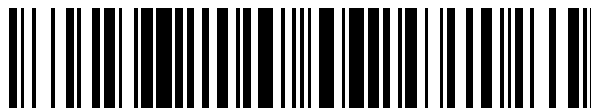


(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



(11) Número de publicación: **2 588 803**

(21) Número de solicitud: 201600535

(51) Int. Cl.:

F16F 15/30 (2006.01)

H02K 7/02 (2006.01)

(12)

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN

B2

(22) Fecha de presentación:

17.06.2016

(43) Fecha de publicación de la solicitud:

04.11.2016

Fecha de concesión:

20.06.2017

(45) Fecha de publicación de la concesión:

27.06.2017

(73) Titular/es:

UNIVERSIDAD DE LA RIOJA (100.0%)

Avda. de la Paz nº 93

26006 Logroño (La Rioja) ES

(72) Inventor/es:

SÁENZ-DÍEZ MURO, Juan Carlos;

JIMÉNEZ MACÍAS, Emilio;

BLANCO FERNÁNDEZ, Julio;

MARTÍNEZ CÁMARA, Eduardo;

PÉREZ DE LA PARTE, Mª De Las Mercedes y

BLANCO BARRERO, Juan Manuel

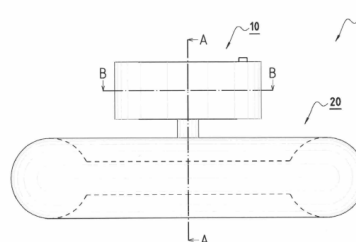
(54) Título: **Acumulador mecánico mediante volante de inercia**

(57) Resumen:

Acumulador mecánico mediante volante de inercia (1), de los que incorporan un volante de inercia (20) que funciona a alta velocidad en el vacío y que consta de:

- a. una máquina eléctrica con multiplicador de velocidad integrado (10), que está formado por un núcleo magnético estatórico (110), dispuesto al aire para poder evacuar el calor generado, y por un rotor hueco de jaula de ardilla (120), dispuesto al vacío;
- b. un volante de inercia (20) dispuesto al vacío, estando formado dicho rotor (210) en la zona más alejada de un árbol (211) por un núcleo (212), con forma toroidal y de un material de alta densidad (δ) y recubriendo el núcleo (212), dispone de un cuerpo de compuesto (213), con forma toroidal con un disco central y de un material de alta tensión mecánica (σ);
- c. una carcasa alojamiento al vacío (03).

Fig.1



Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 40.2.8 LP 11/1986.

ES 2 588 803 B2

DESCRIPCIÓN

Acumulador mecánico mediante volante de inercia.

5 Objeto y sector de la técnica al que se refiere la invención

La presente invención se refiere a un acumulador de energía mecánica en forma de energía cinética, mediante volante de inercia de alta velocidad, con la funcionalidad de una batería eléctrica casi ideal, constituyendo, lo que podemos denominar como “batería mecánica”.

El campo de utilización abarca desde la aplicación en instalaciones eléctricas, tanto de alta como baja tensión, hasta en vehículos.

15 La invención se sitúa en sector técnico de la ingeniería electro-mecánica, y más concretamente en el relativo al de las máquinas electro-mecánicas.

Generalidades y estado de la técnica anterior más próximo

20 Un volante de inercia permite almacenar energía mecánica en forma de energía cinética, por lo que debido a esta función también se le denomina acumulador cinético. Los volantes de inercia permiten que la transferencia energética sea muy rápida, frente p.ej., a baterías electroquímicas, que requieren de un cierto tiempo de carga y descarga debido a su proceso químico. Las baterías electroquímicas son muy lentas en el proceso de carga y descarga, y si se pretende disminuir el tiempo su rendimiento desciende a valores inferiores al 30%;

Los volantes de inercia, de baja velocidad, han sido utilizados en ciclos mecánicos de requerimiento energético discontinuo, tal como prensas, troqueladoras, motores alternativos, etc. También han sido empleados para suavizar el movimiento de rotación de un eje, como p.ej., en grupos turbina-generator eléctrico.

Los volantes de inercia, de alta velocidad, se emplean en la actualidad para almacenamiento de energía mecánica en forma cinética, se emplean para estabilizar la red eléctrica, suministro de energético motriz en vehículos, etc.

En el estado de la técnica son conocidos diferentes tipos de acumuladores mecánicos mediante volante de inercia. En el estado de la técnica más cercana tenemos los siguientes documentos, entre muchos otros:

40

En el documento de patente denominado **D01** con número de publicación **ES 2422932 T3** y fecha de prioridad **18.08.2008** y titulado literalmente: "Montaje de volante de inercia", se describe un montaje de volante de inercia y, más particularmente, una reducción de las cargas experimentadas durante el fallo de un volante de inercia de alta velocidad.

En el documento de patente denominado **D02** con número de publicación **ES 2398621 T3** y fecha de prioridad **21.05.2008** y titulado literalmente: "Dispositivo de accionamiento con un motor de combustión interna y un volante de inercia con una máquina eléctrica", se describe un dispositivo de accionamiento con un motor de combustión interna y un
5 volante de inercia con una máquina eléctrica.

En el documento de patente denominado **D03** con número de publicación **ES 2366494 T3** y fecha de prioridad **04.05.2007** y titulado literalmente: "Volante de inercia de alta velocidad", se describe un volante de inercia de alta velocidad para su utilización en
10 vehículos.

En el documento de modelo de utilidad denominado **D04** con número de publicación **ES 1020273 U** y fecha de presentación **16.07.1991** y titulado literalmente: "Acumulador cinético de energía", se describe un acumulador cinético de energía, destinado a absorber
15 variaciones y armónicos de las magnitudes eléctricas de una instalación.

Problema técnico planteado

Los sistemas del estado de la técnica anterior presentan una problemática que se centra
20 fundamentalmente en los siguientes aspectos:

- 25 χ Los sistemas de almacenamiento de energía eléctrica mediante baterías, son muy lentos, debido al proceso químico de carga y descarga de las baterías; y si se disminuye el tiempo su rendimiento desciende a valores inferiores al 30%;
- 30 χ Los volantes de inercia que funcionan en un alojamiento al vacío requieren de una junta dinámica entre el alojamiento y el árbol a fin de permitir que se mantenga el vacío en el interior del alojamiento, siendo dichas juntas únicamente adecuadas para la utilización con árboles que giren a menos de 20.000 rpm; además estas juntas reducen el rendimiento y son fuente de fallo y requieren de elevado mantenimiento;
- 35 χ Los volantes de inercia que funcionan en un alojamiento al aire no pueden funcionar a altas velocidades, ya que las pérdidas que sufren por fricción con el aire son muy elevadas disminuyéndose notablemente la eficiencia; y a bajas velocidades la densidad de energía es muy baja.
- 40 χ Disponen del devanado estatórico de la máquina eléctrica dentro de la zona de vacío, perjudicando de forma importante la evacuación de calor.

Ventaja técnica que aporta la invención

El dispositivo (1) que la invención preconiza resuelve de forma plenamente satisfactoria la problemática anteriormente expuesta, en todos y cada uno de los diferentes aspectos
45 comentados y que se detallan a continuación:

- ✓ Permite la transferencia de energía, desde una fuente de energía eléctrica a un acumulador mecánico y del acumulador a dicha fuente, prácticamente de forma instantánea, exclusivamente limitada por el dimensionamiento de sus elementos;
- 5 ✓ El árbol no atraviesa el alojamiento en el cual se ha realizado el vacío, por lo que no se requiere junta dinámica alguna;
- ✓ El volante de inercia funciona en un alojamiento al vacío pudiendo funcionar a altas velocidades y con alta densidad de energía;
- 10 ✓ El devanado estatórico de la máquina eléctrica está en un alojamiento al aire, por lo que la evacuación del calor se realiza por los medios conocidos en el estado de la técnica.

15 **Breve descripción de las figuras**

Para complementar la descripción y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, se acompaña como parte integrante de dicha descripción, un juego de figuras con carácter ilustrativo y no limitativo.

20

Glosario de referencias

- (1) Acumulador mecánico mediante volante de inercia;
- (02) Válvula de vacío;
- 25 (03) Carcasa alojamiento al vacío;
- (10) Máquina eléctrica con multiplicador de velocidad integrado;
- (110) Núcleo magnético estatórico;
- (1101) Núcleo externo;
- (1102) Núcleo interno ranurado;
- 30 (111) Carcasa alojamiento al aire;
- (112) Devanado estatórico;
- (113) Caja de conexiones;
- (114) Junta estática;
- (120) Rotor hueco de jaula de ardilla;
- 35 (121) Núcleo magnético rotórico;
- (122) Anillo;
- (123) Barras;
- (130) Multiplicador de velocidad;
- (1301) Corona;
- 40 (1302) Satélites;
- (1303) Porta-satélites;
- (1304) Planeta;
- (20) Volante de inercia;
- (210) Rotor, del volante de inercia;
- 45 (211) Árbol;
- (212) Núcleo;

- (213) Cuerpo de compuesto;
- (214) Cojinete longitudinal de levitación magnética;
- (215) Cojinete transversal de levitación magnética;

5 **Figura 1 (Fig.1).**- muestra una vista en alzado de un acumulador mecánico mediante volante de inercia (1).

Figura 2 (Fig.2).- muestra una vista de un corte longitudinal "A-A" de un acumulador mecánico mediante volante de inercia (1).

10

Figura 3 (Fig.3).- muestra una vista de una sección transversal "B-B" de una máquina eléctrica con multiplicador de velocidad integrado (10).

15 **Figura 4 (Fig.4).**- muestra una vista de ensamblaje de un núcleo magnético estático (110).

Figura 5 (Fig.5).- muestra una vista en planta y una vista en corte longitudinal de un rotor hueco de jaula de ardilla (120) de una máquina eléctrica (10).

20 **Figura 6 (Fig.6).**- muestra una vista de ensamblaje de un multiplicador de velocidad (130) en un rotor hueco de jaula de ardilla (120).

Figura 7 (Fig.7).- muestra una vista de un corte longitudinal de un rotor (210) de un volante de inercia (20).

25

Figura 8 (Fig.8).- muestra una vista de detalle de un corte longitudinal "A-A" de un acumulador mecánico mediante volante de inercia (1) y una vista de detalle "C-C".

30 **Figura 9 (Fig.9).**- muestra un diagrama esquemático del funcionamiento del multiplicador de velocidad (130).

Descripción detallada de la invención y exposición detallada de un modo de realización preferente de la invención

35 Se describe detalladamente una realización preferente de la invención, de entre las distintas alternativas posibles, mediante enumeración de sus componentes así como de su relación funcional en base a referencias a las figuras, que se han incluido, a título ilustrativo y no limitativo, según los principios de las reivindicaciones.

40 **Figura 1 (Fig.1).**- muestra una vista en alzado de un acumulador mecánico mediante volante de inercia (1).

Puede observarse que comprende fundamentalmente de:

- 45 a. una máquina eléctrica con multiplicador de velocidad integrado (10);
- b. un volante de inercia (20);

En la **Fig.1** se ha representado un plano de corte longitudinal “A-A” y un plano de sección transversal “B-B”, cuyas vistas se muestran en las figuras **Fig.2** y **Fig.3**.

5 **Figura 2 (Fig.2).**- muestra una vista de un corte longitudinal “A-A” de un acumulador mecánico mediante volante de inercia (1). **Figura 3 (Fig.3).**- muestra una vista de una sección transversal “B-B” de una máquina eléctrica con multiplicador de velocidad integrado (10).

10 Puede apreciarse que el dispositivo que preconiza la invención consta de:

a. una máquina eléctrica con multiplicador de velocidad integrado (10), cuya finalidad es funcionar como motor para ejercer un movimiento de alta velocidad de rotación a un árbol (211) y funcionar como generador para producir energía eléctrica, y que está
15 formado por:

- un núcleo magnético estatórico (110), dispuesto al aire para poder evacuar el calor generado, cuya finalidad es generar un campo magnético giratorio, y que está compuesto por un núcleo externo (1101) liso sin ranurar y un núcleo interno
20 ranurado (1102) formado por una pluralidad de ranuras cerradas hacia el interior y abiertas hacia el exterior, disponiéndose en este último un devanado estatórico (112), y estando todo el conjunto protegido dentro de una carcasa alojamiento al aire (111);

25 - un rotor hueco de jaula de ardilla (120), dispuesto al vacío, cuya finalidad es adquirir por inducción magnética un movimiento de rotación, y que está compuesto por un núcleo magnético rotórico (121) y por un circuito eléctrico de tipo de jaula de ardilla, formado por un par de anillos (122) y una pluralidad de barras (123), permitiendo al ser la forma del rotor (120) hueca disponer en su parte
30 interior central un multiplicador de velocidad (130) con la finalidad de que un árbol (211) adquiera un múltiplo de la velocidad de rotación del rotor (120), siendo para ello necesario que un porta-satélites (1303) se fije a una carcasa alojamiento al vacío (03);

35 b. un volante de inercia (20) dispuesto al vacío, cuya finalidad es almacenar energía mecánica de tipo cinética en la rotación de alta velocidad de un rotor (210); estando formado dicho rotor (210) por:

- en la zona más alejada de un árbol (211) por un núcleo (212), con forma toroidal, y de un material de alta densidad (δ) con el fin de obtener una elevada masa (M);
40 preferentemente el material de alta densidad (δ) es acero;

- recubriendo el núcleo (212), dispone de un cuerpo de compuesto (213), con forma toroidal con un disco central y de un material de alta tensión mecánica (σ) con el
45 fin de soportar la tensión máxima que se produce en el eje de giro;

preferentemente el material de alta tensión mecánica (σ) es compuesto de resina y fibra de carbono.

- c. una carcasa alojamiento al vacío (03) que dispone de, una válvula de vacío (02) con la finalidad de poder practicar el vacío, una caja de conexiones (113) para alimentar eléctricamente el devanado estatórico (112), una junta estática (114) para el cierre hermético de una carcasa alojamiento al vacío (03) contra un núcleo interno ranurado (1102), un par de cojinetes longitudinales de levitación magnética (214) y un cojinete transversal de levitación magnética (215).

10

En **Fig.4A** puede observarse una vista en alzado de un núcleo externo (1101), formado por apilamiento de chapa magnética de grano orientado lisa, es decir sin ranuras.

- En **Fig.4B** puede observarse una vista en alzado de un núcleo interno ranurado (1102), también formado por apilamiento de chapa magnética de grano orientado pero ranurada. El ranurado está formado por una pluralidad de ranuras cerradas hacia el interior y abiertas hacia el exterior. Con esta disposición de ranuras se obtienen las siguientes ventajas técnicas:

- introducir fácilmente un devanado estatórico (112) desde la parte exterior;
- poder realizar, mediante una junta estática (114), un sello hermético para disponer al vacío un rotor hueco de jaula de ardilla (120); la junta (114), con forma circular, se sitúa en el espacio libre existente entre las ranuras y la superficie interior del núcleo (110) (**Ver Fig.08**);
- se reduce al mínimo técnico el entrehierro (espacio entre el estator y el rotor de una máquina eléctrica) al enfrentarse superficies lisas, sin oquedades, que se pueden rectificar.

30

En **Fig.4C** puede observarse una vista en alzado de un núcleo magnético estatórico (110) compuesto de un núcleo interno ranurado (1102) y de un núcleo externo (1101).

- Para formar un núcleo (110) se forma un núcleo interno ranurado (1102) y se introduce, en su pluralidad de ranuras, un devanado estatórico (112). A continuación se forma un núcleo externo (1101) y se superpone sobre dicho núcleo interno ranurado (1102). Para realizar la superposición se calienta el núcleo externo (1101) y una vez dilatado su diámetro interno se sitúa sobre el diámetro externo del núcleo interno (1102).

- Figura 5 (Fig.5).**- muestra una vista en planta y una vista en corte longitudinal de un rotor hueco de jaula de ardilla (120) de una máquina eléctrica (10).

En **Fig.5A** puede verse una vista en planta en la que se ve un anillo (122) que conecta a una pluralidad de barras (123).

45

En **Fig.5B** se aprecia una vista en corte longitudinal de un núcleo magnético rotórico (121) compuesto de chapa magnética de grano orientado.

Figura 6 (Fig.6).- muestra una vista de ensamblaje de un multiplicador de velocidad (130) en un rotor hueco de jaula de ardilla (120).

Se fija una corona (1301) al rotor hueco de jaula de ardilla (120), ver **Fig.06A**, **Fig.06B**, y **Fig.06C**, por lo que ambos tendrán el mismo movimiento de rotación. Se fija un porta-satélites (1303), ver **Fig.02**, a una carcasa alojamiento al vacío (03), haciendo que una pluralidad de satélites (1302) transmita una multiplicación respecto del movimiento angular del rotor (120) a un planeta (1303) y a su árbol (211) asociado.

Figura 7 (Fig.7).- muestra una vista de un corte longitudinal de un rotor de jaula de ardilla (210) de un volante de inercia (20).

Se muestra un volante de inercia (20) dispuesto al vacío, cuya finalidad es almacenar energía mecánica de tipo cinética en la rotación de alta velocidad de un rotor (210), estando formado por un núcleo (212) y un cuerpo de compuesto (213).

Un volante de inercia típicamente comprende una masa dispuesta para girar solidariamente con un árbol.

El momento de inercia (I), en $\text{kg} \cdot \text{m}^2$, de una distribución continua de masa viene dado por:

25

$$I = \int x^2 \cdot dm$$

; dónde: dm es un elemento de masa situado a una distancia x de un eje de rotación.

El momento de inercia (I) depende del radio (R) del elemento rotante, de la masa (M) rotante, y de una constante (K) que depende de la forma geométrica que tiene el objeto rotante y de su eje de rotación, según viene expresado por:

$$I = K \cdot R^2 \cdot M$$

35

En concreto el momento de inercia (I) de un anillo de espesor insignificante girando alrededor de un eje situado en el centro y perpendicularmente al plano del anillo es de:

$$K = 1; I = R^2 \cdot M$$

40

; siendo: masa del anillo (M), en kg; radio del anillo (R), en m.

Para las formas geométricas rotantes habituales tendremos: cilindro macizo $K = 1/2$; disco $K = 1/2$; esfera sólida $K = 2/5$; esfera hueca $K = 2/3$.

45

La energía almacenada (E_c), en J, por un volante de inercia viene dada por la siguiente ecuación:

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot I \cdot \omega^2$$

5 ; siendo: velocidad angular (ω), en rad/s.

Sustituyendo en la expresión anterior el valor del momento de inercia (I) tendremos finalmente:

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot K \cdot R^2 \cdot M \cdot \omega^2$$

10

Por tanto tendremos mayor energía almacenada (E_{vi}):

- aumentando la masa (M);
- aumentando la distancia (R) del centro de gravedad de la masa respecto del eje de giro;
- 15 - aumentando la velocidad angular (ω);

como la distancia (R) y la velocidad angular (ω) están elevados al cuadrado, resulta más rentable incidir en tratar de elevar estos dos parámetros.

20

Optimización de un volante de inercia con forma geométrica de disco macizo de radio (R), longitud (L), y velocidad angular de giro (ω)

$$K = 1/2;$$

25

$$M = \delta \cdot \Pi \cdot R^2 \cdot L; \text{ donde: densidad } (\delta), \text{ en kg/m}^3.$$

Por lo que la energía cinética vendrá dada por:

30

$$E_c = \frac{1}{4} \cdot \delta \cdot \Pi \cdot L \cdot R^4 \cdot \omega^2$$

Estado tensional

Ha continuación hay que calcular el estado tensional que se crea en el disco macizo debido a la fuerza centrífuga. Sean σ_r, σ_θ , las tensiones radiales y circunferenciales respectivamente, en N/m². Tendremos:

$$\begin{cases} \sigma_r = \frac{(3 + \mu) \cdot \delta \cdot \omega^2}{8} \cdot (R^2 - \rho^2) \\ \sigma_\theta = \frac{\delta \cdot \omega^2}{8} \cdot [(3 + \mu) \cdot R^2 - (1 + 3 \cdot \mu) \cdot \rho^2] \end{cases}$$

; donde: coeficiente de Poisson (μ), comprendido entre [0,25;0,33]; densidad del material del disco (δ), kg/m^3 ; distancia al eje de giro (ρ), m.

Los valores máximos de las tensiones, que en todos los puntos son de tracción, se presentan en los puntos del eje de giro, $\rho = 0$, y ambos valores son iguales:

$$\sigma_{\rho}^{\text{máx}} = \sigma_{\theta}^{\text{máx}} = \frac{(3 + \mu) \cdot \delta \cdot \omega^2 \cdot R^2}{8}$$

Teniendo en cuenta la tensión máxima del material la optimización del volante de inercia consiste en buscar la relación óptima entre el radio y la longitud del disco para cada tipo de material.

Relación longitud (L) – radio (R) en función del tipo de material empleado

La velocidad angular (ω) del disco se puede expresar en función de la tensión mecánica máxima y de su radio de giro:

$$\omega^2 = \frac{8 \cdot \sigma^{\text{máx}}}{(3 + \mu) \cdot \delta \cdot R^2}$$

En base a las expresiones anteriores, para un valor de coeficiente de Poisson constante de $\mu=0,25$, la energía cinética queda de la siguiente manera:

$$Ec = \frac{8}{13} \cdot \pi \cdot \sigma^{\text{máx}} \cdot L \cdot R^2$$

la relación entre longitud (L) y radio (R) viene dada por:

$$L = \frac{13 \cdot Ec}{8 \cdot \pi \cdot \sigma^{\text{máx}} \cdot R^2}$$

Un material dado tiene una densidad (δ) y una tensión máxima ($\sigma_{\text{máx}}$) definidas. Para una energía cinética (Ec) concreta a almacenar, si determinamos un radio (R), obtenemos una velocidad angular (ω) y una longitud (L); así como la masa (M) del disco.

En la siguiente tabla se indican algunos datos característicos de algunos materiales:

<i>Material</i>	<i>Densidad kg/m³</i>	<i>σ máx MN/m²</i>	<i>Tensión específica MNm/kg</i>
Acero (AISI 4340)	7800	1800	0,22
Aleación (AlMnMg)	2700	600	0,22
Titania (TiAl6Zr5)	4500	1200	0,27
GFRP (Compuesto de cristal)	2000	1600	0,8
CFRP (Compuesto de carbono)	1500	2400	1,6

Un volante de inercia, por lo tanto, interesa que sea de alta velocidad con el fin de reducir su tamaño, estando contenidos en el interior de un alojamiento en el cual se hace el vacío con el fin de reducir las pérdidas de energía por autoconsumo en forma de calor por fricción.

Midiendo con un sensor la velocidad angular actual (ω_x) de un volante de inercia, podemos calcular su energía cinética acumulada (E_{cx}), en %, mediante la expresión siguiente:

$$E_{cx} (\%) = \left(\frac{\omega_x}{\omega_n} \right)^2 \cdot 100$$

; conocida su velocidad angular nominal (ω_n), en rad/s o en rpm.

La zona denominada de funcionamiento nominal, que es una zona donde el volante de inercia entrega una potencia constante e igual a su potencia nominal, comprende el rango de velocidades entre:

- la velocidad angular nominal (ω_n);
- la velocidad angular actual $\omega_x = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \omega_n$, en la cual el volante de inercia tiene una energía cinética acumulada (E_{cx}) del 50%.

Se ha modelizado en excel ® la optimización de un volante de inercia con forma geométrica de disco macizo de radio (R), longitud (L), y velocidad angular de giro (ω) con el fin de analizar tres casos. Supongamos una energía de almacenaje de 1000 MJ, que es aquella que puede suministrar durante 24 horas una potencia de 11, 57 kW.

Caso A: Un volante de inercia para almacenar 1000 MJ, con forma cilíndrica, de acero, y radio (R) = 1 m, tendrá las características indicadas en la tabla siguiente:

Acero (AISI 4340)		Ec	1,00E+09 J	
δ	7800	kg/m ³		
$\sigma_{\text{máx}}$	1,80E+09	N/m ²	ω	753,69 rad/s
μ	0,25		n	7197,20 rpm
R	1,00	m	M	7041,67 kg
L	0,29	m		
ρ	3520,83	kg/m ³		

Obsérvese que necesitamos una longitud (L) de 0,29 m, una velocidad de giro de 7197,20 rpm, y el volante tiene un peso de 7041,67 kg.

Caso B: Un volante de inercia para almacenar 1000 MJ, con forma cilíndrica, de compuesto de carbono, y radio (R) = 1 m, tendrá las características indicadas en la tabla siguiente:

5

CFRP (Compuesto de carbono) E_c **1,00E+09 J**

δ	1500	kg/m ³		
σ máx	2,40E+09	N/m ²	ω	1984,56 rad/s
μ	0,25		n	18951,11 rpm
R	1,00	m	M	1015,63 kg
L	0,22	m		
I	507,81	kg/m ²		

Obsérvese que necesitamos una longitud (L) de 0,22 m, una velocidad de giro de 18951,11 rpm, y el volante tiene un peso de 1015,63 kg.

- 10 Caso C: Un volante de inercia para almacenar 1000 MJ, con forma cilíndrica, combinado de acero y compuesto de carbono, y radio (R) = 1 m, tendrá las características indicadas en la tabla siguiente:

Acero y Compuesto de carbono E_c **1,00E+09 J**

δ	3900	kg/m ³		
σ máx	2,40E+09	N/m ²	ω	1230,77 rad/s
μ	0,25		n	11752,98 rpm
R	1,00	m	M	2640,63 kg
L	0,22	m		
I	1320,31	kg/m ²		

- 15 Obsérvese que necesitamos una longitud (L) de 0,22 m, una velocidad de giro de 11752,98 rpm, y el volante tiene un peso de 2640,63 kg. Este caso es el que optimiza la menor velocidad angular nominal (n), en rpm, con la menor masa (M), en kg.

Un volante de inercia (20), que preconiza la invención, es mostrado en la **Fig.7**. Está
20 formado por dos materiales diferentes:

- en la zona más alejada de un árbol (211), que es el eje de giro, dispone de un núcleo (212) con forma toroidal, material de alta densidad (δ), en kg/m³, con el fin de obtener una elevada masa (M);
- recubriendo el núcleo (212) y formando todo el cuerpo, dispone de un cuerpo de compuesto (213) con forma toroidal con un disco central, material de alta tensión

25

mecánica (σ), en N/m^2 , con el fin de soportar la tensión máxima que se produce en el eje de giro;

5 presenta la mayor parte de su masa (M) a una distancia (R) alejada del eje de giro, disponiendo de la menor superficie exterior posible para un volumen dado, con el fin de reducir las pérdidas por fricción y siendo preferente su funcionamiento en vacío para poder funcionar a alta velocidad angular (ω) con un pérdida energética menor.

10 **Figura 8 (Fig.8).**- muestra una vista de detalle de un corte longitudinal "A-A" de un acumulador mecánico mediante volante de inercia (1) y una vista de detalle "C-C".

En **Fig.8A** puede apreciarse la ubicación de una junta estática (114) para cierre hermético de una carcasa alojamiento al vacío (03) contra un núcleo interno ranurado (1102).

15 En **Fig.8B** puede verse un detalle "C-C" con el detalle de la junta estática (114).

20 En **Fig.9** se muestra un diagrama esquemático del funcionamiento del multiplicador de velocidad (130); puede apreciarse que un porta-satélites (1303) ha de fijarse (i.e. sin ningún grado de libertad) para que la velocidad angular, ω_{120} , de un rotor hueco de jaula de ardilla (120) se multiplique hasta una velocidad angular, ω_{210} , que es la que se transmite a un rotor de un volante de inercia (210).

25 Para altas velocidades de rotación, es decir para $n > 10.000$ r.p.m., se puede dotar al multiplicador de velocidad (130) de un sistema de refrigeración forzado de tipo circuito cerrado, cualquiera del estado de la técnica, mediante fluido a base de agua o aceite térmico y que contiene un conjunto intercambiador-bomba-radiador.

REIVINDICACIONES

1. Acumulador mecánico mediante volante de inercia (1), de los que incorporan un volante de inercia (20) en el vacío que funciona a alta velocidad y que se **caracteriza** por constar de:
 - a. una máquina eléctrica con multiplicador de velocidad integrado (10), cuya finalidad es funcionar como motor para ejercer un movimiento de alta velocidad de rotación a un árbol (211) y funcionar como generador para producir energía eléctrica, y que está formado por:
 - un núcleo magnético estatórico (110), dispuesto al aire para poder evacuar el calor generado, cuya finalidad es generar un campo magnético giratorio, y que está compuesto por un núcleo externo (1101) liso sin ranurar y un núcleo interno ranurado (1102) formado por una pluralidad de ranuras cerradas hacia el interior y abiertas hacia el exterior, disponiéndose en este último un devanado estatórico (112), y estando todo el conjunto protegido dentro de una carcasa alojamiento al aire (111);
 - un rotor hueco de jaula de ardilla (120), dispuesto al vacío, cuya finalidad es adquirir por inducción magnética un movimiento de rotación, y que está compuesto por un núcleo magnético rotórico (121) y por un circuito eléctrico de tipo de jaula de ardilla, formado por un par de anillos (122) y una pluralidad de barras (123), permitiendo al ser la forma del rotor (120) hueca disponer en su parte interior central un multiplicador de velocidad (130) con la finalidad de que un árbol (211) adquiera un múltiplo de la velocidad de rotación del rotor (120), siendo para ello necesario que un porta-satélites (1303) se fije a una carcasa alojamiento al vacío (03);
 - b. un volante de inercia (20) dispuesto al vacío, cuya finalidad es almacenar energía mecánica de tipo cinética en la rotación de alta velocidad de un rotor (210); estando formado dicho rotor (210) por:
 - en la zona más alejada de un árbol (211) por un núcleo (212), con forma toroidal y de un material de alta densidad (δ) con el fin de obtener una elevada masa (M);
 - recubriendo el núcleo (212), dispone de un cuerpo de compuesto (213), con forma toroidal con un disco central y de un material de alta tensión mecánica (σ) con el fin de soportar la tensión máxima que se produce en el eje de giro;
 - c. una carcasa alojamiento al vacío (03) que dispone de, una válvula de vacío (02) con la finalidad de poder practicar el vacío, una caja de conexiones (113) para alimentar eléctricamente el devanado estatórico (112), una junta estática (114) para el cierre hermético de una carcasa alojamiento al vacío (03) contra un núcleo interno ranurado (1102), un par de cojinetes longitudinales de levitación magnética (214) y un cojinete transversal de levitación magnética (215).

2. Acumulador mecánico mediante volante de inercia (1), según la reivindicación 1, que se **caracteriza** por el hecho de que el material de alta densidad (δ) con el que está formado el núcleo (212) es acero;
- 5 3. Acumulador mecánico mediante volante de inercia (1), según la reivindicación 1 o 2, que se **caracteriza** por el hecho de que el material de alta tensión mecánica (σ) con el que está formado el cuerpo de compuesto (213) es compuesto de resina y fibra de carbono;
- 10 4. Acumulador mecánico mediante volante de inercia (1), según cualquiera de las reivindicaciones 1-3, que se **caracteriza** por el hecho de que se dota al multiplicador de velocidad (130) de un sistema de refrigeración forzado de tipo circuito cerrado, cualquiera del estado de la técnica, mediante fluido a base de agua o aceite térmico y
- 15 que contiene un conjunto intercambiador-bomba-radiador.
5. Acumulador mecánico mediante volante de inercia (1), según reivindicaciones **anteriores**, que se **caracteriza** por el hecho de que dispone de un sensor que mide la velocidad angular actual (ω_x), en rad/s o rpm, de un volante de inercia.
- 20

Fig.1

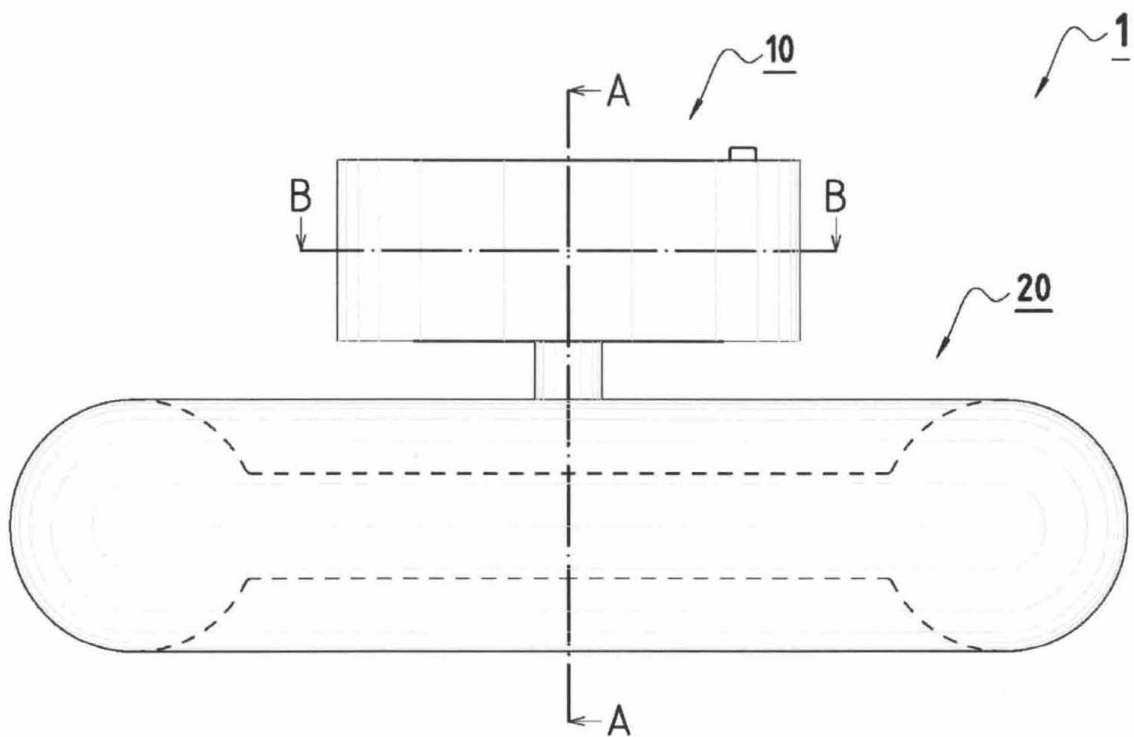


Fig.2

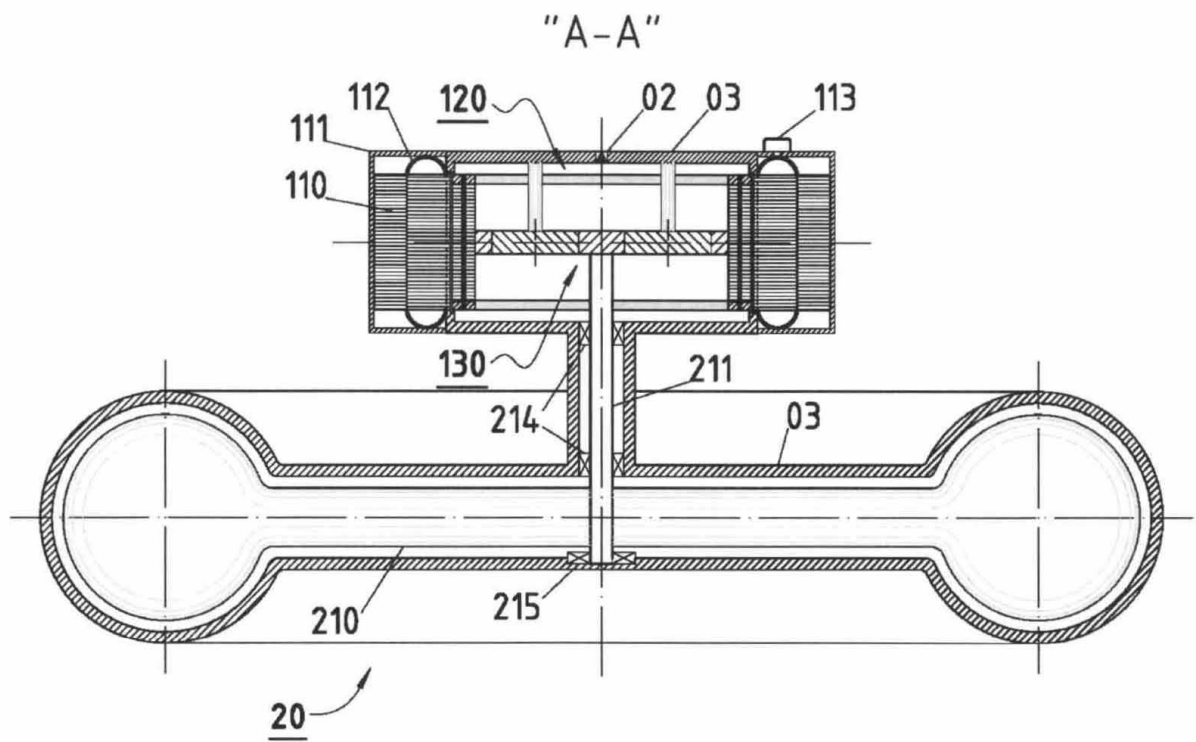


Fig.3

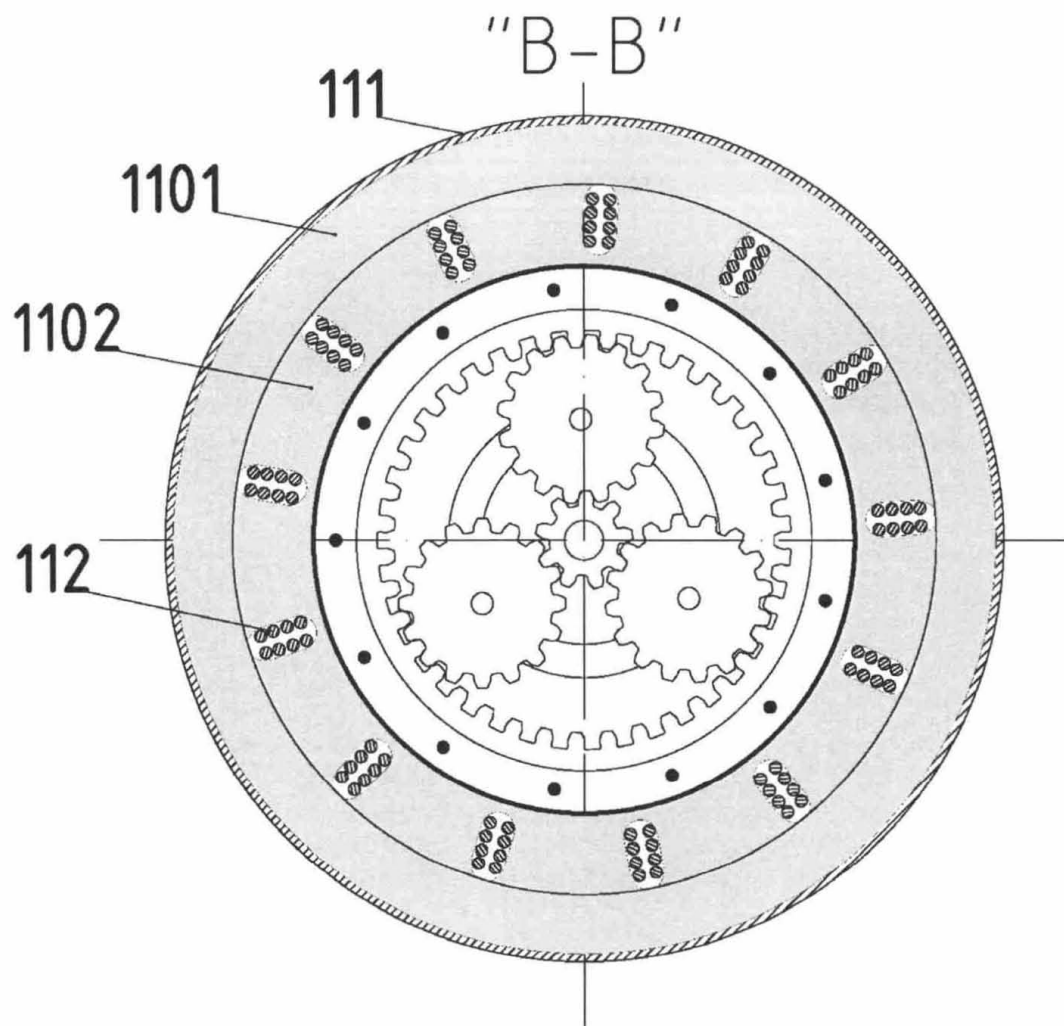


Fig.4

Fig.4A

Fig.4B

Fig.4C

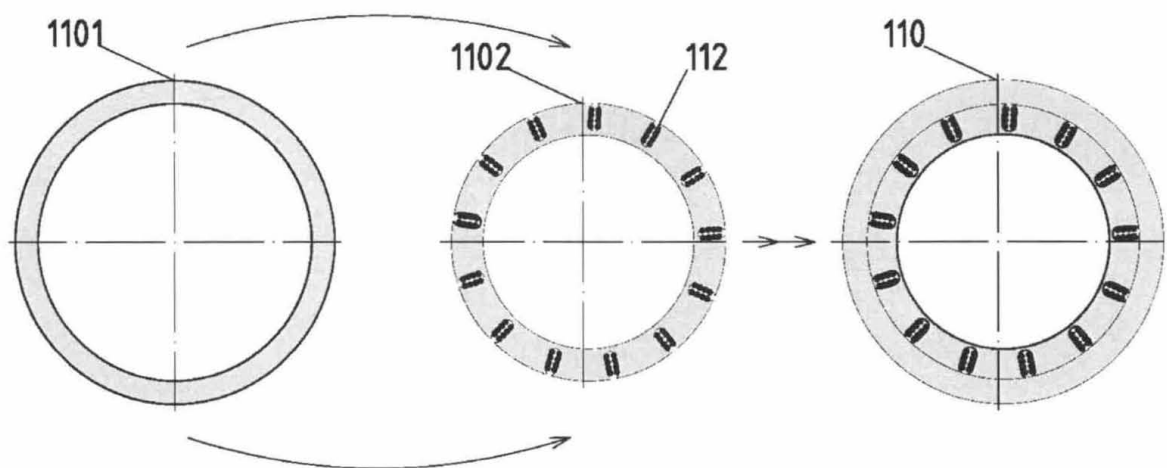


Fig.5

Fig.5A

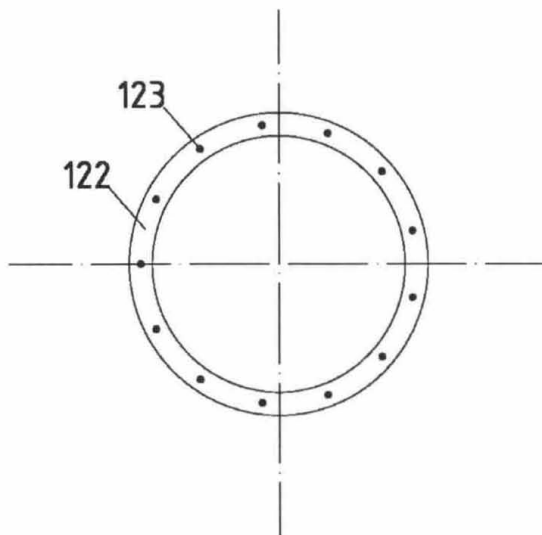


Fig.5B  120

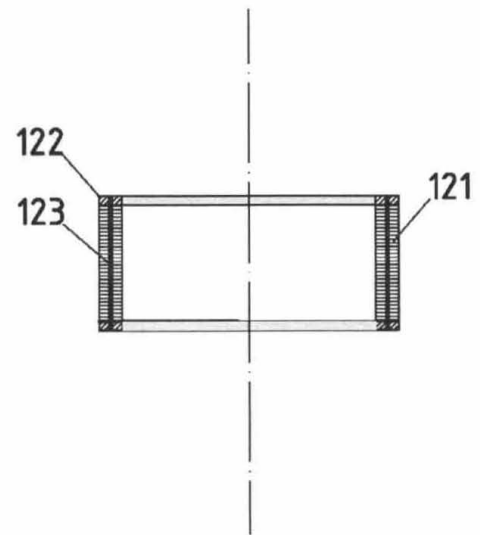


Fig.6

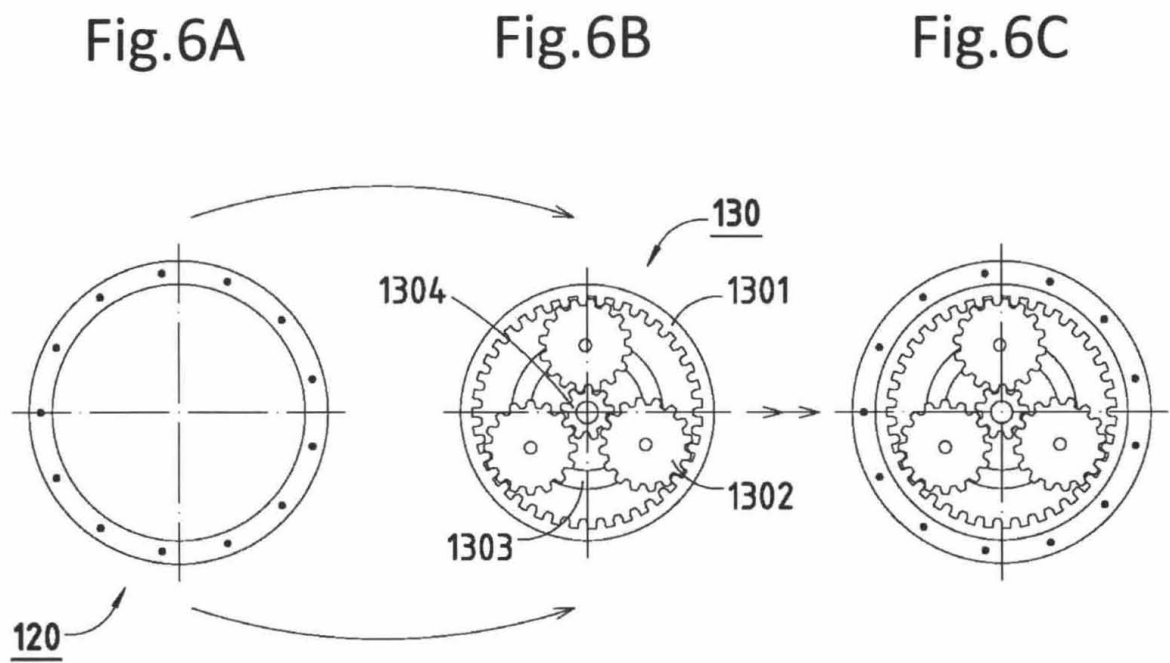


Fig.7

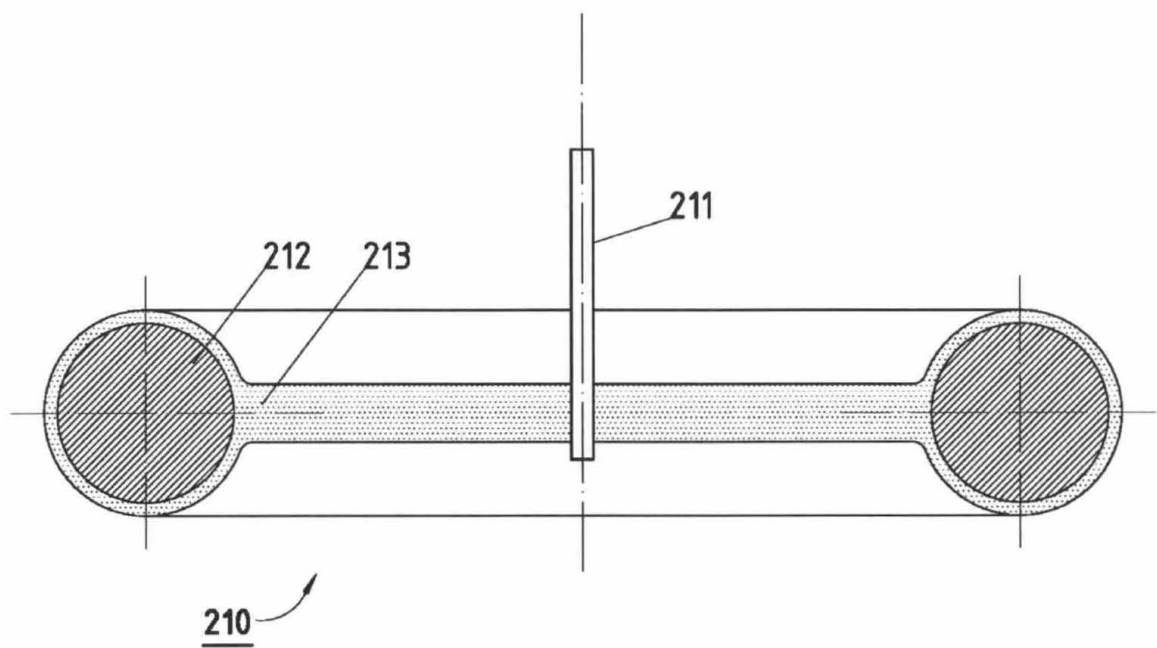


Fig.8

Fig.8A

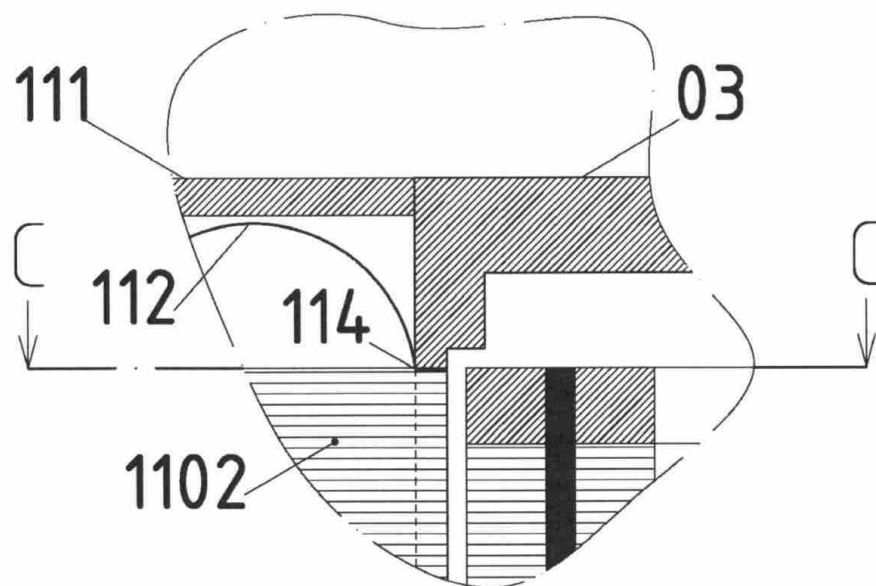
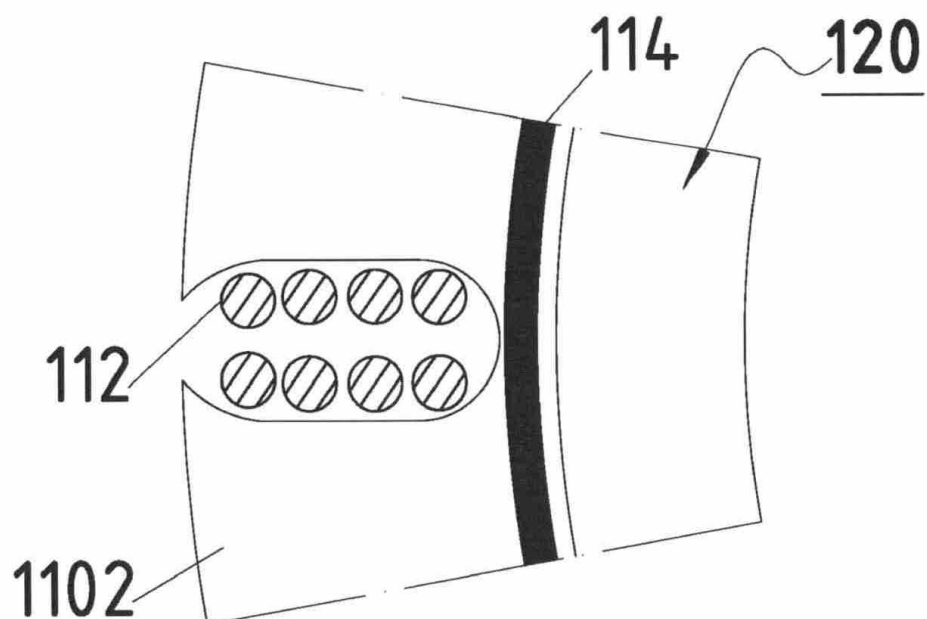
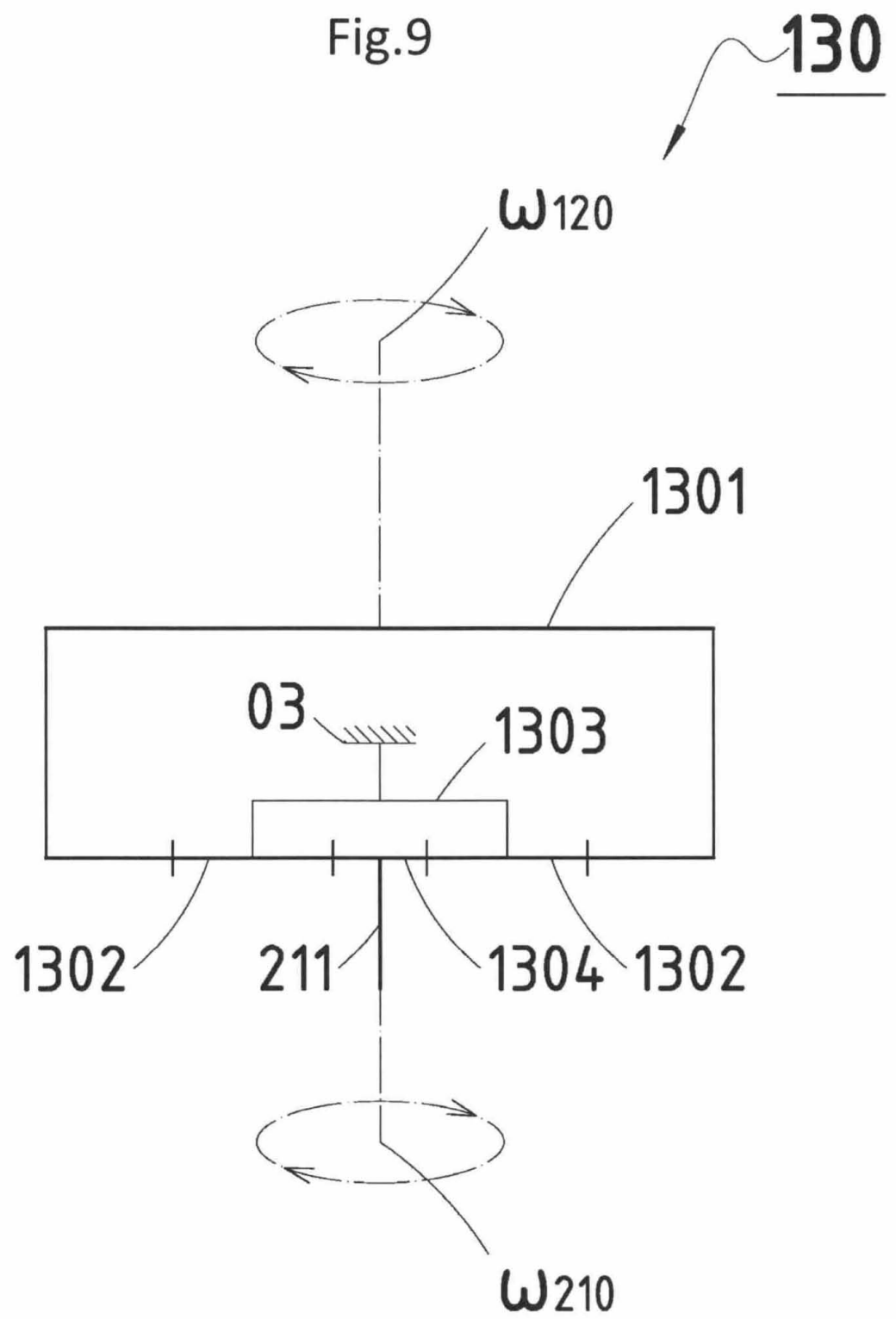


Fig.8B "[-]"







- ②① N.º solicitud: 201600535
②② Fecha de presentación de la solicitud: 17.06.2016
③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤① Int. Cl.: **F16F15/30** (2006.01)
H02K7/02 (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	WO 2014020593 A1 (CHAKRATEC LTD) 06/02/2014, resumen; párrafos 98, 104, 107, 115, 152-154; figura 11.	1-4
A	GB 2501016 A (RICARDO UK LTD) 09/10/2013, Resumen; páginas 22, 23, 25-27; figuras.	1-5
A	WO 2012030964 A2 (AMBER KINETICS INC et al.) 08/03/2012, Resumen; párrafos 10, 11, 84, 88, 89, 91, 95, 96, 98-104; figuras 1-3, 13-16.	1-3
A	US 2002158530 A1 (GENNESSEAU ANDRE RENE GEORGES) 31/10/2002, Todo el documento.	1-5
A	WO 03023942 A1 (SIBLEY LEWIS B) 20/03/2003, resumen; párrafos 19, 144, 155, 156; figuras 1, 4, 21.	1-4
A	US 6624542 B1 (GABRYS CHRISTOPHER W et al.) 23/09/2003, resumen; columna 2 líneas 5-55, columna 10 líneas 1-12, columna 13 líneas 14-38; figuras 4-6, 10.	1-4
A	GB 2469657 A (WILLIAMS HYBRID POWER LTD) 27/10/2010, Resumen; páginas 1-3; figura.	1-3

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

☒ para todas las reivindicaciones

☐ para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
26.10.2016

Examinador
P. Del Castillo Penabad

Página
1/5



- ②① N.º solicitud: 201600535
②② Fecha de presentación de la solicitud: 17.06.2016
③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤① Int. Cl.: **F16F15/30** (2006.01)
H02K7/02 (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	WO 2010109208 A1 (RICARDO UK LTD et al.) 30/09/2010, resumen; página 10 línea 14- página 11 línea 7; Página 13 líneas 6-14, 'página 22 líneas 19-23; figuras 1-25.	1-3, 5

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

☒ para todas las reivindicaciones

☐ para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
26.10.2016

Examinador
P. Del Castillo Penabad

Página
2/5

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

F16F, H02K

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 26.10.2016

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones 1-5	SI
	Reivindicaciones	NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones 1-5	SI
	Reivindicaciones	NO

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión.-

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

1. Documentos considerados.-

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	WO 2014020593 A1 (CHAKRATEC LTD)	06.02.2014
D02	GB 2501016 A (RICARDO UK LTD)	09.10.2013
D03	WO 2012030964 A2 (AMBER KINETICS INC et al.)	08.03.2012
D04	US 2002158530A1 (GENNESSEAU ANDRE RENE GEORGES)	31.10.2002
D05	WO 03023942 A1 (SIBLEY LEWIS B)	20.03.2003
D06	US 6624542 B1 (GABRYS CHRISTOPHER W et al.)	23.09.2003
D07	GB 2469657 A (WILLIAMS HYBRID POWER LTD)	27.10.2010
D08	WO 2010109208 A1 (RICARDO UK LTD et al.)	30.09.2010

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración

Ninguno de los documentos citados describe un acumulador mecánico que conste de:

- Una máquina eléctrica con:

- Un núcleo magnético estatórico en una carcasa al aire para evacuar calor, compuesto por un núcleo externo liso y un núcleo interno con ranuras cerradas hacia el interior y abiertas hacia el exterior, disponiéndose en ellas el devanado
- Un rotor hueco de jaula de ardilla compuesto por un núcleo magnético rotórico y un circuito eléctrico formado por un par de anillos y una pluralidad de barras
- Un multiplicador de velocidad situado en el interior hueco del rotor de forma que un árbol adquiere un múltiplo de la velocidad de rotación del rotor. Un portasatélites se fija a una carcasa de alojamiento al vacío.

- Un volante de inercia dispuesto al vacío con un rotor que está formado por:

- Un núcleo con forma toroidal de una material de alta densidad, situado en la zona más alejada del árbol
- Un cuerpo de material compuesto de alta tensión mecánica que recubre con forma toroidal al núcleo y que tiene un disco central

- Una carcasa de alojamiento al vacío que dispone de válvula para practicar el vacío, caja de conexiones para alimentar eléctricamente el estator, junta estática para el cierre hermético de la carcasa contra el núcleo interno ranurado, un par de cojinetes longitudinales de levitación magnética y un cojinete transversal de levitación magnética.

El documento D01 WO2014020593 (las referencias entre paréntesis se refieren a D01) describe (resumen; párrafos 98, 104, 107, 115, 152-154; figura 11) un acumulador mecánico que consta de:

- Una máquina eléctrica (602) con:

- ☐ Un estator (606) al aire para evacuar calor
- ☐ Un rotor (604) en una carcasa al vacío (150)
- ☐ Un multiplicador de velocidad de forma que un árbol adquiere un múltiplo de la velocidad de rotación del rotor.

- Un volante de inercia (601) dispuesto al vacío con un rotor que puede ser de materiales como el acero, o compuestos de resina y fibras de carbono.

- Una carcasa de alojamiento al vacío (150) que dispone de cojinetes magnéticos

Se han encontrado más documentos (por ejemplo D02-D08) que describen acumuladores mecánicos con volante de inercia pero ninguno tiene las características de los elementos de la reivindicación 1 de la solicitud, con el volante y el rotor, con la multiplicadora en su interior, en una carcasa al vacío, estando el estator en una carcasa al aire para evacuar el calor generado.

No se considera obvio que un experto en la materia conciba el acumulador mecánico de la reivindicación 1 de la solicitud a partir de los documentos mencionados, tomados solos o en combinación. Por lo tanto el sistema de la reivindicación 1 es nuevo e implica actividad inventiva.

Las reivindicaciones 2-5 son reivindicaciones dependientes de la reivindicación 1 y como ella también cumplen los requisitos de novedad y actividad inventiva.

Por todo lo anterior las reivindicaciones 1-5 de la solicitud son nuevas e implican actividad inventiva según los artículos 6 y 8 de la Ley 11/86 de Patentes.