

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 815 926**

51 Int. Cl.:

H02K 21/20 (2006.01)

H02K 21/22 (2006.01)

H02K 1/14 (2006.01)

H02K 1/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.01.2003 PCT/US2003/02776**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.08.2003 WO03065543**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.01.2003 E 03735082 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.06.2020 EP 1472771**

54 Título: **Motor o generador de alta frecuencia**

30 Prioridad:

30.01.2002 US 60645

30.01.2002 US 60732

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

31.03.2021

73 Titular/es:

**CAAMANO, RAMON A. (100.0%)
6450 Mt. Madonna Road
Gilroy, CA 95020, US**

72 Inventor/es:

CAAMANO, RAMON A.

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 815 926 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

Motor o generador de alta frecuencia

Antecedentes

5 1 El presente escrito se refiere en general a motores eléctricos, generadores y motores regenerativos. La expresión motor regenerativo se utiliza en este documento para referirse a un dispositivo que puede funcionar como motor eléctrico o como generador. Más específicamente, la escrito se refiere a un motor eléctrico, generador o motor regenerativo que incluye una disposición de estator que a su vez incluye una pluralidad de ensamblajes electromagnéticos individuales, incluyendo cada ensamblaje electromagnético independiente un núcleo magnético de una pieza asociado formado a partir de material magnético blando de película delgada. El presente escrito divulga un motor o generador eléctrico de alta frecuencia que incluye núcleos magnéticos formados a partir de material magnético blando de película delgada.

15 2 La industria de generadores y motores eléctricos busca continuamente formas de proporcionar motores y generadores con mayor eficiencia y densidad de potencia. Desde hace algún tiempo, se ha creído que los motores y generadores construidos usando rotores de súper imanes permanentes (por ejemplo, imanes de cobalto de tierras raras e imanes de neodimio-hierro-boro) y estatores, incluidos electroimanes con núcleos magnéticos formados a partir de material magnético blando de película delgada, tienen el potencial para proporcionar eficiencias y densidades de potencia sustancialmente más altas en comparación con los motores y generadores convencionales. Además, debido a que los núcleos formados a partir de material magnético blando de película delgada pueden responder a cambios en un campo magnético mucho más rápidamente que los materiales de núcleo ferroso convencionales, los núcleos magnéticos formados a partir de material magnético blando de película delgada tienen el potencial de permitir conmutaciones de campo mucho más rápidos dentro de los motores y generadores, y por lo tanto permiten una velocidad mucho mayor y motores y generadores mejor controlados que los núcleos ferrosos convencionales. Sin embargo, hasta la fecha ha resultado muy difícil proporcionar un motor o generador fácilmente fabricable que incluya núcleos magnéticos formados a partir de materiales magnéticos blandos de película delgada. Además, las configuraciones que se han divulgado hasta la fecha no aprovechan al máximo las capacidades de estos materiales potencialmente más eficientes para ciertos tipos de aplicaciones.

25 3 Los materiales magnéticos blandos de película delgada, tal como el metal amorfo, se suministran típicamente en una banda continua delgada que tiene una anchura de banda uniforme. En el pasado, los núcleos de metal amorfo se formaban enrollando una banda de metal amorfo en una bobina, recociendo el devanado y luego saturando y encapsulando el devanado usando un adhesivo tal como un epoxi. Sin embargo, este material es un material muy duro que lo hace muy difícil de cortar o moldear fácilmente, especialmente una vez que se ha laminado en una pieza a granel. Además, una vez recocidos para lograr propiedades magnéticas máximas, estos materiales se vuelven muy frágiles. Esto hace que sea difícil y costoso utilizar el enfoque convencional para construir un núcleo magnético.

35 4 Otro problema con los núcleos magnéticos de metal amorfo es que la permeabilidad magnética del material de metal amorfo se reduce cuando se somete a tensiones físicas. Esta permeabilidad reducida puede ser considerable dependiendo de la intensidad de las tensiones sobre el material de metal amorfo. A medida que un núcleo magnético de metal amorfo está sujeto a tensiones, la eficiencia a la que el núcleo dirige o enfoca el flujo magnético se reduce, lo que resulta en mayores pérdidas magnéticas, menor eficiencia, mayor producción de calor y menor potencia. Este fenómeno se conoce como magnetoestricción y puede ser causado por tensiones resultantes de fuerzas magnéticas durante el funcionamiento del motor o generador, tensiones mecánicas resultantes de la sujeción mecánica o la fijación del núcleo magnético en su lugar, o tensiones internas causadas por la expansión térmica y/o expansión debido a la saturación magnética del material de metal amorfo.

Los núcleos de estator laminados convencionales construidos apilando múltiples placas de metal delgadas y sus desventajas son bien conocidos, como se describe, por ejemplo, en la patente de Estados Unidos 6,188,159.

45 La patente europea 630096 describe un dispositivo generador de potencia motriz que comprende un imán permanente dispuesto alrededor de un árbol de salida giratorio para girar con él, el árbol de salida está montado en un miembro de soporte para girar, un cuerpo magnético dispuesto en relación concéntrica con el imán permanente para girar con el árbol de salida giratorio, el cuerpo magnético está sujeto al flujo magnético generado por el imán permanente, una pluralidad de electroimanes montados fijamente en el miembro de soporte de tal manera que estén espaciados a distancias predeterminadas alrededor de la periferia del cuerpo magnético, cada circuito magnético de los electroimanes está adaptado para ser independiente entre sí. A diferencia de la presente invención, no existen estatores que comprendan un núcleo magnético que a su vez comprenda un núcleo magnético de una pieza formado a partir de un material magnético blando de película delgada.

55 5 En las Patentes de Estados Unidos 5,982,070 y 6,259,233 que se concedieron al solicitante, se describieron ciertos métodos y disposiciones para construir motores y generadores eléctricos. En estas patentes, denominadas en lo sucesivo patente '070 y patente '233 respectivamente, múltiples piezas de núcleo de metal amorfo se soportan en una carcasa dieléctrica para formar un núcleo de metal amorfo general. Otra patente de los Estados Unidos 4,255,684 concedida a Mischler et al. describe otra configuración de motor que utiliza materiales de metal amorfos. Aunque estos

enfoques permiten la construcción de motores y generadores utilizando núcleos de metal amorfo, existen algunos problemas inherentes asociados con estos enfoques. Por ejemplo, el uso de múltiples piezas de núcleo para formar el núcleo general significa que existen brechas parásitas entre las piezas de núcleo adyacentes que el flujo magnético debe cruzar a medida que el flujo fluye a través del núcleo magnético. Estas brechas parásitas ocurren en cualquier punto en el que el flujo debe pasar de una pieza o capa de material del núcleo a otra. Aunque estas brechas pueden hacerse muy pequeñas al fabricar las diversas piezas de núcleo con tolerancias muy ajustadas, y pueden llenarse con epoxi, aún resultan en pérdidas parásitas que reducen la eficiencia a la que el flujo puede fluir a través del núcleo en comparación con un núcleo que no tiene estas brechas.

Además del problema la brecha parasita, los métodos y disposiciones de las patentes '070 y '233 hacen que sea difícil orientar siempre el material magnético de metal amorfo en la orientación adecuada. Esto es especialmente cierto en el caso de los dispositivos de brecha radial divulgados en estas patentes. La orientación adecuada del material magnético blando de película delgada es importante para maximizar la eficiencia con la que el flujo magnético puede fluir a través del material del núcleo y, por lo tanto, la eficiencia del dispositivo.

En el caso de las configuraciones de brecha axial divulgadas en las patentes '070 y '233, la configuración física del dispositivo de brecha axial hace que sea difícil mantener la brecha de aire adecuada entre el rotor y el estator. Debido a que las fuerzas magnéticas actúan axialmente a lo largo del eje de rotación del dispositivo, se deben usar cojinetes costosos que tienen tolerancias muy ajustadas para soportar y mantener el rotor en su lugar. Además, los materiales de la carcasa que soportan el estator deben poder resistir estas fuerzas axiales muy altas sin deformarse durante la vida útil del dispositivo. Además, dado que los miembros de soporte del estator y del rotor son miembros que tienen sustancialmente forma de disco y generalmente son planos, son más susceptibles a alabeo o deformación debido a las grandes fuerzas magnéticas axiales y debido a las tensiones internas causadas por los cambios de temperatura que ocurren regularmente durante el funcionamiento normal del dispositivo. A medida que se contemplan dispositivos de brecha axial cada vez más grandes, las fuerzas magnéticas entre el rotor y el estator se vuelven cada vez más grandes y agrava aún más este problema.

La presente invención proporciona disposiciones mejoradas para proporcionar motores eléctricos, generadores y motores regenerativos que utilizan núcleos magnéticos formados a partir de materiales de núcleo magnético blando de película delgada. La presente invención también proporciona configuraciones mejoradas de motor eléctrico, generador y motor regenerativo que utilizan más plenamente los beneficios potenciales asociados con el uso de núcleos magnéticos formados a partir de materiales magnéticos blandos de película delgada.

Resumen

La invención es como se define en las reivindicaciones adjuntas. Como se describirá con más detalle a continuación, se divulgan en este documento núcleos magnéticos para su uso como parte de una disposición de estator en un dispositivo tal como un motor eléctrico, un generador eléctrico o un motor eléctrico regenerativo. También se divulgan disposiciones de estator y métodos para realizar disposiciones de estator utilizando los núcleos magnéticos, y dispositivos y métodos para fabricar dispositivos que utilizan las disposiciones de estator. Los dispositivos y disposiciones de estator incluyen una pluralidad de ensamblajes electromagnéticos energizables independientes, incluyendo cada ensamblaje electromagnético independiente un núcleo magnético de una pieza asociado formado a partir de material magnético blando de película delgada. Cada ensamblaje electromagnético independiente define dos polos del estator ubicados en los extremos opuestos del núcleo magnético de una pieza. Cada núcleo magnético de una pieza proporciona el trayecto completo de retorno magnético para los dos polos del estator magnético opuestos asociados con cada ensamblaje electromagnético independiente.

En una realización, el dispositivo es un dispositivo de brecha radial y el núcleo magnético formado a partir de material magnético blando de película delgada tiene forma de U con los polos del estator ubicados en los extremos de las patas del núcleo magnético en forma de U. En una versión de esta realización, el material magnético blando de película delgada es un material nanocristalino. De acuerdo con otro aspecto de la invención, cada uno de los ensamblajes electromagnéticos independientes puede retirarse y reemplazarse independientemente. Además, el dispositivo puede ser un dispositivo de múltiples fases y el dispositivo puede ser un dispositivo de reluctancia conmutada, un dispositivo de inducción o un dispositivo de imán permanente.

En otra realización, el dispositivo es un dispositivo de alta frecuencia. En esta realización, el dispositivo incluye una disposición de rotor soportada para girar alrededor de un eje de rotación dado en un cierto rango de velocidades de rotación operativas normales. La disposición de rotor incluye una pluralidad de polos de rotor para interactuar magnéticamente con los polos del estator. Los polos del rotor están soportados para girar alrededor del eje de rotación a lo largo de un trayecto circular. El dispositivo incluye además una disposición de conmutación para controlar los ensamblajes electromagnéticos. La disposición de conmutación está configurada de tal manera que la disposición de conmutación es capaz de hacer que los polos del estator de los ensamblajes electromagnéticos interactúen magnéticamente con los polos del rotor de la disposición del rotor a una frecuencia de al menos 500 ciclos por segundo mientras el dispositivo funciona dentro de al menos una porción del rango de velocidad de rotación de funcionamiento normal. En una versión de esta realización, el número de polos del rotor es tal que la disposición de conmutación hace que los polos del estator de los ensamblajes electromagnéticos interactúen magnéticamente con los polos del rotor

de la disposición del rotor de manera que la relación de la frecuencia del dispositivo en ciclos por segundo con respecto a las revoluciones por minuto del dispositivo es mayor de 1 a 4 durante el funcionamiento del dispositivo.

5 12 En otra realización, el dispositivo es un dispositivo de brecha radial y los ensamblajes electromagnéticos incluyen núcleos magnéticos de una sola pieza en forma de U formados de tal manera que los polos del estator de cada
 10 ensamblaje electromagnético están ubicados en los extremos de las patas de los núcleos magnéticos en forma de U. Los ensamblajes electromagnéticos se colocan alrededor del trayecto circular de los polos del rotor. Cada ensamblaje electromagnético se coloca de manera que los dos polos del estator de cada ensamblaje electromagnético estén situados adyacentes entre sí y alineados entre sí a lo largo de una línea que es paralela al eje de rotación del dispositivo. En una versión de esta realización, los polos de rotor son pares de polos de rotor formados a partir de
 15 pares adyacentes de segmentos de imán permanente configurados para formar polos de rotor de polaridad magnética opuesta. Cada par de segmentos de imán permanente se coloca de manera que los dos segmentos de imán permanente se ubican adyacentes entre sí y alineados entre sí a lo largo de una línea que es paralela al eje de rotación del dispositivo de manera que los dos segmentos de imán permanente definen dos trayectos circulares adyacentes alrededor del eje de rotación del dispositivo cuando el rotor gira alrededor del eje de rotación del dispositivo. Cada uno de los dos trayectos circulares adyacentes se enfrenta a uno asociado de los polos del estator de cada ensamblaje electromagnético. En esta versión, la disposición de rotor incluye al menos 36 pares de polos de rotor adyacentes y la disposición de estator incluye al menos 48 ensamblajes electromagnéticos. Los polos del estator pueden estar dispuestos para mirar hacia dentro hacia el eje de rotación del dispositivo, o alternativamente, pueden estar dispuestos para mirar hacia fuera en dirección opuesta al eje de rotación del dispositivo.

20 12A En este escrito, se describe un material magnético blando de película delgada. Los expertos en la técnica están muy familiarizados con el significado de las expresiones "película delgada" y "blanda" en relación con los materiales magnéticos. La marca METGLASS™, ahora comercializada por Honeywell, es una marca registrada para una película delgada de material magnético blando. La expresión "película delgada" se refiere típicamente a un artículo que tiene aproximadamente 5.08×10^{-3} cm de grosor o menos (es decir, aproximadamente 2/1000 de pulgada de grosor o menos). Pero esto es simplemente una aproximación, y también se contempla un material magnético blando más grueso. La expresión "blando" se refiere a un material cuyos polos magnéticos pueden manipularse o conmutarse en contraste con un material magnético duro en el que se colocan los polos.

Breve descripción de los dibujos

30 13 Las características de la presente invención pueden entenderse mejor haciendo referencia a la siguiente descripción de las realizaciones actualmente preferidas junto con los dibujos adjuntos en los que:

14 La figura 1 es una vista esquemática en planta en sección transversal de un dispositivo diseñado de acuerdo con la presente invención que incluye una disposición de rotor y una disposición de estator que tiene una pluralidad de ensamblajes electromagnéticos.

35 15 La figura 2 es una vista en sección transversal del dispositivo de la figura 1 tomada a través de la línea de sección 2-2 de la figura 1.

La figura 3 es una vista esquemática en planta en sección transversal de otra realización de un dispositivo diseñado de acuerdo con la presente invención que incluye una disposición de rotor y una disposición de estator que tiene una pluralidad de ensamblajes electromagnéticos.

40 17 La figura 4 es una vista en sección transversal del dispositivo de la figura 3 tomada a través de la línea de sección 4-4 de la figura 3.

18 La figura 5 es una vista lateral esquemática de un devanado de material magnético blando de película delgada utilizado para formar núcleos magnéticos de una pieza de acuerdo con la invención.

19 La figura 6 es una vista esquemática en planta de dos configuraciones de polos de estator.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

45 20 Volviendo a los dibujos, en donde componentes similares se designan con numerales de referencia similares en las diversas figuras, la atención se dirige inicialmente a las figuras 1 y 2. La figura 1 ilustra una vista en planta en sección transversal de un dispositivo 100 diseñado de acuerdo con la presente invención. Aunque el dispositivo 100 se denominará motor eléctrico o generador eléctrico en diversos momentos a lo largo de esta descripción, debe entenderse que el dispositivo 100 puede adoptar la forma de un motor, un generador, un alternador o un motor regenerativo dependiendo de los requisitos de la aplicación en la que se utiliza el dispositivo. Para los propósitos de
 50 esta descripción, la expresión motor regenerativo se refiere a un dispositivo que puede funcionar como motor eléctrico o como generador eléctrico.

21 Además, aunque el dispositivo 100 se describirá en la mayoría de los casos como un motor sin escobillas de DC, debe entenderse que puede tomar la forma de una amplia variedad de otros tipos de motores y/o generadores y aún permanecer dentro del alcance de la invención. Estos otros tipos de motores y/o alternadores/generadores incluyen,

pero no se limitan a, dispositivos síncronos de DC, dispositivos de reluctancia variable o reluctancia conmutada y motores de tipo de inducción. Las diferencias específicas entre estos diferentes tipos de dispositivos son bien conocidas por los expertos en la técnica y, por lo tanto, no se describirán en detalle. Por ejemplo, aunque el dispositivo 100 se describirá en la mayoría de los casos como un motor sin escobillas de DC que utiliza imanes permanentes como polos del rotor, debe entenderse que los polos del rotor no serían imanes permanentes en el caso de un dispositivo de reluctancia conmutado o un dispositivo de inducción. En cambio, los polos del rotor de estos tipos de dispositivos probablemente estarían provistos por protuberancias de otros materiales magnéticos formados a partir de laminaciones de materiales tales como el hierro o preferiblemente materiales magnéticos blandos de película delgada tales como los que se describirán a continuación con referencia a los materiales del núcleo del estator de la presente invención.

22 Como se muestra mejor en la figura 1, el dispositivo 100 incluye una disposición 102 de rotor y una disposición 104 de estator. En esta realización, el dispositivo 100 toma la forma de un motor de cubo/generador con la disposición 102 de rotor ubicada alrededor del perímetro exterior de dispositivo 100. La disposición 104 de estator está ubicada dentro de la disposición 102 de rotor. Como se muestra mejor en la figura 2, que es una vista en sección transversal de una porción del dispositivo 100 como se indica en la sección 2-2 de la figura 1, la disposición 102 de rotor está soportada por cojinetes 110 de modo que la disposición 102 de rotor pueda girar alrededor de la disposición 104 de estator. Una brecha 108 de aire separa la disposición 102 de rotor de la disposición 104 de estator.

23 Aunque el dispositivo 100 se ilustra usando cojinetes 110 para soportar la disposición 102 de rotor para que gire alrededor de la disposición 104 de estator y el eje 106, esto no es un requisito. En su lugar, debe entenderse que se puede utilizar cualquier otra disposición adecuada y fácilmente obtenible para soportar la disposición 102 de rotor y permanecer dentro del alcance de la invención. Además, aunque el dispositivo 100 se ha descrito como un motor/generador de cubo, esto no es un requisito de la invención. En cambio, como se describirá con más detalle a continuación, el dispositivo puede ser cualquier tipo de motor eléctrico, generador o motor regenerativo siempre que el dispositivo incluya una disposición de estator que tenga una pluralidad de electroimanes que tengan núcleos magnéticos formados a partir de un material magnético blando de película delgada con los electroimanes configurados de acuerdo con la invención.

24 Con referencia a las figuras 1 y 2, la disposición 102 del rotor se describirá ahora con más detalle. En esta realización, el dispositivo 100 es un dispositivo de tipo brecha radial y la disposición 102 de rotor incluye 48 pares de segmentos 112 de imán permanente radialmente adyacentes. Los segmentos 112 de imán pueden ser superimanes tales como imanes de cobalto de tierras raras o cualquier otro material de imán adecuado o fácilmente obtenible. Cada uno de los 48 pares de segmentos 112 de imán incluye un primer segmento de imán orientado para formar un polo 112a de rotor norte y un segundo segmento de imán orientado para formar un polo 112b de rotor sur. Como se ilustra en la figura 2, el polo 112a del rotor norte está ubicado adyacente al polo 112b del rotor sur de manera que los dos segmentos de imán permanente están alineados entre sí a lo largo de una línea que es paralela al eje de rotación del dispositivo. Con esta orientación, los dos segmentos 112a y 112b de imán permanente de cada par de segmentos 112 de imán definen dos trayectos circulares adyacentes alrededor del eje 106 de rotación del dispositivo 100 cuando la disposición de rotor gira alrededor del eje de rotación del dispositivo. Como se muestra mejor en la figura 1, los 48 pares de imanes se colocan alrededor de la periferia interior de la disposición 102 de rotor frente a la brecha 108 de aire con cada par consecutivo invertido de manera que todos los segmentos de imán adyacentes se alternan de norte a sur alrededor de la disposición completa del rotor en ambos trayectos circulares definidos por los pares de segmentos 112 de imanes.

25 Aunque los imanes 112 se han descrito como superimanes permanentes, esto no es un requisito. Alternativamente, los imanes pueden ser otros materiales magnéticos o, en algunos casos, pueden ser electroimanes. Además, aunque se ha descrito que el rotor incluye 48 pares de imanes, debe entenderse que el rotor puede incluir cualquier número de pares de imanes y seguir estando dentro del alcance de la invención. Y finalmente, aunque se ha descrito que la disposición del rotor incluye imanes, esto no es un requisito. Por ejemplo, en el caso de un motor de reluctancia conmutado o un motor de inducción, la disposición 102 de rotor no incluiría imanes en absoluto. En cambio, como lo entenderán los expertos en la técnica, la disposición 102 de rotor se construiría a partir de un material a base de hierro o algún otro material magnético, tal como un material magnético blando de película delgada para formar un núcleo de rotor magnético que sería impulsado por un campo creado por la conmutación de la disposición del estator.

26 En esta realización, la disposición 104 de estator incluye 48 ensamblajes 114 electromagnéticos independientes. Cada ensamblaje 114 electromagnético incluye un núcleo 116 magnético de una pieza asociado formado a partir de un material magnético blando de película delgada nanocristalino y un par de bobinas 118. Como se muestra mejor en la figura 2, cada núcleo 116 magnético de una pieza tiene forma de U con bobinas 118 colocadas alrededor de las patas del núcleo 116 magnético en forma de U. Con esta configuración, cada ensamblaje electromagnético independiente define dos polos 120a y 120b de estator ubicados en los extremos opuestos del núcleo magnético de una pieza. Los ensamblajes 114 electromagnéticos se colocan alrededor del trayecto circular de los polos del rotor como se muestra en la figura 1. Como se muestra mejor en la figura 2, cada ensamblaje 114 electromagnético se coloca de manera que los dos polos 120a y 120b de estator de cada ensamblaje electromagnético se encuentran adyacentes entre sí y alineados entre sí a lo largo de una línea paralela al eje de rotación del dispositivo. Esto coloca los dos polos del estator de cada ensamblaje electromagnético frente a la brecha 108 de aire y en una relación enfrentada con los pares de segmentos 112a y 112b de imán.

- 27 Aunque se ha descrito que los núcleos 116 magnéticos están formados a partir de un material magnético blando de película delgada nanocrystalina, esto no es un requisito de la invención. En su lugar, se puede utilizar cualquier material magnético blando de película delgada. Estos materiales incluyen, entre otros, materiales generalmente denominados metales amorfos, materiales similares en composición de aleación elemental a materiales nanocrystalinos que se han procesado de alguna manera para reducir aún más el tamaño de la estructura cristalina del material, y cualquier otro material de película delgada que tenga estructuras moleculares similares a los metales amorfos y materiales nanocrystalinos, independientemente de los procesos específicos que se hayan utilizado para controlar el tamaño y la orientación de la estructura molecular del material.
- 28 Además, aunque se ha descrito que los ensamblajes 114 electromagnéticos incluyen un par de bobinas situadas en las patas del núcleo 116 magnético en forma de U, esto no es un requisito de la invención. En cambio, las bobinas pueden ser una sola bobina ubicada en la base del núcleo magnético en forma de U, una sola bobina que corre toda la longitud del núcleo o cualquier otra configuración deseada que utilice una o más bobinas. Como se ilustra en la figura 1, las bobinas pueden ser bobinas cónicas con más devanados en un extremo de cada pata del núcleo en forma de U. Esta configuración permite que el mayor número de devanados en un extremo llene más completamente los espacios más grandes que quedan entre los núcleos magnéticos en las regiones que están más alejadas del eje de rotación. Además, estas bobinas pueden envolverse directamente sobre las piezas del núcleo o, alternativamente, las bobinas pueden formarse por separado de las piezas del núcleo, envolverse con aislamiento o aislarse de otro modo y luego deslizarse sobre el núcleo durante el montaje del ensamblaje electromagnético.
- 29 De acuerdo con un aspecto de la invención, cada núcleo 116 magnético de una pieza proporciona el trayecto de retorno magnético completo para los dos polos 120a y 120b magnéticos opuestos del estator asociados con cada ensamblaje 114 electromagnético independiente. Esta configuración elimina la necesidad de un hierro posterior de estilo tradicional de material de núcleo magnético que interconecta magnéticamente todos los polos del estator. Al eliminar el requisito de un hierro posterior que es común a todos los polos del estator, el peso del dispositivo puede reducirse en comparación con el peso de un dispositivo de tamaño similar que utiliza una configuración más convencional que incluye un hierro posterior común para interconectar magnéticamente los polos del estator.
- 30 Los ensamblajes 114 electromagnéticos pueden mantenerse mecánicamente en posición usando cualquier forma convencional para mantener los elementos en su lugar. Por ejemplo, todos los ensamblajes 114 electromagnéticos pueden estar en macetas o encapsularse en un estator general completo usando un material encapsulante tal como un epoxi dieléctrico, térmicamente conductor. Sin embargo, cada ensamblaje electromagnético puede encapsularse individualmente en una pieza en forma de cuña, tal como la pieza 122 en forma de cuña que se muestra en la figura 1. Estas piezas en forma de cuña pueden luego ensamblarse en un estator general utilizando un elemento estructural en forma de disco tal como los elementos 124 en la figura 2 situados a cada lado de los ensamblajes electromagnéticos para soportar las piezas 122. Alternativamente, se puede utilizar cualquier otra disposición adecuada y fácilmente obtenible para soportar piezas en forma de cuña y seguir estando dentro del alcance de la invención.
- 31 Debido a que cada uno de los ensamblajes 114 electromagnéticos puede proporcionarse como un ensamblaje independiente que incluye su propio núcleo magnético de una pieza que proporciona el trayecto de retorno completo para los polos del estator asociados del ensamblaje electromagnético, estos ensamblajes pueden configurarse de manera que son fácilmente extraíbles y reemplazables. Por ejemplo, como se describió anteriormente, cada ensamblaje electromagnético puede encapsularse independientemente y luego ensamblarse en un estator general. Esto permite que cualquier ensamblaje electromagnético dado sea removido y reemplazado con relativa facilidad. Esta capacidad de reemplazar con relativa facilidad los ensamblajes electromagnéticos individuales mejora la capacidad de servicio del dispositivo. Además, este enfoque modular permite que se utilice una configuración de ensamblaje electromagnético particular en una variedad de diseños de dispositivos específicos, mejorando así potencialmente las economías de escala que pueden obtenerse usando este enfoque.
- 32 Aunque se ha descrito que los ensamblajes electromagnéticos están encapsulados, esto no es un requisito de la invención. En cambio, los ensamblajes electromagnéticos pueden ensamblarse y luego simplemente sujetarse en su posición sin encapsularse. Por tanto, debe entenderse que se puede utilizar cualquier método conocido para soportar los ensamblajes electromagnéticos en sus respectivas ubicaciones.
- 33 Como se describió anteriormente, el dispositivo 100 incluye 48 ensamblajes electromagnéticos que definen 48 pares de polos de estator. El dispositivo 100 también incluye 48 pares de segmentos de imán que definen los correspondientes 48 pares de polos de rotor. En esta realización, la disposición 104 de estator está cableada como un dispositivo monofásico. Es decir, cada ensamblaje electromagnético está cableado en serie, como se indica en la figura 1 por los cables 126. Además, este dispositivo tiene una relación de polo de estator a polo de rotor de 1 a 1. Aunque esta realización se describe como un dispositivo monofásico que tiene una relación de polo del estator a polo del rotor de 1 a 1, esto no es un requisito. En cambio, el dispositivo puede ser un dispositivo multifásico o un dispositivo que tenga cualquier relación de polo de estator a polo de rotor deseada.
- 34 Aunque el dispositivo 100 se ha descrito con la disposición del rotor alrededor del perímetro exterior del dispositivo y la disposición del estator ubicada dentro de la disposición del rotor, esto no es un requisito. En cambio, la disposición del estator puede ubicarse alrededor del perímetro exterior del dispositivo con la disposición del rotor dentro de la disposición del estator como se ilustra en las figuras 3 y 4. Estas figuras ilustran un dispositivo 300 que tiene una

disposición 302 de rotor y una disposición 304 de estator. La disposición 304 del estator incluye 48 ensamblajes 306 electromagnéticos que utilizan núcleos 116 magnéticos que son idénticos a los utilizados en el dispositivo 100, excepto que están orientados en la dirección opuesta como se muestra mejor en la figura 4. Cada ensamblaje 306 electromagnético también incluye bobinas 308. Las bobinas 308 son similares a las bobinas 118 del dispositivo 100 excepto que son cónicas en la dirección opuesta de modo que hay más devanados en la base de cada una de las patas del núcleo 116 magnético en forma de U. Esto permite que los devanados llenen más completamente los espacios más grandes disponibles en las bases de las patas en forma de U en comparación con los extremos de los núcleos en forma de U debido a su orientación hacia adentro. Con fines ilustrativos, el dispositivo 300 está configurado como un dispositivo de 4 fases que tiene una relación de polo del estator a polo del rotor de 4 a 3. Como se muestra en la figura 3, los cables 310 conectan cada cuarto ensamblaje electromagnético en serie para crear 4 agrupaciones de 12 ensamblajes electromagnéticos que hacen del dispositivo un dispositivo de 4 fases. Además, la disposición 302 de rotor incluye solo 36 pares de segmentos de imán de rotor en lugar de los 48 pares descritos para el dispositivo 100. Como es bien conocido en la técnica, este tipo de configuración reduce el efecto de detención que prevalece en los dispositivos monofásicos y proporciona un torque más constante durante la rotación del dispositivo en comparación con un dispositivo monofásico.

35 Con referencia ahora a la figura 5, se describirá con más detalle la configuración específica del núcleo 116 magnético para las realizaciones particulares mostradas en las figuras 1-4. Cada núcleo 116 magnético individual de una pieza se forma devanando una banda continua de material magnético blando de película delgada en una forma deseada. En el caso del núcleo 116, la forma es una forma generalmente ovalada, como lo indica el devanado 500 en la figura 5. Dado que los materiales magnéticos blandos de película delgada, tal como el metal amorfo o los materiales nanocristalinos, generalmente se proporcionan en forma de cinta muy delgada (por ejemplo, menos de 1 mil de grosor), el devanado 500 puede estar formado por cientos de devanados de material. Una vez devanado en la forma deseada, el devanado 500 puede recocerse para producir las características magnéticas deseadas y luego saturarse y encapsularse con una capa delgada de material adhesivo. Una vez recocidos, estos materiales son muy duros y típicamente muy frágiles, lo que los hace algo difíciles de mecanizar. En la realización mostrada en la figura 5, el devanado 500 se corta luego en dos piezas en forma de U que proporcionan cada una uno de los núcleos 116 magnéticos de una pieza descritos anteriormente.

36 Como se describió anteriormente, una ventaja de esta configuración es que, cuando se ensambla en un ensamblaje electromagnético como se describió anteriormente, cada núcleo magnético de una pieza proporciona el trayecto de retorno completo para los dos polos del estator formados por las patas del núcleo magnético en forma de U. Esto elimina la necesidad de un hierro posterior para interconectar magnéticamente cada uno de los polos del estator. Otra ventaja de esta configuración es que no hay brechas parasitarias dentro de los núcleos magnéticos de una pieza. Además, esta configuración orienta las capas de material magnético blando de película delgada en la orientación adecuada para dirigir el flujo a través del núcleo magnético.

37 Aunque las piezas de núcleo se han descrito como devanadas a partir de una banda continua de material magnético blando de película delgada, esto no es un requisito. Alternativamente, los núcleos magnéticos pueden formarse apilando tiras de material formadas individualmente para formar un núcleo magnético de cualquier forma deseada. Además, las tiras individuales pueden apilarse una encima de la otra siendo cada pieza del mismo tamaño y forma o, alternativamente, las tiras individuales pueden apilarse una junto a la otra con diversas piezas individuales que tienen diferentes tamaños y formas. Estos diversos enfoques permiten formar una amplia variedad de formas específicas.

38 Como saben los expertos en la técnica, cuando se recoce un material magnético blando de película delgada, puede tener una dirección particular a lo largo de la cual se dirigirá el flujo magnético de la manera más eficaz. Para una banda de material magnético blando de película delgada, esta dirección es típicamente a lo largo de la longitud de la banda o a lo ancho de la banda. Al utilizar el enfoque apropiado descrito anteriormente para formar cada uno de los núcleos magnéticos, los núcleos magnéticos pueden formarse de manera que el material siempre esté orientado de tal manera que el flujo magnético se dirija a través de las piezas a lo largo de la dirección del material que dirige de manera más eficiente el flujo magnético.

39 Los dispositivos 100 y 300 también incluyen una disposición 550 de conmutación, mostrada en las figuras 1 y 3, para activar y desactivar las bobinas 118 y las bobinas 308 respectivamente con polaridad alterna. La disposición 550 de conmutación puede ser cualquier controlador adecuado y fácilmente suministrable que sea capaz de activar y desactivar dinámicamente los ensamblajes 114 y 306 electromagnéticos. Preferiblemente, la disposición 550 de conmutación es un controlador programable capaz de activar y desactivar los ensamblajes electromagnéticos a una tasa de velocidad mucho mayor que se realiza normalmente en motores y generadores eléctricos convencionales. Esto se debe a la velocidad inherente a la que el campo magnético se puede conmutar en un núcleo magnético blando de película delgada.

40 De acuerdo con otro aspecto de la invención, los dispositivos 100 y 300 incluyen una disposición de rotor y estator de conteo de polos muy alto. Como se describirá ahora con más detalle, esta configuración de alto conteo de polos proporciona varios beneficios sustanciales e inesperados en comparación con los motores/generadores de la técnica anterior que utilizan núcleos magnéticos formados a partir de materiales magnéticos blandos de película delgada. Como se indica en las patentes de la técnica anterior citadas en los antecedentes de la invención, se han descrito dispositivos de la técnica anterior que utilizan núcleos magnéticos formados a partir de películas de metal amorfo. Sin

embargo, estos motores se han descrito como motores de bajo conteo de polos que utilizan las capacidades de alta frecuencia del material de metal amorfo para proporcionar motores de muy alta velocidad de rotación. La presente invención aprovecha las capacidades de alta frecuencia de una manera novedosa. En lugar de utilizar la alta frecuencia para producir una alta velocidad de rotación, la presente invención combina las capacidades de alta frecuencia de un núcleo magnético formado a partir de material magnético blando de película delgada con conteo de polos extraordinariamente altos. Esta combinación proporciona dispositivos capaces de densidades de potencia muy altas mientras mantienen velocidades de rotación muy manejables.

41 Aunque los dispositivos de la técnica anterior pueden ser capaces de lograr densidades de potencia global relativamente comparables en comparación con las descritas en este documento, obtienen la salida de alta potencia proporcionando un dispositivo de velocidad de rotación muy alta. Esto significa que para muchas aplicaciones en las que no se desea la alta velocidad de rotación, se deben usar engranajes reductores, lo que hace que el sistema general que usa el engranaje reductor pierda eficiencia. En muchas situaciones, un dispositivo diseñado de acuerdo con este aspecto de la invención elimina por completo la necesidad de engranajes reductores, mejorando así la eficiencia global del sistema que utiliza el dispositivo. Además, dado que los dispositivos de la invención son capaces de suministrar altas densidades de potencia mientras operan a velocidades de rotación mucho más bajas que las contempladas anteriormente, estos dispositivos no están sujetos a las fuerzas centrífugas extremas generadas por dispositivos de velocidad de rotación mucho más altas. Esto hace que los dispositivos de acuerdo con la invención sean mucho más fiables y económicos de fabricar en comparación con los dispositivos de alta velocidad de rotación.

42 Además de la ventaja de proporcionar una densidad de potencia muy alta a velocidades de rotación relativamente bajas, los dispositivos diseñados de acuerdo con la presente invención proporcionan otro beneficio imprevisto. Suponiendo que el área de conexión se mantiene constante, es decir, asumiendo que el área física real que existe entre los polos del estator y los polos del rotor se mantiene constante, aumentar el conteo de polos en realidad reduce la cantidad de material necesario para proporcionar los ensamblajes electromagnéticos generales. Esto se ilustra en la figura 6, que es un diagrama que ilustra vistas en planta de dos configuraciones de polos de estator diferentes. A la izquierda, una disposición 600 de polos de estator de forma cuadrada incluye un polo 602 de estator y un devanado 604 que rodea el perímetro del polo del estator. A la derecha de la figura 6, la disposición 606 de polos del estator incluye 4 polos 608a-d de forma rectangular más estrechos y devanados 610a-d asociados que rodean el perímetro de cada polo del estator. En este ejemplo, el área del polo 602 de estator es igual al área total de los polos 608a-d de estator. Sin embargo, cada uno de los devanados 610a-d de la disposición 606 solo necesita tener una cuarta parte de los devanados en comparación con los devanados 604 para proporcionar la misma conexión de flujo general que la disposición 600 de polos de estator ya que cada devanado 610a-d solo necesita generar un cuarto de la conexión de flujo.

43 Como se ilustra en la figura 6, la anchura total W de ambas disposiciones 600 y 606 es la misma. Además, el área, y por lo tanto el volumen, de los devanados a lo largo de los lados de los polos del estator de ambas disposiciones es el mismo que el indicado por las porciones sombreadas en cruz de los devanados de las dos disposiciones. Sin embargo, como se muestra claramente en la figura 6, el grosor T_2 , y por lo tanto el área y el volumen, de los devanados por encima y por debajo de los polos del estator en la disposición 606 se reduce a una cuarta parte del grosor T_1 de la disposición 600. Esto reduce significativamente el peso del coste total del material asociado con el dispositivo. Además, si el dispositivo es un dispositivo que incluye un hierro posterior para interconectar magnéticamente los polos del estator para proporcionar un trayecto de retorno para el flujo, el grosor requerido del hierro posterior también se reduce en un factor de cuatro, ya que el área de cada polo del estator se reduce en un factor de cuatro. Dado que estos dispositivos de alto conteo de polos proporcionan el mismo torque que los dispositivos de bajo conteo de polos que tienen la misma área de conexión, estas reducciones en la cantidad de material requerido tienen el potencial de reducir significativamente el peso, tamaño y coste del material asociado con el dispositivo de mayor conteo de polos.

44 Ahora que se ha descrito el enfoque general para diseñar un dispositivo de alta frecuencia/alto conteo de polos de acuerdo con la invención, se describirán ejemplos específicos para señalar más claramente las ventajas de este enfoque. En un primer ejemplo, se describirá un motor de imán permanente que tiene la configuración descrita anteriormente con referencia a las figuras 1 y 2. Esta configuración coloca el rotor cerca del perímetro exterior del dispositivo, lo que proporciona el brazo de torque lo más grande posible para un dispositivo de tamaño dado.

45 En este primer ejemplo, el motor está diseñado para tener un diámetro total de aproximadamente 8 pulgadas y un ancho total de aproximadamente 4 pulgadas. Además, se utilizan 48 pares de segmentos magnéticos para formar los polos del rotor y se utilizan 48 ensamblajes electromagnéticos. Cada pieza de núcleo en forma de U se forma utilizando material nanocristalino que tiene un ancho de cinta de 0.150 pulgadas, lo que le da al núcleo magnético en forma de U de una pieza un grosor total de aproximadamente 0.150 pulgadas. Para este ejemplo, el núcleo magnético en forma de U total es de aproximadamente 2 1/4 pulgadas de ancho y 1 3/4 pulgadas de alto con cada pata del núcleo en forma de U sobresaliendo aproximadamente 3/4 de una pulgada desde la base del núcleo en forma de U y un espacio de aproximadamente 1/4 de pulgada entre las dos patas del núcleo en forma de U. Esta configuración da como resultado dos polos del estator que miden 3/4 de pulgada de largo y que tienen un área de la cara del polo del estator de aproximadamente 1 pulgada de ancho por 0.150 pulgadas de grosor. En este ejemplo, las bobinas se forman en cada pata del núcleo en forma de U devanando dos capas de cable de calibre 18 sobre cada pata a lo largo de toda la longitud de 3/4 de pulgada de las patas. Esto da como resultado un grosor de devanado de aproximadamente 1/16 de pulgada. Los súper imanes se utilizan para formar los polos del rotor, con cada segmento de imán de

aproximadamente 3/16 de pulgada de grosor y 1 pulgada de ancho, y cada segmento de imán tiene un tramo de imán de aproximadamente 1/3 de pulgada a lo largo de la dirección del trayecto de rotación del rotor. Esta configuración da como resultado un dispositivo general que tiene un brazo de torque de 3 1/2 pulgadas y pesa solo alrededor de 20 libras.

5 46 Debido a que el dispositivo descrito anteriormente usa un material magnético blando de película delgada para formar los núcleos del estator, este dispositivo está diseñado para operar de manera muy eficiente a frecuencias de hasta al menos 1500 Hz. Además, dado que se utilizan 48 pares de imanes con cada trayecto circular que tiene 48 segmentos de imán que alternan en polaridad de norte a sur, el dispositivo pasará por 24 ciclos por cada rotación del rotor. Por lo tanto, cuando funciona a 1500 ciclos por segundo, el dispositivo girará a una tasa de 62 1/2 revoluciones por segundo o 3750 RPM. Esto da como resultado una relación de frecuencia muy alta (1500 Hz) a RPM (3750) de 0.4 que es sustancialmente mayor que la de los dispositivos de la técnica anterior. Esta relación de frecuencia a RPM es una relación fácil de determinar y es una relación que puede usarse para diferenciar los dispositivos diseñados de acuerdo con la invención de los dispositivos de la técnica anterior.

15 47 Con base en métodos de modelado magnético probados y con base en resultados de pruebas de componentes y dispositivos específicos construidos de acuerdo con la invención, se espera que un motor construido según las especificaciones descritas anteriormente proporcione las siguientes características de rendimiento. Como se mencionó anteriormente, el motor opera en un rango de frecuencia de 0-1500 Hz y gira a velocidades en el rango de 0-3750 RPM. Además, el motor solo pesa alrededor de 20 libras. Se espera que el torque máximo sea de aproximadamente 70 pies-libras con un torque continuo de aproximadamente 50 pies-libras. Se espera que la potencia en C. V. pico sea de aproximadamente 53 HP a 3750 RPM y se espera que el motor produzca una salida de potencia en C. V. continua de aproximadamente 35 HP a 3750 RPM. Como puede verse por estos resultados, los dispositivos diseñados de acuerdo con la invención son capaces de densidades de potencia muy altas.

25 48 Aunque se ha descrito que los dispositivos descritos anteriormente tienen 48 pares de imanes y 48 ensamblajes electromagnéticos, esto no es un requisito. De hecho, la realización preferida de la invención para ciertas aplicaciones puede utilizar conteo de polos mucho más altos en dispositivos de mayor diámetro. Por ejemplo, en el caso de un motor que está diseñado de acuerdo con la invención y que está diseñado para usarse como un motor de cubo para impulsar directamente la rueda de un vehículo, el diámetro total del motor puede ser sustancialmente mayor y el número de imanes y electroimanes puede ser mucho mayor. Para ilustrar este punto, se describirá brevemente una realización preferida de un motor de cubo para accionar la rueda de un vehículo.

30 49 En esta realización, el motor de cubo se diseñará para tener un diámetro total de 15 pulgadas, que es un tamaño de rueda de vehículo común. Con base en este tamaño de rueda, esta realización del motor de cubo de transmisión directa se diseñará para funcionar a aproximadamente 1500 RPM ya que esto proporcionaría una velocidad superior apropiada para el tamaño de rueda del vehículo dado. Además, como se describió anteriormente, el motor se diseñará para funcionar dentro de un rango de frecuencia de 0-1500 Hz. Dados estos parámetros, el motor tendrá una relación de frecuencia a RPM de 1 a 1. Nuevamente, esta relación de frecuencia a velocidad de rotación es mucho mayor que la de los motores convencionales. Además, dado que la relación de frecuencia a RPM es de 1 a 1 para este dispositivo, el dispositivo necesitará pasar 60 ciclos por revolución y requerirá un conteo de polos de 120 polos de rotor, y en este caso 120 ensamblajes electromagnéticos ya que siendo este dispositivo descrito como un dispositivo monofásico por motivos de simplicidad. Usando el mismo diseño básico que se describió anteriormente para el motor de 8 pulgadas y el dispositivo 100 de la figura 1, los 120 pares de imanes se distribuirían alrededor del perímetro exterior del motor y los 120 ensamblajes electromagnéticos se colocarían en una orientación hacia afuera frente a los imanes de rotor. Esta configuración proporcionaría un brazo de torque de aproximadamente 7 pulgadas, o el doble del descrito para el motor de 8 pulgadas. Además, dado que el grosor de cada ensamblaje electromagnético es inferior a 1/3 de pulgada y la circunferencia del dispositivo en la brecha de aire entre el rotor y el estator es de aproximadamente 44 pulgadas, hay sitio para 120 ensamblajes electromagnéticos que son exactamente del mismo tamaño y configuración que los descritos anteriormente para el motor de 8 pulgadas.

50 50 Al ampliar el diseño como se describió anteriormente, el dispositivo más grande de 15 pulgadas proporcionaría las siguientes características de rendimiento. Como se mencionó anteriormente, el motor opera en un rango de frecuencia de 0-1500 Hz y gira a velocidades en el rango de 0-1500 RPM. Además, el motor pesaría alrededor de 50 libras. El torque sería aproximadamente cinco veces mayor que el del motor de 8 pulgadas, lo que daría un torque máximo de 350 pies-libras con un torque continuo de alrededor de 250 pies-libras. Esto se debe a que el brazo de torque se duplica de 3 1/2 pulgadas a 7 pulgadas y porque el número de electroimanes va de 48 a 120. Por lo tanto, el torque se incrementa en un factor de 2 veces 120/48, lo que equivale a 5. La potencia en C.V pico sería de aproximadamente 100 HP a 1500 RPM y el motor produciría una potencia en C.V continua de aproximadamente 71 HP a 1500 RPM.

55 51 Cuando se comparan dispositivos diseñados de acuerdo con la presente invención, la relación de frecuencia a RPM proporciona una característica que se distingue fácilmente. Por ejemplo, la gran mayoría de los motores disponibles actualmente están diseñados para funcionar entre 50 y 60 Hz. La razón principal de esto es que estas son las frecuencias disponibles en las redes de potencia eléctricas de AC. Sin embargo, otra razón para esto, y una de las razones por las que se proporciona potencia AC a esta frecuencia, es que estas frecuencias están dentro de las capacidades de frecuencia de un motor de núcleo de hierro convencional. Estos motores también están diseñados

con mayor frecuencia para funcionar a velocidades de rotación de alrededor de 1800 RPM. Esto le da a estos tipos de motores una relación de frecuencia a RPM de 60 a 1800 o 0.03.

52 Incluso en el caso de motores especiales con núcleo de hierro, las frecuencias suelen permanecer por debajo de 400 Hz. Esto se debe a que el material del núcleo de hierro simplemente no puede responder a los campos cambiantes tan rápidamente sin causar pérdidas muy grandes que se manifiestan en forma de calor. Por lo tanto, para mantener bajas las frecuencias de los motores y generadores convencionales, estos dispositivos se han diseñado históricamente con conteos de polos relativamente bajos. A medida que se desarrollaban nuevos materiales que podían operar a frecuencias más altas, tales como metales amorfos, la tendencia era utilizar los nuevos materiales en diseños de motores convencionales. Esto permitió que estos dispositivos que usaban los nuevos materiales de alta frecuencia operaran a RPM mucho más altas. Sin embargo, la presente invención proporciona un nuevo enfoque para diseñar dispositivos que utilizan materiales de alta frecuencia. En lugar de usar el material de alta frecuencia para permitir dispositivos de mayor velocidad, la presente invención combina las capacidades de alta frecuencia con conteos de polos dramáticamente más altos para proporcionar dispositivos que tienen una relación de frecuencia a velocidad de rotación que es mayor que la de los dispositivos de la técnica anterior. Por ejemplo, los dispositivos diseñados de acuerdo con la presente invención tendrán una relación de frecuencia a velocidad de rotación mayor de 1 a 4 cuando la frecuencia se mide en ciclos por segundo y la velocidad de rotación se mide en RPM. Esta relación de alta frecuencia a velocidad de rotación de más de 0.25 proporciona dispositivos de alto torque de bloqueo que son capaces de densidades de potencia muy altas y aún así funcionan a velocidades de rotación muy manejables.

53 En resumen, este escrito ha divulgado un dispositivo tal como un motor eléctrico, un generador eléctrico y/o un motor eléctrico regenerativo que incluye una pluralidad de ensamblajes electromagnéticos energizables independientes. Cada ensamblaje electromagnético independiente tiene asociado un núcleo magnético de una pieza formado a partir de un material magnético blando de película delgada. Cada ensamblaje electromagnético independiente define dos polos del estator ubicados en los extremos opuestos del núcleo magnético de una pieza. Cada núcleo magnético de una pieza proporciona el trayecto completo de retorno magnético para los dos polos del estator magnético opuestos asociados con cada ensamblaje electromagnético independiente.

54 Aunque las realizaciones descritas anteriormente se han descrito con los diversos componentes que tienen orientaciones respectivas particulares, debe entenderse que la presente invención puede adoptar una amplia variedad de configuraciones específicas con los diversos componentes ubicados en una amplia variedad de posiciones y orientaciones mutuas y aún permanecen dentro del alcance de la presente invención. Por ejemplo, aunque se describió que cada disposición de estator incluye un cierto número de polos de estator y que el rotor incluye un cierto número de polos de rotor, esto no es un requisito. En cambio, la disposición del estator puede tener cualquier número deseado de polos del estator y el rotor cualquier número de polos de rotor y aún permanecer dentro del alcance de la invención.

55 Además, el dispositivo descrito actualmente se aplicaría igualmente a una amplia variedad de motores eléctricos y generadores siempre que la disposición del estator del dispositivo incluya una pluralidad de ensamblajes electromagnéticos, teniendo cada ensamblaje un núcleo de una pieza formado a partir de un material magnético blando de película delgada que proporciona todo el trayecto de retorno de los polos del estator de ese ensamblaje. O, alternativamente, el dispositivo se aplicaría igualmente a una amplia variedad de motores y generadores eléctricos siempre que el dispositivo incluya una disposición de estator que tenga un núcleo magnético formado a partir de un material de núcleo magnético blando de película delgada y funcione con una relación de frecuencia a velocidad de rotación de 0.4. Estos diversos generadores y motores comprenden máquinas DC sin escobillas o DC síncronas. Estos diversos dispositivos también incluyen dispositivos monofásicos y dispositivos multifase. Por tanto, los presentes ejemplos deben considerarse ilustrativos y no restrictivos, y la invención no debe limitarse a los detalles que se dan en este documento, sino que puede modificarse dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo (100) seleccionado del grupo de dispositivos que consta de un motor eléctrico, un generador eléctrico y un motor eléctrico regenerativo, el dispositivo incluye una disposición (102) de rotor con una pluralidad de polos (112a, 112b) de rotor y una disposición (104) de estator con una pluralidad de polos (120a, 120b) de estator,
- 5 la disposición (102) de rotor ubicada alrededor del perímetro del dispositivo (100), y soportada para girar alrededor de la disposición de estator;
- la disposición (104) de estator ubicada radialmente dentro de la disposición (102) de rotor con una brecha (108) de aire que separa la disposición (104) de estator de la disposición (102) de rotor; la disposición de rotor incluye múltiples pares (112) de imanes de segmentos de imán permanente que comprenden un polo (112a) de rotor norte adyacente a un polo (112b) de rotor sur, los pares de imanes colocados alrededor de la periferia interior de la disposición (102) de rotor mirando hacia la brecha (108) de aire, para interactuar magnéticamente con los polos (120a, 120b) de estator de la disposición del estator, ambos polos (112a) del rotor norte y los polos (112b) del rotor sur de cada par de imanes se colocan a lo largo de una línea paralela al eje de rotación del dispositivo definiendo de este modo dos trayectos circulares adyacentes cuando la disposición del rotor gira alrededor del eje (106) de rotación del dispositivo (100), y con las polaridades de cada par de imanes consecutivos invertidos de modo que los segmentos de imán adyacentes se alternan de norte a sur alrededor de la disposición completa del rotor en ambos trayectos circulares definidos por los pares (112) de segmentos magnéticos;
- 10 la disposición (104) de estator incluye un múltiplo correspondiente de ensamblajes (114) electromagnéticos energizables independientes, cada ensamblaje (114) electromagnético energizable comprende al menos una bobina (118) eléctrica alrededor de un núcleo (116) magnético de una pieza en forma de U para proporcionar dos polos (120a, 120b) de estator ubicados en los extremos de las patas de cada núcleo magnético de una pieza en forma de U, los ensamblajes (114) electromagnéticos colocados de manera que los polos (120a, 120b) de estator de cada ensamblaje electromagnético estén ubicados adyacentes entre sí y alineados entre sí a lo largo de una línea paralela al eje (106) de rotación, frente a la brecha (108) de aire y hacia pares (112a, 112b) de segmentos de imán; cada núcleo magnético de una pieza se forma a partir de una banda de metal amorfo o nanocristalino, material magnético blando de película delgada, devanado o apilado en tiras, recocido y cortado para formar un núcleo en forma de U de una pieza, con el material de película delgada orientado de manera que el flujo magnético se dirija a través de las piezas a lo largo de la dirección del material que dirige el flujo magnético de manera más eficiente, cada núcleo (116) magnético proporciona el trayecto de retorno magnético completo, sin brechas parasitarias, para los dos polos (120a, 120b) estatores magnéticos opuestos asociados con el núcleo (116) magnético, y sin necesidad de un hierro posterior para conectar los polos (120a, 120b) de estator.
- 20 2. Un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, en donde cada uno de los ensamblajes (114) electromagnéticos independientes se puede quitar y reemplazar de forma independiente.
3. Un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el dispositivo incluye además una disposición (550) de conmutación para controlar los ensamblajes (114) electromagnéticos, estando configurada la disposición de conmutación para hacer que los polos (120a, 120b) de estator de los ensamblajes electromagnéticos interactúen magnéticamente con los polos (112a, 112b) de rotor de la disposición (102) de rotor a una frecuencia de al menos 500 ciclos por segundo mientras el dispositivo se hace funcionar dentro de al menos una porción del rango de velocidad de rotación de funcionamiento normal.
- 35 4. Un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 3, en donde el número de polos (112a, 112b) de rotor es tal que la disposición (550) de conmutación hace que los polos (120a, 120b) de estator de los ensamblajes (114) electromagnéticos interactúen magnéticamente con los polos de rotor de la disposición (102) de rotor de manera que la relación de la frecuencia del dispositivo en ciclos por segundo con respecto a las revoluciones por minuto del dispositivo es 0.4 durante el funcionamiento del dispositivo.
- 40 5. Un dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la disposición (102) de rotor incluye al menos 36 pares de polos (112a, 112b) de rotor adyacentes.
6. Un dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde la disposición (104) de estator incluye al menos 48 ensamblajes (114) electromagnéticos.
7. Un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el dispositivo es un dispositivo de fases múltiples.

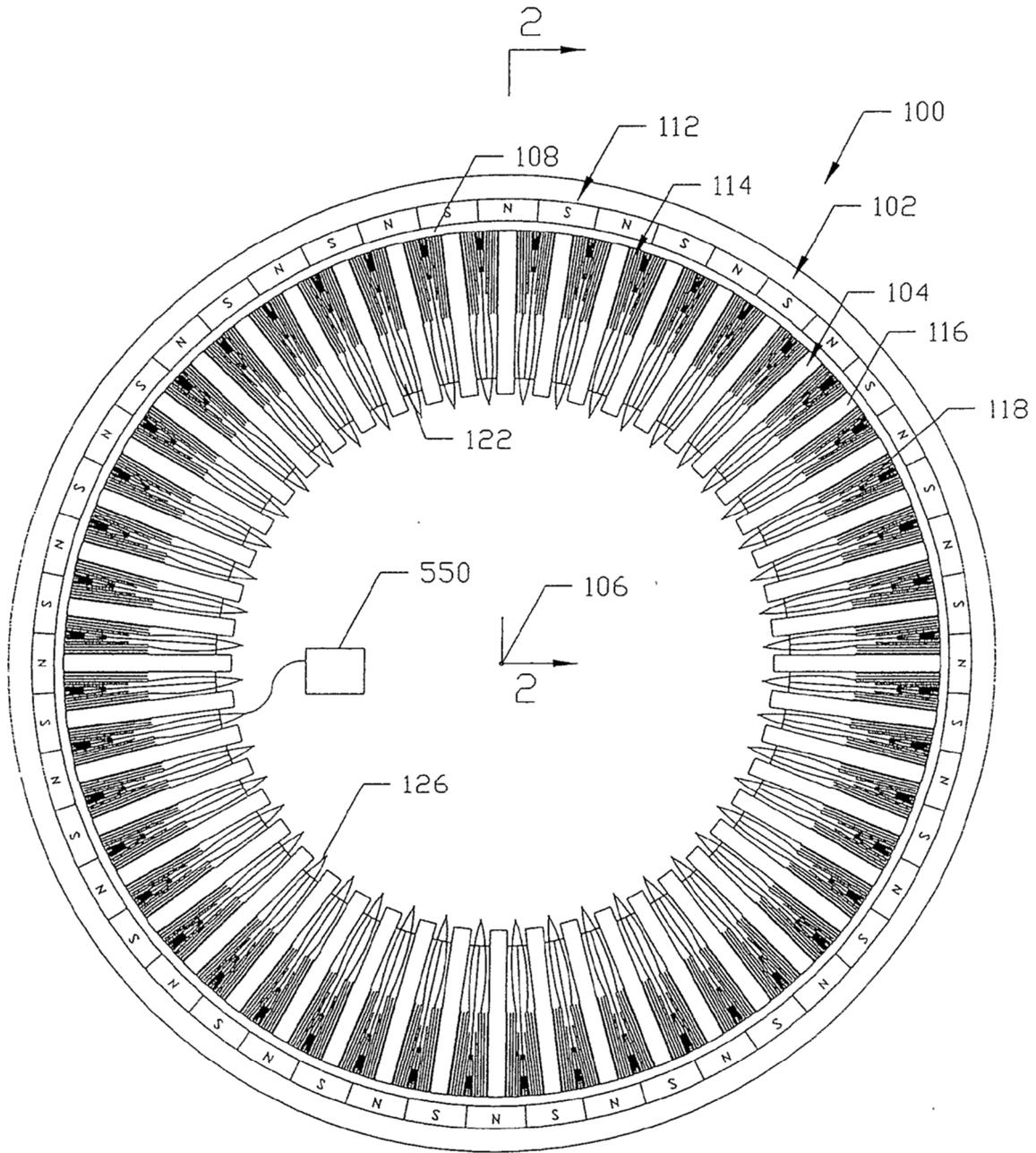


Figura 1

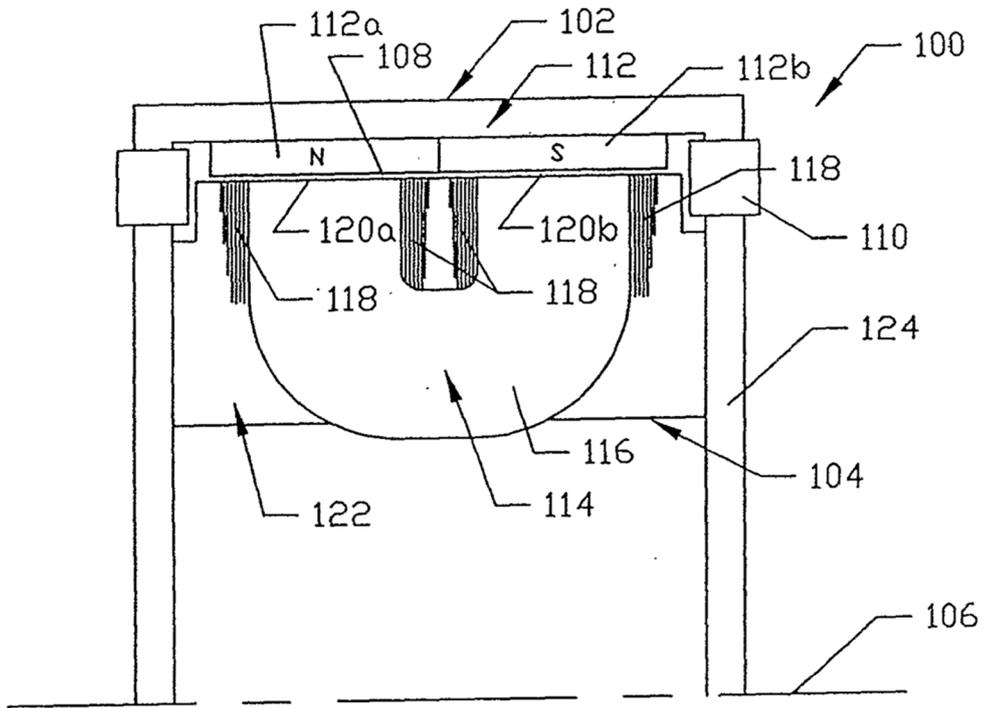


Figura 2

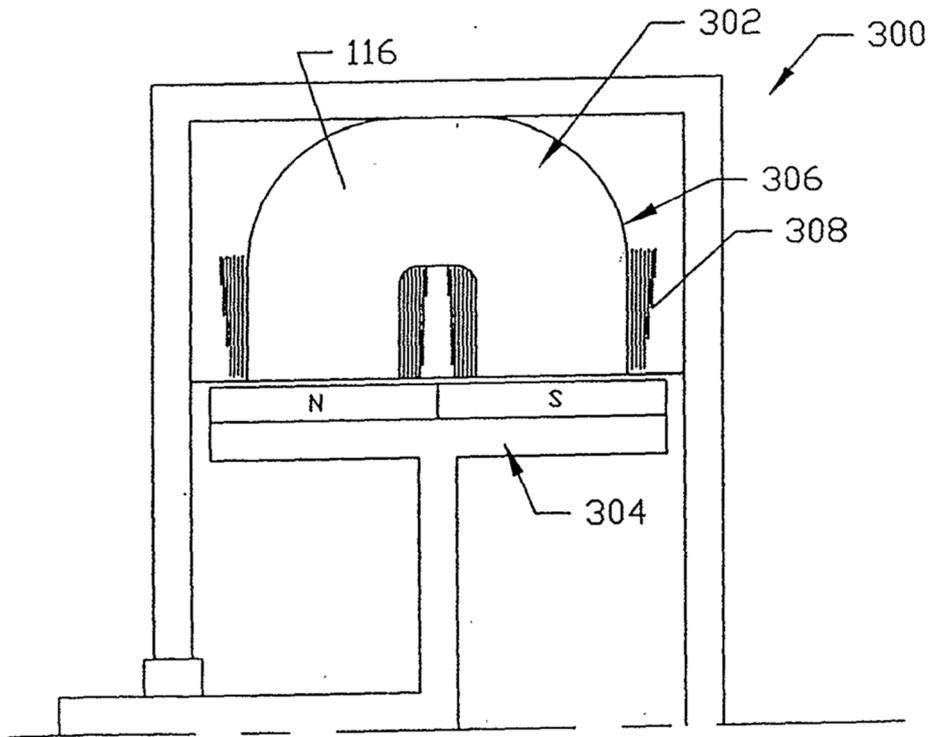


Figura 4

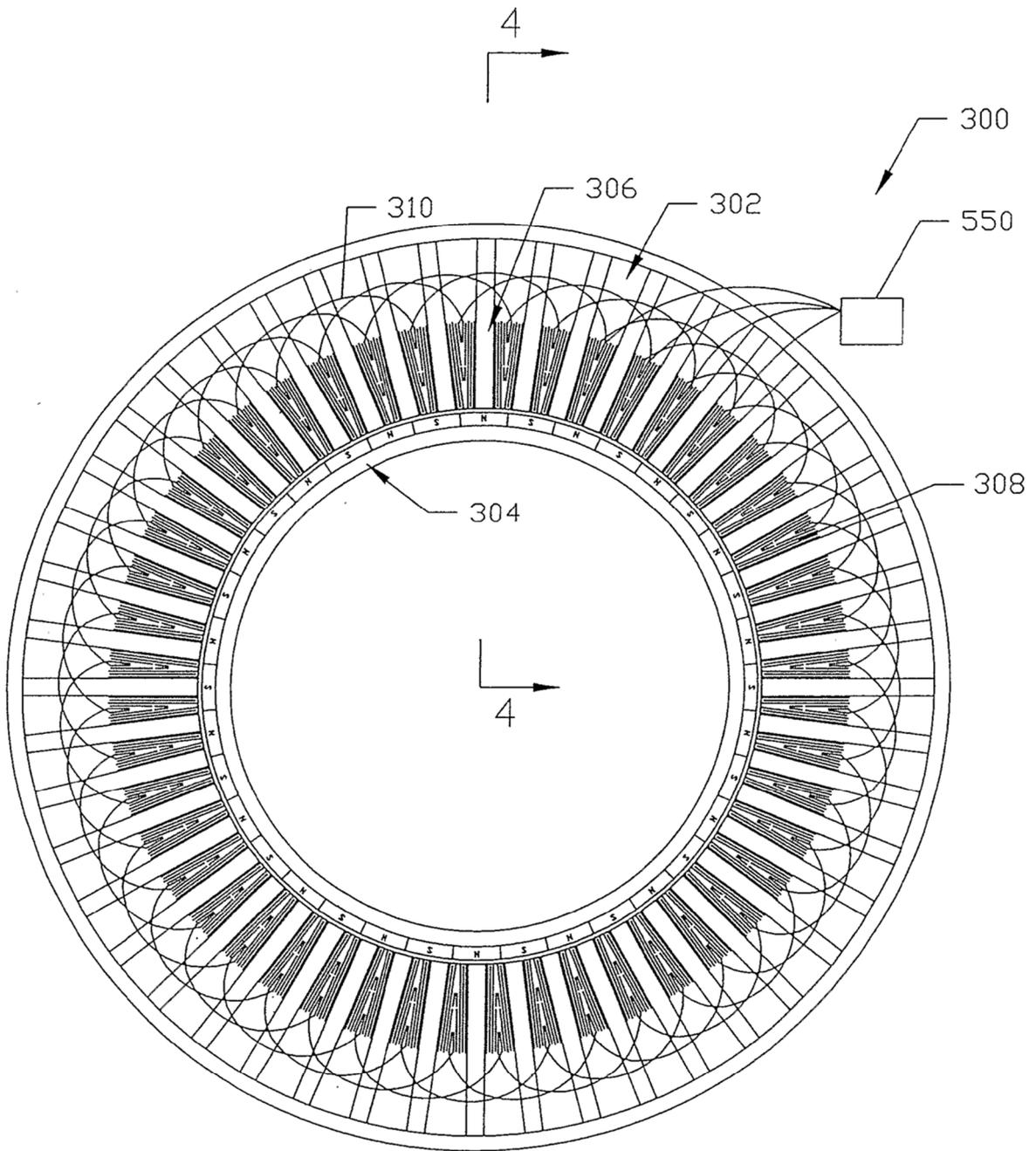


Figura 3

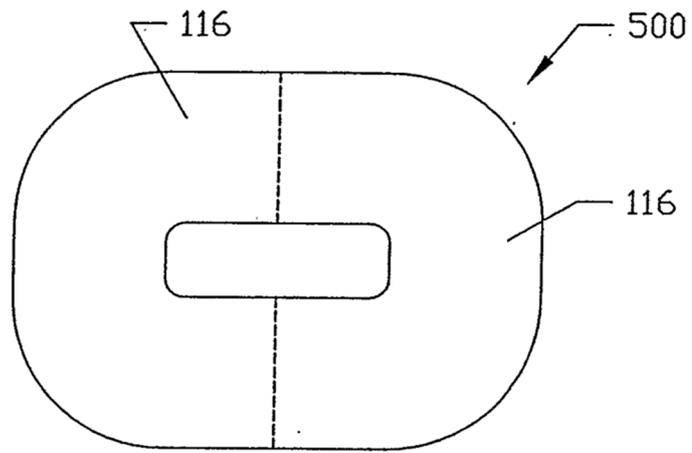


Figura 5

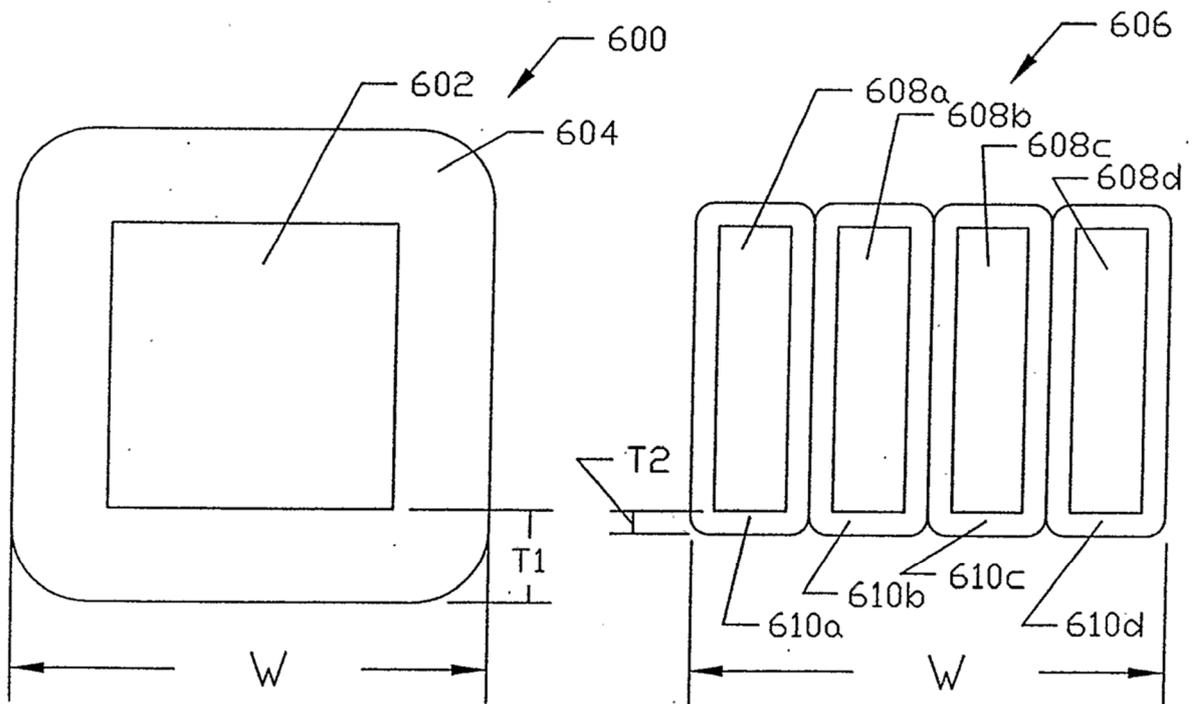


Figura 6