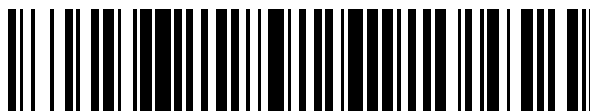


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 784 018**

51 Int. Cl.:

H02K 7/02 (2006.01)

H02K 16/00 (2006.01)

H02K 7/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.03.2010 E 10305306 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.01.2020 EP 2237397**

54 Título: **Dispositivo de almacenamiento de energía eléctrica en forma de energía cinética mejorada y vehículo ferroviario que comprende dicho dispositivo**

30 Prioridad:

01.04.2009 FR 0952086

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

21.09.2020

73 Titular/es:

**ALSTOM TRANSPORT TECHNOLOGIES
48, rue Albert Dhalenne
93400 Saint-Ouen, FR**

72 Inventor/es:

BOUALEM, BENALI

74 Agente/Representante:

SÁNCHEZ SILVA, Jesús Eladio

ES 2 784 018 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Dispositivo de almacenamiento de energía eléctrica en forma de energía cinética mejorada y vehículo ferroviario que comprende dicho dispositivo

5

La invención se refiere al campo de los dispositivos de almacenamiento de energía eléctrica en forma de energía cinética del tipo que comprende, alojado dentro de una carcasa, un volante anular, asegurado a un árbol por medio de una banda, el árbol que está montado para girar libremente sobre la carcasa mediante los medios de rodamiento, así como medios de conversión capaces de transformar una energía eléctrica aplicada a la entrada del dispositivo en energía mecánica almacenada en el volante y transformar la energía mecánica almacenada en el volante en energía eléctrica a la salida del dispositivo.

10

Por lo tanto, el documento VON B. STORSAND: "OERLIKON. Der Electrogyro, ein kinetischer Energiespeicher für Fahrzeugbetrieb" 1951, JEAN FREY AG, ZÜRICH 15 describe un dispositivo de almacenamiento de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1.

15

Para aplicaciones ferroviarias, dichos dispositivos de almacenamiento deben cumplir con los requisitos de diseño, en particular con respecto a la masa total del dispositivo de almacenamiento y su tamaño. Por ejemplo, cuando dicho dispositivo de almacenamiento se coloca en el techo de un tranvía, debe tener una altura de menos de aproximadamente 50 cm, que corresponde a la distancia entre el techo del tranvía y las catenarias electrificadas. Además, la masa total del dispositivo de almacenamiento no debe ser tan grande como para arriesgarse a disminuir el rendimiento del tranvía. Por lo tanto, el objetivo es proponer un dispositivo de almacenamiento que sea compacto.

20

Además, las aplicaciones ferroviarias resultan en un alto consumo de energía, por ejemplo, para alimentar los dispositivos de tracción y/o el equipo auxiliar. Por lo tanto, es necesario que el dispositivo de almacenamiento pueda almacenar una gran cantidad de energía mecánica.

25

Finalmente, el dispositivo de almacenamiento debe tener una alta potencia. Los medios de conversión deben permitir que se almacene una gran cantidad de energía en el volante en poco tiempo, lo que corresponde, por ejemplo, al tiempo de parada del tranvía en la estación, típicamente en el orden de 20 segundos.

30

El documento US 6,172,435 B1 describe un dispositivo de almacenamiento del tipo mencionado anteriormente que tiene buena compactibilidad.

35

En este dispositivo conocido, la rueda que fija el volante al árbol tiene una banda que forma una campana sobre el conjunto de rotor/estator. Además, el árbol, dispuesto verticalmente, descansa por su extremo inferior en la parte inferior de la carcasa y está sostenido por su extremo superior por un solo cojinete. Con dicho conjunto, las masas giratorias constituyen un tipo de enrutador. Por lo tanto, el dispositivo es sensible a una distribución no homogénea de las masas alrededor del eje de rotación. Dado que una distribución homogénea de las masas es muy difícil de lograr a bajos costes, dicho dispositivo tiene un cierto desequilibrio, cuyos efectos son particularmente perjudiciales a altas velocidades. Como no puede funcionar a altas velocidades de rotación, dicho dispositivo no se puede utilizar para almacenar una gran cantidad de energía.

40

Además, a una masa y altura constantes, para aumentar el momento de inercia del volante anular con el fin de almacenar más energía, se aumenta su diámetro interno. En consecuencia, el diámetro externo del rotor también aumenta, ya que en el dispositivo conocido la pared externa del rotor está fijada a la pared interna del volante anular. El rotor consiste en una pila de láminas de metal hechas de acero magnético blando para asegurar el retorno completo del flujo magnético producido por el estator. Sin embargo, este acero tiene un precio, y aumentar el diámetro del rotor tiene un impacto negativo en el coste general del dispositivo de almacenamiento. Además, cuanto mayor es el diámetro del rotor, mayor es su momento de inercia. Por lo tanto, su producción debe ser particularmente cuidadosa para evitar una mala distribución de las masas alrededor del eje de rotación. Si, para reducir estos efectos de desequilibrio, se intenta reducir el tamaño del rotor con relación al estator, el material magnético del que está hecho el rotor se satura de manera rápida magnéticamente y el retorno del flujo del estator ya no se completa. Como resultado, el convertidor tiene numerosas fugas magnéticas que resultan en una pérdida de energía del dispositivo de almacenamiento.

50

55

Finalmente, la compactibilidad del dispositivo provoca muchas restricciones secundarias en los diversos componentes del dispositivo de almacenamiento, dichas restricciones tienen el efecto de limitar la vida útil del dispositivo. Estas restricciones secundarias son de tipo mecánico, magnético y térmico. Por ejemplo, un rotor que gira en un campo magnético es un centro de pérdidas por histéresis y corrientes parásitas. Como resultado, durante el funcionamiento del dispositivo, el rotor se calienta. Una fracción de este calor se transmite al volante en el que se fija el rotor. Luego hay una expansión diferencial de los materiales a ambos lados de la conexión entre el rotor y el volante. En consecuencia, esta conexión está sujeta a importantes esfuerzos mecánicos que constituyen un factor que limita la vida útil del dispositivo de almacenamiento conocido. Además, el calor genera una expansión mal controlada del material que constituye el volante. Estas expansiones locales producen variaciones de masa que son perjudiciales para equilibrar la máquina rotativa. No se puede usar a altas velocidades. Finalmente, cuando el volante está hecho, por ejemplo, de un

60

65

material compuesto, tal como por enrollado de un alambre de carbono, la exposición regular a altas temperaturas conduce al envejecimiento prematuro del material compuesto.

5 Por lo tanto, la invención tiene como objetivo proporcionar un dispositivo de almacenamiento de energía cinética mejorado en comparación con la técnica anterior, en particular uno que tenga un mejor equilibrio y tenga en cuenta los esfuerzos mecánicos, magnéticos y térmicos resultantes de un conjunto altamente integrado del dispositivo de almacenamiento de manera que pueda ser utilizado en aplicaciones ferroviarias.

10 Además, el documento US 5,838,085 describe una máquina que tiene dos pares de rotor-estator para poder operar en tres modos posibles: 1) como motor, al aplicar energía eléctrica a los estatores; 2) como generador, al rotar el árbol; y 3) como un generador de motor, al aplicar energía eléctrica a los estatores de uno de los pares de estator-rotor para rotar el árbol y rotar el rotor del otro par de rotor-estator.

15 El documento US 2007/199744 A1 describe un dispositivo capaz de funcionar como generador de corriente o como motor de accionamiento. Para hacer esto, el dispositivo comprende un primer rotor asegurado a un árbol y un estator que rodea el rotor. El dispositivo comprende además un volante, montado para girar libremente alrededor del árbol y que coopera con el estator para almacenar energía eléctrica en forma de energía cinética. Este documento enseña que los rotores, el árbol y los manguitos y placas para acoplar los rotores al árbol son tales que la máquina almacena una energía mecánica de rotación que permite, dada la interrupción de la fuente de alimentación de corriente alterna, mantener el árbol en rotación por unos segundos.

El documento US 2007/114795 describe un dispositivo que incorpora un volante dispuesto verticalmente y accionado por dos motores eléctricos ubicados a cada lado del volante y a cierta distancia del mismo.

25 El documento US 4 870 310 presenta un volante de acuerdo con otra tecnología.

La invención se define por las reivindicaciones.

30 La invención y sus ventajas se entenderán mejor al leer la siguiente descripción, dada únicamente a modo de ejemplo y hecha con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- La Figura 1 es una sección axial de un dispositivo para almacenar energía eléctrica en forma de energía cinética de acuerdo con una primera modalidad; y
- La Figura 2 es una sección axial de un dispositivo para almacenar energía eléctrica en forma de energía cinética de acuerdo con una segunda modalidad.

35 La Figura 1 muestra un dispositivo de almacenamiento de acuerdo con una primera modalidad. El dispositivo de almacenamiento 1 es simétrico con respecto a un plano medio P perpendicular al eje de rotación A de un volante 2, a fin de mejorar el equilibrio del mismo para garantizar su funcionamiento a altas velocidades de rotación, sinónimo de acumulación de una gran cantidad de energía cinética.

40 El dispositivo de almacenamiento 1 comprende una carcasa 10 hecha de láminas de espesor a y que tiene la forma externa de un cilindro alrededor del eje de rotación A. La carcasa 10 tiene un diámetro D y una altura H. La carcasa 10 permite la fijación del dispositivo de almacenamiento 1 en el techo de un tranvía. Cuando el dispositivo de almacenamiento 1 se coloca en el techo de un tranvía, el eje de rotación A se orienta verticalmente.

45 La carcasa 10 tiene una pared lateral 12, una pared superior 14 y una pared inferior 16. La carcasa 10 está sellada para mantener un vacío relativo en la misma para reducir la fricción y la disipación de energía entre los diversos componentes del dispositivo de almacenamiento 1.

50 Internamente, la carcasa 10 comprende, a cada lado del plano medio P, dos paredes cilíndricas internas 18 y 20 dispuestas coaxialmente con el eje de rotación A. Estas tienen un diámetro interno d. El borde superior de la pared interna superior 18 está soldado a la pared superior 14 de la carcasa 10, y el borde inferior de la pared interna 20 está soldado o atornillado a la pared inferior 16 de la carcasa 10. Los bordes libres de cada una de las paredes internas 18 y 20 están colocados opuestos entre sí y separados por un espacio predeterminado e.

55 Alojado dentro de la carcasa 10, el dispositivo de almacenamiento 1 comprende un volante anular 2. El volante 2 comprende un cubo 22, una banda 24 y un borde 26 que soporta una masa anular 28. La forma de la masa anular se obtiene por la revolución de una sección sustancialmente rectangular alrededor del eje de rotación A, esta sección tiene una altura ligeramente menor que la altura interna $H - 2a$ de la carcasa 10, y un espesor E ligeramente menor que la diferencia entre el diámetro interno $D - 2a$ de la carcasa 10 y el diámetro externo $d + 2a$ de las paredes internas 18 y 20.

60 El volante 2 está dispuesto en la carcasa 10 para recibir las paredes internas 18 y 20 dentro de la circunferencia de su borde 26. Las dimensiones del volante 2 están adaptadas a las de la carcasa 10 para mantener un espacio mínimo que permita la rotación del volante 2 en relación con la carcasa fija 10, mientras maximiza el volumen ocupado por el volante

ES 2 784 018 T3

2 para que el dispositivo de almacenamiento 1 pueda almacenar suficiente energía teniendo en cuenta el volumen de la carcasa 10.

5 El volante 2 está asegurado a un árbol de rotación 29 que se extiende a lo largo del eje de rotación A. El volante 2 está asegurado al árbol 29 por medio de su cubo 22 de manera que su banda 24, simétrica por rotación alrededor del eje A, se extiende radialmente en el plano medio P. La banda 24 tiene un grosor ligeramente menor que el espacio e formado entre los bordes libres de las paredes internas 18 y 20 de la carcasa 10 para permitir la rotación de la banda 24 entre las paredes internas 18 y 20.

10 Los extremos superior e inferior del árbol 29 se mantienen, respectivamente, en las paredes superior 14 e inferior 16 de la carcasa 10 mediante dos cojinetes, respectivamente superior 36 e inferior 38. Estos cojinetes están dispuestos simétricamente a ambos lados del plano medio P. Estos medios para mantener el árbol 29 en la carcasa 10 permiten un grado de libertad de rotación del árbol 29 alrededor del eje de rotación A. La presencia de estos dos cojinetes hace que sea posible mantener una alineación precisa del árbol 29 durante el uso del dispositivo de almacenamiento 1, en particular cuando rota a alta velocidad. Como el dispositivo 1 está destinado a instalarse de manera que el eje A esté dispuesto verticalmente, los cojinetes 36 y 38 son cojinetes de empuje que permiten soportar una carga axial.

15 Como medio para convertir la energía eléctrica en energía mecánica para la rotación del volante 2 y viceversa, el dispositivo de almacenamiento 1 comprende dos conjuntos de rotor/estator dispuestos respectivamente a cada lado de la banda 24 y alojados dentro del borde 26 del volante 2, dentro del volumen delimitado por las paredes internas 18 y 20 de la carcasa 10.

20 El conjunto de rotor/estator superior 30 comprende un rotor 31 fijado directamente al árbol 29. El conjunto de rotor/estator superior 30 comprende un estator 32 asegurado a la cara interna orientada hacia el árbol 29 de la partición interna 18. De manera simétrica, el conjunto de rotor/estator inferior 34 comprende un rotor 35 fijado directamente al árbol 29 y un estator 36 asegurado a la cara interna orientada hacia el árbol 29 de la partición interna 20.

25 En esta primera modalidad, cada conjunto de rotor/estator 30, 34 constituye un convertidor eléctrico con flujo radial con respecto al eje de rotación A. Además, este convertidor eléctrico es tal que el estator rodea el rotor.

30 Al hacer los medios de conversión como dos conjuntos de rotor/estator montados simétricamente con respecto al plano P, la máquina rotativa está mejor equilibrada.

35 Además, como cada conjunto de rotor/estator 30, 34 está confinado por una partición interna 18, 20, el calor producido por cada uno de los conjuntos de rotor/estator no degrada el rendimiento del volante 22.

40 Al colocar el rotor directamente sobre el árbol, se reducen las dimensiones del rotor. Como resultado, la cantidad de material magnético que se utilizará para producir el rotor se reduce, lo que permite limitar los costos asociados con la producción de los rotores. Estos se pueden dimensionar solo de acuerdo con el flujo magnético que creará el estator y eso se debe canalizar. Además, al estar más cerca del eje de rotación, los rotores juegan un papel menor en el comportamiento dinámico de la máquina rotativa. En particular, las variaciones en la masa de los rotores en relación con el eje de rotación tienen poco efecto en el equilibrio de las masas en rotación. Se pueden alcanzar altas velocidades de rotación.

45 Los dos conjuntos de rotor/estator 30, 34 funcionan con un mismo inversor reversible que se puede utilizar en los dos modos de funcionamiento. Como una variante, y como se muestra en las figuras, estos son alimentados por separado por dos inversores asociados 40 y 44. Ventajosamente, uno de los conjuntos de rotor/estator alcanza el rendimiento promedio del volante y el otro conjunto de rotor/estator se controla para lograr el máximo rendimiento del volante.

50 En una modalidad alternativa independiente de las otras variantes presentadas anteriormente, el dispositivo incluye un circuito de enfriamiento por circulación de líquido, cuyas tuberías son soportadas por las particiones cilíndricas internas 18 y 20. Este circuito permite aumentar la capacidad de enfriamiento del estator que causa la mayoría de las pérdidas térmicas del dispositivo y aumentar el confinamiento térmico del estator.

55 Opcionalmente, el acceso a este circuito es posible gracias a las escotillas provistas en las paredes 14 y 16.

60 La Figura 2 representa otra modalidad del dispositivo de almacenamiento de energía. En la Figura 2, un componente idéntico a un componente representado en la Figura 1 está referenciado por el mismo número de referencia, mientras que un componente similar a un componente representado en la Figura 1 está referenciado por un número de referencia aumentado en cien en comparación con el número de referencia utilizado para hacer referencia al componente de la Figura 1.

65 El dispositivo de almacenamiento 101 comprende una carcasa exterior 110 de forma esencialmente cilíndrica con respecto al eje de rotación A. La carcasa 110 recibe internamente un volante anular 2. El volante 2 está asegurado a un árbol 29 por medio de un cubo 22 de manera que la banda 24 del volante 2 está dispuesta en el plano medio P con respecto al cual el conjunto del dispositivo de almacenamiento 101 es simétrico.

El árbol 29 se mantiene alineado con el eje de rotación A, libre para rotar en relación con la carcasa 110, por medio de dos cojinetes, respectivamente superior 36 e inferior 38.

5 Los medios de conversión permiten transformar la energía eléctrica en energía cinética y viceversa. Estos comprenden dos conjuntos de rotor/estator 130 y 134 dispuestos a cada lado del plano medio P. En esta segunda modalidad, cada conjunto de rotor/estator 130, 134 constituye un convertidor eléctrico con flujo axial, lo que significa que las líneas de campo son paralelas al eje de rotación A. Más específicamente, el conjunto de rotor/estator superior 130 comprende un estator 132, de forma anular alrededor del eje de rotación A, asegurado a la pared superior 114 de la carcasa 110, y un rotor 131, también de forma anular alrededor del eje de rotación A, montado en el árbol 29 por medio de un disco 133. 10 El rotor 131 está dispuesto frente al estator 132 para proporcionar un espacio de aire adecuado. De manera similar, en la parte inferior del dispositivo de almacenamiento 101, el conjunto de rotor/estator 134 comprende un estator 136 asegurado a la pared inferior 116 de la carcasa 110 y un rotor 135, también anular, asegurado al árbol 29 por medio de un disco 137. Como en la modalidad anterior, el dispositivo de almacenamiento comprende dos inversores 40 y 44, cada inversor que está conectado al embobinado del estator de uno de los dos conjuntos de rotor/estator.

15 Como en la primera modalidad, un conjunto de rotor/estator 130, 134 está separado lo más lejos posible del volante 22. El calor producido por el conjunto de rotor/estator 130, 134 durante su funcionamiento normal se difunde solo hacia el volante. Este se separa térmicamente del conjunto de rotor/estator.

20 Una vez más, el posicionamiento simétrico de los componentes del dispositivo de almacenamiento 101 en relación con el plano medio P asegura un equilibrio preciso del volante, lo que permite alcanzar velocidades de rotación nominales significativas. En consecuencia, la energía cinética almacenada por el dispositivo de almacenamiento presentado es sustancial.

25

REIVINDICACIONES

- 5 1. Dispositivo para almacenar energía eléctrica (1; 101) en forma de energía cinética del tipo que comprende un volante (2) asegurado a un árbol (29) colocado dentro de una carcasa (10; 110), el árbol está montado libremente de manera giratoria en relación con la carcasa mediante medios de rodamiento que comprenden al menos dos cojinetes (37, 38) que sostienen el eje por sus extremos, así como medios de conversión capaces de transformar una energía eléctrica aplicada a la entrada del dispositivo en una energía mecánica almacenada en el volante y de transformar una energía mecánica almacenada en el volante en una energía eléctrica a la salida del dispositivo, el dispositivo de almacenamiento que comprende un primer conjunto de rotor/estator (30) que consiste en un rotor y un estator, dicho rotor (31) está acoplado al árbol y dicho estator (32) es integral con la carcasa y rodea el rotor, y un segundo conjunto de rotor/estator (34) que consiste en un rotor y un estator, dicho rotor (31, 35) está acoplado al eje y dicho estator (36) es integral con la carcasa, la carcasa (10) que tiene dos paredes internas (18, 20), cada pared interna (18, 20) que soporta uno de los estatores (32, 36) de los dos conjuntos de rotor/estator (30, 34),

10

15 caracterizado porque el dispositivo es simétrico con respecto a un plano medio (P) ortogonal a un eje de rotación (A) del árbol,

20 porque el volante tiene forma anular y una banda (24) del volante descansa en el plano medio;

porque dichos medios de conversión comprenden el primer y segundo conjuntos de rotor/estator, el rotor de cada uno del primer y segundo conjuntos de rotor/estator se fija directamente al árbol y el estator de cada uno del primer y segundo conjuntos de rotor/estator rodea el rotor correspondiente;

y porque el primer y segundo conjuntos de rotor/estator están dispuestos a cada lado de dicha banda y alojados dentro del anillo formado por el volante (2).
- 25 2. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque cada conjunto de rotor/estator (30, 34) constituye un convertidor eléctrico de flujo radial con respecto al eje de rotación (A).
- 30 3. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 2, caracterizado porque cada pared interior (18, 20) es una partición cilíndrica dispuesta coaxialmente al eje de rotación (A).
- 35 4. Dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la carcasa (10; 110) es resistente al agua para poder mantener internamente un vacío relativo.
- 40 5. Dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque incluye un único inversor acoplado eléctricamente a los dos conjuntos de rotor/estator (30, 34; 130, 134).
- 45 6. Dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a la 4, caracterizado porque comprende dos inversores, cada inversor está acoplado a uno de los dos conjuntos de rotor/estator (30, 34; 130, 134).
7. Dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque incluye un circuito de enfriamiento para el estator, por circulación de líquido.
8. Vehículo ferroviario que comprende un dispositivo para almacenar energía eléctrica en forma de energía cinética, caracterizado porque dicho dispositivo es un dispositivo de almacenamiento (10; 110) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores.

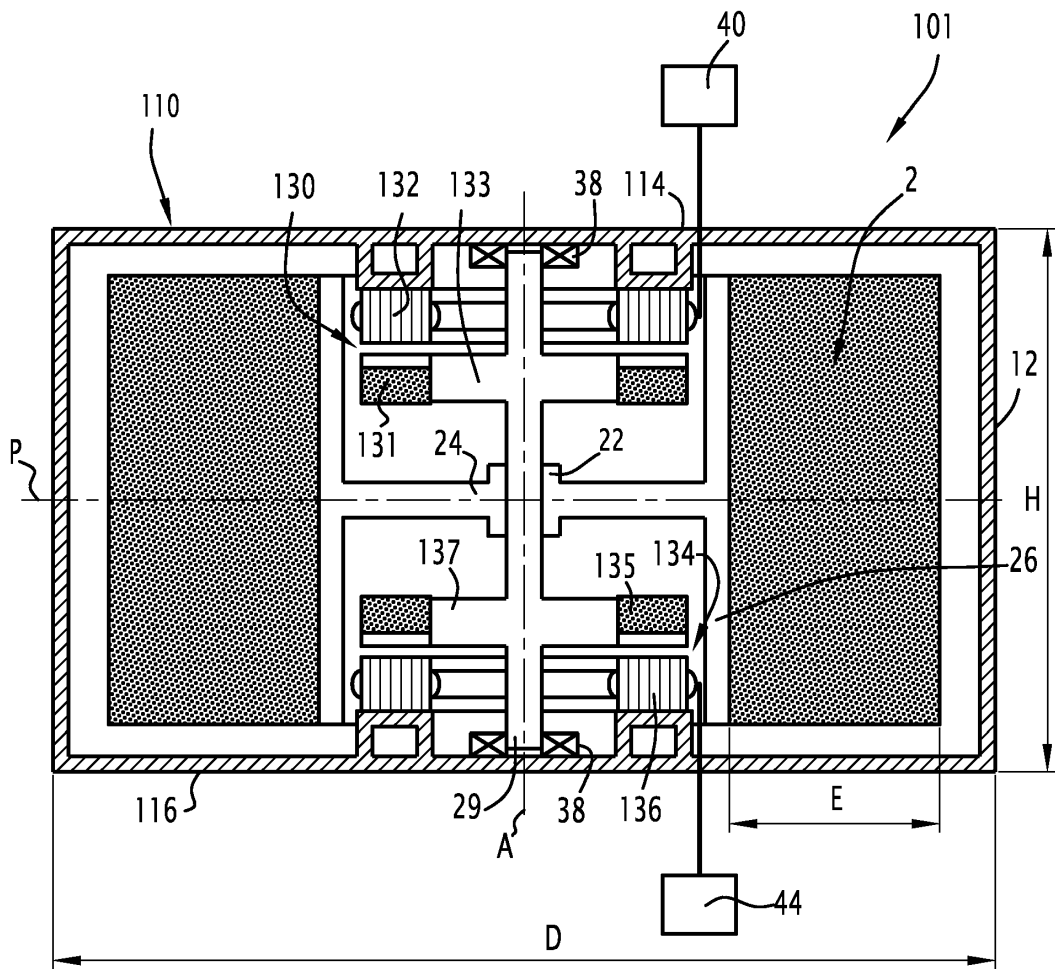


FIG.2