y el número de pares de polos magnéticos en el rotor interior 202
ω_o, P_o la velocidad y el número de pares de polos magnéticos en el rotor exterior 204
ω_p, n_p la velocidad del rotor de la pieza polar 216 y el número de piezas polares 206.

Cuando las piezas polares 206 se mantienen estacionarias ($\omega_p = 0$), la relación entre las velocidades del rotor interior 202 y rotor exterior 204 es

$$\omega_i = -\frac{P_0}{P_i}\,\omega_0 \qquad (2)$$

lo que resulta en una proporción de transmisión fija, como en el engranaje de la técnica anterior de la Figura 1.

Cuando la velocidad de las piezas polares 206 se controla y es variable en un intervalo de velocidades, la relación entre las velocidades de los rotores interior y exterior y el rotor de la pieza polar es

$$\omega_i = -\frac{P_0}{P_i}\,\omega_0 + \frac{n_p}{P_i}\,\omega_p \qquad (3)$$

Por lo tanto, la relación de engranaje entre el rotor interior 202 y el rotor exterior 204 puede ajustarse ajustando la velocidad del rotor de la pieza polar 216.

Se apreciará que el engranaje puede funcionar en sentido inverso, con el eje 222 que forma el eje de entrada, el rotor exterior 204 que forma el rotor de entrada, el eje 220 que forma el eje de salida y el rotor interior 202 que forma el rotor de salida. En efecto, tal como puede verse en la ecuación (1), cualquiera de los rotores puede usarse para controlar la relación de engranaje entre los otros dos rotores, y, por lo tanto, dos cualesquiera de los rotores pueden seleccionarse como los rotores de entrada y salida actuando el tercero como el rotor de control de la relación de engranaje.

Refiriéndose a la Figura 5, en una segunda realización de la invención, la separación de los rotores, los polos magnéticos y las piezas polares es la misma que en la primera realización, y las partes correspondientes se indican por los mismos números de referencia aumentados en 100. La diferencia es que en esta realización, mientras que el rotor exterior 304 está de nuevo conectado directamente al eje de salida 322, el rotor de la pieza polar 316 está conectado mediante una transmisión mecánica en forma de dientes motrices 317 al eje de entrada 320, y el rotor interior 302 está conectado directamente al eje de salida del motor eléctrico 330. Por lo tanto, en esta realización, el rotor interior 302 forma el rotor de control de la relación de engranaje, y el rotor de la pieza polar 316 y el rotor exterior 304 forman los rotores de entrada y salida.

Con referencia a la Figura 6, en una tercera realización de la invención, la separación de los rotores, los polos magnéticos y las piezas polares es de nuevo la misma que en la primera realización, y las partes correspondientes se indican por los mismos números de referencia que en la Figura 5 aumentados de nuevo en 100. En esta realización, el rotor interior 402 y el rotor de la pieza polar 416 forman los rotores de entrada y salida y están conectados a los ejes de entrada y salida de 420, 422, y el rotor exterior 404 está acoplado mediante una transmisión mecánica 431 al motor 430 y forma el rotor de control de la relación de engranaje.

El uso de un motor eléctrico y una transmisión mecánica en las realizaciones de las Figuras 4 a 6 son ejemplos de cómo la velocidad del rotor de control de la relación de engranaje puede controlarse, y se apreciará que pueden usarse otros métodos.

Refiriéndose a la Figura 7, en una cuarta realización de la invención, el rotor interior 502 con su conjunto asociado de imanes 510, y el rotor de la pieza polar 516 que lleva las piezas polares 506, forman los rotores de entrada y salida, y el rotor exterior 504 forma el rotor de control de la relación de engranaje, como en la realización de la Figura 6. Sin embargo, en este caso, el rotor exterior 504 es accionado por una máquina eléctrica de imán permanente. Para este fin, el rotor exterior 504 incluye una matriz de imanes interiores 514 que cooperan con las piezas polares 506 y los imanes en el rotor interior 502 para proporcionar el engranaje, y una matriz de imanes exteriores 515 que forman parte de la máquina eléctrica de imán permanente. Un estator 540 se proporciona radialmente fuera del rotor exterior 514, y comprende una serie de bobinas 542 enrolladas en núcleos ferromagnéticos 544. La corriente que fluye en estas bobinas puede activarse para controlar el par motor aplicado al rotor exterior 504 a través de la matriz externa de imanes 515. Esto permite controlar la velocidad de rotación del rotor exterior 504 y, por lo tanto, variar y controlar la relación de engranaje del engranaje.

En esta realización, la matriz de imanes exteriores 515 tiene un número diferente de polos que la matriz de imanes interiores 514. Es una ventaja tener las dos matrices porque el engranaje y el motor eléctrico pueden ajustarse independientemente entre sí. Sin embargo, la matriz de imanes exteriores 515 podría tener el mismo número de polos que la matriz interior 514. En este caso, es posible combinar ambas matrices de imanes en una sola matriz de imanes, que puede mantenerse en una estructura de soporte no magnética.

Refiriéndose a la Figura 8, una realización adicional de la invención comprende un sistema generador de turbina eólica. El sistema comprende un rotor de la turbina 650 que tiene un número de palas 652 dispuestas para ser giradas por el viento a velocidad variable. El rotor de la turbina 650 está conectado a través de una transmisión mecánica 654 al rotor de entrada 602 de un acoplamiento magnético de relación de engranaje variable 600 que se corresponde con el de la Figura 7 con las partes correspondientes indicadas por los mismos números de referencia aumentados en 100. El rotor de salida 616, del acoplamiento, que es el rotor de la pieza polar, está conectado a un generador eléctrico de velocidad constante 656 que está directamente conectado a la red eléctrica trifásica 658. Las bobinas 642 de la máquina eléctrica están conectadas a la red eléctrica a través de un sistema de control 660 que incluye un convertidor electrónico de potencia. El sistema de control 660 está dispuesto para controlar la velocidad del rotor exterior 604, con el fin de cambiar la relación de engranaje del engranaje variable 600, de modo que la velocidad variable del rotor de entrada 602 siempre coincide con la velocidad constante del rotor de salida 616. El par que debe aplicarse al rotor exterior 604 mediante la máquina eléctrica 642, 615 se rige por la torsión en las palas, y está siempre en una dirección idéntica que no depende de la velocidad del viento. La velocidad y la dirección a la que el rotor exterior 604 es girado por la máquina eléctrica 642, 615 varía como una función de la velocidad del viento. El sistema de control 660 está así dispuesto para tomar la potencia de la red 658 para hacer que la máquina eléctrica funcione como un motor cuando acciona el rotor exterior 614, que controla relación de engranaje, en la misma dirección que el par, o para proporcionar potencia a la red para hacer funcionar la máquina eléctrica como un generador cuando acciona el rotor exterior 614 en la dirección opuesta al par. La máquina

eléctrica, por lo tanto, actúa como un motor/generador bajo el control del sistema de control 660. El sistema de control incluye sensores de velocidad dispuestos para detectar la velocidad de cada uno de los rotores 602 y 604 para que pueda proporcionar el control de la velocidad requerida.

A la velocidad del viento nominal de la turbina eólica, la relación de engranaje requerida entre la velocidad de las palas y la velocidad del generador principal 656 es igual a la relación de engranaje nominal del tren motriz, que resulta de la combinación del engranaje fijo y del engranaje variable, con un rotor exterior estacionario 604. A esta velocidad del viento, el motor/generador 642, 615 se controla para aplicar un par en el rotor exterior 604 y para mantener estacionario el rotor exterior 604, y no hay flujo de potencia entre el motor/generador y el engranaje variable.

A bajas velocidades del viento, la relación de engranaje requerida entre la velocidad de las palas 652 y la velocidad constante del generador principal 656 es mayor que la relación de engranaje nominal del tren motriz. Por lo tanto, el motor/generador 615/642 se acciona para girar el rotor exterior 604 del engranaje variable para ajustar la relación de engranaje global, mientras que la dirección del par que aplica el motor/generador sobre el rotor exterior 604 se mantiene sin cambios. Por lo tanto, la potencia se toma de la red 658 en la máquina eléctrica 615, 642, es decir, la máquina eléctrica 615, 642 en el engranaje variable 600 funciona como un motor. Esta potencia fluye entonces a través del generador eléctrico principal 656 de vuelta a la red 658. La potencia a través del generador eléctrico principal 656 es mayor que la potencia total generada. A altas velocidades del viento, la relación de engranaje requerida entre la velocidad de las palas 652 y la velocidad constante del generador principal 656 es más pequeña que la relación de engranaje nominal del tren motriz. El motor/generador 615/642 se acciona para girar el rotor exterior 604 del engranaje variable para ajustar la relación de engranaje global en una dirección que es opuesta a la dirección de rotación a bajas velocidades del viento, mientras que la dirección del par que el motor/generador aplica al rotor exterior 604 se mantiene sin cambios. Por lo tanto, la máquina eléctrica 615, 642 funciona como un generador. Parte de la potencia eólica disponible fluye a través del engranaje variable 600 y su máquina eléctrica a la red, y el resto de la potencia disponible fluye a través del generador eléctrico principal 656. La potencia a través del generador principal 656 es, por lo tanto, menor que la potencia total generada.

Debido a la potencia pico (alta velocidad del viento), el motor/generador 615, 642 funciona como un generador y, por lo tanto, asiste al generador eléctrico principal, el generador eléctrico principal 656 puede ser más pequeño y más barato.

Esta disposición permite que un generador de velocidad constante eléctrica 656 se conecte directamente a la red 658, mientras que las palas 652 pueden operar a una velocidad que maximiza la captación de potencia. Por lo tanto, no hay necesidad de electrónica de potencia entre el generador eléctrico 656 y la red eléctrica 658.

La potencia necesaria para controlar el engranaje variable 600 depende de la velocidad del viento, pero es generalmente no mayor del 25 % de la potencia que se genera por la turbina completa 650. La electrónica de potencia 660 en todo el sistema es, por lo tanto, mucho más pequeña que la que se requeriría si no se usara un engranaje variable. Además, debido a la mayor parte de la potencia no pasa por la electrónica de potencia, el rendimiento es elevado.

Se entenderá por aquellos expertos en la técnica que el motor/generador 642, 615 no necesita estar conectado a la red a través de un controlador 660, sino que puede conectarse a un suministro de potencia externa separada. Una disposición tal podría, por ejemplo, utilizarse en sistemas de generación de potencia que funcionan en funcionamiento aislado, donde la red está ausente en el inicio de la operación, de tal manera que se requiere, por ejemplo, una batería adicional o una fuente de potencia separada para hacer funcionar la máquina eléctrica 615, 642 en el arranque. Para sistemas de generación de potencia más pequeños, la máquina eléctrica 615, 642 podría estar conectada a un suministro de potencia separado en una operación continua.

Refiriéndose a la Figura 9, una realización adicional de la invención es también un sistema generador de turbina eólica similar al de la Figura 8, con las partes correspondientes indicadas por los mismos números de referencia aumentados en 100. En este caso, el rotor exterior 704 solo tiene un conjunto de imanes 714 y el rotor exterior 704 está conectado al eje de salida 722 mediante un acoplamiento variable 760 que controla la velocidad del rotor exterior 704 dependiente de la velocidad del eje de salida 722. El acoplamiento 760 tiene al menos uno de sus rotores 760a conectado al rotor exterior 704 y uno de sus rotores 760b conectado al eje de salida 722. El sistema también requiere sensores de velocidad para detectar la velocidad del eje de salida o el eje de entrada de manera que se controle el acoplamiento variable 760 apropiadamente y se aplique la retroalimentación adecuada.

El acoplamiento está dispuesto de modo que una diferencia en la velocidad entre sus dos rotores 760a y 760b produzca el par entre estos rotores, siguiendo una relación proporcional:

$$T = K\,(om_a - om_b)$$

donde

om_a, es la velocidad del rotor 760a del acoplamiento que está conectado al rotor exterior 704 del engranaje variable,
om_b es la velocidad del rotor 760b del acoplamiento que está conectado al eje de salida 722, y
k es una característica del acoplamiento.

El acoplamiento está también dispuesto de modo que la constante proporcional k pueda variarse, de tal manera que el par entre los rotores pueda variarse para una diferencia de velocidad dada entre los rotores 760a y 760b. Por ejemplo, esto podría lograrse en un acoplamiento de corriente parásita alterando el hueco de aire mecánico entre los rotores 760a y 760b.

El rotor de salida del engranaje variable 716 está conectado al generador principal 756 y se controla para funcionar a una velocidad constante, mientras que el rotor de entrada 702 opera a una velocidad que es una función de la velocidad del viento. Por lo tanto, la velocidad del rotor exterior del engranaje variable, y por lo tanto la diferencia de las velocidades entre los rotores 760a y 760b del acoplamiento, dependen de la velocidad del viento. Además, el par que se requiere en el rotor exterior 704 del engranaje variable se rige por el par en las palas 750, que es dependiente de la velocidad del viento.

El sistema de control tiene como objetivo encontrar un valor k para cada velocidad del viento, para la que la diferencia en la velocidad entre los rotores del acoplamiento 760a y 760b genera el par requerido en el rotor exterior del engranaje variable. El generador 756, por lo tanto, funciona a una velocidad aproximadamente constante. El acoplamiento 760 puede ser un acoplamiento de corriente inducida con un hueco de aire ajustable, o un convertidor de par hidrodinámico con álabes ajustables en el estator, por ejemplo. Este acoplamiento retroalimenta energía con el fin de mantener el rotor de salida 716 a velocidad aproximadamente constante.

Este sistema no requiere que la máquina eléctrica y la electrónica de potencia de la realización de la Figura 8 accionen el rotor exterior del engranaje variable. En su lugar, el acoplamiento actúa como un mecanismo de retroalimentación, que reacciona a un cambio en la velocidad del generador principal mediante la aplicación de par sobre el rotor exterior del engranaje variable.

La realización del engranaje variable que se usa en las Figuras 8 y 9 solo muestra un ejemplo de la integración de la invención dentro de un sistema de generación de potencia. Cualquiera de las realizaciones que se muestran previamente en las Figuras 3 a 7, o la realización mostrada en la Figura 10, puede utilizarse en el sistema de la Figura 8.

Se entenderá por aquellos expertos en la técnica que, aunque las realizaciones que se muestran en las Figuras 8 y 9 se describen con referencia a la generación de potencia a partir de energía eólica, pueden usarse otras fuentes de potencia para aplicar par sobre el eje de entrada principal para la generación de potencia, tales como combustibles fósiles en motores de combustión interna y externa, energía hidráulica en generadores de ondas, energía térmica, etc. Asimismo, se comprenderá por aquellos expertos en la técnica que la realización no se limita a la generación de potencia, sino que puede usarse en cualquier sistema de transmisión de potencia donde la velocidad de rotación del miembro accionado debe desacoplarse de la velocidad de rotación del miembro motriz. Por ejemplo, el tren motriz de una locomotora o un buque que es accionado por un motor diesel podría emplear una disposición tal como se muestra en la Figura 8 ó 9. En esta aplicación, el motor diesel funcionaría a una velocidad constante, mientras que el eje de salida gira a una velocidad que es función de la velocidad del vehículo. La disposición proporcionaría la ventaja sobre un sistema de transmisión directa de que el motor diesel puede funcionar a su velocidad constante más óptima, y solo una fracción de la potencia de salida total necesita ser controlada para proporcionar una salida de velocidad variable.

Refiriéndose a las Figuras 10 y 11, una realización adicional de la invención comprende un engranaje magnético con la misma topología básica que el de la Figura 5. De nuevo, partes similares se indican por los mismos números de referencia aumentados en 500 que las de la Figura 5. El rotor exterior 804 está conectado a un eje de entrada/salida 822 y el rotor de la pieza polar 816 está conectado al otro eje de entrada/salida 820, extendiéndose estos dos ejes 820, 822 a través de los extremos opuestos de una carcasa exterior que forma un estator 840. El rotor de la pieza polar 816 es en forma de un cilindro cerrado y el rotor interior 802 está soportado de manera giratoria sobre cojinetes dentro del rotor interior. Por lo tanto, el rotor interior 802 no puede ser accionado mecánicamente, sino que es accionado magnéticamente mediante las bobinas 842 enrolladas sobre núcleos 844 en el estator 840. Como la separación de los polos magnéticos del rotor interior 802 y las bobinas del estator 842 es varias veces mayor que la separación de los polos magnéticos del rotor exterior 804 y las piezas polares, las bobinas pueden usarse para accionar el rotor interior 802 sin interferir significativamente con, o interferencia desde, el rotor exterior 804. El rotor exterior 804 en esta topología no lleva ningún respaldo de hierro, ya que esto impediría que el flujo de los imanes interiores 810 llegara a las bobinas del estator 842. Por lo tanto, es beneficioso disponer los imanes exteriores en

una matriz de Halbach.

Refiriéndose a las Figuras 12 y 13, en una realización adicional de la invención, un motor de combustión interna (IC) reducido 901 está conectado a un rotor, en este caso el rotor interior 902 de una transmisión continuamente variable (CVT) en forma de un engranaje magnético de relación variable 900, mientras que los otros dos rotores 904, 916 están cada uno acoplado a un motor/generador, MG1, y MG2, respectivamente. Ambos del motor/generadores MG1, MG2 están relacionados con un paquete de baterías de alta tensión 960 a través de un convertidor electrónico de potencia 962.

El primer motor/generador MG1 está integrado dentro del engranaje variable 900 y está dispuesto para accionar el rotor exterior 904 del engranaje variable. El eje de salida 922 está acoplado al rotor de la pieza polar 916 a través de una unidad de engranajes reductora adicional 964. El segundo motor/generador está dispuesto para almacenar energía del motor IC en el paquete de baterías 960 cuando la salida de potencia total del motor IC no está siendo usada, y tomar la potencia del paquete de baterías 960 para proporcionar un par adicional al eje de salida cuando el motor IC no está produciendo potencia suficiente para las necesidades del vehículo.

Si MG1 y MG2 no están excitados, el tren motriz se convierte en una transmisión con una relación de engranaje fija gt. Si la potencia de tracción requerida a la salida de la transmisión es P_d (Ω_d, T_d), idealmente, el motor IC debe funcionar en su punto de consumo de combustible más bajo (Ω_s T_s), tal que Ω_s T_s = P_d. El par correspondiente y la velocidad a la salida de la transmisión con la relación de engranaje fija son (Ω_s,/g_r, g_rTs). Sin embargo, es probable que no coincida con la velocidad de tracción deseada Ω_d y el par T_d. Sin embargo, si $T_d > T_s g_r$, entonces $\Omega_d < Q_s/g_r$, y el déficit de par puede satisfacerse mediante la operación de MG2 como un motor, tomando la potencia de la batería de almacenamiento de energía. Para obtener la velocidad de tracción deseada sin variar el punto del motor IC, el funcionamiento de MG1 puede cambiar la relación de engranaje de tal manera que la velocidad resultante del accionamiento de salida coincida con Ω_d. Esto requiere que MG1 funcione como un generador, suministrando energía eléctrica a la batería. Si la pérdida en el sistema eléctrico es despreciable, entonces la potencia consumida por MG2 es igual a la potencia suministrada por MG1. Por lo tanto, la potencia neta es cero, y la batería ni se carga ni se descarga. Por lo tanto, puede satisfacerse una combinación arbitraria de par de tracción y velocidad dentro de la envolvente de funcionamiento disponible del ICE controlando independientemente la velocidad de MG1 y la velocidad MG2 de tal manera que el motor IC siempre funcione en su punto más eficiente. Si la potencia de tracción requerida es diferente de la salida del motor IC, puede emplearse una estrategia de control similar, cargándose o descargándose la batería en función de si la potencia demandada es menor o mayor que la salida de IC.

La realización del engranaje variable que se usa en la Figura 12 solo muestra un ejemplo de la integración de la invención dentro del tren motriz de un vehículo híbrido. Cualquiera de las realizaciones que se muestran previamente en las Figuras 3 a 10 puede utilizarse en el sistema de la Figura 12.

Aunque en cada una de las realizaciones descritas anteriormente, cada uno de los imanes permanentes es un dipolo simple con un polo norte y un polo sur, se apreciará que, mientras que el posicionamiento de los polos magnéticos es crítico para el funcionamiento de cada realización, cualquier disposición de pares de polos puede proporcionarse por un número de diferentes disposiciones de los imanes, es decir, bloques de material magnetizado. Por ejemplo, puede proporcionarse más de un par de polos mediante un único bloque magnetizado.

En las realizaciones descritas anteriormente, los tres rotores son todos cilíndricos, separados radialmente entre sí. Sin embargo, se apreciará que pueden ser planos y estar separados a lo largo de su eje común de rotación, proporcionando los imanes flujo en una dirección axial. Además, las realizaciones también pueden disponerse para operar de una manera lineal, en la que se utiliza un traductor para controlar la relación de engranaje entre los dos otros traductores.

Reivindicaciones

1. Un sistema de tren de potencia que comprende un motor (901), un miembro de salida (222;322;422;822;922), un engranaje magnético (200;900) que conecta el motor con el miembro de salida, un sistema de almacenamiento de energía (960) y medio de control (962) dispuesto para controlar el flujo de potencia del motor al sistema de almacenamiento de energía o del sistema de almacenamiento de energía al miembro de salida si una potencia requerida en el miembro de salida es diferente de una potencia en el motor, en el que el engranaje magnético comprende un primer rotor (202;302;402;502;802;902) que tiene un primer conjunto de polos magnéticos (210), un segundo rotor que tiene un segundo conjunto de polos magnéticos (214), y el primer y segundo rotores tienen números diferentes de polos magnéticos, las piezas polares están dispuestas para modular el campo magnético que actúa entre los polos magnéticos, y se **caracteriza por** un tercer rotor (216) que tiene un conjunto de piezas polares (206), y el medio de control está dispuesto para controlar la rotación de uno de los rotores de manera que se varíe la relación de engranaje entre los otros dos rotores.

2. Un sistema de tren de potencia según la reivindicación 1, en el que el medio de control (962) incluye un motor/generador de distribución de potencia (MG2) dispuesto para transmitir potencia del motor al sistema de almacenamiento de energía y del sistema de almacenamiento de energía al miembro de salida.

3. Un sistema de tren de potencia según la reivindicación 1 ó 2, en el que el medio de control incluye un motor/generador de control de engranajes (MG1) operable en un primer modo en el que está dispuesto para tomar potencia del sistema de almacenamiento de energía para controlar la relación de engranaje, y un segundo modo que está dispuesto para controlar la potencia transmitida del motor al sistema de almacenamiento de energía para controlar la relación de engranaje.

4. Un sistema de tren de potencia según la reivindicación 1, en el que el motor está conectado al primer rotor, en este caso un rotor interior del engranaje magnético, mientras que los otros dos rotores, el segundo y tercer rotores, están cada uno acoplado a la distribución de potencia o motor/generador de control de engranajes (MG1, MG2), respectivamente.

5. Un sistema de tren de potencia según la reivindicación 4, en el que tanto el control de engranajes como el motor/generadores de distribución de potencia (MG1, MG2) están conectados a un sistema de almacenamiento de energía mediante un convertidor electrónico de potencia.

6. Un sistema de tren de potencia según la reivindicación 5, en el que el motor/generador de control de engranajes (MG1) está integrado con el engranaje magnético y está dispuesto para accionar un rotor exterior, en este caso el segundo rotor, del engranaje magnético.

7. Un sistema de tren de potencia según cualquier reivindicación precedente, en el que un eje de salida está acoplado al tercer rotor mediante una unidad de engranaje de reducción adicional.

8. Un sistema de tren de potencia según la reivindicación 7, cuando depende de la reivindicación 4, en el que el motor/generador de distribución de potencia (MG2) está dispuesto para permitir el almacenamiento de energía del motor en el sistema de almacenamiento de energía cuando la salida de potencia total del motor no está siendo usada, y para tomar potencia del sistema de almacenamiento de energía para proporcionar par adicional al eje de salida cuando el motor no está produciendo potencia suficiente para las necesidades de un vehículo.

9. Un sistema de tren de potencia según la reivindicación 1, en el que el motor está conectado al tercer rotor, el miembro de salida está conectado al primer rotor, y el segundo rotor se usa para variar la relación de engranaje entre el tercer rotor y el primer rotor.

10. Un vehículo híbrido que comprende un sistema de tren de potencia según cualquier reivindicación precedente.

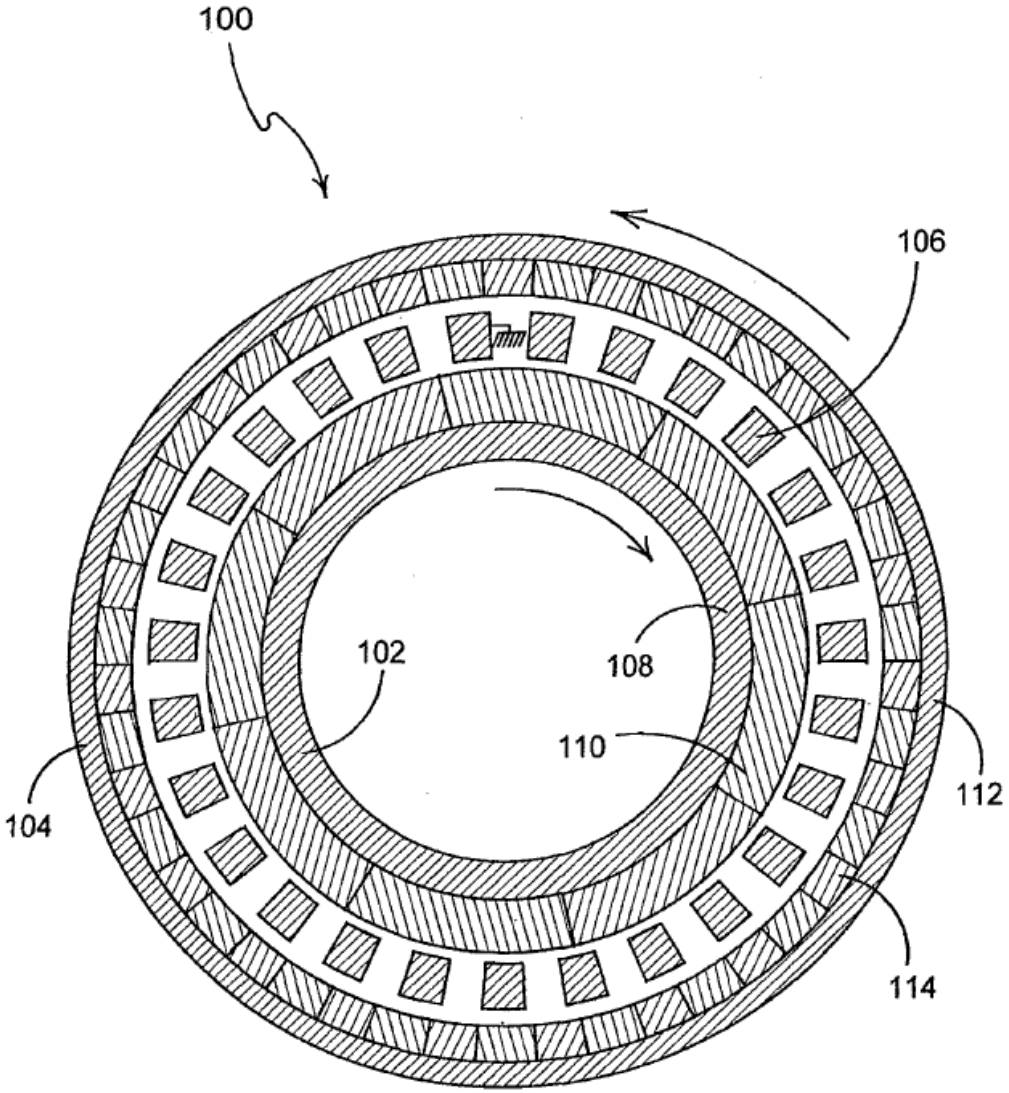

FIGURA 1

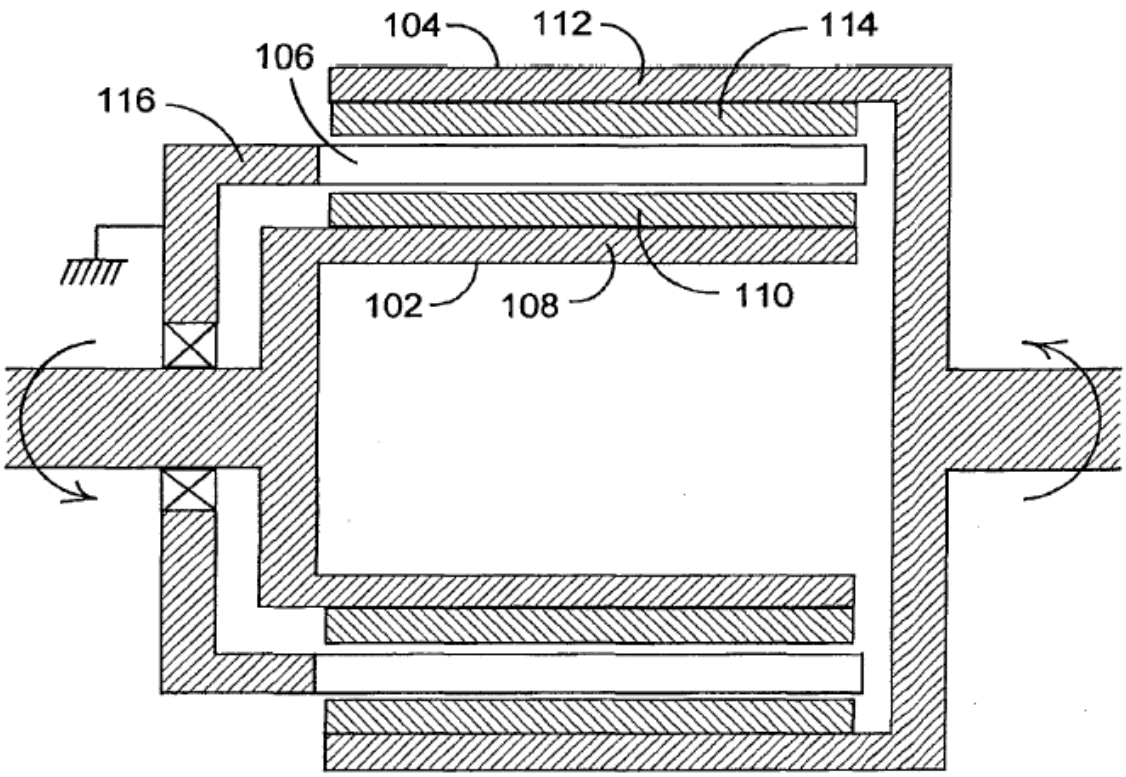

FIGURA 2

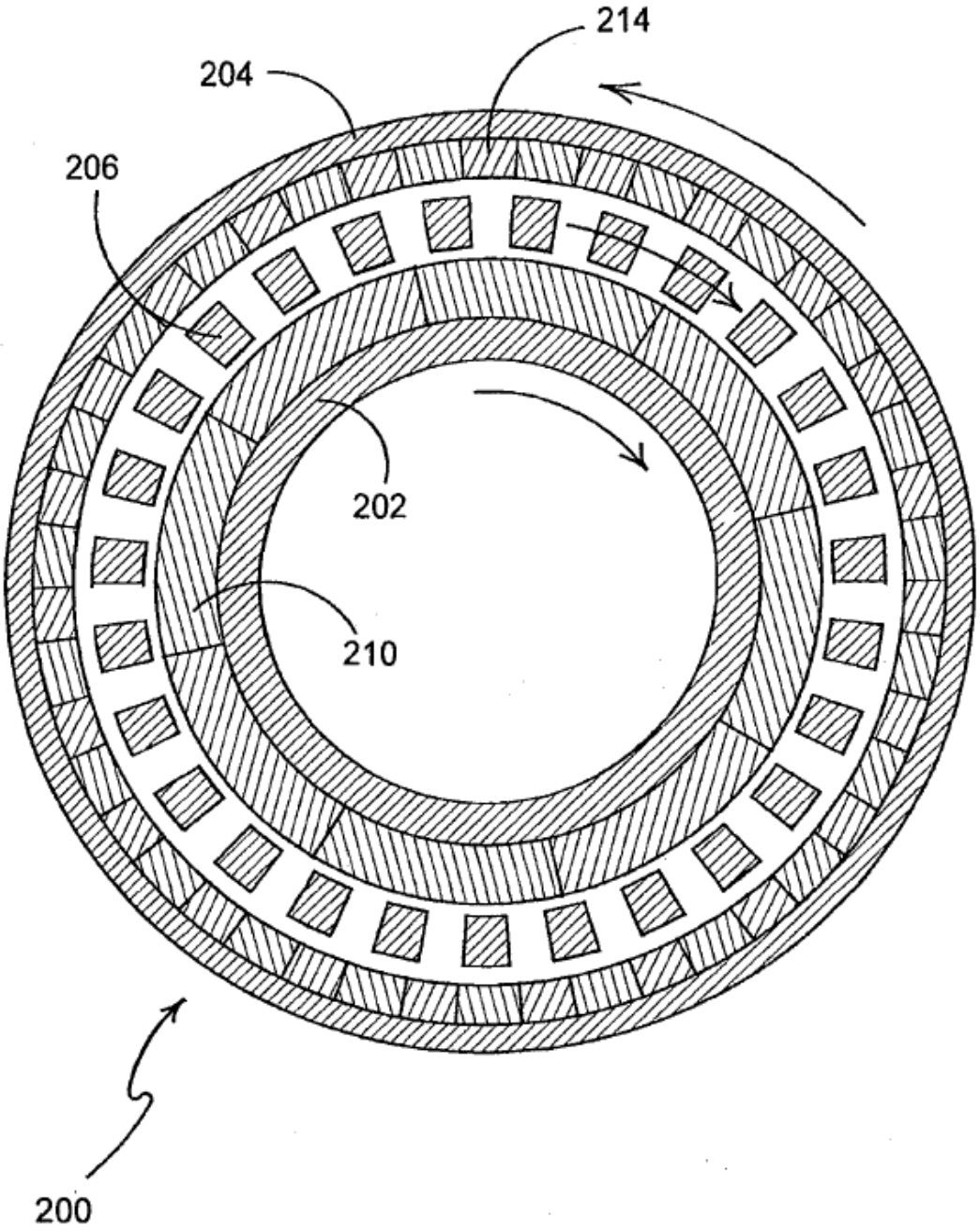

FIGURA 3

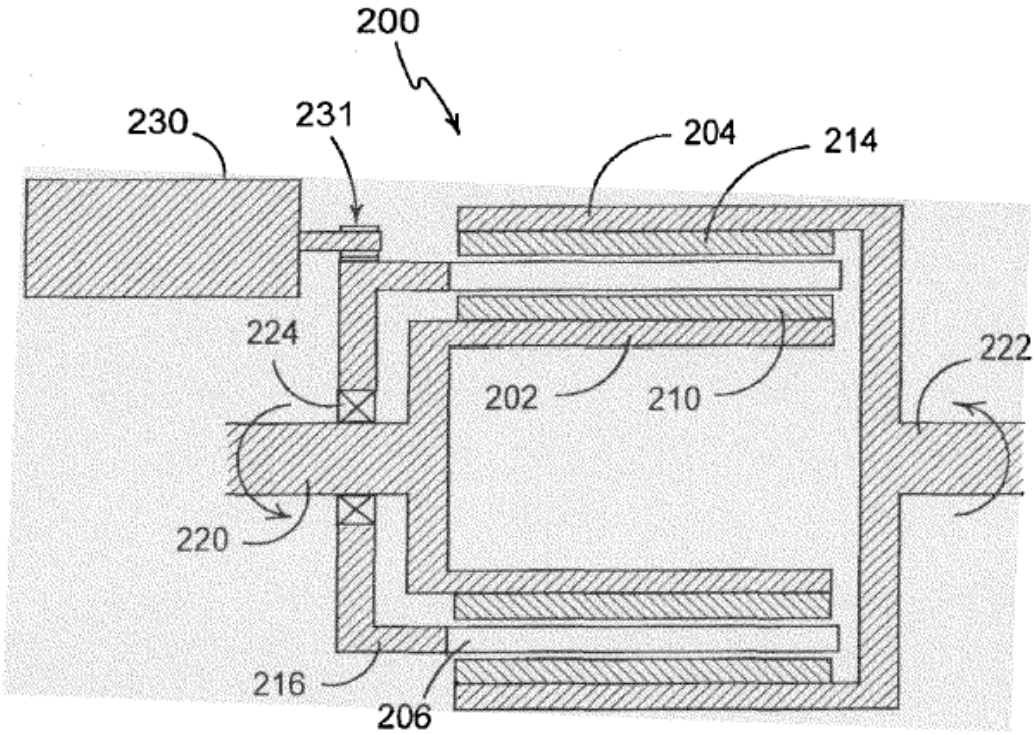

FIGURA 4

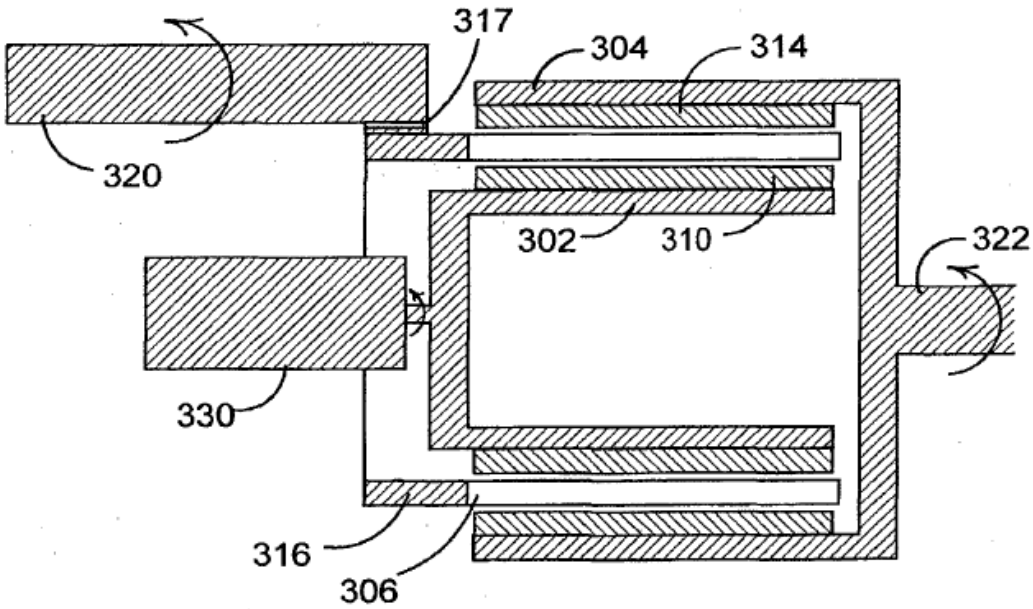

FIGURA 5

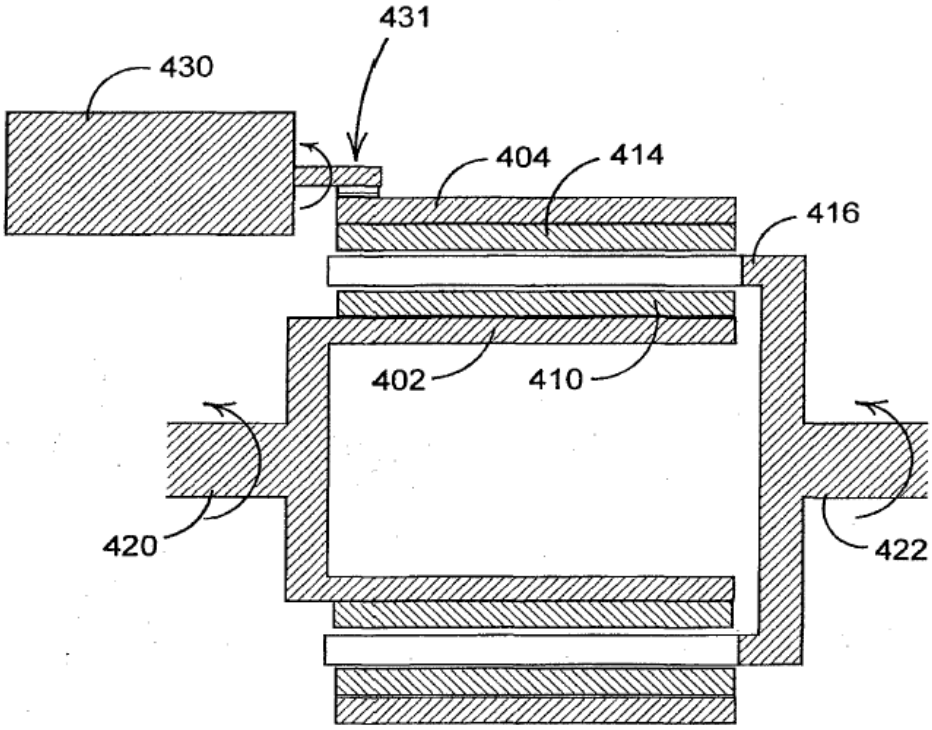

FIGURA 6

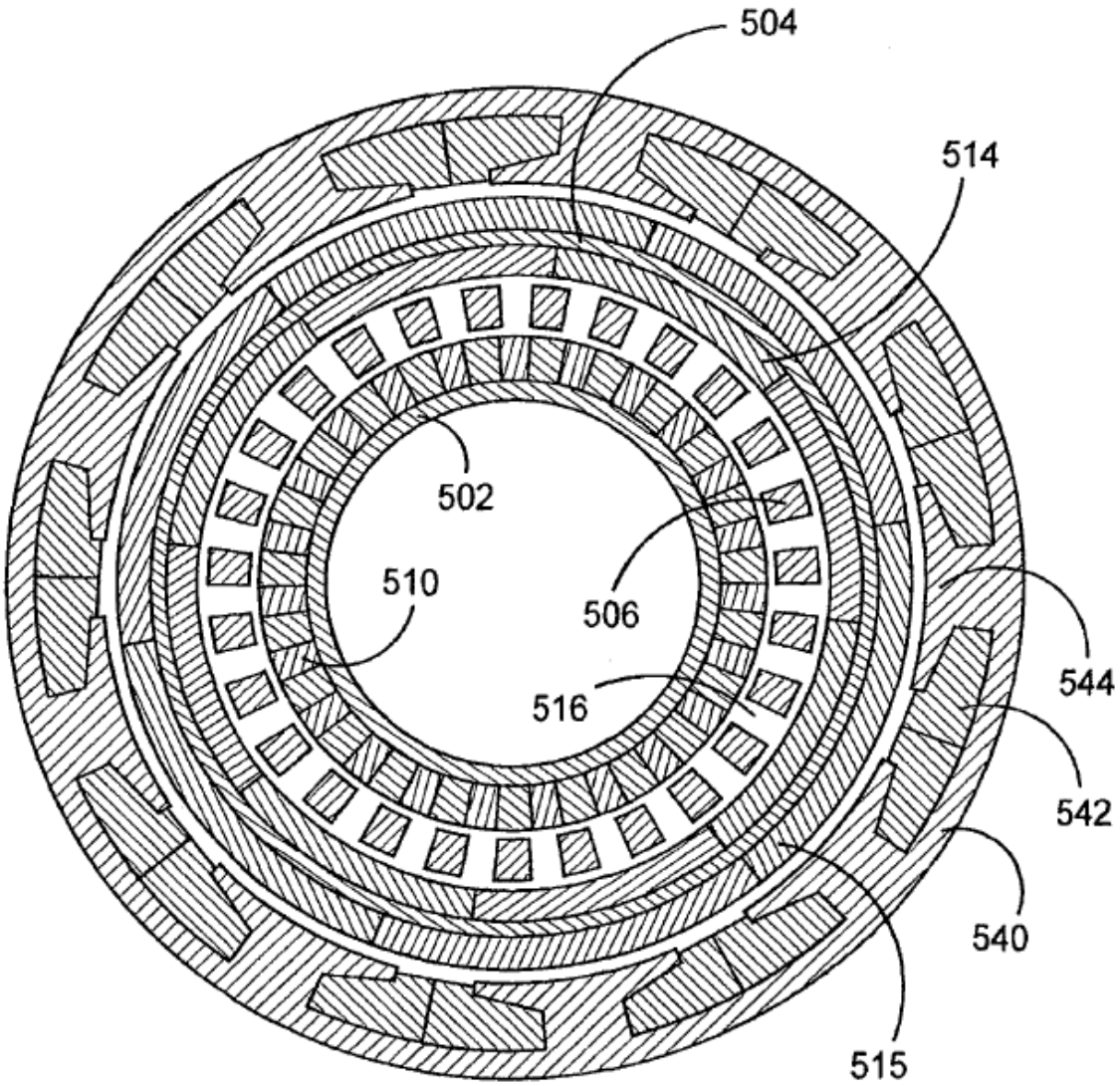

FIGURA 7

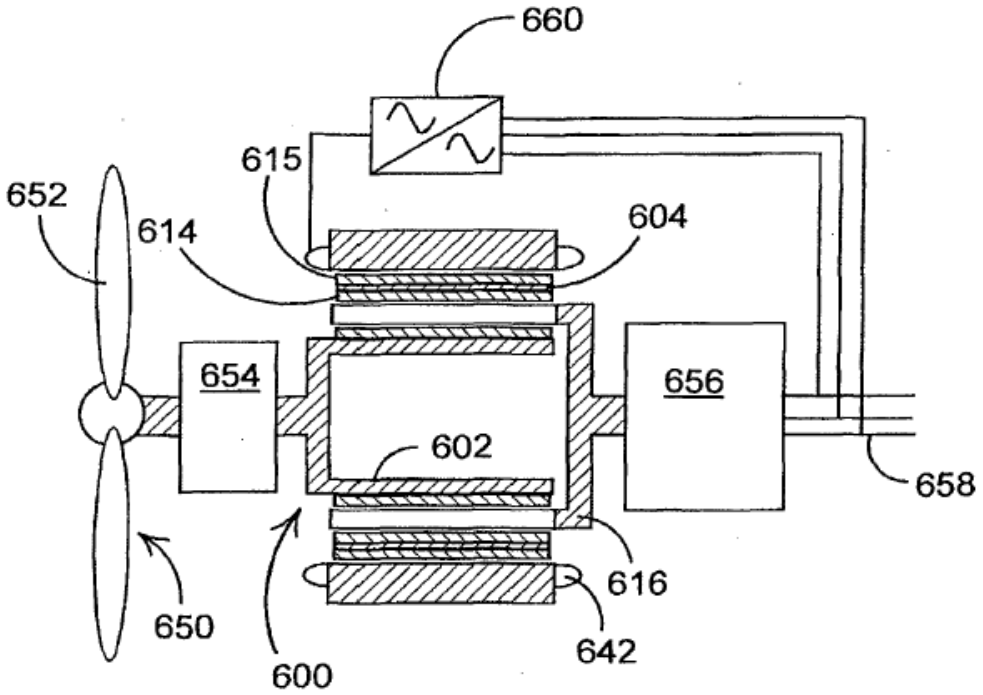

FIGURA 8

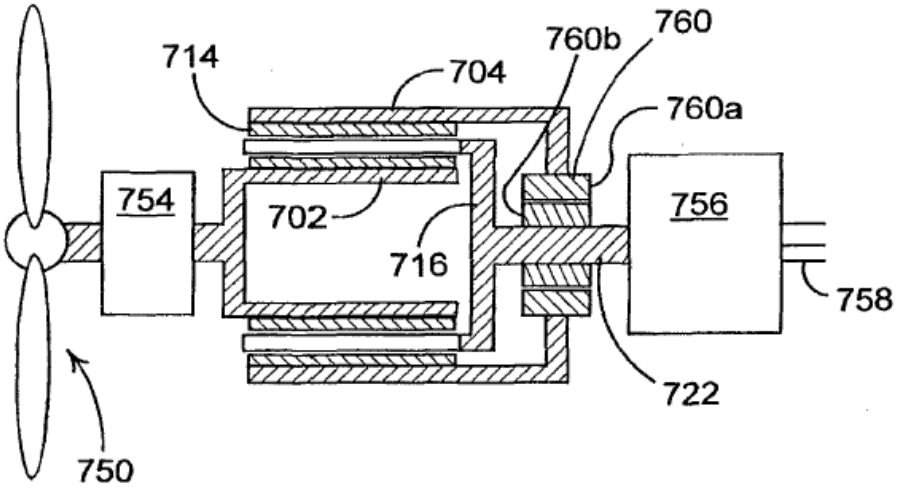

FIGURA 9

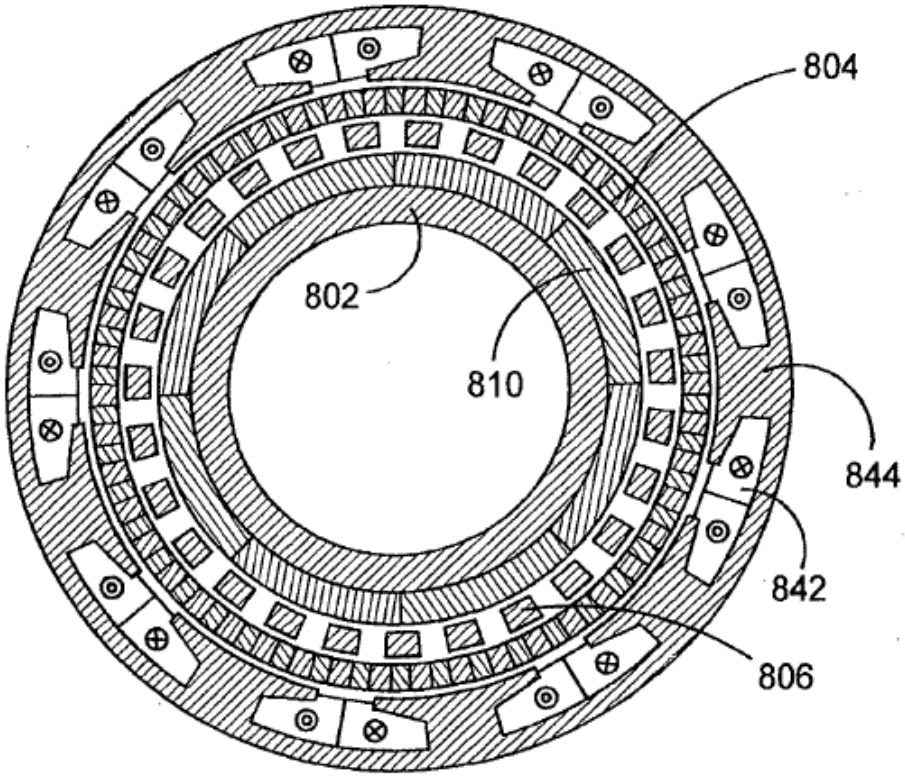

FIGURA 10

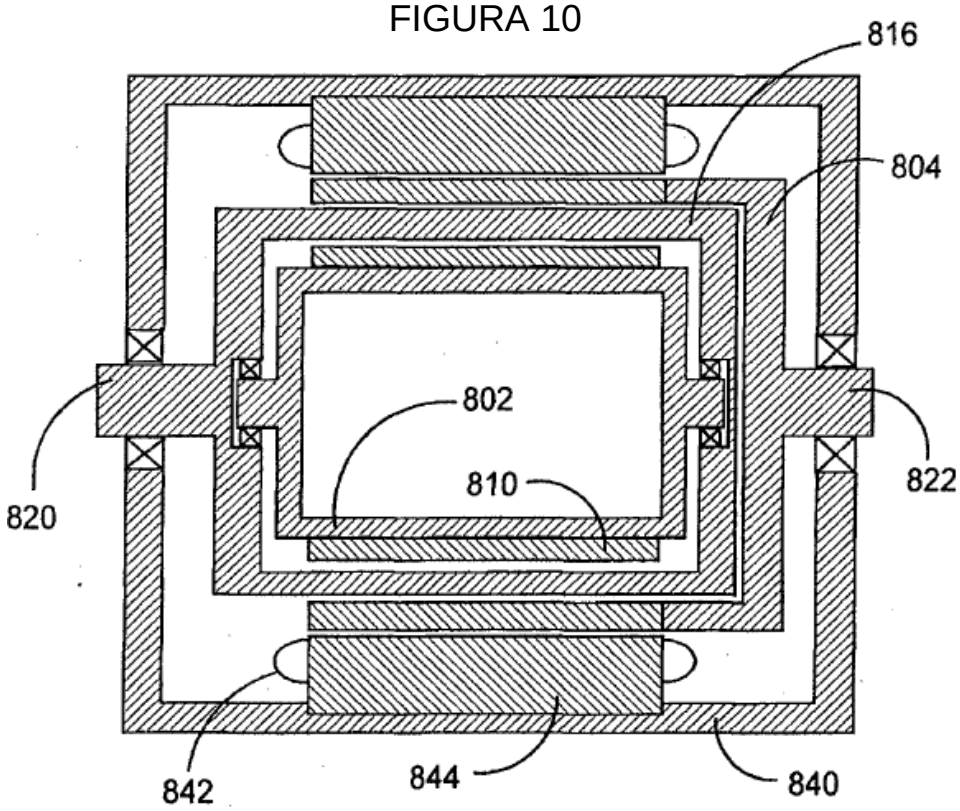

FIGURA 11

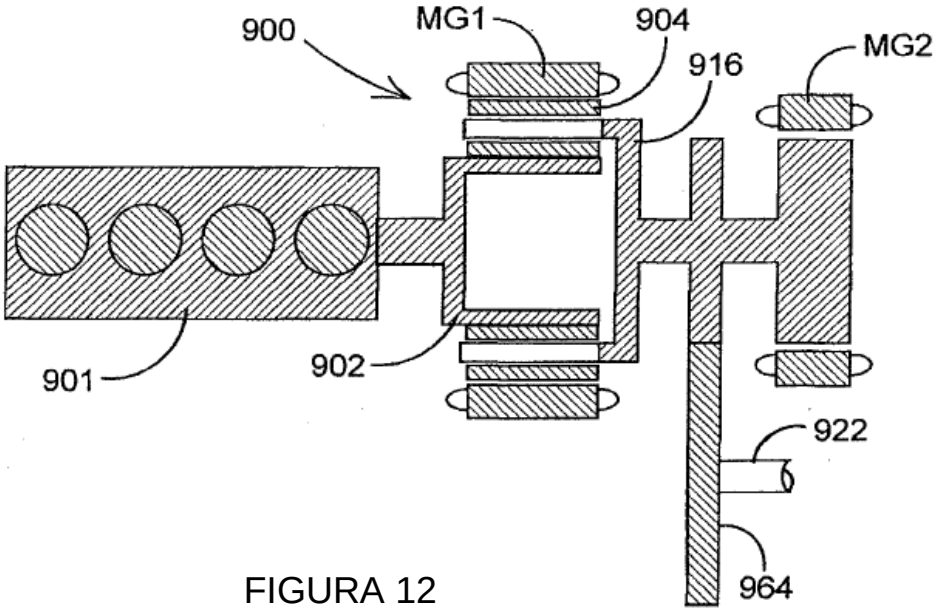

FIGURA 12

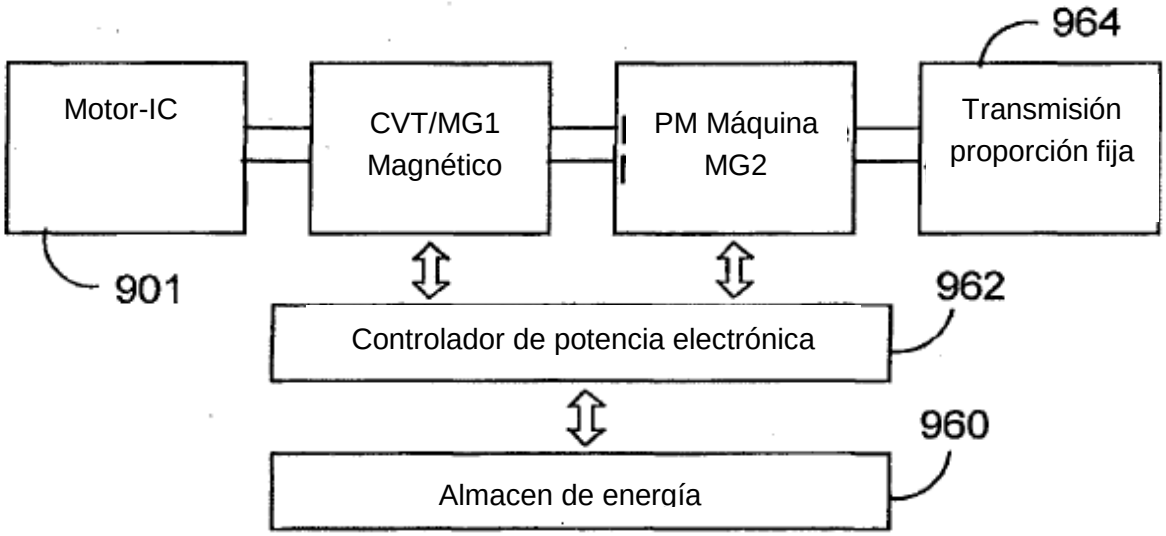

FIGURA 13