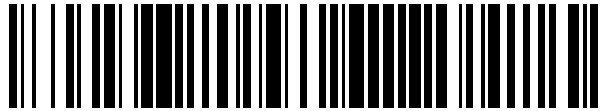


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 595 327**

51 Int. Cl.:

H02K 16/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.04.2007 PCT/GB2007/001456**

87 Fecha y número de publicación internacional: **08.11.2007 WO07125284**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.04.2007 E 07732496 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.08.2016 EP 2011215**

54 Título: **Máquinas eléctricas**

30 Prioridad:

24.04.2006 GB 0607994

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

29.12.2016

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**ATALLAH, KAIS y
RENS, JAN, JOZEF**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 595 327 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

Máquinas eléctricas

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a máquinas eléctricas.

Antecedentes de la invención

10 Las publicaciones de solicitud de patente EP0945963A2, EP1117173A y EP1528659A divulgan una máquina eléctrica con dos rotores de imán permanente accionados mediante una única unidad de bobina.

15 Las cajas de engranaje mecánicas se usan ampliamente para hacer coincidir la velocidad operativa de máquinas motrices con los requisitos de sus cargas tanto para incrementar la velocidad rotativa tal como, por ejemplo, en generadores accionados por viento o reducir la velocidad rotativa tal como, por ejemplo, en una disposición de propulsión de embarcación eléctrica. Normalmente es más rentable para el coste y peso emplear una máquina eléctrica de alta velocidad junto con una caja de engranaje mecánica para lograr características requeridas de velocidad y par de torsión. Sin embargo, mientras que tal máquina eléctrica de alta velocidad junto con una caja de engranaje mecánica permite conseguir altas densidades de par de torsión del sistema, tales cajas de engranajes mecánicas normalmente requieren lubricación y enfriamiento. Además, la fiabilidad también puede ser un problema significativo. Por consiguiente, las máquinas eléctricas de accionamiento directo se emplean en aplicaciones donde no puede usarse una caja de engranaje mecánica.

25 Existen diversas tipologías de máquina eléctrica de accionamiento directo. Una de tales tipologías es la máquina (de campo transversal) homopolar lineal/rotativa de imán permanente (TFM) que se conoce que ofrece la densidad más alta de par de torsión/fuerza. Una TFM rotativa tiene una densidad de par de torsión en el intervalo de 40-60 kNm/m³. Las máquinas homopolares tienen inherentemente malos factores de energía que están en el orden de 0,3-0,45, lo que hace que no sean adecuadas para la generación de energía eléctrica. Además, necesitan una capacidad significativamente mayor de convertor de voltios-amperios para aplicaciones de motor.

30 Es un objeto de realizaciones de la presente invención mitigar al menos uno o más de los anteriores problemas de la técnica anterior.

35 Sumario de la invención

La invención se define mediante las características de las reivindicaciones independientes. Las realizaciones preferentes se definen en las reivindicaciones dependientes.

40 Ventajosamente, las máquinas eléctricas o electromecánicas de acuerdo con realizaciones de la presente invención exhiben altas densidades de par de torsión y/o fuerza que son significativamente mayores que las máquinas eléctricas convencionales lineales/rotativas de alto rendimiento que son al menos tan altas como las máquinas homopolares o TFM. Sin embargo, a diferencia de las máquinas homopolares o TFM, las realizaciones de la presente invención tienen un factor relativamente alto de energía. Algunas realizaciones exhiben un factor de energía de 0,9 o superior.

45 Breve descripción de los dibujos

50 Las realizaciones de la presente invención se describirán ahora, a modo de ejemplo únicamente, en referencia a los dibujos adjuntos en los que

La Figura 1 representa esquemáticamente un engranaje magnético rotativo conocido;

55 La Figura 2 ilustra armónicos magnéticos asociados con el conjunto de la Figura 1;

La Figura 3 muestra esquemáticamente un conjunto de la técnica anterior que comprende un generador eléctrico combinado con un engranaje magnético;

60 La Figura 4 representa esquemáticamente una máquina eléctrica y un engranaje magnético combinados de acuerdo con una realización;

La Figura 5 representa una máquina eléctrica y un engranaje magnético combinados de acuerdo con una realización preferente;

65 La Figura 6 muestra una vista en sección axial de la máquina eléctrica de la Figura 5;

La Figura 7 ilustra armónicos magnéticos asociados con la máquina eléctrica y el engranaje magnético combinados de las Figuras 5 y 6;

La Figura 8 ilustra una máquina eléctrica de acuerdo con una realización adicional; y

La Figura 9 muestra armónicos magnéticos asociados con la máquina eléctrica y el engranaje magnético combinados de la Figura 8.

Descripción de las realizaciones preferentes

La Figura 1 muestra un engranaje magnético 100 rotativo que comprende un primer rotor o rotor interior 102, un segundo rotor o rotor exterior 104 y un número de piezas de polo 106, conocidas de otra manera como una interferencia o medio de interferencia. El primer rotor 102 comprende un soporte 108 que soporta un primer número respectivo de imanes permanentes 110. En el engranaje magnético ilustrado, el primer rotor 102 comprende 8 imanes permanentes o 4 parejas de polos dispuestas para producir un campo magnético variable espacialmente. El segundo rotor 104 comprende un soporte 112 que soporta un segundo número respectivo de imanes permanentes 114. El segundo rotor 104 ilustrado comprende 46 imanes permanentes o 23 parejas de polos dispuestas para producir un campo variable espacialmente. El primer y segundo número de imanes permanentes son diferentes. Por consiguiente, existirá un acoplamiento o interacción magnética muy pequeña o nada útil entre los imanes permanentes 112 y 114 de manera que la rotación de un rotor no provoque la rotación del otro rotor.

Las piezas de polo 106 se unen para permitir que los campos de los imanes magnéticos 110 y 114 interactúen. Las piezas de polo 106 modulan los campos magnéticos de los imanes permanentes 110 y 114 para que interactúen hasta el punto de que la rotación de un rotor induzca la rotación del otro rotor de una manera engranada. La rotación del primer rotor a una velocidad ω_1 inducirá la rotación del segundo rotor a una velocidad ω_2 donde $\omega_1 > \omega_2$ viceversa.

La Figura 2 muestra un espectro armónico 200 de la distribución espacial de la densidad de flujo magnético de los imanes permanentes 110 juntados en el rotor interior 102 del engranaje magnético 100 de la Figura 1, en el hueco de aire adyacente a los imanes permanentes 114 montados en el rotor exterior 104. Puede apreciarse que el espectro 200 comprende un primer armónico o armónico fundamental 202 asociado con los imanes permanentes 110 del primer rotor 102. Las piezas de polo 106 modulan el campo magnético de los imanes permanentes 110. Para los imanes permanentes 110, por ejemplo, eso tiene como resultado un armónico asincrónico 204 relativamente grande que tiene el mismo número de polos que los imanes permanentes 114, lo que permite el acoplamiento entre los primeros 102 y segundos 104 rotores de manera que el movimiento de uno induzca el movimiento del otro, de una manera engranada.

Sin embargo, el componente fundamental 202 asociado con los imanes permanentes 110 del primer rotor 102 siempre está presente y es la fuente de la gran mayoría de pérdidas electromagnéticas asociadas con los engranajes magnéticos.

Un experto en la materia entiende cómo seleccionar y diseñar las piezas de polo 106, dados los primeros 110 y segundos 114 imanes permanentes, para lograr el circuito o acoplamiento magnético necesario de manera que se consiga como resultado el engranaje entre los primeros 102 y segundos 104 rotores tal como puede apreciarse en, por ejemplo, K. Atallah, D. Howe, "A novel high-performance magnetic gear", *IEEE Transactions on Magnetics*, Vol. 37, N.º 4, pág. 2844-2846, 2001 y K. Atallah, S. D. Calverley, D. Howe, "Design, analysis and realisation of a high performance magnetic gear", *IEE Proceedings - Electric Power Applications*, Vol. 151, pág. 135-143, 2004.

La Figura 3 muestra un conjunto conocido 300 que comprende un generador/motor eléctrico 302 combinado con un engranaje magnético 304. El engranaje magnético 304 es sustancialmente similar al descrito antes en referencia a la Figura 1. Tal conjunto se representa y describe en diversas realizaciones en el documento US 6794781. El generador/motor eléctrico 302 comprende un armazón central 306 con un respectivo enrollamiento de 3 fases 306a-306l. El conjunto 300 comprende un primer rotor o rotor exterior 310 que comprende imanes permanentes 312 montados en un sustrato 314 tal como, por ejemplo, un contrahierro. Los imanes permanentes 312 se acoplan, de manera engranada, a un número de imanes permanentes 316 del rotor segundo/interior 318. Los imanes permanentes 316 se montan en un soporte 320. El circuito o acoplamiento magnético establecido entre los imanes permanentes 316 de rotor interior 318 y los imanes permanentes 312 del rotor exterior 310 se consigue usando una pluralidad de piezas de polo 322 que están sustancialmente, igualmente y circunferencialmente dispuestas en relación entre sí. Los imanes permanentes del segundo rotor 318 se acoplan con el enrollamiento de 3 fases 306a-306l para operaciones de motor/generador. El rotor exterior 310 puede rotar. Las piezas 322 están fijas, el rotor interior 318 puede rotar y el armazón central 306 está fijo.

La Figura 4 muestra el principio de funcionamiento de la máquina eléctrica 400 de acuerdo con las realizaciones de la presente invención. La máquina eléctrica 400 comprende un rotor primero o interior 402 que tiene un soporte 404 que soporta una primera pluralidad de imanes permanentes 406. En la realización mostrada, se usan los imanes permanentes que tienen 10 polos. Sin embargo, las realizaciones no se limitan al uso de tal número de imanes

permanentes. Pueden conseguirse realizaciones que usan un número diferente de imanes permanentes. La máquina eléctrica 400 comprende un segundo rotor 408 en la forma de una pluralidad de piezas de polo ferromagnéticas. Las piezas de polo 408 están dispuestas para acoplar magnéticamente los imanes permanentes 406 del rotor primero/interior 402 con una pluralidad de imanes permanentes 410 que se fijan en un número de puntas dentadas 412 de respectivos dientes 414 formando por tanto un estátor 416. En la realización mostrada, 60 imanes permanentes se fijan a las puntas dentadas 412. La realización comprende 15 dientes 414 con respectivas puntas dentadas 412. Se apreciará que las realizaciones no se limitan a tal número de imanes permanentes y dientes. Pueden conseguirse realizaciones que comprenden un número diferente de imanes permanentes y dientes.

Las piezas de polo 408 pueden rotar, es decir, forman un rotor. El rotor interior 402 puede rotar. Los dientes 414 y los imanes permanentes 410 asociados están fijos. El acoplamiento entre los imanes permanentes 406 y los imanes permanentes 410 se consiguen usando las piezas de polo rotativas 408. Asociada con el estátor 416 se encuentra una pluralidad de enrollamientos de 3 fases 1, 1', 2, 2' y 3, 3'. Los enrollamientos de 3 fases, y corrientes asociadas, están dispuestos para crear campos magnéticos que se acoplan con o forman circuitos magnéticos con el armónico primero o fundamental de los imanes permanentes 406 asociados con el rotor interior 402. En la realización ilustrada, el armónico primero/fundamental correspondiente a los imanes permanentes 406 tiene cinco parejas de polos.

Al utilizar el armónico fundamental sin usar hasta este momento asociado con el rotor interior 402, la densidad y eficacia del par de torsión de la máquina eléctrica mejoran en gran medida. Las realizaciones proporcionan un factor de energía mejorado de sustancialmente 0,9 (máx. 1), que representa aproximadamente un incremento del 200 %-300 % en el factor de energía de la máquina eléctrica en comparación con las TFM.

La Figura 5 muestra una máquina eléctrica 500 de acuerdo con una realización preferente de la presente invención. La máquina eléctrica 500 comprende un rotor interior 502 que soporta un número de imanes permanentes 504. En la realización ilustrada, se usan 4 imanes permanentes de polo. Sin embargo, pueden conseguirse realizaciones que usan un número diferente de imanes permanentes. La máquina eléctrica 500 comprende un rotor exterior 506 que soporta un número de piezas de polo ferromagnéticas 508. En la realización ilustrada, el rotor exterior 506 soporta 23 piezas de polo que permiten el acoplamiento magnético entre los imanes permanentes 504 del rotor interior 502 y un número de imanes permanentes 510 que se montan en un estátor 512. El estátor 512 comprende enrollamientos de 3 fases 514a-514b asociados con cada uno de una pluralidad de dientes 516. Los enrollamientos se acoplan magnéticamente con el primer armónico de los imanes permanentes 504. En la realización preferente, el enrollamiento tiene 3 fases, pero puede igualmente ser algún otro tipo de enrollamiento tal como, por ejemplo, enrollamientos de 2 fases. La realización ilustrada comprende 42 polos de imanes permanentes 510 dispuestos en el estátor 512. Un experto en la materia entiende que las cruces y puntos representados con respecto al enrollamiento 514a-b ilustran la polaridad de las bobinas. Las piezas de polo 508 del rotor exterior 506 están dispuestas para proporcionar el engranaje entre el rotor interior 502 y el rotor exterior 506. En realizaciones preferentes, el engranaje es tal que el rotor interior 502 es un rotor de velocidad relativamente alta y el rotor exterior 506 es un rotor de velocidad relativamente baja. Las realizaciones preferentes tienen un índice de engranaje de 11,5:1.

La Figura 6 muestra una vista en sección axial 600 de la máquina eléctrica 500 mostrada en la Figura 5. Puede verse que la máquina eléctrica 500 comprende un alojamiento 602 que soporta, por medio de una pluralidad de cojinetes 604, un huso central 606 en el que el rotor interior 502 y los imanes permanentes 504 asociados se montan para la rotación con el mismo. El rotor exterior 506, que comprende las piezas de polo 508 asociadas, puede montarse de manera rotativa entre el huso 606 y el alojamiento 602 por medio de respectivos cojinetes 608. Puede apreciarse que el armazón o estátor 512 se fija y está dispuesto hacia fuera en relación con los rotores interiores y exteriores.

La Figura 7 muestra un espectro 700 de la variación de densidad de flujo magnético asociada con los imanes permanentes 504 en el hueco de aire adyacente a los imanes permanentes 510 de la realización preferente de la máquina eléctrica 500 de la Figura 5. Puede apreciarse que el espectro 700 comprende un primer armónico 702 asociado con los imanes permanentes 504 del primer rotor 502. Las piezas de polo 508 modulan el campo magnético de los imanes permanentes 504 y generan un armónico asincrónico 704 relativamente grande que tiene el mismo número de polos que los imanes permanentes 510. En esta realización, el primer armónico 702 asociado con los imanes permanentes 704 del primer rotor 502 se acopla con los enrollamientos 514a-b para establecer la conversión de energía electromecánica, con una densidad de par de torsión comparable a las TFM, pero con un factor de energía mucho mayor.

La Figura 8 muestra una máquina eléctrica 800 de acuerdo con una realización adicional. La máquina eléctrica 800 comprende un rotor interior 802 que soporta una pluralidad de imanes permanentes 804. En la realización ilustrada, se ilustran imanes permanentes que tienen 4 polos, pero también podría usarse igualmente un número diferente de imanes permanentes. El rotor interior 802 es preferentemente un rotor de velocidad relativamente alta. La máquina eléctrica 800 comprende un rotor exterior 806 que soporta una pluralidad de imanes permanentes 808. En la realización ilustrada, los imanes permanentes 808 que tienen 38 polos forman parte del rotor exterior 806. Sin embargo, podría usarse un número diferente de polos de imanes permanentes 808. La máquina eléctrica 800 comprende un armazón estacionario 810 que soporta una pluralidad de piezas de polo 812 y enrollamientos de 3

fases 814. El número de piezas de polo en la realización es 21, aunque algún otro número diferente de piezas de polo podría usarse en las realizaciones. Debería apreciarse que la realización se ha ilustrado usando un enrollamiento de 3 fases. Sin embargo, las realizaciones no se limitan a ello. Pueden conseguirse realizaciones que usan enrollamientos diferentes tales como, por ejemplo, un enrollamiento de 2 fases. El rotor segundo/exterior 806 forma un rotor de velocidad relativamente baja que se acopla magnéticamente, de manera engranada, con el rotor primero/interior 802 de velocidad relativamente alta por medio de las piezas de polo 812 del armazón estacionario 810. Un experto en la materia entiende que el índice de engranaje es 19:1 y se relaciona con el número de parejas de polos del rotor interior 802 y el número de piezas de polo. Se apreciará que aplicando una corriente a los enrollamientos de 3 fases 814 se provocará que el rotor 802 de alta velocidad rote, lo que a su vez provocará que el rotor 806 de baja velocidad rote. De nuevo, puede apreciarse que los enrollamientos 814a-b se acoplan con el primer armónico asociado con los imanes permanentes 804 del rotor primero/interior 802 para establecer la conversión de energía electromecánica, con una densidad de par de torsión comparable a las TFM, pero con un factor de energía mucho mayor.

La Figura 9 muestra un espectro 900 de la variación de densidad de flujo magnético asociada con los imanes permanentes 804 en el hueco de aire adyacente a los imanes permanentes 808 de la realización preferente de la máquina eléctrica 800 de la Figura 8. Puede apreciarse que el espectro 900 comprende un primer armónico 902 asociado con los imanes permanentes 804 del primer rotor 802. Las piezas de polo 812 modulan el campo magnético de los imanes permanentes 804 y generan un armónico asincrónico 904 relativamente grande que tiene el mismo número de polos que los imanes permanentes 808. En esta realización, el armónico primero o fundamental 902 asociado con los imanes permanentes 904 del primer rotor 802 se acopla con los enrollamientos 814 para establecer la conversión de energía electromecánica.

Se apreciará que las realizaciones de la invención se han descrito en referencia a máquinas eléctricas. Un experto en la materia aprecia que tales máquinas eléctricas pueden usarse como motores o generadores. Al aplicar un suministro de 3 fases a los enrollamientos se provoca como resultado un motor eléctrico engranado. Sin embargo, la rotación de uno de los rotores 502/508 u 802/806 tiene como resultado que la máquina eléctrica se use como un generador engranado. Además, aunque las anteriores realizaciones se han descrito en referencia al uso de un enrollamiento de 3 fases, las realizaciones no se limitan a tal disposición. Pueden conseguirse realizaciones en las que se usa alguna forma diferente de enrollamiento tal como, por ejemplo, un enrollamiento de 2 fases.

Las realizaciones de la presente invención también pueden conseguirse en la forma de máquinas eléctricas rotativas de campo radial y máquinas eléctricas rotativas de campo axial.

REIVINDICACIONES

1. Una máquina eléctrica que comprende
 - 5 primeros (502) y segundos elementos móviles (506) que interactúan de una manera engranada magnéticamente, en la que una primera pluralidad de imanes permanentes (504) se asocia con los primeros elementos móviles (502); y
 - 10 un enrollamiento (514) montado en un armazón estacionario que soporta una segunda pluralidad de imanes permanentes (510), en el que el enrollamiento está dispuesto para interactuar con el armónico primero/fundamental del campo magnético de la primera pluralidad de imanes permanentes (504).
2. Una máquina eléctrica de acuerdo con la reivindicación 1 que comprende una pluralidad de piezas de polo (508) para modular el campo magnético de la primera pluralidad de imanes permanentes y la segunda pluralidad de imanes permanentes (510) para permitir dicha interacción engranada magnéticamente.
- 15 3. Una máquina eléctrica de acuerdo con la reivindicación 1 en la que el segundo elemento móvil (506) comprende una pluralidad de piezas de polo (508).
4. Una máquina eléctrica de acuerdo con cualquier reivindicación anterior en la que el enrollamiento puede hacerse funcionar para recibir una corriente para producir dicha interacción con el armónico fundamental de la primera pluralidad de imanes permanentes (504).
- 20 5. Una máquina eléctrica de acuerdo con cualquier reivindicación anterior en la que el enrollamiento puede hacerse funcionar para generar energía en respuesta a dicha interacción con el armónico fundamental de la primera pluralidad de imanes permanentes (504).
- 25 6. Una máquina eléctrica de acuerdo con cualquier reivindicación anterior en la que los primeros y segundos elementos móviles son repetidores móviles linealmente.
- 30 7. Una máquina eléctrica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5 en la que los primeros y segundos elementos móviles son rotores móviles rotativamente.
8. Una máquina eléctrica de acuerdo con la reivindicación 7 en la que el primer elemento esté dispuesto hacia dentro del segundo elemento móvil.
- 35 9. Una máquina eléctrica de acuerdo con la reivindicación 7 o la reivindicación 8 en la que el armazón estacionario está dispuesto hacia fuera de los primeros y segundos elementos móviles.
- 40 10. Una máquina eléctrica de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en la que el índice de engranaje es tal que el segundo elemento móvil se mueve a una velocidad inferior al primer elemento móvil.
- 45 11. Una máquina eléctrica de acuerdo con cualquier reivindicación anterior en la que los primeros y segundos rotores móviles y el armazón estacionario están moldeados cilíndricamente, y dispuestos concéntricamente en relación a un eje de rotación formando por tanto una máquina eléctrica rotativa de campo radial.
12. Una máquina eléctrica de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, donde los primeros y segundos rotores móviles y el armazón estacionario tienen al menos una de una forma de disco o anular, y están dispuestos axialmente a lo largo del eje de rotación formado por tanto una máquina eléctrica rotativa de campo axial.
- 50 13. Una máquina eléctrica de acuerdo con cualquier reivindicación anterior que comprende un factor de energía de al menos 0,9.
14. Un método de generación de energía cinética que usa una máquina eléctrica que comprende primeros (502) y segundos elementos móviles (506) que interactúan de una manera engranada magnéticamente, en el que una primera pluralidad de imanes permanentes (504) se asocia con el primer elemento móvil (502); y un enrollamiento (514) montado en un armazón estacionario que soporta una segunda pluralidad de imanes permanentes (510), en el que el enrollamiento está dispuesto para interactuar con el armónico primero/fundamental del campo magnético de la primera pluralidad de imanes permanentes (504); comprendiendo el método:
 - 60 activar un enrollamiento dispuesto para interactuar con el campo magnético asociado con el primer elemento móvil; en el que la activación del enrollamiento induce el movimiento del primer elemento móvil y el movimiento del primer elemento móvil induce el movimiento del segundo elemento móvil.
- 65 15. Un método de generación de electricidad que usa una máquina eléctrica que comprende primeros (502) y segundos elementos móviles (506) que interactúan de una manera engranada magnéticamente, en el que una primera pluralidad de imanes permanentes (504) se asocia con el primer elemento móvil (502); y un enrollamiento

(514) montado en un armazón estacionario que soporta una segunda pluralidad de imanes permanentes (510), en el que el enrollamiento está dispuesto para interactuar con el armónico primero/fundamental del campo magnético de la primera pluralidad de imanes permanentes (504), que comprende:

- 5 mover el segundo elemento móvil para inducir el movimiento del primer elemento móvil para provocar una interacción magnética entre el armónico primero/fundamental del campo magnético asociado con el primer elemento móvil y el enrollamiento para inducir una tensión en el enrollamiento.

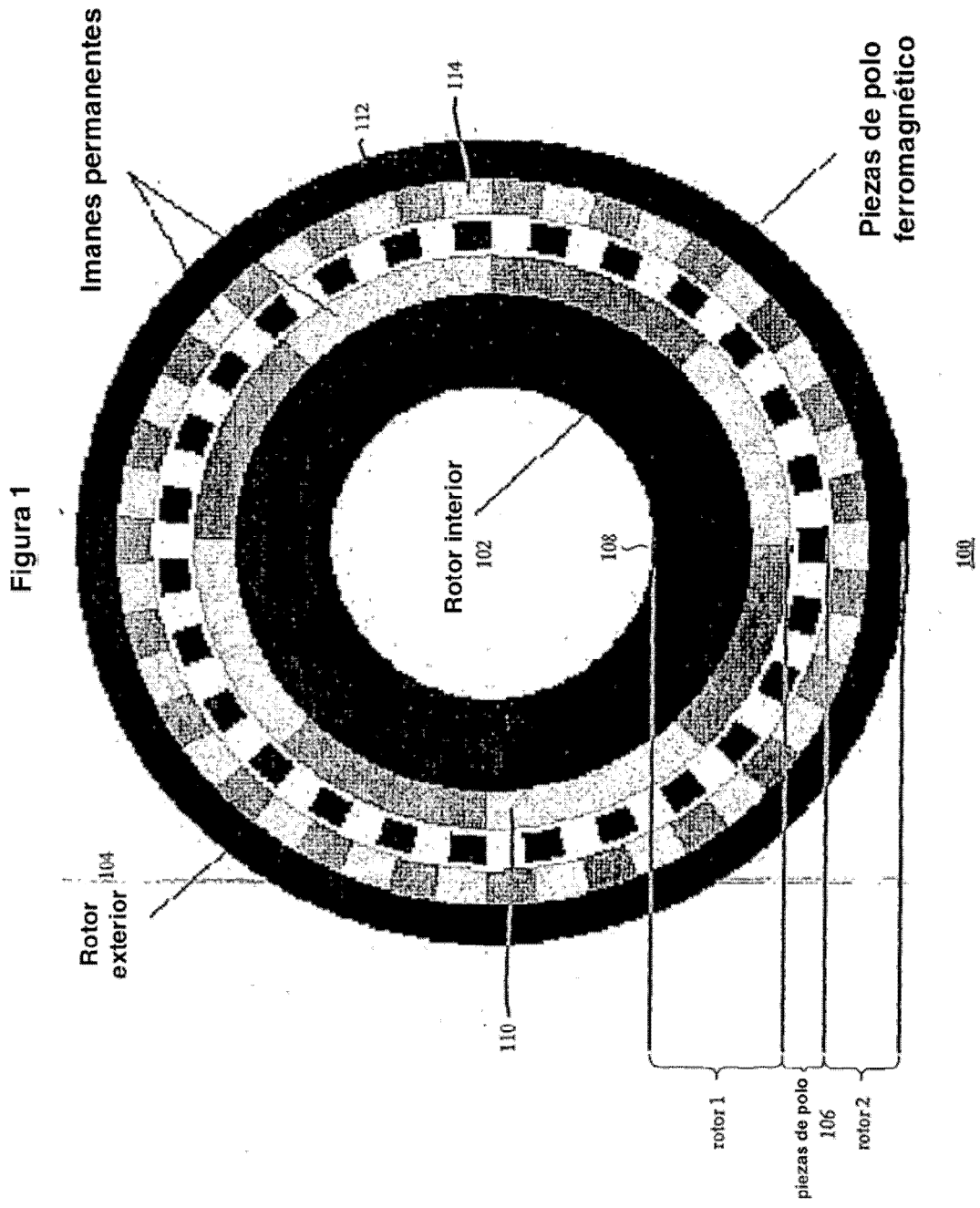


Figura 2

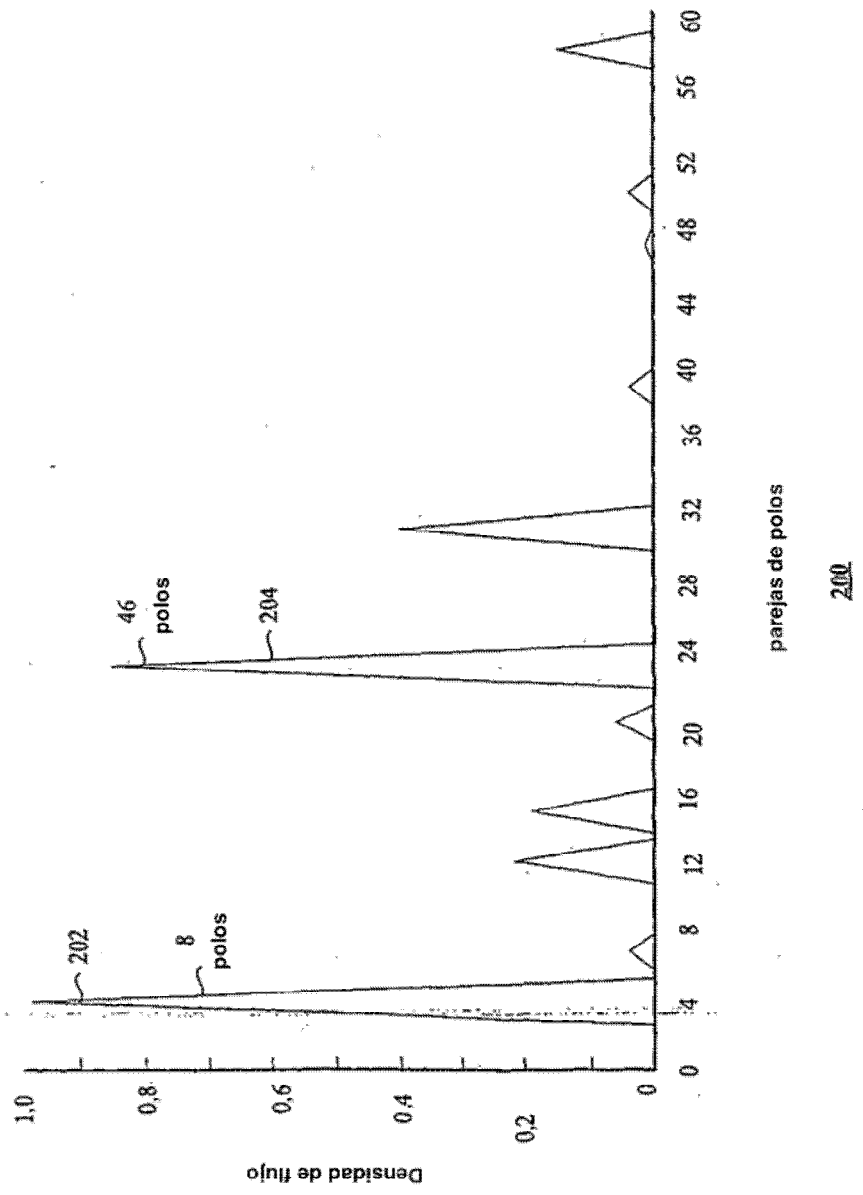


Figura 3

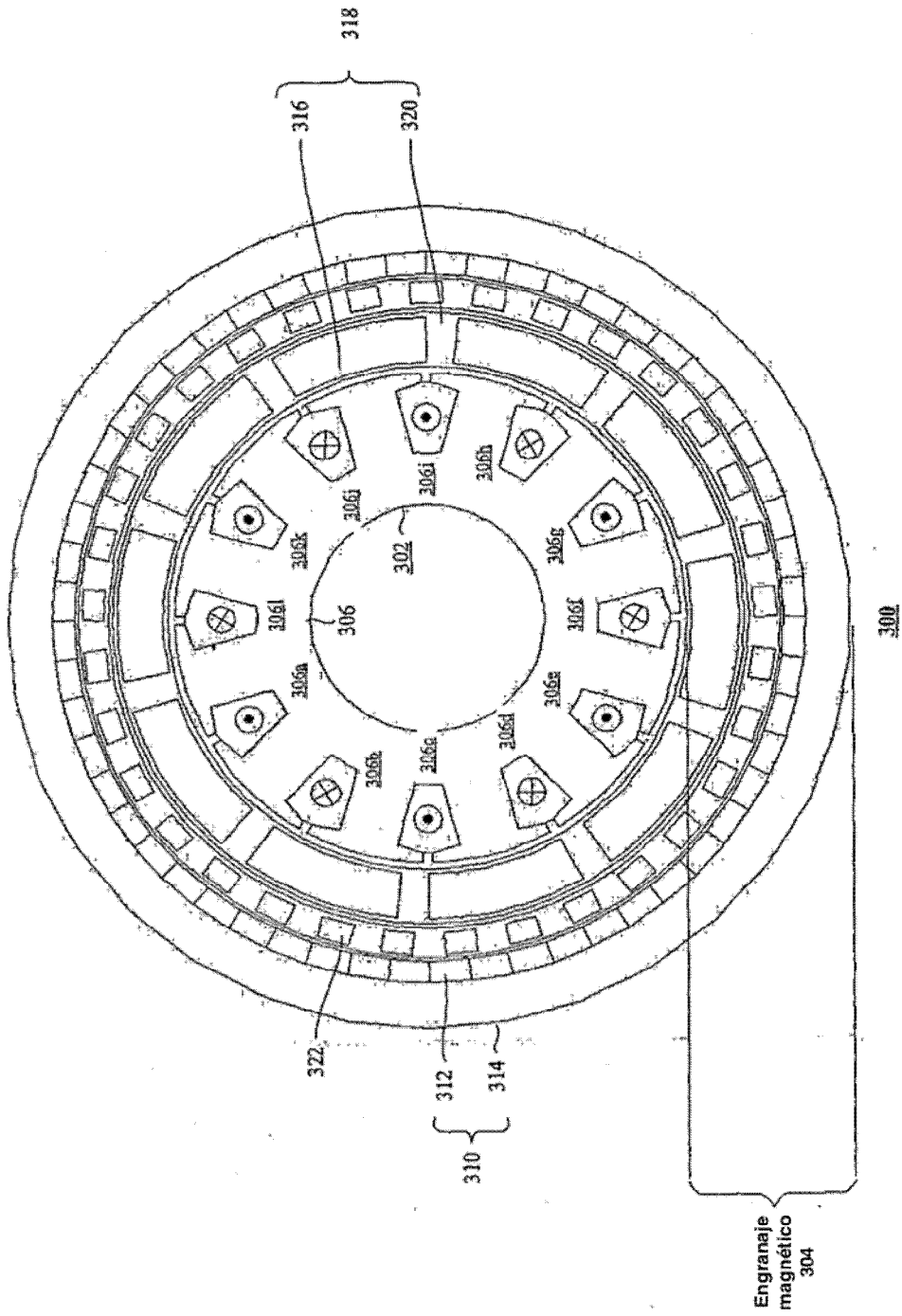


Figura 4

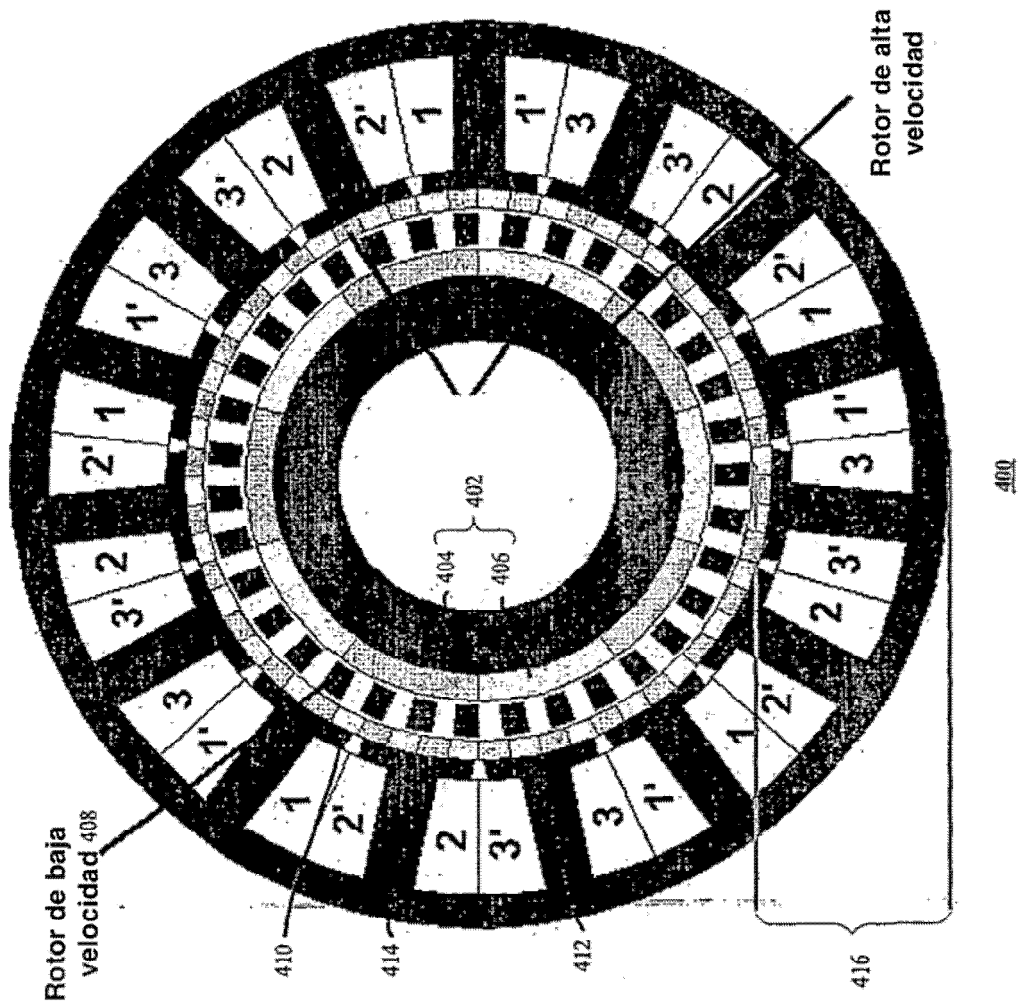


Figura 5

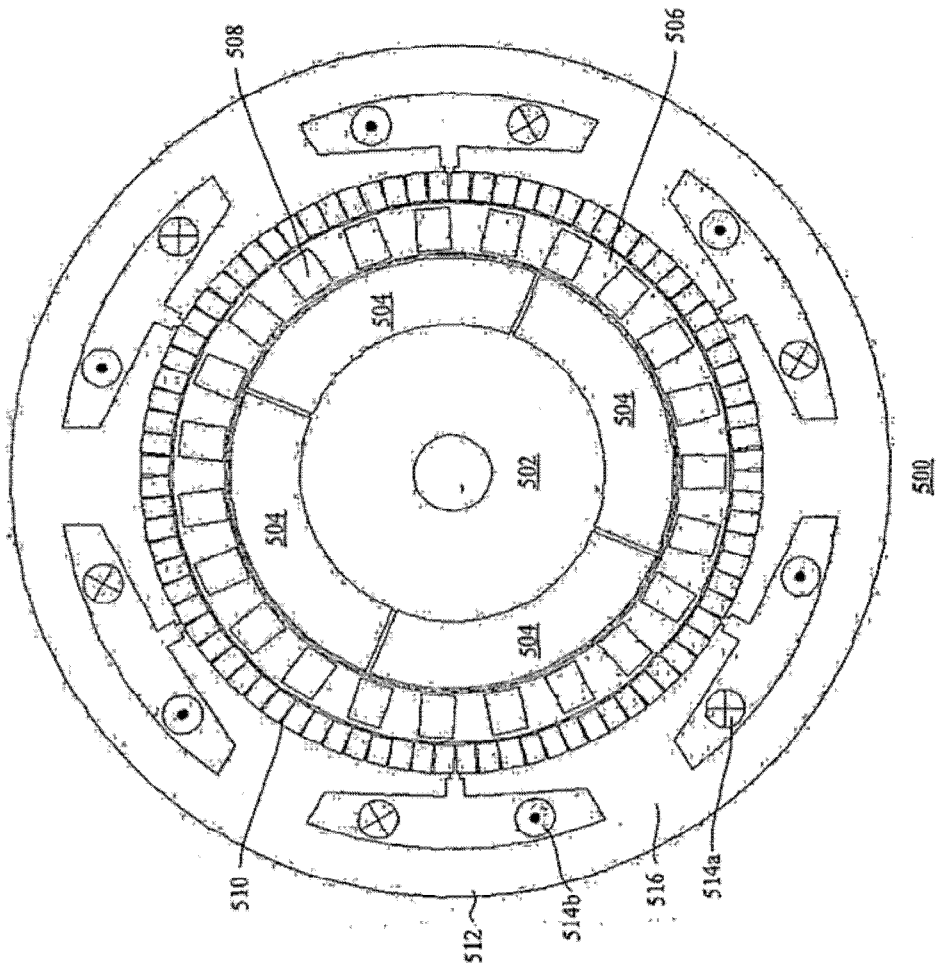
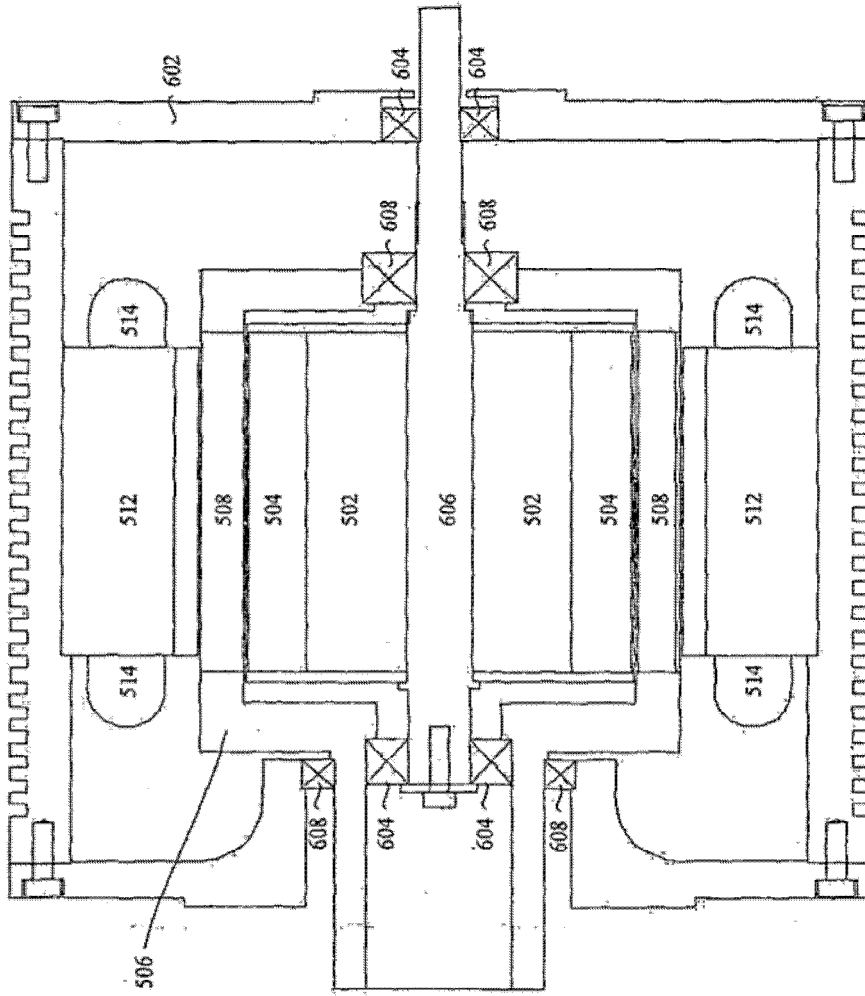


Figura 6



600

Figura 7

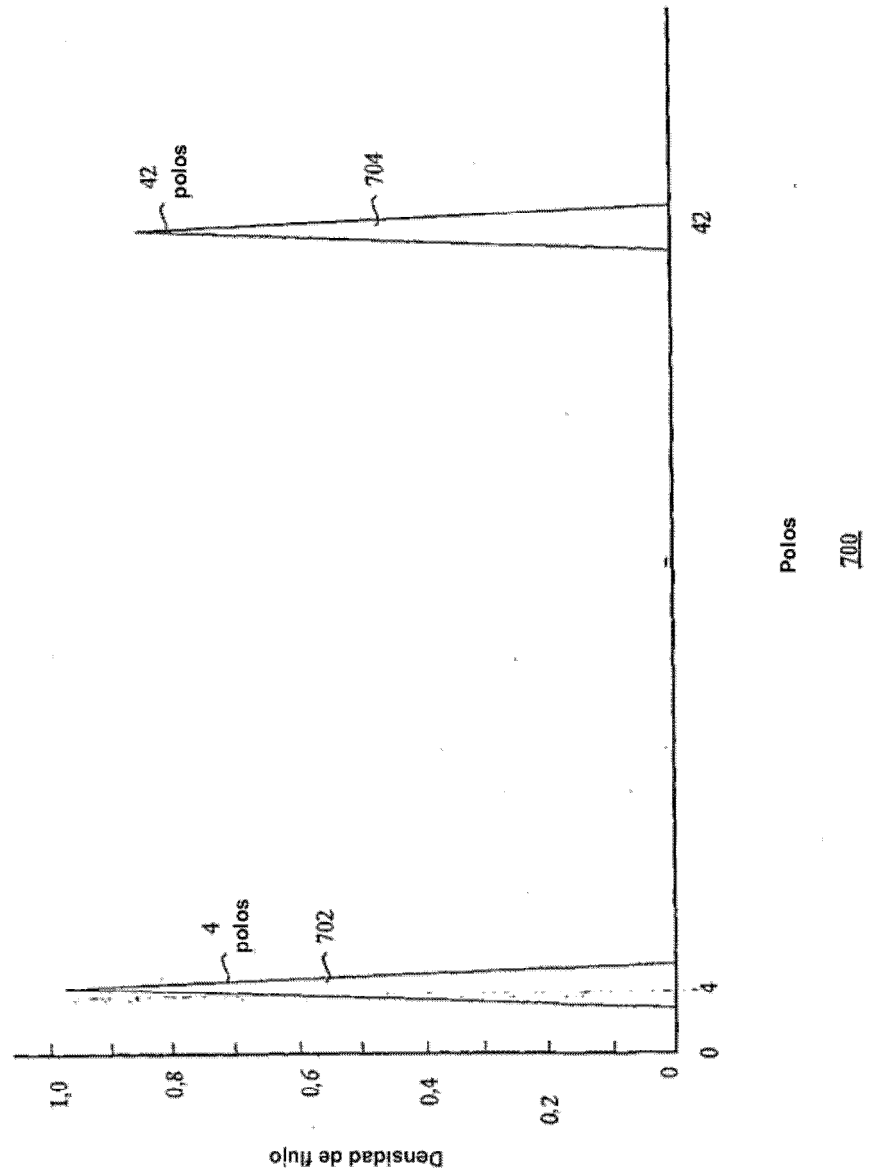
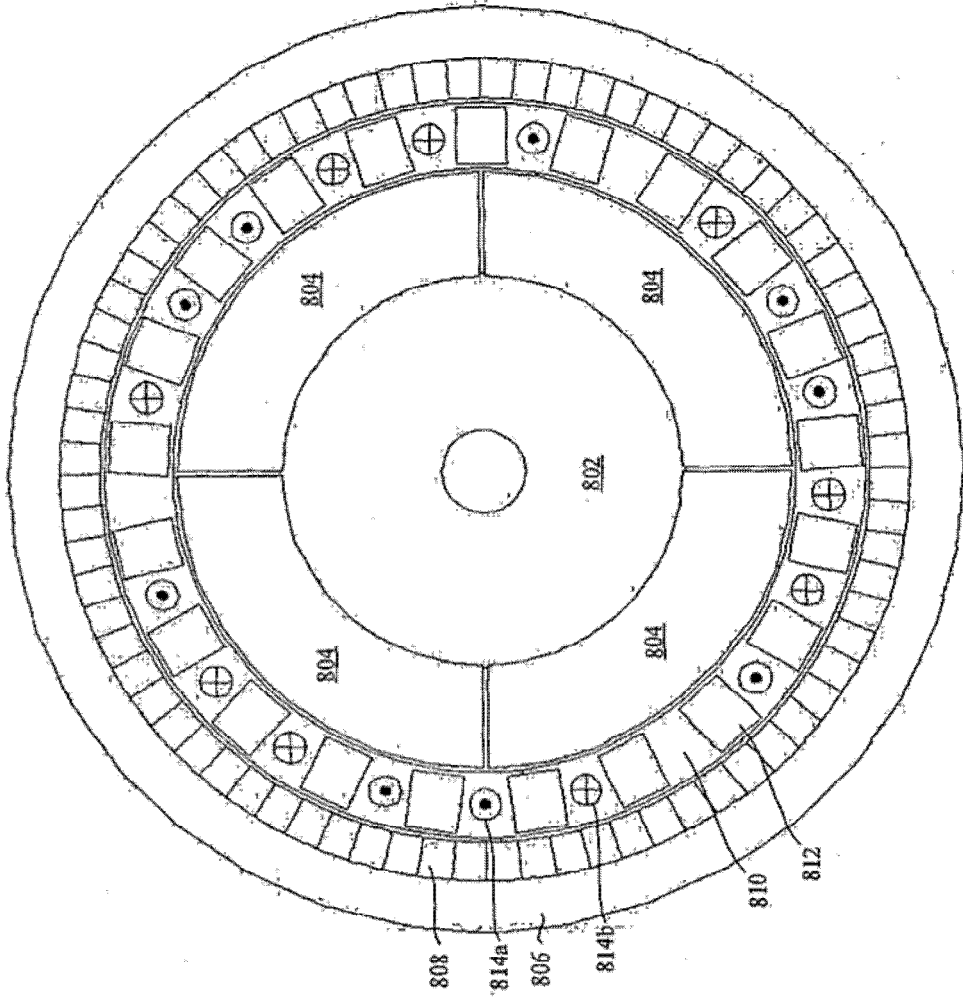


Figura 8



800

Figura 9

