

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 825 148**

51 Int. Cl.:

H02K 21/12	(2006.01) H02K 16/00	(2006.01)
H02K 21/24	(2006.01) H02K 16/02	(2006.01)
H02K 21/26	(2006.01) H02K 19/10	(2006.01)
H02K 21/28	(2006.01) B60L 15/20	(2006.01)
H02K 21/38	(2006.01) H02K 1/04	(2006.01)
H02K 1/02	(2006.01) H02K 1/18	(2006.01)
H02K 1/06	(2006.01)	
H02K 1/14	(2006.01)	
H02K 1/17	(2006.01)	
H02K 1/27	(2006.01)	

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.01.2010 PCT/IL2010/000007**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **12.08.2010 WO10089734**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.01.2010 E 10705439 (7)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.08.2020 EP 2394351**

54 Título: **Máquina eléctrica**

30 Prioridad:

05.02.2009 US 150037 P
20.08.2009 US 235371 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
14.05.2021

73 Titular/es:

EVRO MOTORS LTD. (100.0%)
P.O.B. 3751
Petah Tikva, 4951018, IL

72 Inventor/es:

ROZINSKY, ELIYAHU;
KISLEV, VIKTOR y
SHABINSKI, RUSLAN

74 Agente/Representante:

SÁNCHEZ SILVA, Jesús Eladio

ES 2 825 148 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

Máquina eléctrica

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a máquinas eléctricas con excitación electromagnética y/o con excitación por imanes permanentes y, más específicamente, a máquinas eléctricas provistas de conductores magnéticos fabricados con materiales magnéticamente isotrópicos y anisotrópicos y su combinación para reducir las pérdidas en los circuitos antes mencionados.

Antecedentes de la invención

15 Los conductores magnéticos de las máquinas eléctricas proporcionan una baja reluctancia magnética cuando los flujos magnéticos pasan por ellos. Los flujos magnéticos son creados por fuentes de campo magnético, específicamente, una bobina del electroimán y un imán permanente. Cuando el flujo magnético es conducido a través de los conductores magnéticos, las pérdidas que ocurren definen la eficiencia de una máquina eléctrica.

20 Un primer grupo de pérdidas está determinado por una configuración de conductor magnético y un material del cual está fabricado el conductor magnético mencionado anteriormente. Estas pérdidas son la generación de calor cuando el conductor magnético conduce una variación lenta. Las pérdidas son provocadas por corrientes parásitas (corrientes de Foucault) y pérdidas por histéresis (inversión magnética). Con esto, un material de conductor magnético debe caracterizarse por una inducción magnética de alta saturación.

25 Para reducir las pérdidas por corrientes parásitas, el conductor magnético está fabricado de un material no conductor. Por ejemplo, el conductor magnético está apilado de estampados con acero recubiertos con polímeros de organosilicio no conductores. Los estampados están orientados de cierta manera con respecto al flujo magnético que se conduce a través del conductor magnético. Una solución técnica alternativa es un material ferromagnético en polvo que comprende un compuesto de relleno aislante.

30 Las pérdidas por histéresis se reducen mediante el uso de materiales caracterizados por un bucle de histéresis estrecho y un alto valor de permeabilidad magnética. En el caso de un conductor magnético fabricado de un material anisotrópico, aparecen pérdidas mínimas en una dirección de fácil magnetización.

35 Sin embargo, una disposición clásica de una máquina eléctrica comprende un conductor magnético fabricado de acero laminado al que se conectan los imanes. En la figura 8, se hace referencia a una placa de estator 180 de una máquina eléctrica de 4 polos conocida cortada a partir de una lámina de acero laminada con polímeros de organosilicio. Como se observa en la figura 8, solo una parte de un flujo magnético es paralelo a una dirección de fácil magnetización.

40 El uso de material isotrópico está limitado por problemas técnicos con la producción de conductores magnéticos de gran dimensión y configuración compleja que enlazan fuentes de campo magnético en la máquina eléctrica.

Un segundo grupo de pérdidas se atribuye a la máquina eléctrica con imanes permanentes.

45 Los imanes permanentes se desmagnetizan bajo la influencia de los flujos magnéticos de los electroimanes. La desmagnetización antes mencionada da como resultado una depresión del flujo magnético y, en consecuencia, una disminución del torque de giro y la potencia.

50 Además, en las máquinas eléctricas con imanes permanentes, una ondulación del torque de detención dificulta el arranque de la máquina eléctrica desde el reposo y la ralentiza durante el funcionamiento. Los imanes permanentes hacen un esfuerzo por estar en la posición correspondiente a la mínima reluctancia de un trayecto cerrado de flujo magnético.

55 De acuerdo con el análisis mencionado anteriormente, la reducción de pérdidas del primer y segundo grupos es una necesidad insatisfecha desde hace mucho tiempo que es relevante tanto para la producción de energía eléctrica por un generador eléctrico como para el consumo de energía eléctrica por un motor eléctrico. Específicamente, con respecto a la máquina eléctrica con imanes permanentes, una necesidad sentida desde hace mucho tiempo es evitar la desmagnetización de los imanes permanentes antes mencionados y reducir la ondulación del torque de detención.

60 El documento EP 1283276 divulga una banda de aleación de hierro que tiene un calibre de 0,1 a 5 mm y una variación de la intensidad del campo magnético dentro de la banda de 0 a 10 Hz, fabricada de una aleación de hierro que consiste esencialmente, en % en peso, 0,0001-0,02 % de C, 0,0001-5 % de Si, 0,001-0,2 % de Mn, 0,0001-0,05 % de P, 0,0001-0,05 % de S, 0,0001-5 % de Al, 0,001-0,1 % de O, 0,0001-0,03 % de N, 0-10 % de Co, 0-10 % de Cr, 0,01-5 % en total de Ti, Zr, Nb, Mo, V, Ni, W, Ta y/o B, y el equilibrio de Fe, y con una densidad de flujo magnético de saturación de 1,7-2,3 Tesla, una permeabilidad relativa máxima de 1200-22 000 y una fuerza coercitiva de 20-380 A/m

65

es adecuada para su uso como yugos en circuitos magnéticos de motores de bobina móvil. La tira de aleación de hierro es altamente resistente a la corrosión y elimina la necesidad de un revestimiento resistente a la corrosión.

5 El documento WO/2003/003385 divulga un dispositivo magnético que se fabrica uniendo capas de láminas magnéticas que reaccionarán para unir las capas en un cuerpo unitario. Se hacen reaccionar los materiales de unión y se forma el dispositivo. En una realización preferida, el material magnético es un material magnético blando, tal como una aleación de FeCo, y los materiales de unión reactivos son aluminio y FeCoOx que reaccionan para formar capas de alúmina no conductoras entre las regiones magnéticas.

10 El documento US-A-5696419 divulga un generador eléctrico que tiene una pluralidad de miembros de estator en forma de C que están fabricados de un material magnéticamente permeable. Cada miembro de estator en forma de C incluye un devanado de estator respectivo, y los miembros de estator se colocan de manera que los extremos de los miembros formen un primer y segundo anillos planos de igual diámetro para establecer un espacio entre ellos. Un rotor plano en forma de anillo define una periferia, y una pluralidad de imanes permanentes están colocados alrededor de la periferia.
15 El rotor se coloca con los imanes del rotor dispuestos en el espacio definido por los miembros del estator. En consecuencia, cuando un motor primario hace rotar el rotor para mover los imanes a través del espacio, se induce una corriente eléctrica en los devanados del estator.

20 El documento US-A-2002/125781 divulga una máquina electromotriz que comprende un elemento de estator y un elemento de rotor, el elemento de estator incluye al menos un conjunto de cuatro miembros electromagnéticos con forma toroidal, los miembros electromagnéticos están dispuestos a lo largo de un arco a una distancia predeterminada de separación definiendo una longitud del arco del estator. Cada uno de los miembros tiene una ranura y el elemento de rotor comprende un disco adaptado para pasar a través de las ranuras. El disco contiene una pluralidad de miembros de imán permanente separados uno al lado del otro alrededor de una periferia de los mismos y dispuestos
25 de modo que tengan polaridades norte-sur alternas. Estos miembros de imán permanente están dimensionados y separados de manera que dentro de la longitud del arco del estator la relación entre los miembros del estator y los miembros de imán permanente sea de aproximadamente cuatro a seis. Los miembros electromagnéticos se energizan en forma de empuje-tracción de cuatro fases para crear un torque elevado y un funcionamiento continuo.

30 El documento US-A-2004/251767 divulga un diseño de motor eléctrico en donde la configuración del estator y el rotor está dispuesta para producir un flujo de núcleo conformado de manera eficiente y utilizado para mejorar el torque del motor sin aumentar sustancialmente la potencia eléctrica suministrada al motor. La superficie interna del estator, o bobina, tiene una pluralidad de corrugaciones y ranuras anulares formadas en ella y un número correspondiente de discos de rotor que tienen imanes permanentes fijados a la superficie exterior, los imanes permanentes están
35 posicionados para rotar dentro de las ranuras. Los imanes están opuestos en polaridad disco a disco, además de estar desplazados sobre la circunferencia de modo que un conjunto de discos se alinee con un conjunto de corrugaciones y el otro conjunto de discos se alinee con la cara del polo creada por la intersección de las corrugaciones y las ranuras anulares adyacentes.

40 La energización de la bobina del motor con corriente alterna provoca que los imanes y sus discos asociados se reposicionen de una manera que provoca que el vástago del motor rote y se conforme el campo de flujo del núcleo para un uso más eficiente, aumentando así el torque del motor.

45 El documento GB30167A divulga un dispositivo de generación mejorado, que sirve para generar corriente en cantidad suficiente a un voltaje dado para mantener una chispa de una longitud predeterminada dada dentro de amplios límites de carga; en otras palabras, un generador que, aunque cargado más allá de la corriente necesaria para establecer la chispa, aún tenga capacidad suficiente para mantener dicha chispa.

50 El documento US2006/006745 divulga un soplador integrado para un dispositivo de enfriamiento que comprende un accionamiento eléctrico con al menos un conjunto de un estator plano y un rotor magnetizado, una carcasa con una entrada y una salida, y un impulsor radial.

55 El documento US2008/169720 divulga un transformador electromecánico síncrono que se puede utilizar como motor y generador multifásico, tiene un torque específico alto, un momento de parada pequeño o insignificante, una irregularidad de momento pequeña, se puede operar silenciosamente y tiene una buena permeabilidad al calor entre los devanados y el alojamiento.

60 El documento US5696419 divulga un generador eléctrico que tiene una pluralidad de elementos de estator en forma de C que están fabricados de un material magnéticamente permeable.

El documento US2002125781 divulga una máquina electromecánica sin escobillas.

65 El documento US5982070 divulga un dispositivo tal como un motor eléctrico, un generador eléctrico o un motor eléctrico regenerativo que incluye una pluralidad de disposiciones de rotor y una disposición de estator.

El documento US5179307 divulga un motor de corriente continua, sin escobillas, reversible, de velocidad variable que comprende un rotor, electroimanes, un módulo de conmutación y un módulo de controlador electrónico.

Resumen de la invención

5

La invención proporciona una máquina eléctrica como se reivindica en la reivindicación 1.

El primer y segundo espacios de aire constantes minimizan o eliminan la ondulación y/o torque de detención en la máquina eléctrica de la invención, proporcionando así una máquina eléctrica más eficiente. Otras características preferidas se establecen en la reivindicación 2 y siguientes.

10

Lista de números de referencia

- 15 100 - máquina eléctrica
110 - imán permanente
112 - extensión de polos del imán permanente
113 - conductor magnético del imán permanente
115 - extensión de polos del conductor magnético del imán permanente
20 120 - electroimán
122 - bobina del electroimán
123 - conductor magnético del electroimán
125 - extensión de polos del conductor magnético del electroimán
130 - eje de rotación (vástago)
140 - rotor
25 145 - base del rotor hecha de material no magnético
150 - estator
155 - base del estator fabricada de material no magnético
160 - espacio entre el estator y el rotor
30 170 - conductor magnético fabricado de material isotrópico
180 - conductor magnético fabricado de material anisotrópico
190 - dirección de fácil magnetización
200 - eje de magnetización del imán permanente o del electroimán
 Φ - flujo magnético creado por la fuente magnética
35 Φ_{em} - flujo magnético creado por el electroimán
 Φ_{pm} - flujo magnético creado por el imán permanente

Breve descripción de los dibujos

40 La figura 1 es una vista esquemática de una máquina eléctrica adaptada para su uso como accionamiento eléctrico en el vehículo;

La figura 2 es una vista en sección de la máquina eléctrica representada en la figura 1;

45 La figura 3 es una vista esquemática de la fuente de campo magnético de tipo U provista de la fuente de campo magnético de tipo I en el interior;

La figura 4 es una vista esquemática del conductor magnético del electroimán;

50 La figura 5 es una vista esquemática del imán permanente provisto de las extensiones de polos;

La figura 6 es una vista esquemática de un conductor magnético que comprende una pluralidad de acero eléctrico;

55 La figura 7 es una vista esquemática de la fuente de campo magnético de tipo U provista de la fuente de campo magnético de tipo I en el interior; las extensiones de los polos del electroimán están fabricadas de material magnéticamente isotrópico;

La figura 8 es un diagrama esquemático de la trayectoria del flujo magnético en la máquina eléctrica;

60 La figura 9 es una vista esquemática de una máquina eléctrica provista de los imanes permanentes de la segunda pluralidad que están dispuestos dentro de los imanes eléctricos de la primera pluralidad;

La figura 10 es una vista esquemática de una máquina eléctrica provista de imanes eléctricos de la segunda pluralidad y escobillas que están dispuestas dentro de los imanes eléctricos de la primera pluralidad;

65

- La figura 11 es una vista esquemática de una máquina eléctrica provista de imanes eléctricos de la segunda pluralidad y escobillas que están dispuestas dentro de los imanes permanentes de la primera pluralidad;
- 5 La figura 12 es una vista esquemática de la máquina eléctrica provista del eje de magnetización del electroimán que es paralelo al eje del vástago del rotor;
- La figura 13 es una vista esquemática de la máquina eléctrica provista del eje de magnetización del electroimán que está orientado radialmente hacia el eje del vástago del rotor;
- 10 La figura 14 es una vista esquemática de la máquina eléctrica provista del eje de magnetización del electroimán que está configurado circunferencialmente en el plano perpendicular al eje del vástago del rotor;
- La figura 15 es una vista isométrica de la máquina eléctrica provista de las fuentes de campo magnético de la primera pluralidad en forma de U y las fuentes de la segunda pluralidad en forma de I;
- 15 La figura 16 es una vista isométrica lateral de la máquina eléctrica desde un lado del estator de la máquina eléctrica;
- La figura 17 es un diagrama esquemático de las trayectorias de los flujos magnéticos Φ_{em} y Φ_{pm} de la máquina eléctrica;
- 20 La figura 18 es una vista esquemática del conductor magnético de tipo I del electroimán fabricado de materiales isotrópicos y anisotrópicos;
- La figura 19 es una vista esquemática del conductor magnético de tipo U del electroimán fabricado de materiales isotrópicos y anisotrópicos;
- 25 La figura 20 es una vista esquemática del conductor magnético de tipo C del electroimán fabricado de materiales isotrópicos y anisotrópicos;
- La figura 21 es una vista esquemática del conductor magnético de tipo T del electroimán fabricado de materiales isotrópicos y anisotrópicos;
- 30 La figura 22 es una vista esquemática del conductor magnético de tipo X del electroimán fabricado de materiales isotrópicos y anisotrópicos;
- 35 La figura 23 es una vista esquemática de la fuente magnética de tipo I que comprende el imán permanente y el conductor magnético fabricados de materiales isotrópicos y anisotrópicos;
- La figura 24 es una vista esquemática de la fuente magnética de tipo U que comprende el imán permanente y el conductor magnético fabricados de materiales isotrópicos y anisotrópicos;
- 40 La figura 25 es una vista esquemática de la fuente magnética de tipo C que comprende el imán permanente y el conductor magnético fabricados de materiales isotrópicos y anisotrópicos;
- 45 La figura 26 es una vista esquemática de la fuente magnética de tipo T que comprende el imán permanente y el conductor magnético fabricados de materiales isotrópicos y anisotrópicos;
- La figura 27 es una vista esquemática de la fuente magnética de tipo X que comprende el imán permanente y el conductor magnético fabricados de materiales isotrópicos y anisotrópicos;
- 50 La figura 28 es una vista esquemática de las extensiones de los polos de los conductores magnéticos fabricados de material isotrópico;
- La figura 29 es una vista esquemática de las extensiones de los polos de los conductores magnéticos fabricados de material anisotrópico;
- 55 La figura 30 es una vista esquemática de la extensión de los polos de los circuitos magnéticos del imán permanente;
- La figura 31 es una vista esquemática del par de extensiones de polos con flujo magnético que fluye a través de superficies de tope;
- 60 Las figuras 32 y 33 son vistas esquemáticas del par de extensiones de polos con flujo magnético que fluye a través de superficies laterales y de tope;
- 65 Las figuras 34 y 35 son diagramas esquemáticos de trayectorias de flujos magnéticos Φ_{em} y Φ_{pm} de la máquina eléctrica provista de electroimanes en forma de U como fuentes magnéticas de la primera pluralidad y los imanes

permanentes en forma de I como fuentes magnéticas de la segunda pluralidad;

La figura 36 es una vista despiezada de la máquina eléctrica adaptada para su uso como motor en ruedas;

5 La figura 37 es una vista isométrica de la máquina eléctrica provista de ejes de bobina del electroimán paralelos al eje del rotor;

Las figuras 38 y 39 son vistas esquemáticas de la máquina eléctrica que tiene dos capas;

10 La figura 40 es una vista esquemática de la máquina eléctrica que tiene dos capas desplazadas angularmente una con relación a otra con número de polos variable.

Las figuras 41, 42 y 43 son vistas esquemáticas de la máquina eléctrica que tiene dos secciones desplazadas angularmente una con respecto a la otra; y

15 Las figuras 44 a 104 son diagramas esquemáticos de los circuitos magnéticos de la máquina eléctrica.

Descripción detallada de la invención

20 La siguiente descripción se proporciona, junto con todos los capítulos de la presente invención, para permitir que cualquier experto en la técnica haga uso de dicha invención y expone los mejores modos contemplados por el inventor de llevar a cabo esta invención. Sin embargo, se adaptan varias modificaciones para que sigan siendo evidentes para los expertos en la técnica, ya que los principios genéricos de la presente invención se han definido específicamente para proporcionar máquinas eléctricas provistas de conductores magnéticos fabricados de material magnéticamente
25 isotrópico y anisotrópico para reducir las pérdidas en los conductores antes mencionados.

El término "paso polar τ " en lo sucesivo se refiere a una parte de la armadura de una máquina eléctrica (rotor o estator) que cae sobre un polo. Específicamente, $\tau = D/2p$, donde D es un diámetro de la armadura y $2p$ es un número de polos principales en la máquina eléctrica. El diámetro D se mide en un área del espacio de aire en grados.

30 Ahora se hace referencia a la figura 1, que presenta una máquina eléctrica 100 adaptada para su uso como motor eléctrico en un accionamiento de un vástago 130 en un vehículo (no mostrado). El motor eléctrico 100 comprende cuatro secciones. Una primera pluralidad de fuentes de campo magnético 153 de un estator 150 está fijada a la carrocería de un vehículo (no mostrado). Una segunda pluralidad de fuentes de campo magnético 143 de un rotor 140
35 está fijada a un vástago de la rueda 130.

En la mayoría de los dibujos, la máquina eléctrica 100, las bobinas de los electroimanes, los elementos de la carcasa y los escudos de los extremos no se muestran para simplificar la comprensión de la solución técnica propuesta.

40 Ahora se hace referencia a la figura 2, que presenta una vista en sección transversal de una de las secciones de la máquina eléctrica 100 antes mencionada. Las fuentes de campo magnético de la primera pluralidad comprenden electroimanes 120 provistos de extensiones de polos 125. Las fuentes de campo magnético de la segunda pluralidad son un imán permanente 110 con extensiones de polos 115 que están conectadas mecánicamente a una base de rotor 145 dispuesta de manera giratoria en un eje 130 dentro de las extensiones 125 con un espacio de aire 160. Las
45 fuentes de campo magnético de la primera pluralidad están configuradas en forma de U, mientras que las fuentes de campo magnético de la segunda pluralidad tienen forma de I.

Ahora se hace referencia a la figura 3, que muestra las fuentes de campo magnético 143 y 153 configuradas en forma de I y de U de manera que la fuente de campo magnético 143 está dispuesta dentro de la fuente 153. El espacio de aire 160 constante en el curso del funcionamiento de la máquina eléctrica es proporcionado por los radios R1, R2, R3 y R4. La trayectoria del flujo magnético Φ se mantiene sustancialmente a lo largo de una dirección de fácil magnetización 190.

50 Se hace referencia ahora a la figura 4, que presenta un conductor magnético del electroimán 120 (no mostrado) de la fuente 153 (no mostrado). El conductor mencionado anteriormente comprende un conductor magnético de la bobina del electroimán (núcleo del electroimán) 123 y las extensiones de polo 125. Los elementos 123 y 125 constituyen láminas de acero eléctricas apiladas 180 que se caracterizan por anisotropía magnética.

60 Ahora se hace referencia a la figura 5, que muestra la fuente de campo magnético 143 que comprende el imán permanente 110 provisto de las extensiones de polo 115. Las extensiones 115 antes mencionadas constituyen láminas de acero eléctricas 180 apiladas que se caracterizan por la anisotropía magnética.

65 Se hace ahora referencia a la figura 6, que presenta láminas de acero eléctricas apiladas en paquetes de los conductores magnéticos 115 y 123 mostrados en las figuras 3 a 5. La sección transversal variable del conductor magnético 115 es el resultado de la diferencia entre los radios R2 y R3 mostrados en la figura 3.

- 5 Se hace ahora referencia a la figura 7, que muestra la fuente de campo magnético de tipo U 153 (no se muestra la bobina del electroimán) que comprende el núcleo 123 apilado de láminas de acero eléctricas y extensiones 125 fabricadas de material magnéticamente isotrópico. Dentro de la fuente 153, se dispone la fuente de campo magnético de tipo I 143. La trayectoria del flujo magnético Φ coincide con la dirección de fácil magnetización 190 en todos los elementos del circuito magnético que están fabricados de láminas de acero eléctrico anisotrópico 180.
- 10 Ahora se hace referencia a la figura 8, que presenta una trayectoria del flujo magnético Φ en el circuito magnético del estator que está fabricado de un material magnéticamente anisotrópico. Como se observa en la figura 8, la trayectoria del flujo magnético sólo va parcialmente en la dirección de fácil magnetización 190.
- 15 Ahora se hace referencia a la figura 9, que muestra una solución de diseño de la máquina eléctrica 100 provista del imán permanente 110 de la segunda pluralidad 143 dispuesto dentro del electroimán 120 de la primera pluralidad 153.
- 20 Ahora se hace referencia a la figura 10, que muestra una solución de diseño de la máquina eléctrica 100 provista del electroimán de la segunda pluralidad 143 provista de escobillas 127 que está dispuesto dentro del electroimán de la primera pluralidad 153.
- 25 Se hace ahora referencia a la figura 11, que muestra una solución de diseño de la máquina eléctrica 100 provista del electroimán de la segunda pluralidad 143 provista de escobillas 127 que está dispuesto dentro de la fuente magnética 153 que comprende el imán permanente 110.
- 30 Se hace ahora referencia a la figura 12, que muestra una solución de diseño de la máquina eléctrica 100 en donde un eje de magnetización 200 del electroimán 120 es paralelo al eje del vástago 130 del rotor 140.
- 35 Ahora se hace referencia a la figura 13, que muestra una solución de diseño de la máquina eléctrica 100 en donde un eje de magnetización 200 del electroimán 120 está orientado radialmente hacia el eje del vástago 130 del rotor 140.
- 40 Ahora se hace referencia a la figura 14, que muestra una solución de diseño de la máquina eléctrica 100 en donde un eje de magnetización 200 del electroimán 120 está configurado circunferencialmente en un plano perpendicular al eje del vástago 130 del rotor 140.
- 45 Ahora se hace referencia a la figura 15, que presenta una máquina eléctrica 100 que comprende un rotor 140. Las fuentes de campo magnético de una primera pluralidad 153 son electroimanes 120. Las fuentes de campo magnético de una segunda pluralidad 143 son imanes permanentes 110. Las fuentes de campo magnético de la primera pluralidad 153 tienen forma de U, mientras que las fuentes 143 de la segunda pluralidad tienen forma de I. Las fuentes 143 están dispuestas dentro de las fuentes 153.
- 50 Ahora se hace referencia a la figura 16, que presenta una vista desde un lado del estator 150 de la máquina eléctrica 100.
- 55 Ahora se hace referencia a la figura 17, que muestra las trayectorias de los flujos magnéticos Φ_{em} y Φ_{pm} de la máquina eléctrica 100.
- 60 Ahora se hace referencia a la figura 18, que muestra una solución de diseño de un conductor magnético de tipo I 123 del electroimán 120 fabricado de un material isotrópico 170 y un material anisotrópico 180.
- 65 Ahora se hace referencia a la figura 19, que muestra una solución de diseño de un conductor magnético de tipo U 123 del electroimán 120 fabricado de un material isotrópico 170 y un material anisotrópico 180.
- 65 Ahora se hace referencia a la figura 20, que muestra una solución de diseño de un conductor magnético de tipo C 123 del electroimán 120 fabricado de un material isotrópico 170 y un material anisotrópico 180.
- 65 Ahora se hace referencia a la figura 21, que muestra una solución de diseño de un conductor magnético de tipo T 123 del electroimán 120 fabricado de un material isotrópico 170 y un material anisotrópico 180.
- 65 Ahora se hace referencia a la figura 22, que muestra una solución de diseño de un conductor magnético de tipo X 123 del electroimán 120 fabricado de un material isotrópico 170 y un material anisotrópico 180.
- 65 Ahora se hace referencia a la figura 23, que muestra soluciones de diseño de una fuente magnética de tipo I que comprende el imán permanente 410 y el conductor magnético 113 fabricado con el material isotrópico 170 y el material anisotrópico 180.
- 65 Ahora se hace referencia a la figura 24, que muestra soluciones de diseño de una fuente magnética de tipo U que comprende el imán permanente 110 y el conductor magnético 113 fabricado del material isotrópico 170 y el material anisotrópico 180.

Ahora se hace referencia a la figura 25, que muestra soluciones de diseño de una fuente magnética de tipo C que comprende el imán permanente 110 y el conductor magnético 113 fabricado del material isotrópico 170 y el material anisotrópico 180.

5 Ahora se hace referencia a la figura 26, que muestra soluciones de diseño de una fuente magnética de tipo T que comprende el imán permanente 110 y el conductor magnético 113 fabricado del material isotrópico 170 y el material anisotrópico 180.

10 Ahora se hace referencia a la figura 27, que muestra soluciones de diseño de una fuente magnética de tipo X que comprende el imán permanente 110 y el conductor magnético 113 fabricado del material isotrópico 170 y el material anisotrópico 180.

15 Ahora se hace referencia a la figura 28, que muestra soluciones de diseño de una extensión de polo de los conductores magnéticos 115 y 125 de los conductores magnéticos 113 y 123 fabricados del material isotrópico 170.

Ahora se hace referencia a la figura 29, que muestra soluciones de diseño de las extensiones de polos 115 y 125 de los conductores magnéticos 113 y 123 fabricados del material anisotrópico 180.

20 Ahora se hace referencia a la figura 30, que muestra soluciones de diseño de una extensión de polo de los circuitos magnéticos 112 del imán permanente 110.

Ahora se hace referencia a la figura 31, que muestra una solución de diseño de un par de extensiones de polos 112 o 115 y 125 en cualquier combinación de las mismas, de modo que una forma de las extensiones de polos proporciona conducción del flujo magnético a través de las superficies de tope de las extensiones antes mencionadas.

25 Ahora se hace referencia a las figuras 32 y 33, que muestran una solución de diseño de un par de extensiones de polos 112 o 115 y 125 en cualquier combinación de las mismas, de manera que una forma de las extensiones de polos proporciona conducción del flujo magnético a través de las superficies laterales y de tope de las extensiones antes mencionadas.

30 Ahora se hace referencia a la figura 34, que muestra las trayectorias de los flujos magnéticos Φ_{em} y Φ_{pm} de la máquina eléctrica 100. Las fuentes magnéticas de la primera pluralidad 153 son los electroimanes 120. Las fuentes magnéticas de la segunda pluralidad 143 son los imanes permanentes 110. La fuente magnética 153 tiene forma de U. La fuente magnética 143 tiene forma de I y está dispuesta dentro de la fuente magnética 153. El imán permanente 110 está provisto de una extensión de polo 115 y está dispuesto entre dos electroimanes 120. La longitud circunferencial de la extensión de polo 115 es mayor que la distancia entre dos electroimanes vecinos 120.

35 Ahora se hace referencia a la figura 35, que muestra las trayectorias de los flujos magnéticos Φ_m y Φ_{pm} de la máquina eléctrica 100. Las fuentes magnéticas de la primera pluralidad 153 son los electroimanes 120. Las fuentes magnéticas de la segunda pluralidad 143 son los imanes permanentes 110. La fuente magnética 153 tiene forma de U. La fuente magnética 143 tiene forma de I y está dispuesta dentro de la fuente magnética 153. El imán permanente 110 está provisto de una extensión de polo 115 y está dispuesto dentro del electroimán 120. La longitud circunferencial de la extensión de polo 115 es mayor que la distancia entre dos electroimanes vecinos 120.

45 Ahora se hace referencia a la figura 36, que muestra la máquina eléctrica 100 adaptada para su uso como motor en la rueda de un vehículo. La segunda pluralidad de fuentes de campo magnético 143 del rotor 140 está fijada mecánicamente a una corona de rueda 145, mientras que la primera pluralidad de fuentes de campo magnético 153 del estator 150 está fijada mecánicamente a la carrocería de un vehículo (disco de estator 155).

50 Ahora se hace referencia a la figura 37, que presenta la máquina eléctrica que está provista de las bobinas 122 de los electroimanes 120 (no marcados). Los ejes de las bobinas 122 antes mencionadas son paralelos al eje de rotación del rotor (no mostrado). Los electroimanes 120 pertenecen a la primera pluralidad de fuentes de campo magnético 153 del estator 150 (no mostrado). Los imanes permanentes 110 fijados a los conductores magnéticos 113 y provistos de extensiones de polos 115 pertenecen a la segunda pluralidad de fuentes de campo magnético 143 (no marcadas) del rotor 140 (no mostrado).

55 Ahora se hace referencia a las figuras 38-39, que presentan la máquina eléctrica 100 que tiene dos capas. Ambas capas están provistas de un número igual de fuentes magnéticas ($2p = 6$).

60 Ahora se hace referencia a la figura 40, que presenta la máquina eléctrica 100 que tiene dos capas desplazadas angularmente una con relación a otra a través de φ_1 . Una primera capa dispuesta próxima al eje del vástago 130 tiene $2p = 6$, la segunda capa tiene $2p = 10$.

65 Ahora se hace referencia a la figura 41, que presenta la máquina eléctrica 100 que tiene cuatro secciones desplazadas angularmente una con relación a otra a través de φ_2 . Cada sección está provista de dos capas presentadas en la figura 40.

Ahora se hace referencia a la figura 42, que presenta la máquina eléctrica 100 presentada en la figura 41. Las secciones están separadas entre sí a lo largo del eje del vástago 130.

5 Ahora se hace referencia a la figura 43, que presenta la máquina eléctrica provista de fuentes de campo magnético de la segunda pluralidad 143 (no marcadas) que están conectadas mecánicamente a ambos lados de los elementos de rotor 145. Las fuentes magnéticas dispuestas en diferentes lados de los elementos 145 están desplazadas angularmente entre sí. El desplazamiento angular ϕ_1 es igual a τ/m , donde τ es un valor de un paso polar, m es igual a 2 (número de sección). Para simplificar la comprensión, en la figura 43, no se muestran dos electroimanes.

10 Ahora se hace referencia a la figura 44, que presenta la leyenda de símbolos utilizada para representar circuitos magnéticos en la máquina eléctrica. Específicamente, el número 1 se refiere a un eje de un vástago de máquina eléctrica, 2 a un conductor magnético, 3 a una bobina del electroimán, 4 a una bobina del electroimán provista de un núcleo, 5 a un imán permanente, 6 a un imán permanente provisto de extensiones polares, 7 a imanes permanentes interconectados por un conductor magnético, 8 a un conductor magnético provisto de extensiones polares.

15 Ahora se hace referencia a las figuras 45 a 104, que presentan diagramas de circuitos magnéticos en la máquina eléctrica 100 y disposiciones espaciales de las fuentes 153 y 143 de campo magnético de la primera y segunda pluralidades, respectivamente, con respecto al eje del vástago 130. Las fuentes de campo magnético 153 y 143 comprenden electroimanes 120 e imanes permanentes 110.

Ahora se hace referencia a las figuras 45-49 y 93-104, que presentan diagramas de los circuitos magnéticos en la máquina eléctrica 100, en donde las fuentes de campo magnético son independientes entre sí.

25 Las figuras 47 y 48 presentan diagramas de los circuitos magnéticos en la máquina eléctrica 100, en donde los ejes de magnetización 200 de las fuentes de campo magnético 143 y 153 son paralelos al eje del rotor 130.

Las figuras 45 y 46 presentan diagramas de los circuitos magnéticos en la máquina eléctrica 100, en donde los ejes de magnetización 200 de las fuentes de campo magnético 143 y 153 están dirigidos radialmente al eje del rotor 130.

30 Las figuras 74 y 75 presentan diagramas de los circuitos magnéticos en la máquina eléctrica 100, en donde los ejes de magnetización 200 de las fuentes de campo magnético 153 están orientados circularmente en un plano que es perpendicular al eje del rotor 130.

35 Las figuras 45-49 presentan diagramas de los circuitos magnéticos en la máquina eléctrica 100, en donde los ejes de magnetización 200 de las fuentes de campo magnético 143 y 153 son paralelos.

Las figuras 50-54 presentan diagramas de los circuitos magnéticos en la máquina eléctrica 100, en donde los ejes de magnetización 200 de las fuentes de campo magnético 143 y 153 son perpendiculares.

40 La figura 71 presenta diagramas de los circuitos magnéticos en la máquina eléctrica 100, en donde los ejes de magnetización 200 de las fuentes de campo magnético 143 y 153 son paralelos y perpendiculares, respectivamente.

45 Las figuras 45 a 49 presentan diagramas de los circuitos magnéticos en la máquina eléctrica 100, en donde las fuentes de campo magnético 143 están dispuestas dentro de las fuentes de campo magnético 153.

Las figuras 58 y 63 presentan diagramas de los circuitos magnéticos en la máquina eléctrica 100, en donde las fuentes de campo magnético 153 están dispuestas dentro de las fuentes de campo magnético 143.

50 Las figuras 46, 48 y 51 presentan esquemas de los circuitos magnéticos en la máquina eléctrica 100 adaptados para su uso como motor eléctrico.

Las figuras 47, 49, 50 y 54 presentan esquemas de los circuitos magnéticos en la máquina eléctrica 100 adaptada para su uso como generador eléctrico.

55 Las figuras 93 a 104 presentan esquemas de los circuitos magnéticos en la máquina eléctrica 100, en donde el imán permanente 110 está provisto de las extensiones polares 115.

60 Las figuras 97 a 104 presentan esquemas de los circuitos magnéticos en la máquina eléctrica 100, en donde el flujo magnético pasa a través del espacio de aire entre las superficies planas de los conductores magnéticos.

Las figuras 93 a 96 presentan esquemas de los circuitos magnéticos en la máquina eléctrica 100, en donde el flujo magnético pasa a través del espacio de aire entre las superficies configuradas tridimensionalmente de los conductores magnéticos.

65

Las figuras 75, 77 y 82-85 presentan esquemas de los circuitos magnéticos en la máquina eléctrica 100, en donde los circuitos antes mencionados están configurados como capas.

5 Las figuras 86 a 89 presentan esquemas de los circuitos magnéticos en la máquina eléctrica 100, en donde los circuitos antes mencionados están configurados como secciones.

Las figuras 91 y 92 presentan esquemas de los circuitos magnéticos en la máquina eléctrica 100, en donde los circuitos antes mencionados están configurados como capas y secciones.

10 Debe entenderse que en las figuras 45-104 en los circuitos magnéticos de la máquina eléctrica 100, las fuentes magnéticas 143 y 153 comprenden los imanes permanentes 110 y/o electroimanes 120 presentados en las figuras 9-11. En las figuras 45-92 en los circuitos magnéticos de la máquina eléctrica 100, uno o ambos polos 112 del imán permanente 110 se orientan a través de los espacios 160 hacia los polos 125 de los electroimanes 120. Las extensiones de polos 112, 115 y 125 se presentan en las figuras 28-33 y 95-104.

15 De acuerdo con la presente invención, se divulga una máquina eléctrica que comprende un estator y un rotor que puede rotar con respecto al estator con un espacio de aire entre ellos. El estator está provisto de una primera pluralidad de fuentes de campo magnético que están igualmente separadas en una configuración circunferencial sobre el estator. El rotor está provisto de una segunda pluralidad de fuentes de campo magnético que están igualmente separadas en una configuración circunferencial sobre el rotor. Las fuentes magnéticas de al menos una pluralidad son electroimanes.

20 Cada electroimán comprende al menos una bobina magnética que descansa sobre un circuito magnético. El circuito comprende al menos un miembro fabricado de un material seleccionado del grupo que consiste en un material magnéticamente isotrópico, un material magnéticamente anisotrópico y cualquier combinación de los mismos.

25 Los elementos de conductor magnético fabricados de un material magnéticamente anisotrópico están configurados de modo que el flujo magnético de las fuentes magnéticas vaya en la dirección de fácil magnetización. El material se caracteriza por tener una mayor resistividad eléctrica de 10^6 Ohm.m, fuerza coercitiva inferior a aproximadamente 100 A·m¹, la permeabilidad magnética relativa de más de aproximadamente 3000 y la inducción magnética de saturación de más de aproximadamente 0,6 T a la frecuencia inferior a aproximadamente 10 000 Hz.

30 De acuerdo con una realización de la presente invención, los elementos de circuito fabricados de un material magnéticamente anisotrópico están configurados de manera que un flujo magnético creado por la fuente magnética es conducido a lo largo de una dirección de fácil magnetización.

35 De acuerdo con otra realización de la presente invención, las fuentes magnéticas de la primera pluralidad son electroimanes separados sobre el estator. Las fuentes magnéticas de la segunda pluralidad son imanes permanentes separados heteropolarmente sobre el rotor.

40 De acuerdo con un ejemplo, las fuentes magnéticas de la primera pluralidad son imanes permanentes separados heteropolarmente sobre el estator. Las fuentes magnéticas de la segunda pluralidad son imanes eléctricos separados sobre el rotor provistos de bobinas conectadas a un conmutador por medio de escobillas.

45 De acuerdo con un ejemplo, las fuentes magnéticas de la primera y segunda pluralidad son imanes eléctricos. Los imanes eléctricos de la segunda pluralidad están provistos de bobinas conectadas con un conmutador por medio de escobillas.

De acuerdo con otra realización de la presente invención, al menos una pluralidad de fuentes de campo magnético son magnéticamente independientes entre sí.

50 De acuerdo con un ejemplo, una orientación de un eje de la bobina de cada imán eléctrico de la primera pluralidad se selecciona del grupo que consiste en: una orientación suficientemente paralela a un eje de rotación del rotor, una orientación, suficientemente dirigida radialmente con respecto al rotor, una orientación circunferencial en un plano suficientemente perpendicular al eje de rotación del rotor y cualquier combinación de los mismos.

55 De acuerdo con una realización adicional de la presente invención, los ejes magnéticos de al menos una parte de las fuentes magnéticas de la primera y segunda pluralidad son paralelos entre sí.

60 De acuerdo con un ejemplo, los ejes magnéticos de al menos una parte de las fuentes magnéticas de la primera y segunda pluralidad son perpendiculares entre sí. De acuerdo con un ejemplo, los circuitos magnéticos de las fuentes magnéticas de la segunda pluralidad están dispuestos dentro de las fuentes magnéticas de la primera pluralidad.

De acuerdo con un ejemplo, los circuitos magnéticos de las fuentes magnéticas de la primera pluralidad están dispuestos dentro de las fuentes magnéticas de la segunda pluralidad.

65 De acuerdo con un ejemplo, una forma de los circuitos magnéticos del imán eléctrico se selecciona del grupo que consiste en una forma de I; una forma de U; una forma de T; una forma de C, una forma de X y cualquier combinación de las mismas.

- De acuerdo con una realización adicional de la presente invención, los imanes permanentes están provistos de miembros de extensión conectados magnéticamente a los mismos; los miembros de extensión están adaptados para desviar un flujo magnético generado por los electroimanes. Los miembros de extensión están adaptados para evitar que el flujo pase a través de los imanes permanentes cuando los imanes permanentes se orientan hacia los electroimanes vecinos, de manera que el tamaño transversal de los miembros de extensión es mayor que la distancia entre los imanes eléctricos vecinos. Se confirma experimentalmente que la solución técnica propuesta proporciona una reducción de la ondulación del torque de detención. Además, se mejora la resistencia de los imanes permanentes a la desmagnetización, debido a la afectación de los campos magnéticos dirigidos de manera opuesta y a la temperatura.
- De acuerdo con una realización adicional de la presente invención, las extensiones polares están fabricadas de un material seleccionado del grupo que consiste en un material magnéticamente isotrópico, un material magnéticamente anisotrópico y cualquier combinación de los mismos. Las extensiones polares están configuradas para que el flujo magnético de las fuentes magnéticas vaya en la dirección de fácil magnetización. El material se caracteriza por tener una mayor resistividad eléctrica de 10^6 Ohm.m, una fuerza coercitiva inferior a aproximadamente 100 A.m^{-1} , una permeabilidad magnética relativa de más de aproximadamente 3000 y una inducción magnética de saturación de más de aproximadamente 0,6 T a una frecuencia inferior a aproximadamente 10 000 Hz.
- De acuerdo con una realización adicional de la presente invención, los miembros de extensión están fabricados de un material magnéticamente anisotrópico y están configurados de modo que un flujo magnético creado por la fuente magnética se conduzca a lo largo de una dirección de fácil magnetización.
- De acuerdo con un ejemplo, una forma de los circuitos magnéticos de la fuente de campo magnético que comprende el imán permanente se selecciona del grupo que consiste en una forma de I; una forma de U; una forma de T; una forma de C, una forma de X y cualquier combinación de las mismas. Las soluciones técnicas propuestas permiten reducir las pérdidas por histéresis y las corrientes de Foucault.
- De acuerdo con un ejemplo, el miembro de extensión de fuente magnética de la segunda pluralidad está adaptado para conducir un flujo magnético que pasa a través de al menos una superficie de un núcleo de las fuentes magnéticas de la primera pluralidad seleccionadas de entre la superficie de tope y la superficie lateral.
- De acuerdo con un ejemplo, el miembro de extensión de fuente magnética de la primera pluralidad está adaptado para conducir un flujo magnético que pasa a través de al menos una superficie de un núcleo de las fuentes magnéticas de la segunda pluralidad seleccionadas de la superficie de tope y la superficie lateral. Esta solución técnica proporciona la reducción de la saturación magnética en las extensiones polares 115 y 125 y el flujo de fuga.
- De acuerdo con un ejemplo, la máquina eléctrica está adaptada para su uso como motor eléctrico. El espacio de aire está situado periféricamente con respecto al eje de rotación del rotor. Esta solución técnica da como resultado un aumento en un brazo de momento, un torque de rotación y una salida del motor.
- De acuerdo con otra realización de la presente invención, la máquina eléctrica está adaptada para su uso como motor eléctrico de tracción de un vehículo. La segunda pluralidad de fuentes de campo magnético del rotor están conectadas mecánicamente a la rueda. La primera pluralidad de fuentes de campo magnético del estator están conectadas mecánicamente a la carrocería de un vehículo.
- De acuerdo con otra realización de la presente invención, la segunda pluralidad de fuentes de campo magnético del rotor están fijadas a un vástago de la rueda. La primera pluralidad de fuentes de campo magnético del estator están conectadas mecánicamente a la carrocería de un vehículo.
- De acuerdo con una realización adicional de la presente invención, la máquina eléctrica está adaptada para su uso como generador eléctrico. El espacio de aire está ubicado próximo al eje de rotación del rotor. Esta solución técnica da como resultado un aumento de un torque de rotación parásito que hace girar el generador.
- De acuerdo con una realización adicional de la presente invención, la primera y segunda pluralidades están estratificadas de modo que las capas pertenecientes a la primera y segunda pluralidades se intercalen entre ellas.
- De acuerdo con una realización adicional de la presente invención, un número de fuentes magnéticas es constante para cada capa.
- De acuerdo con una realización adicional de la presente invención, un número de fuentes magnéticas es variable para cada capa.
- De acuerdo con una realización adicional de la presente invención, el número de fuentes magnéticas aumenta con el radio de capa.

- De acuerdo con una realización adicional de la presente invención, las capas de fuentes magnéticas separadas circunferencialmente de la primera y segunda pluralidades se desplazan angularmente entre sí de una manera sucesiva de modo que un desplazamiento angular φ entre cada capa anterior y posterior es menor que un paso polar τ . De acuerdo con una realización adicional de la presente invención, las fuentes magnéticas separadas de la segunda pluralidad de cada capa anterior se desplazan angularmente con respecto a las fuentes magnéticas separadas de la segunda pluralidad de cada capa posterior un ángulo predeterminado que es menor que el paso polar.
- De acuerdo con una realización adicional de la presente invención, las fuentes magnéticas separadas de la primera pluralidad de cada capa anterior se desplazan angularmente con respecto a las fuentes magnéticas separadas de la primera pluralidad de cada capa posterior un ángulo predeterminado que es menor que el paso polar.
- De acuerdo con una realización adicional de la presente invención, el ángulo predeterminado es igual al paso polar dividido por varias de dichas capas.
- De acuerdo con otra realización de la presente invención, la máquina eléctrica tiene una estructura cortada. La máquina eléctrica comprende cortes separados a lo largo del eje del vástago; cada corte comprende fuentes magnéticas de la primera y segunda pluralidades orientadas una hacia la otra.
- De acuerdo con una realización adicional de la presente invención, el rotor comprende una pluralidad de proyecciones que transportan las fuentes de campo magnético de la segunda pluralidad a ambos lados del mismo.
- De acuerdo con una realización adicional de la presente invención, el estator comprende una pluralidad de proyecciones que transportan las fuentes de campo magnético de la primera pluralidad a ambos lados del mismo.
- De acuerdo con una realización adicional de la presente invención, un número de fuentes magnéticas separadas a lo largo de cada corte es constante.
- De acuerdo con una realización adicional de la presente invención, un número de fuentes magnéticas separadas a lo largo de cada corte es variable.
- De acuerdo con una realización adicional de la presente invención, las fuentes magnéticas separadas a lo largo de un corte sucesivo se desplazan angularmente con respecto a las fuentes magnéticas separadas a lo largo del corte anterior una distancia angular φ que es menor que un paso polar τ .
- De acuerdo con una realización adicional de la presente invención, las fuentes magnéticas separadas de la primera pluralidad de cada sección anterior se desplazan angularmente con respecto a las fuentes magnéticas separadas de la primera pluralidad de cada sección posterior un ángulo predeterminado que es menor que el paso polar.
- De acuerdo con una realización adicional de la presente invención, las fuentes magnéticas separadas de la segunda pluralidad de cada sección anterior se desplazan angularmente con relación a las fuentes magnéticas separadas de la segunda pluralidad de cada sección posterior un ángulo predeterminado que es menor que el paso polar.
- De acuerdo con otra realización de la presente invención, el ángulo predeterminado es igual al paso polar dividido por un número de secciones.
- Debe enfatizarse que el desplazamiento angular de las fuentes magnéticas esparcidas sobre las capas y/o secciones a través del ángulo mencionado anteriormente da como resultado una reducción de la ondulación del torque de detención. La disposición de motor eléctrico divulgada proporciona un arranque fácil independientemente de la posición relativa del estator y el rotor.
- El conductor está provisto de al menos un miembro fabricado de un material seleccionado del grupo que consiste en un material magnéticamente isotrópico, un material magnéticamente anisotrópico y cualquier combinación de los mismos; dichos materiales isotrópicos y anisotrópicos se caracterizan por tener una resistividad eléctrica mayor que 10^6 Ohm.m, una fuerza coercitiva menor que aproximadamente 100 A.m^{-1} ; una permeabilidad magnética relativa mayor que aproximadamente 3000 y una inducción magnética de saturación mayor que aproximadamente 0,6 T a una frecuencia menor que aproximadamente 10 000 Hz.

REIVINDICACIONES

1. Una máquina eléctrica (100) que comprende un estator (150) y un rotor (140) que rota con respecto a dicho estator (150), dicho estator (150) provisto de una pluralidad de electroimanes (120) igualmente separados en una configuración circunferencial sobre dicho estator (150), en un plano radial con respecto a un eje de rotación del rotor (140), cada electroimán (120) que comprende:
- un conductor magnético que tiene forma de C o forma de U, y que incluye un núcleo del electroimán (123) y una primera y segunda extensiones de polo (125) del núcleo del electroimán (123), y al menos una bobina del electroimán (122) montada en el núcleo electromagnético (123) del conductor magnético;
- dicho rotor (140) provisto de una pluralidad de imanes permanentes (110) igualmente separados en una configuración circunferencial sobre dicho rotor (140), en un plano radial con respecto al eje de rotación del rotor (140), en donde dichos imanes permanentes (110) son móviles dentro de un espacio de aire (160) definido entre la primera y la segunda extensiones de polos (125) del conductor magnético de cada electroimán (120);
- en donde un eje de magnetización de dichos imanes permanentes (110) está dirigido radialmente con relación al eje de rotación del rotor (140); y
- las superficies internas de la primera y segunda extensiones de polos (125) de cada conductor magnético de cada electroimán se orientan hacia los polos magnéticos de los imanes permanentes (110) en una dirección radial con respecto al eje de rotación del rotor (140), caracterizada porque proporciona de esta manera, para cada electroimán (120), cuando uno de la pluralidad de imanes permanentes (110) está ubicado dentro del espacio de aire (160), un primer espacio de aire constante entre la primera extensión de polo (125) y el imán permanente (110), y un segundo espacio de aire constante entre el imán permanente (110) y la segunda extensión de polo (125), en donde el primer y segundo espacios de aire constante son proporcionados por los radios de curvatura (R1, R3) de las superficies internas de las extensiones de polos (125) y los radios de curvatura (R2, R4) de las caras de los imanes permanentes orientadas hacia las superficies internas de dichas extensiones de polos (125).
2. La máquina eléctrica de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizada porque el núcleo electromagnético (123) y la primera y segunda extensiones de polos (125) del núcleo del electroimán (123) de dicho conductor magnético comprenden al menos un miembro fabricado de un material seleccionado de un grupo que comprende un material magnéticamente isotrópico, un material magnéticamente anisotrópico y cualquier combinación de los mismos.
3. La máquina eléctrica de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizada porque dichos imanes permanentes (110) están provistos de miembros de extensión (115) conectados magnéticamente a los mismos; dichos miembros de extensión (115) están adaptados para desviar un flujo magnético generado por dichos electroimanes (120); dichos miembros de extensión (115) están adaptados para evitar que dicho flujo pase a través de dichos imanes permanentes (110) cuando dichos imanes permanentes (110) se orientan hacia los electroimanes vecinos (120) de modo que el tamaño transversal de dichos miembros de extensión sea mayor que una distancia entre los electroimanes.
4. La máquina eléctrica de acuerdo con la reivindicación 3, caracterizada porque dichos miembros de extensión (115) comprenden al menos un miembro fabricado de un material seleccionado del grupo que consiste en dicho material magnéticamente isotrópico, dicho material magnéticamente anisotrópico y cualquier combinación de los mismos.
5. La máquina eléctrica de acuerdo con la reivindicación 4, caracterizada porque dichos miembros de extensión (115) están fabricados de dicho material magnéticamente anisotrópico y están configurados de modo que un flujo magnético creado por dicha fuente magnética es conducido a lo largo de una dirección de fácil magnetización.

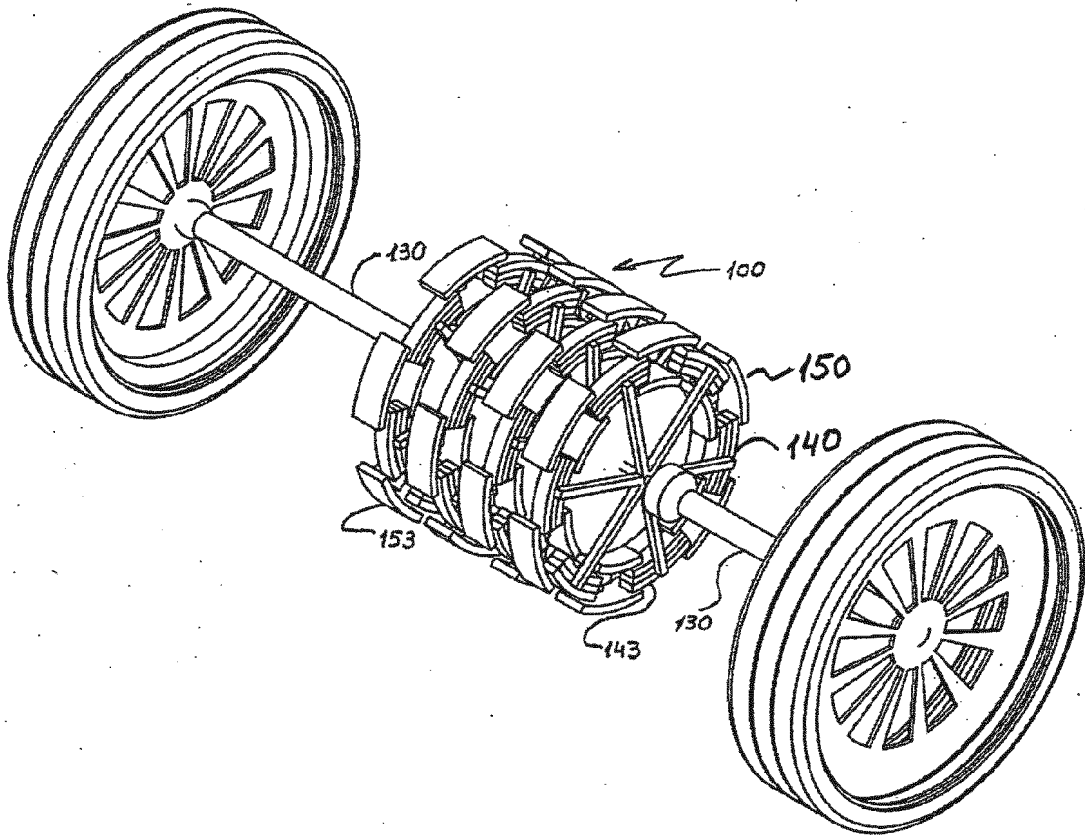


Figura 1

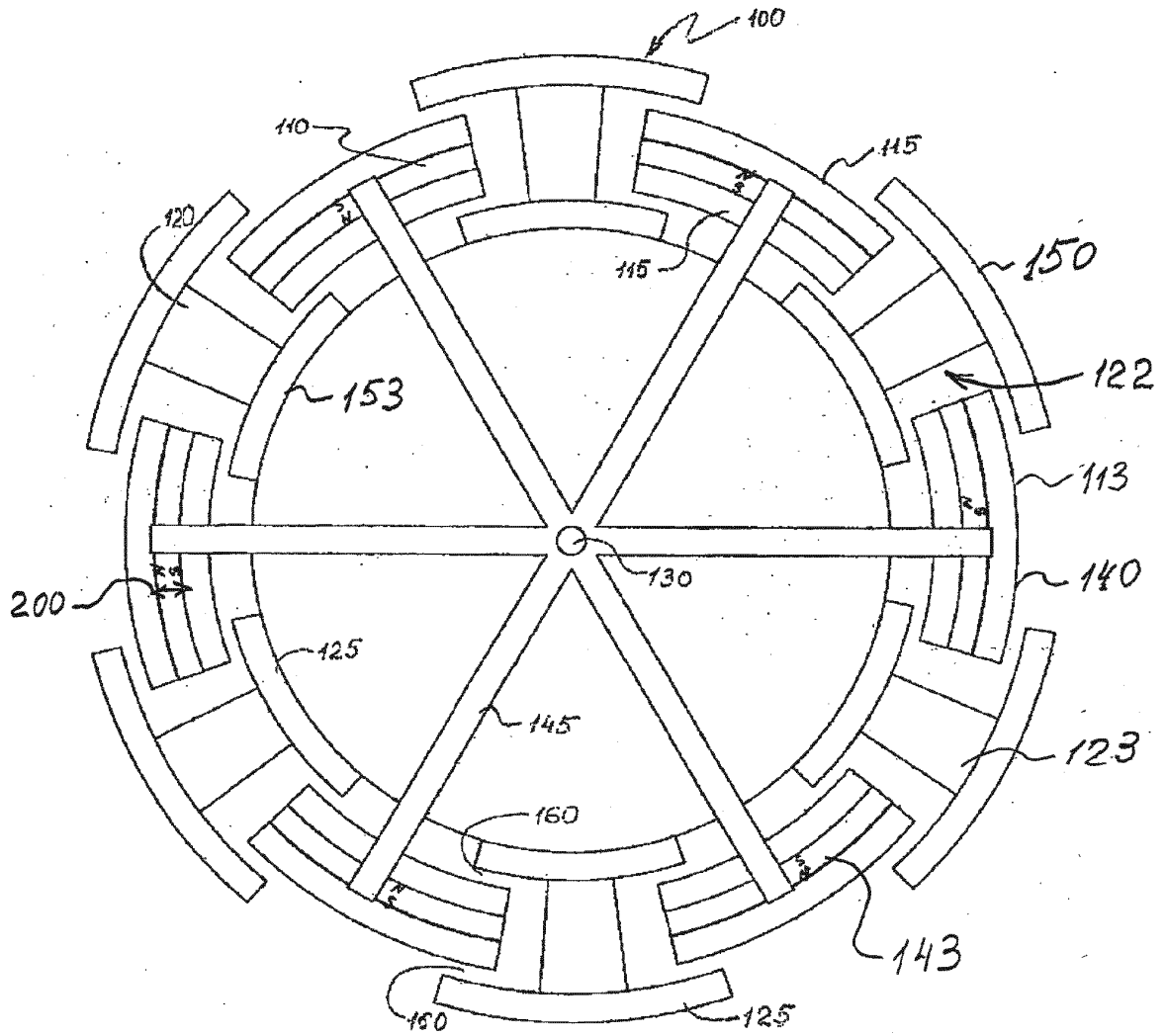


Figura 2

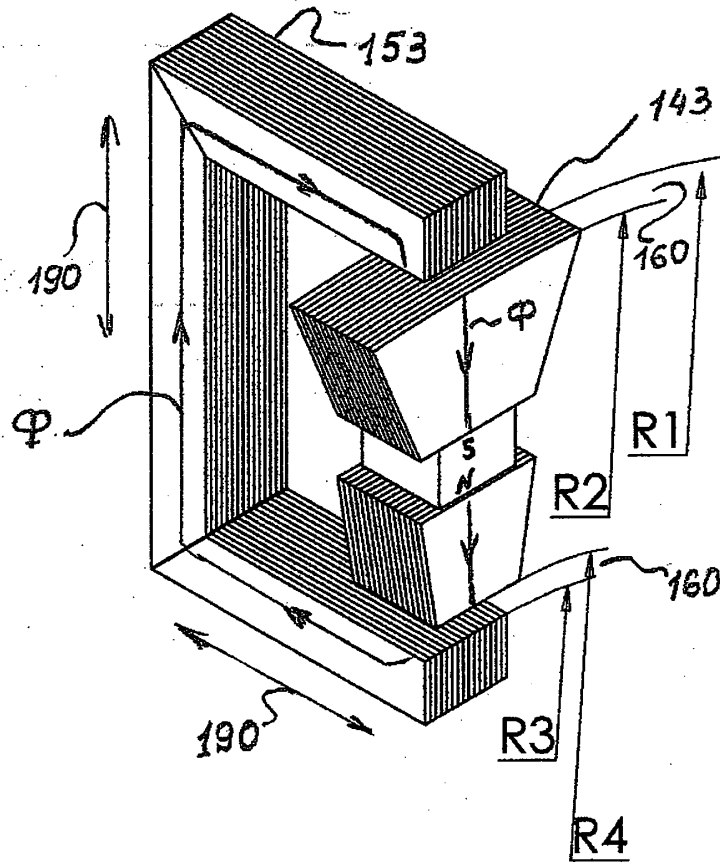


Figura 3

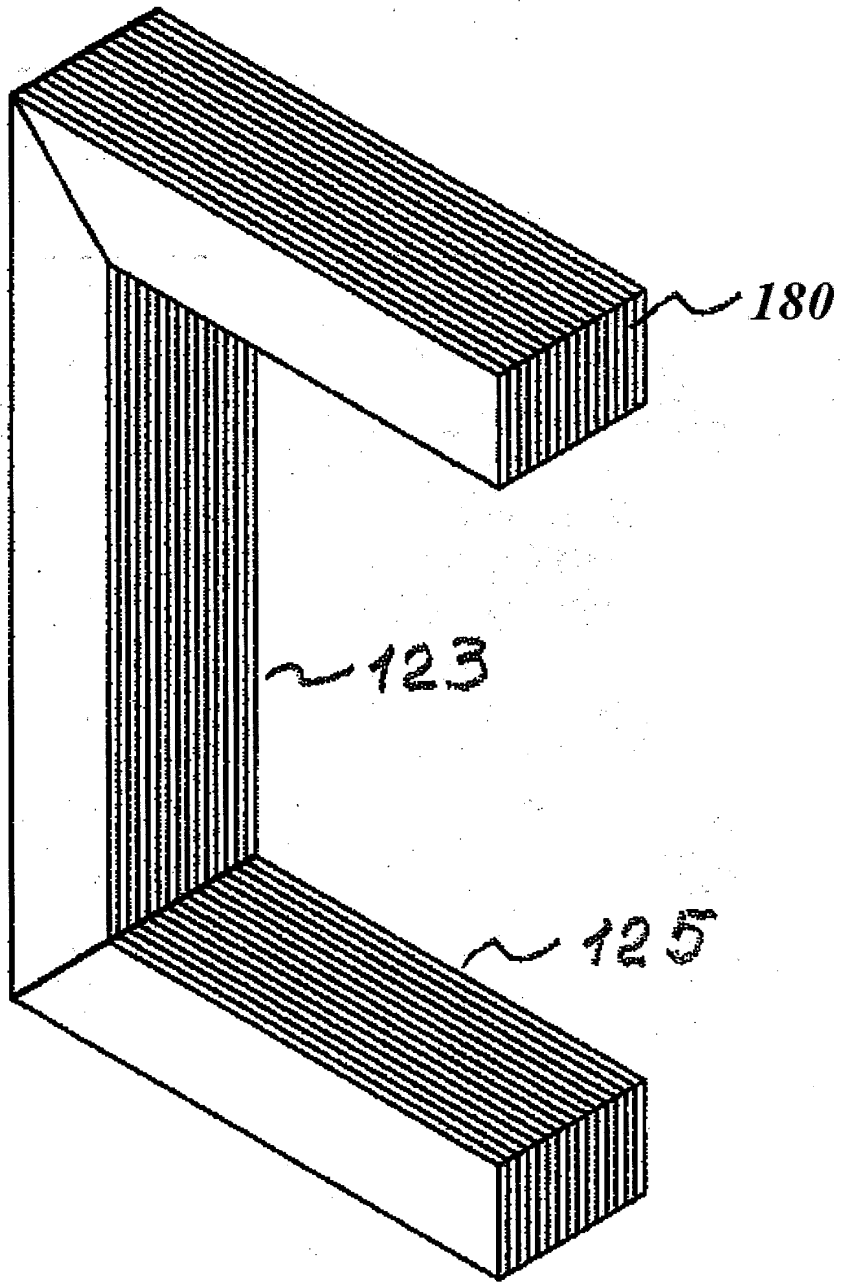


Figura 4

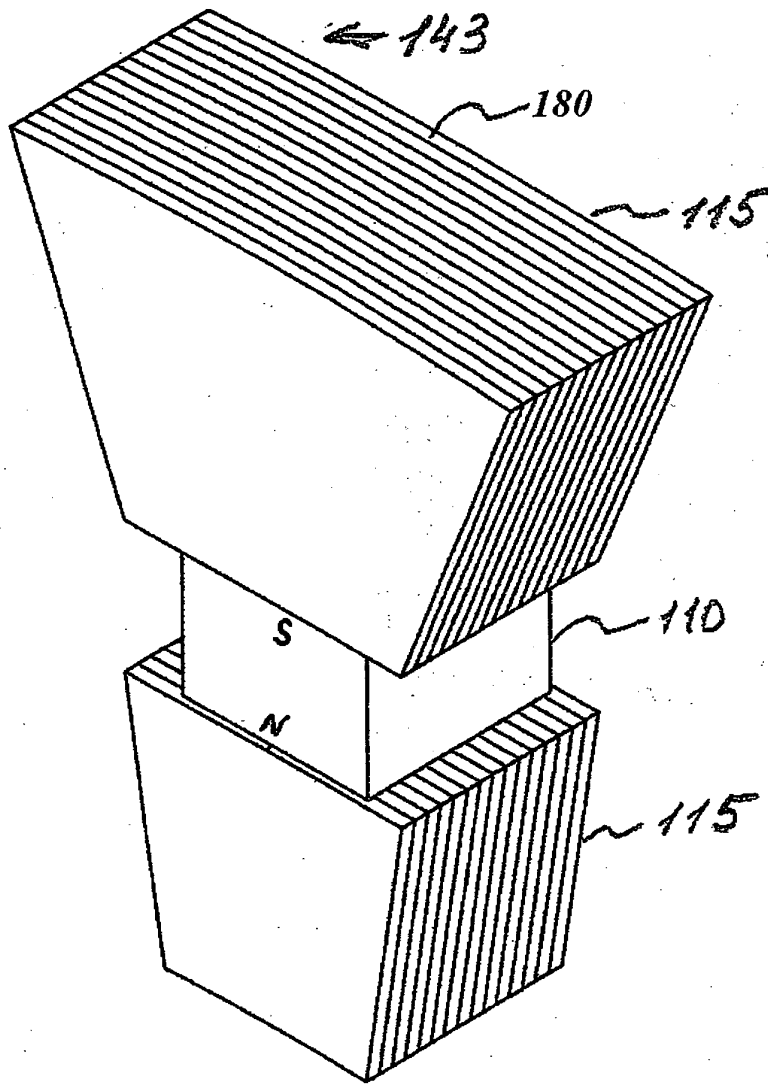


Figura 5

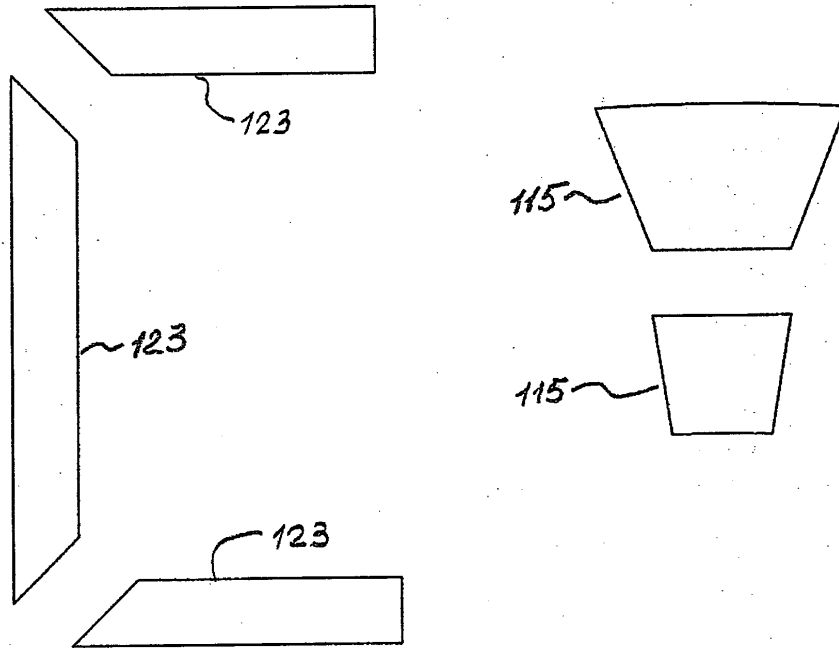


Figura 6

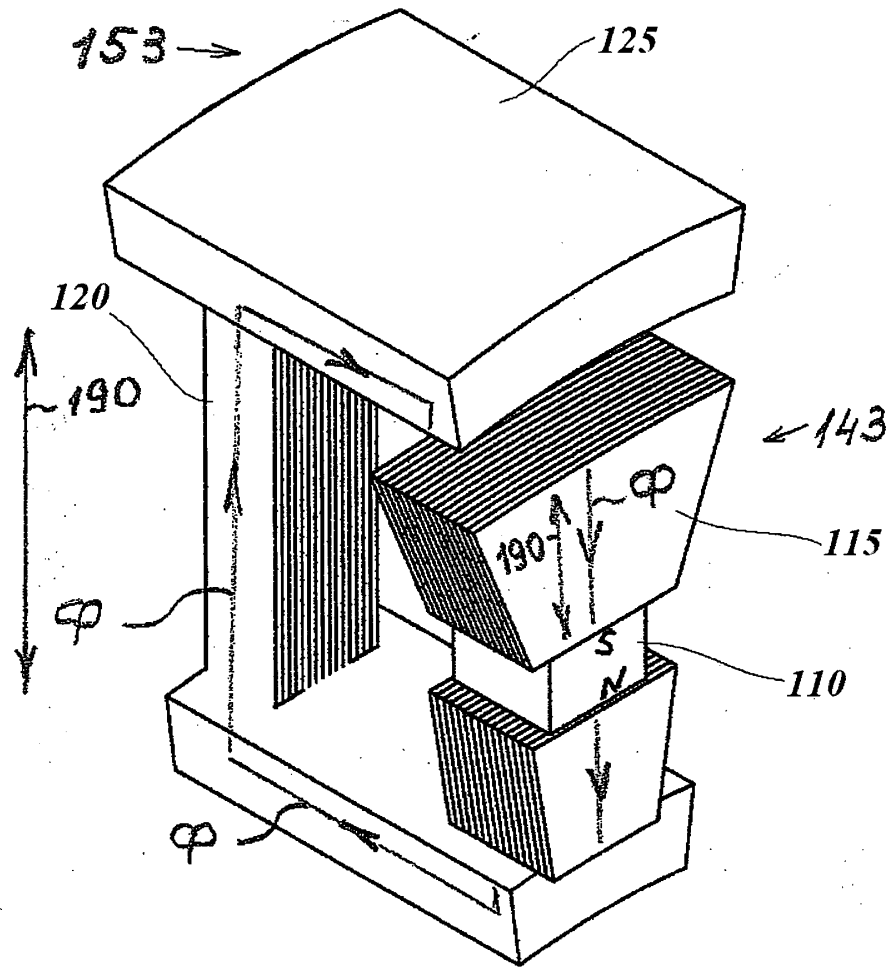


Figura 7

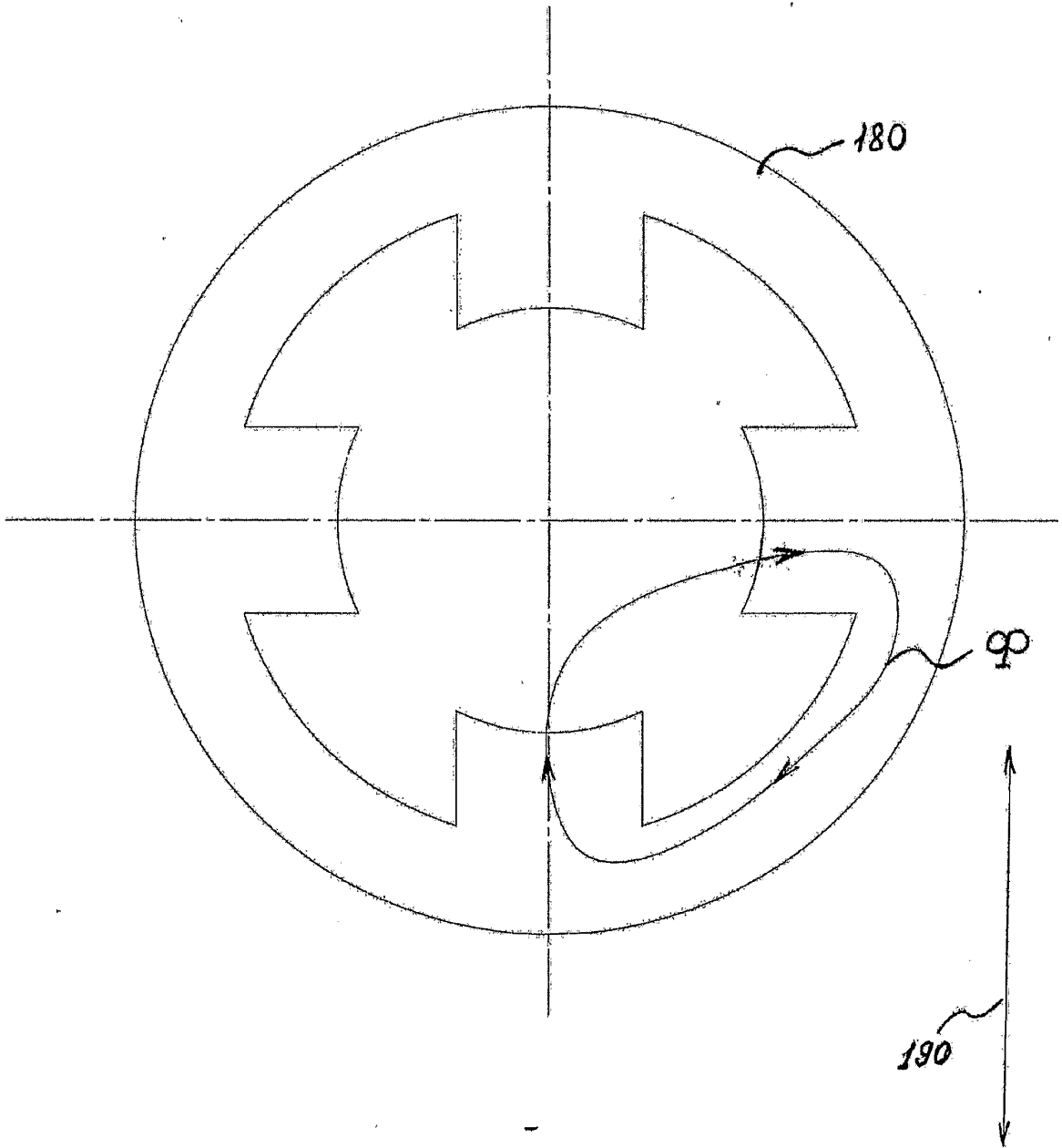


Figura 8

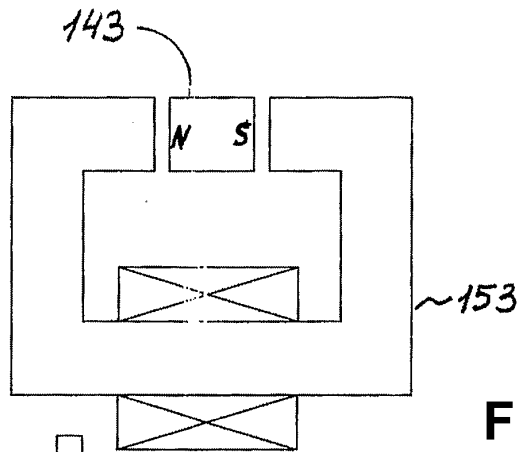


Figura 9

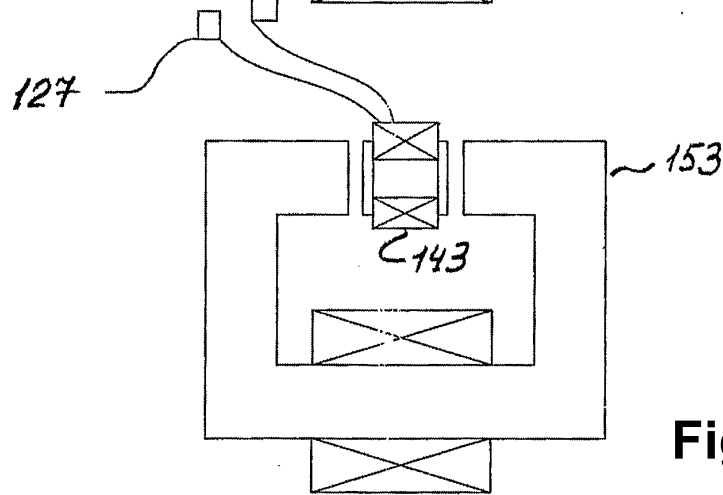


Figura 10

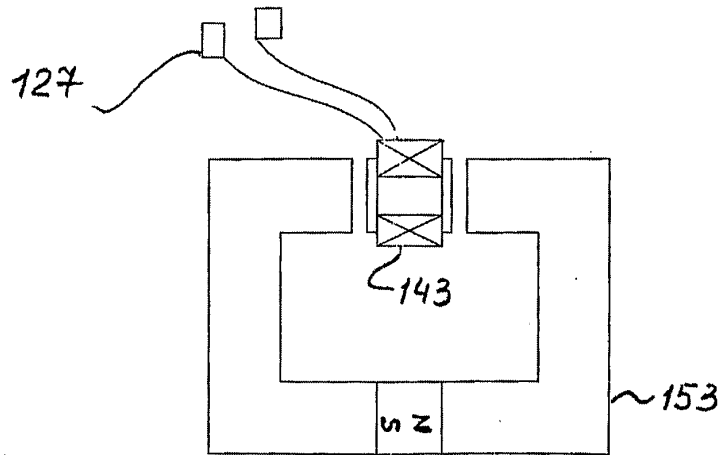


Figura 11

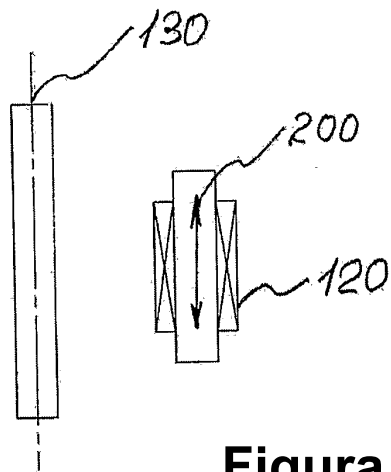


Figura 12

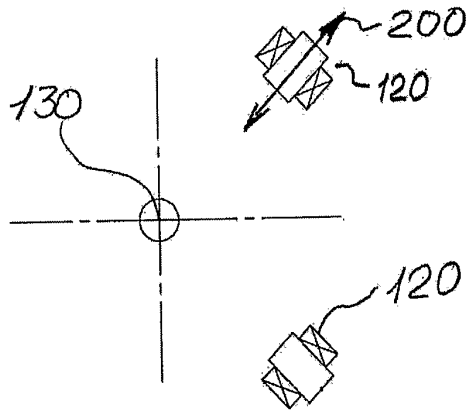


Figura 13

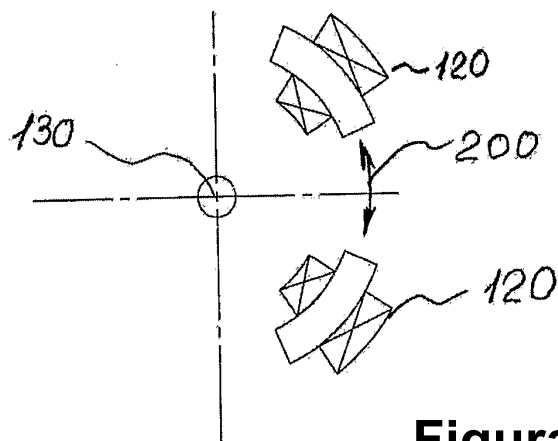


Figura 14

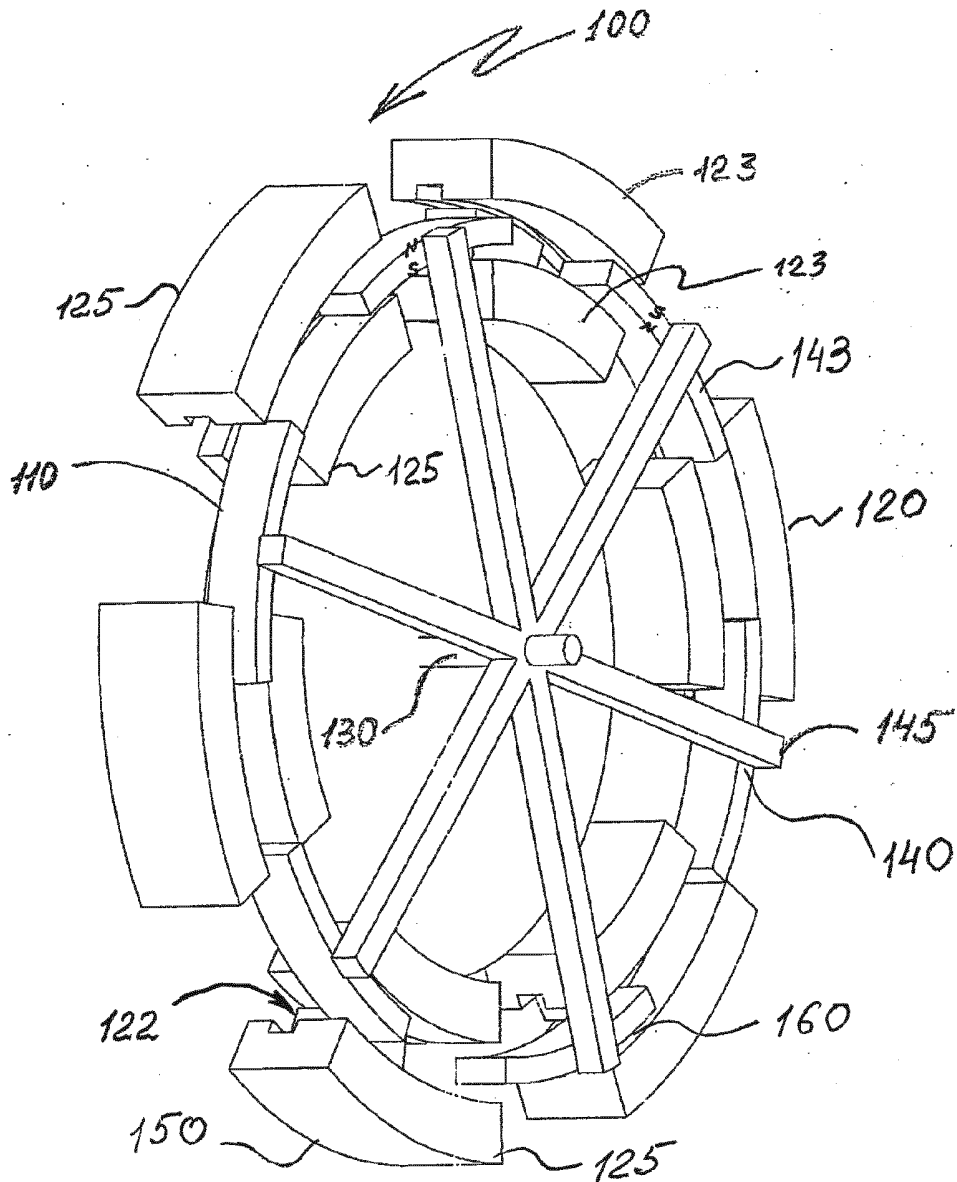


Figura 15

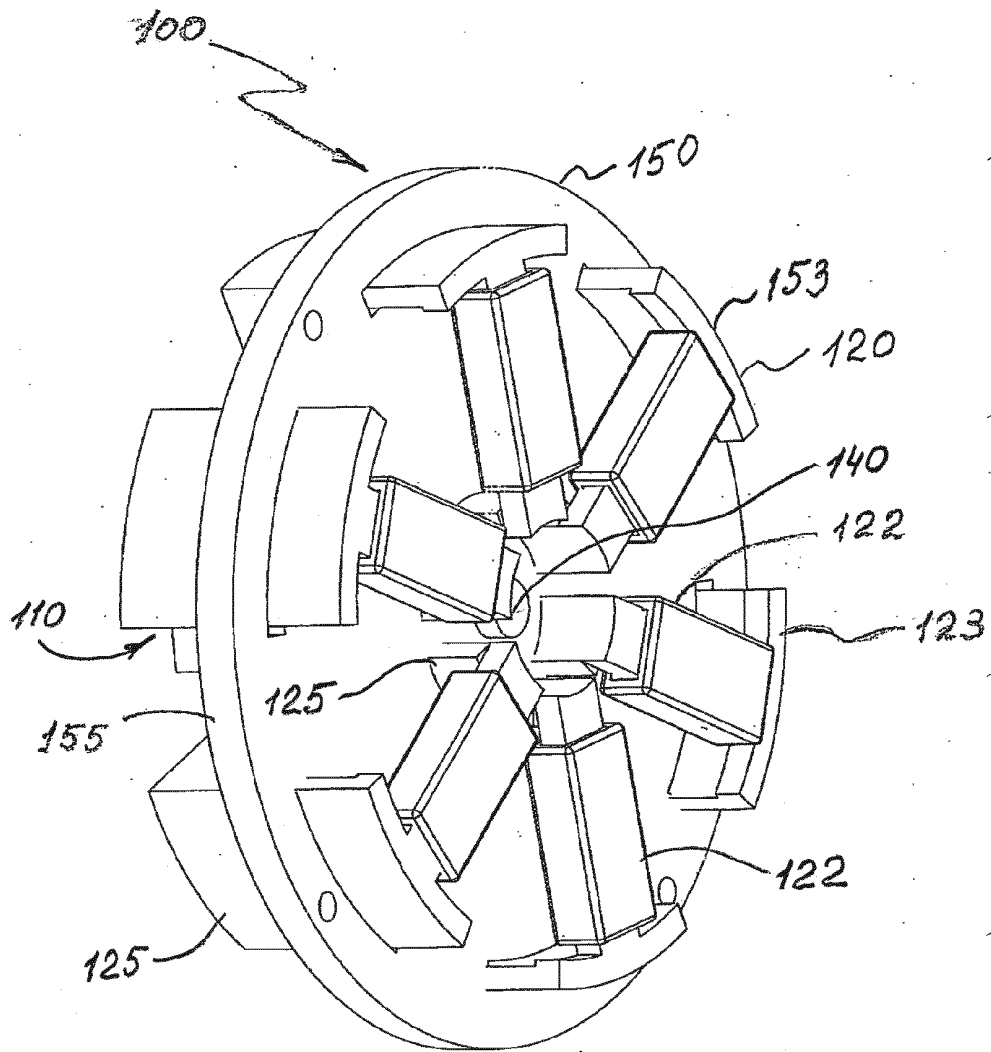


Figura 16

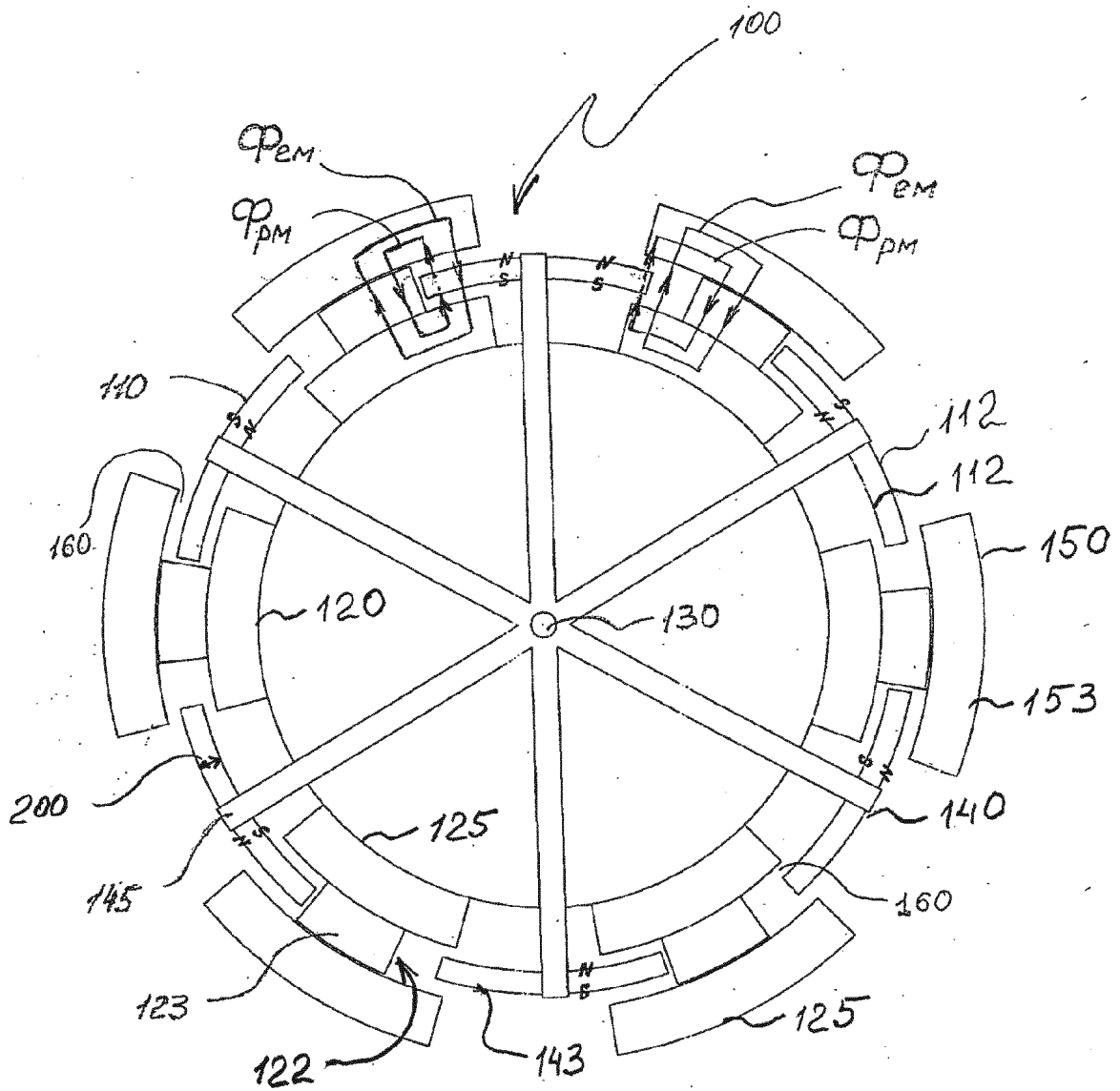


Figura 17

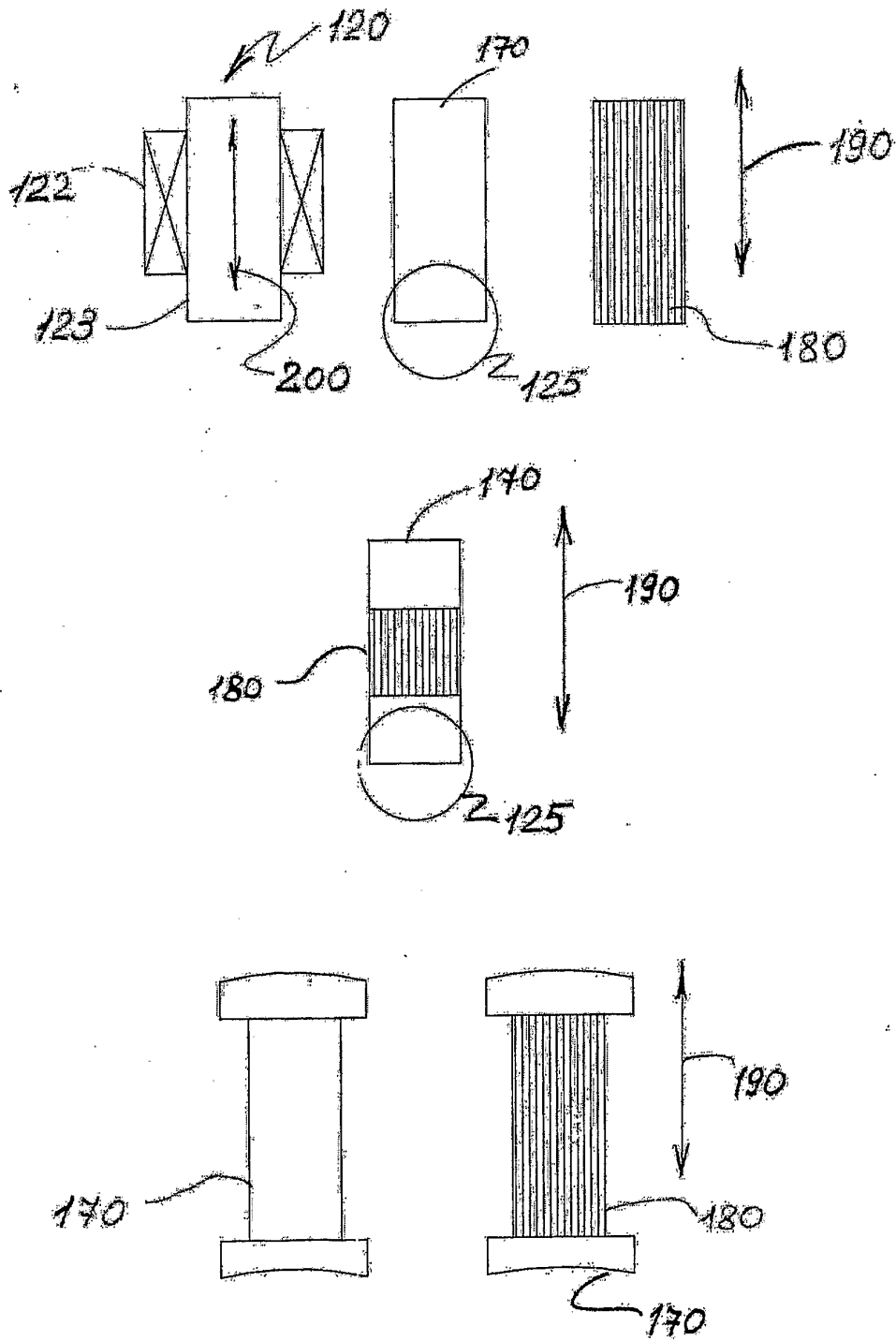


Figura 18

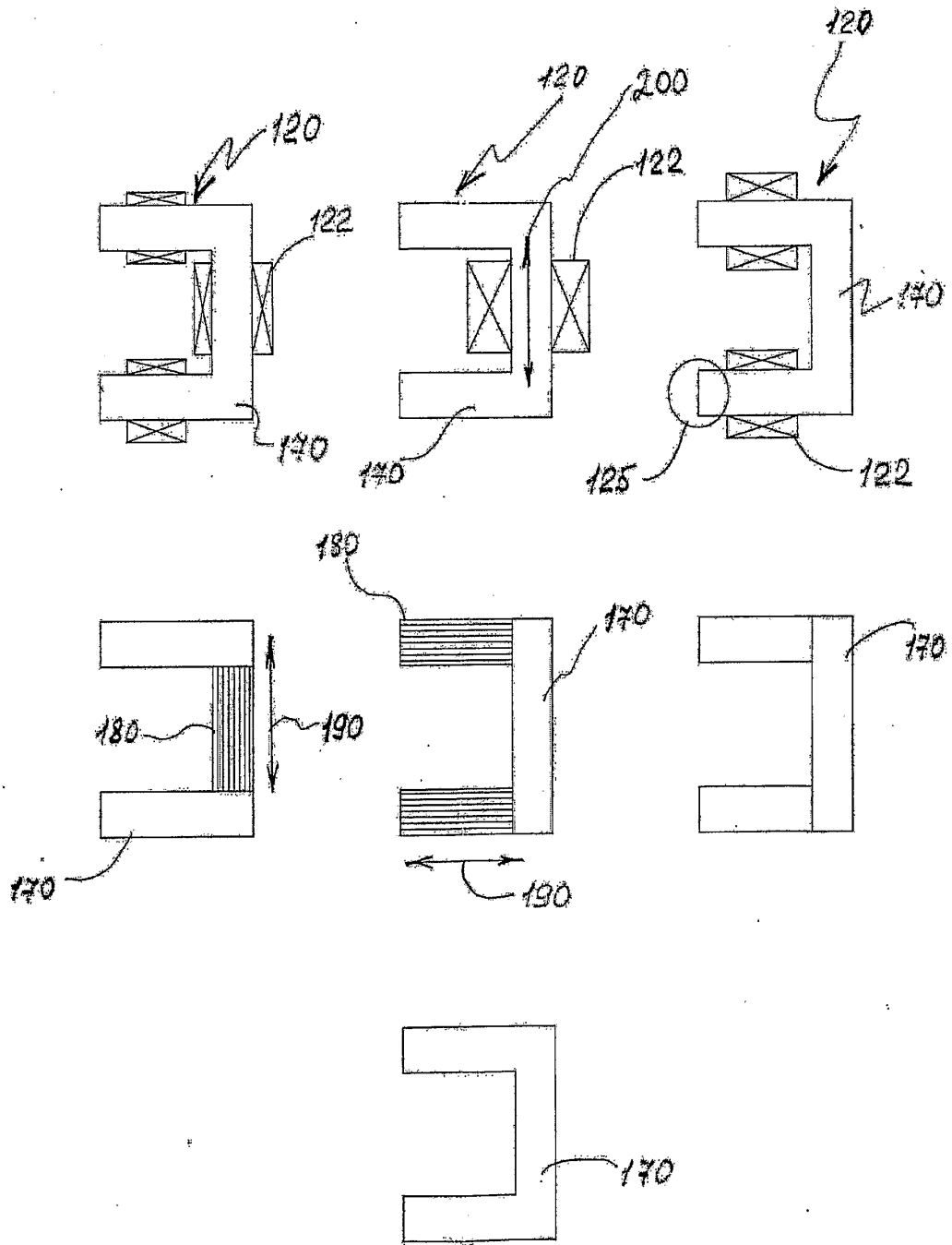


Figura 19

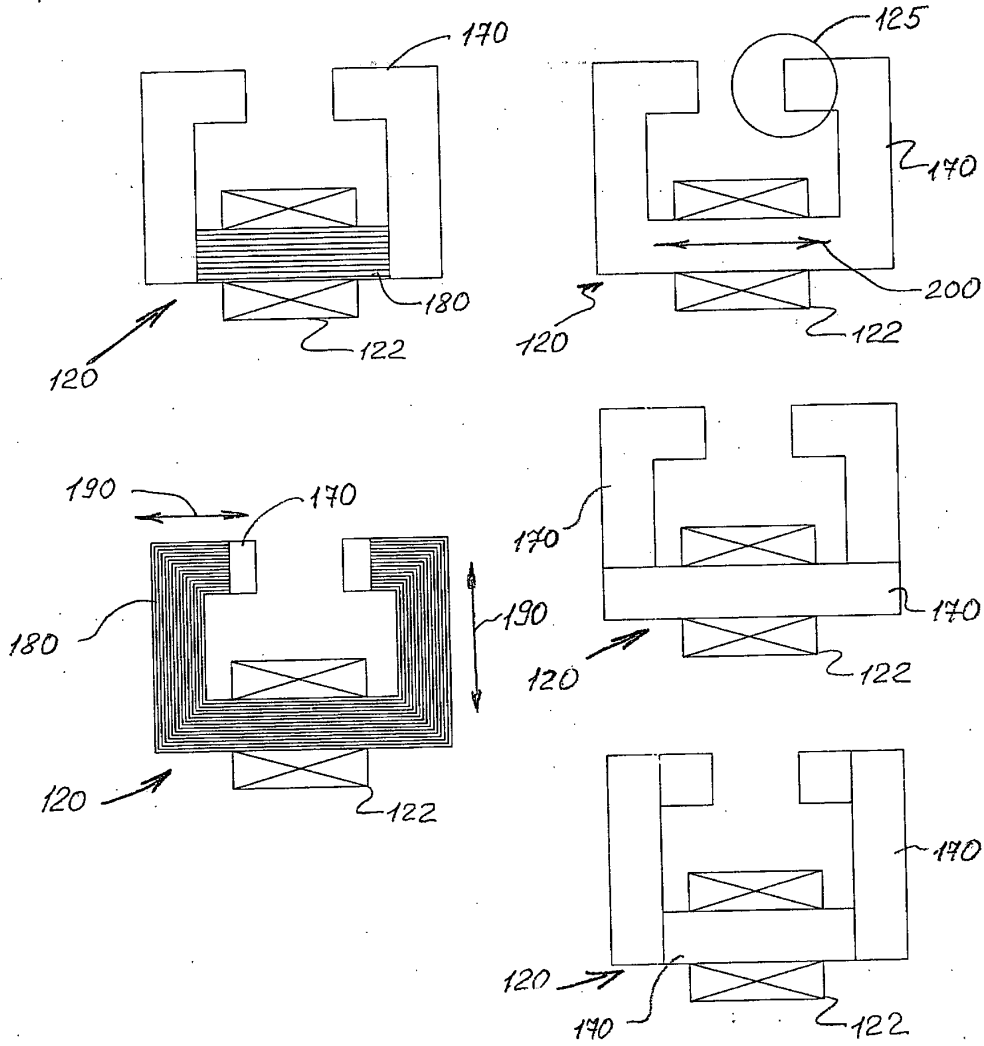


Figura 20

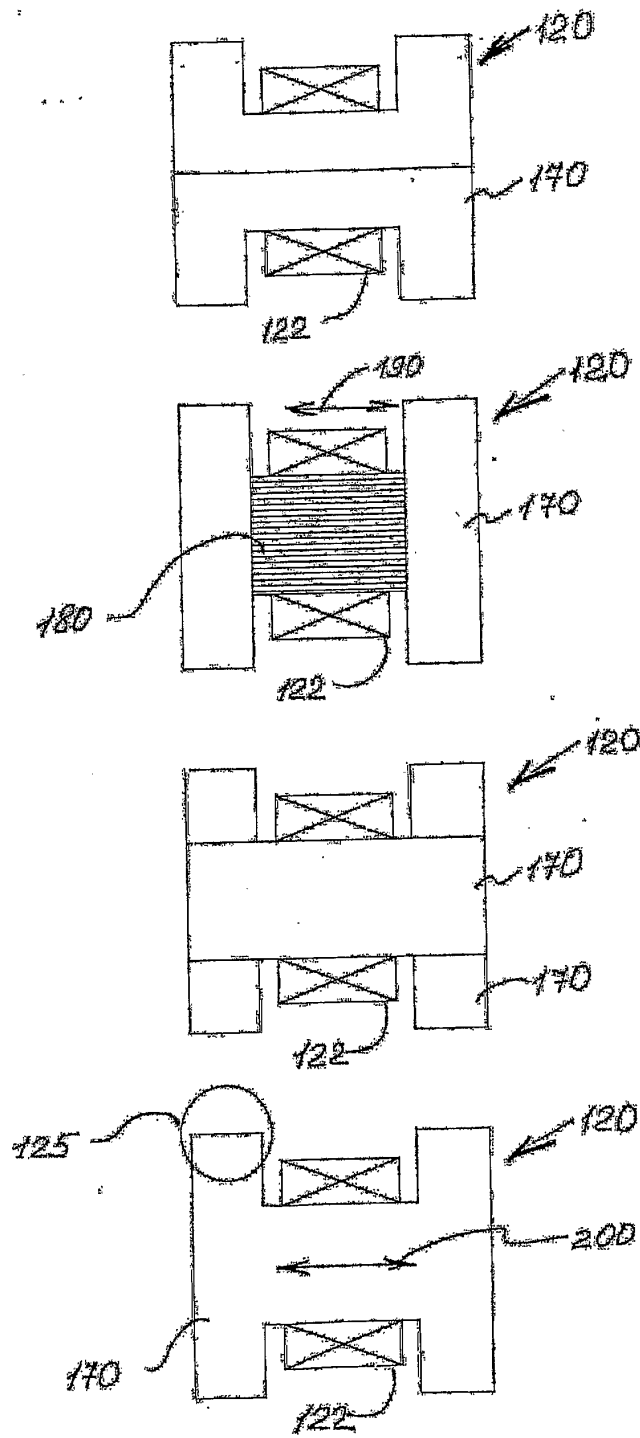


Figura 21

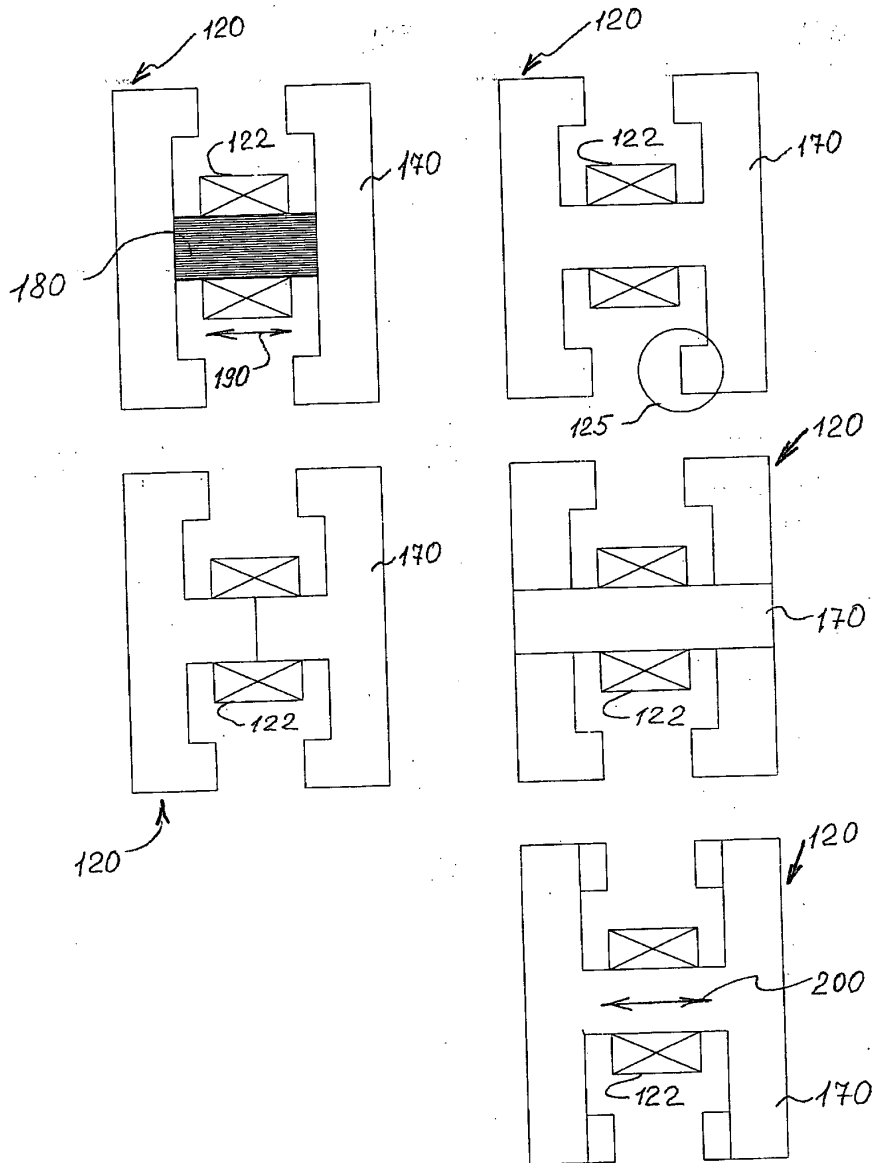


Figura 22

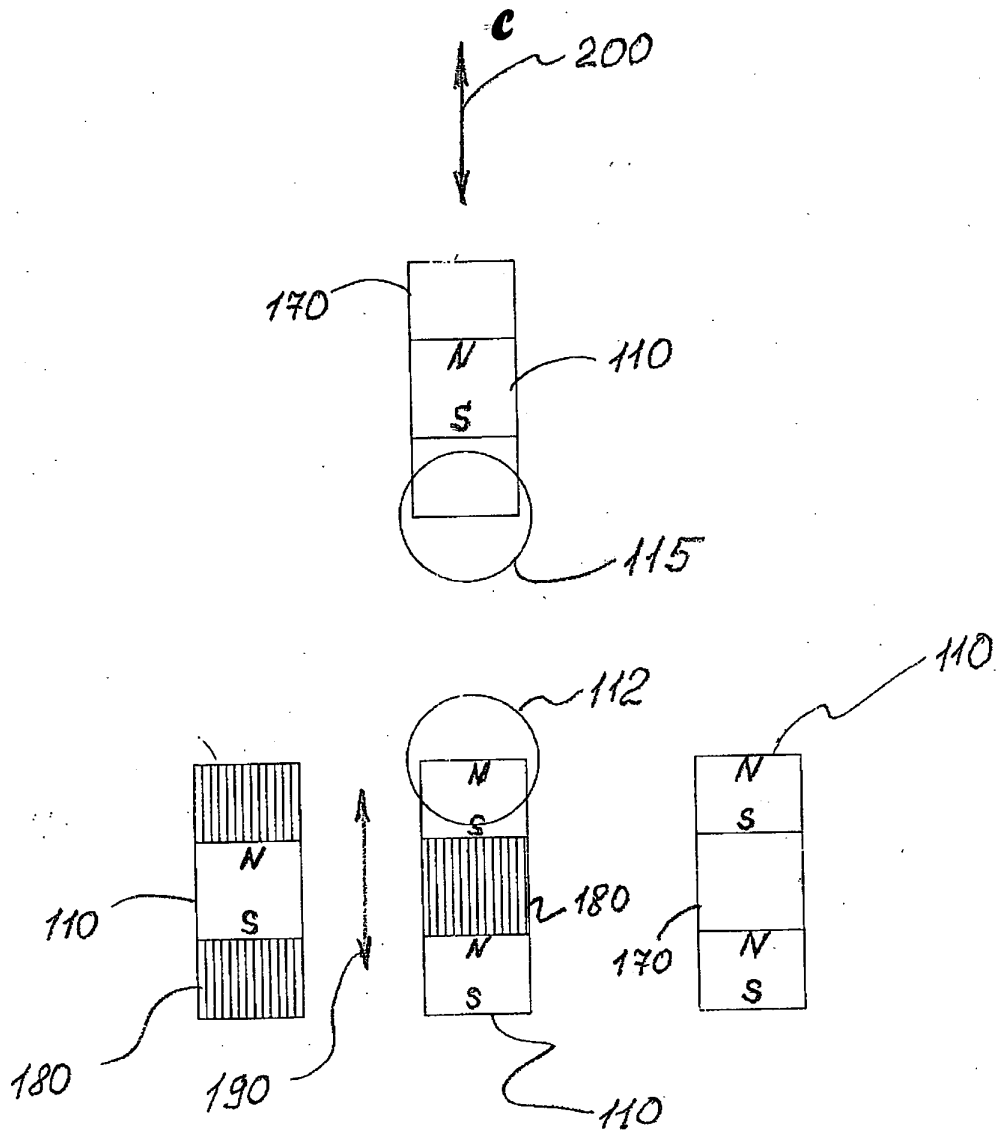


Figura 23

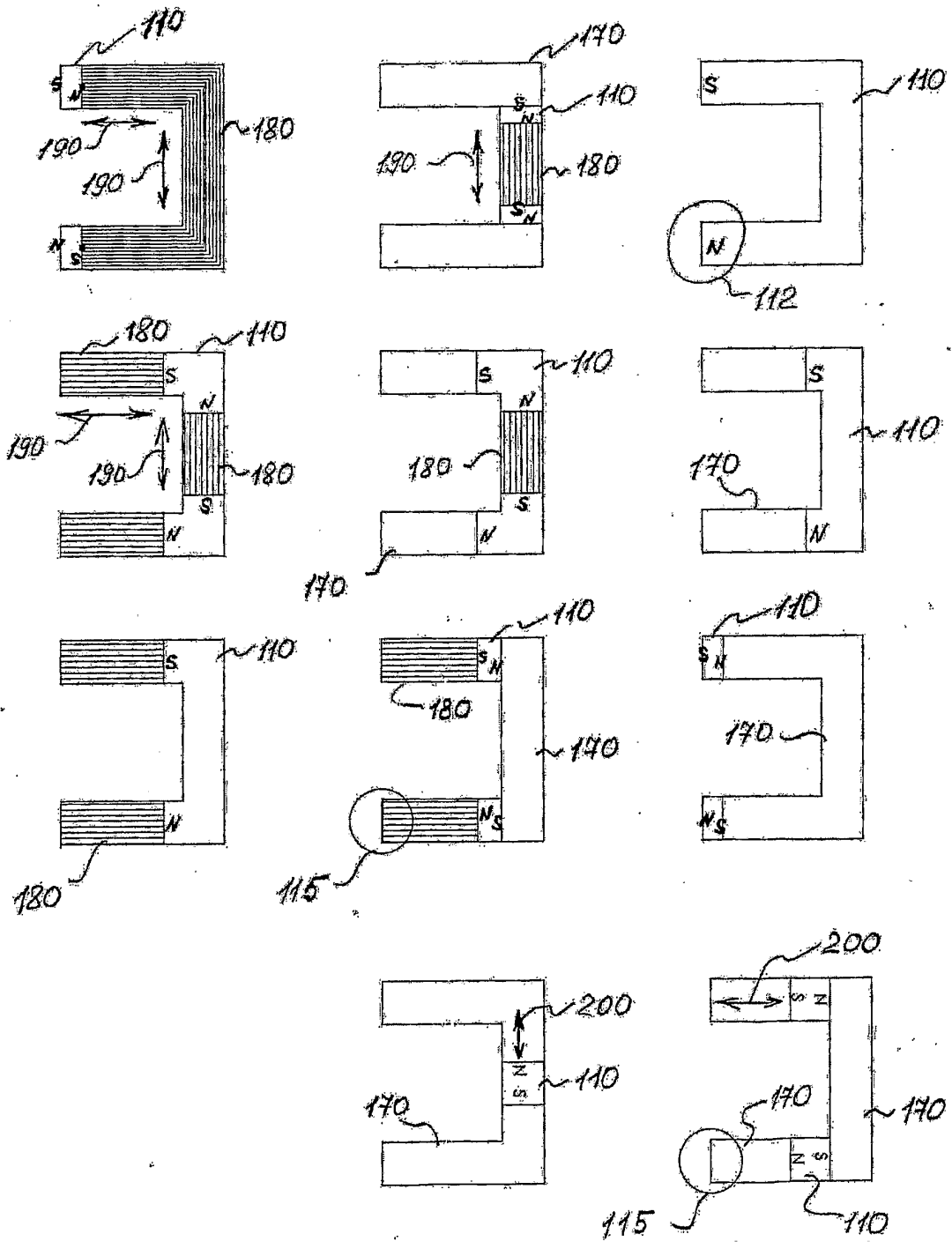


Figura 24

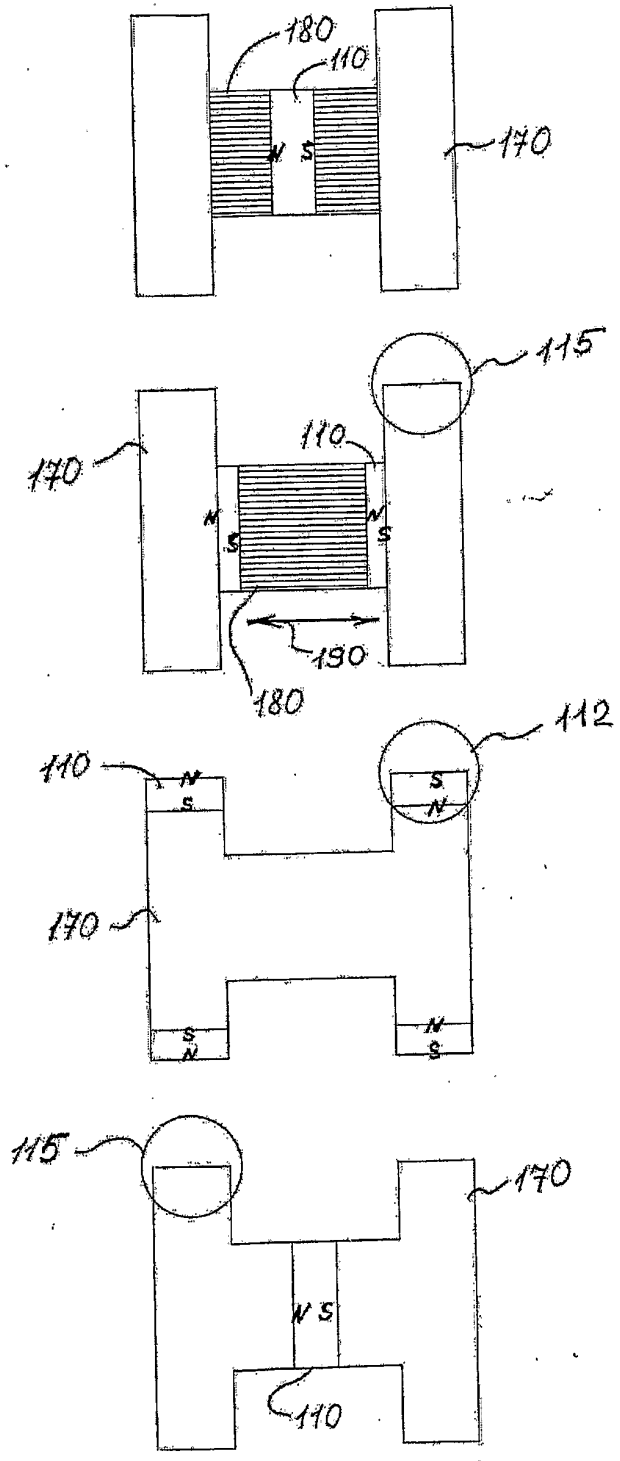


Figura 26

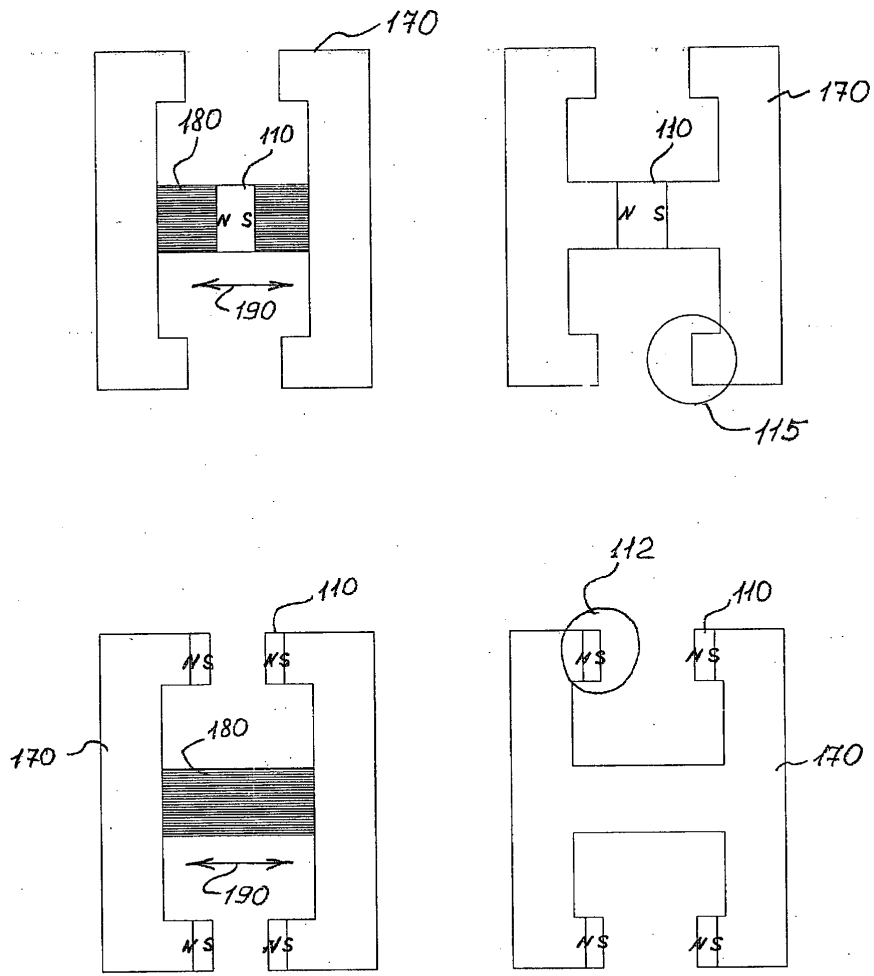


Figura 27

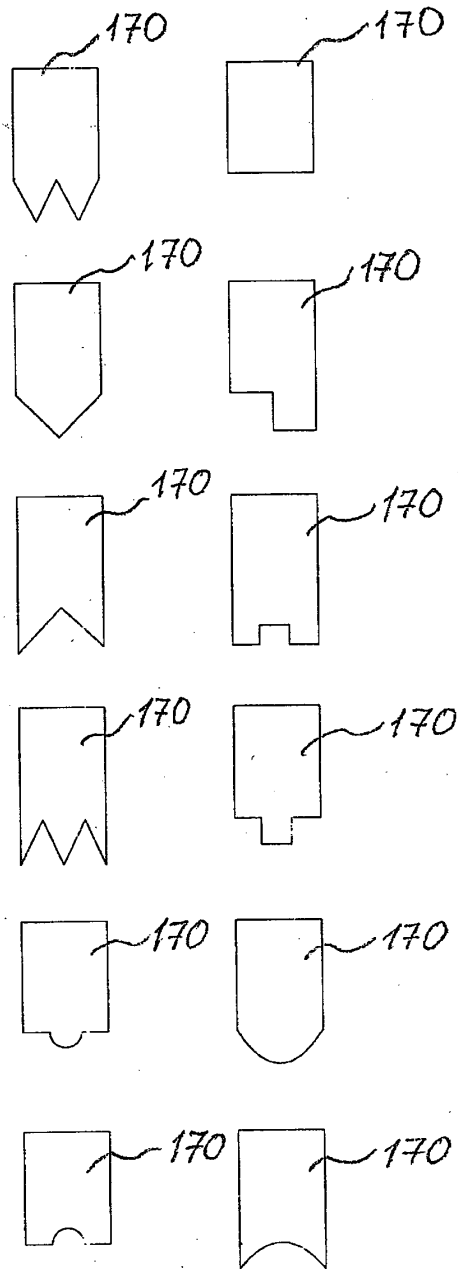


Figura 28

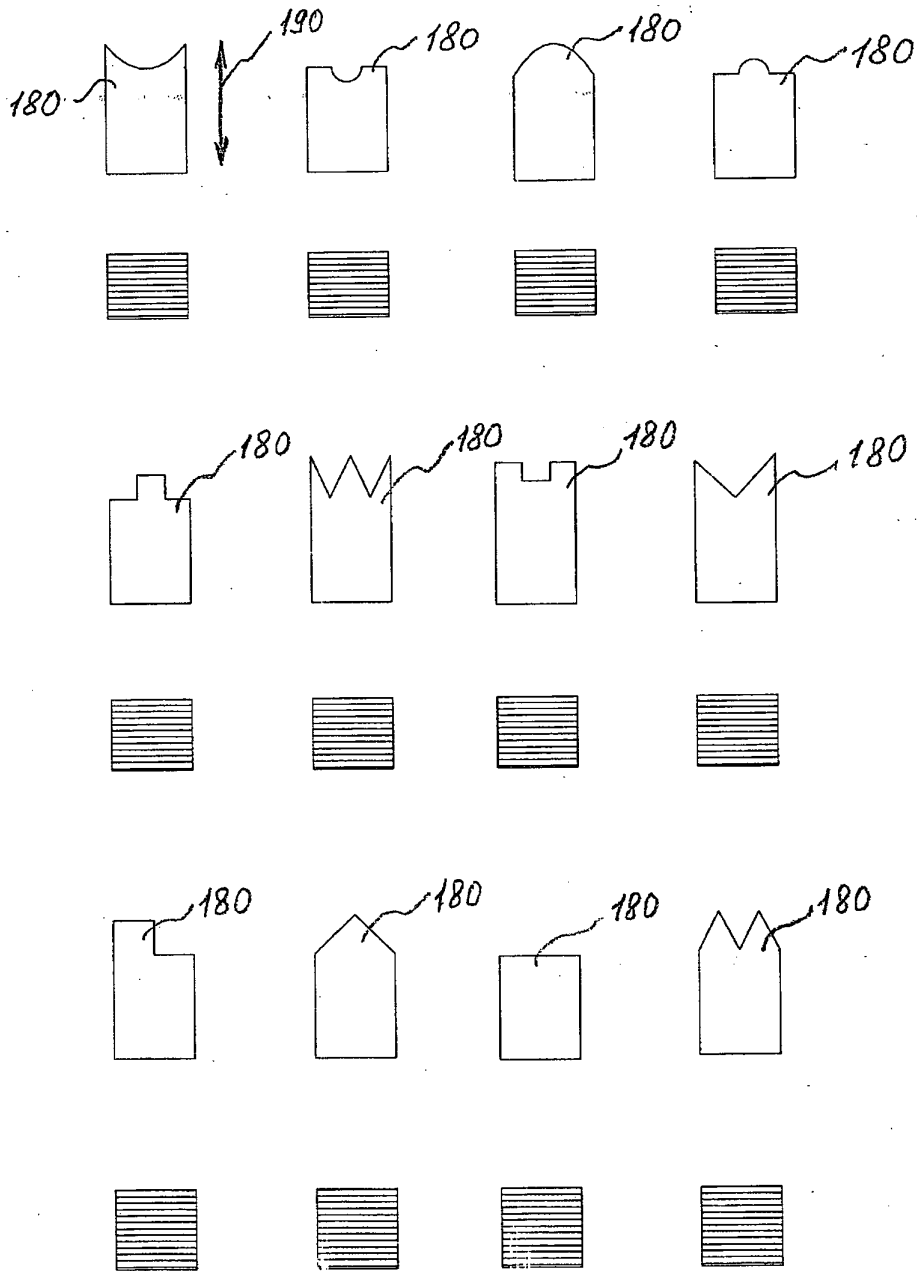


Figura 29

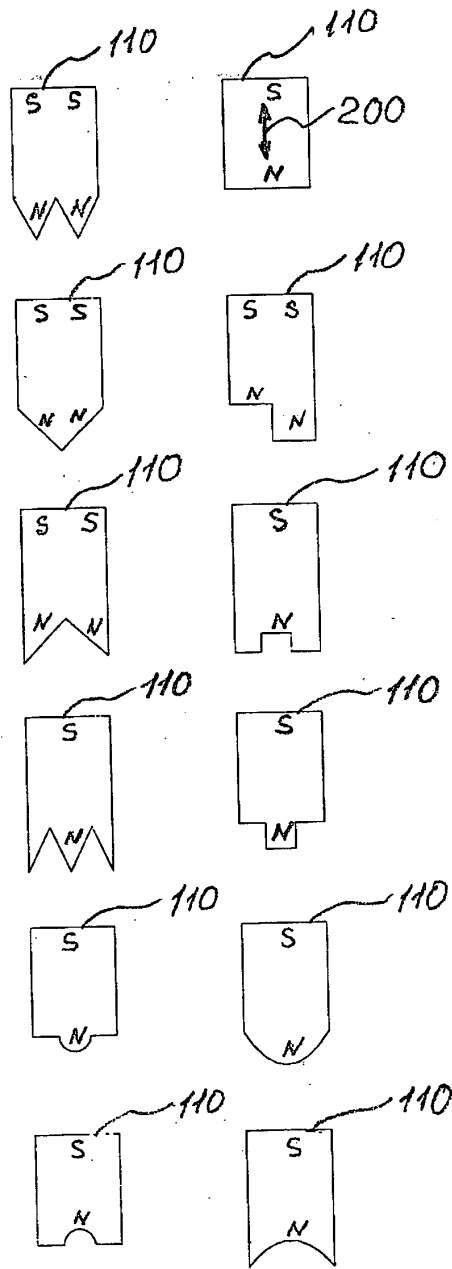


Figura 30

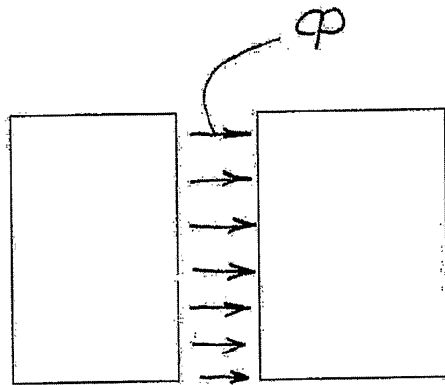


Figura 31

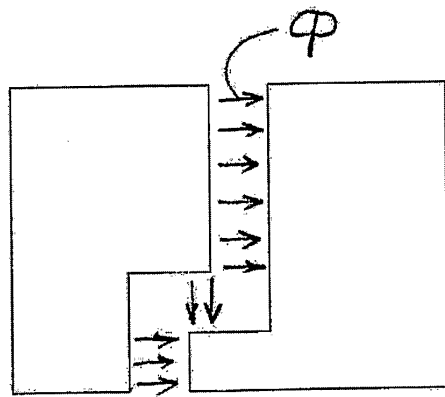


Figura 32

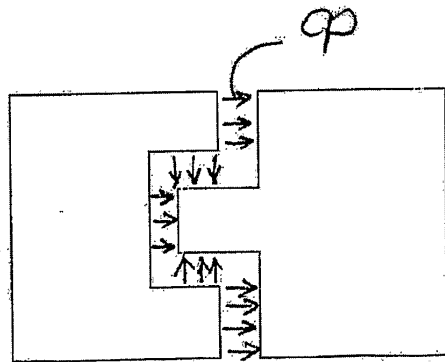


Figura 33

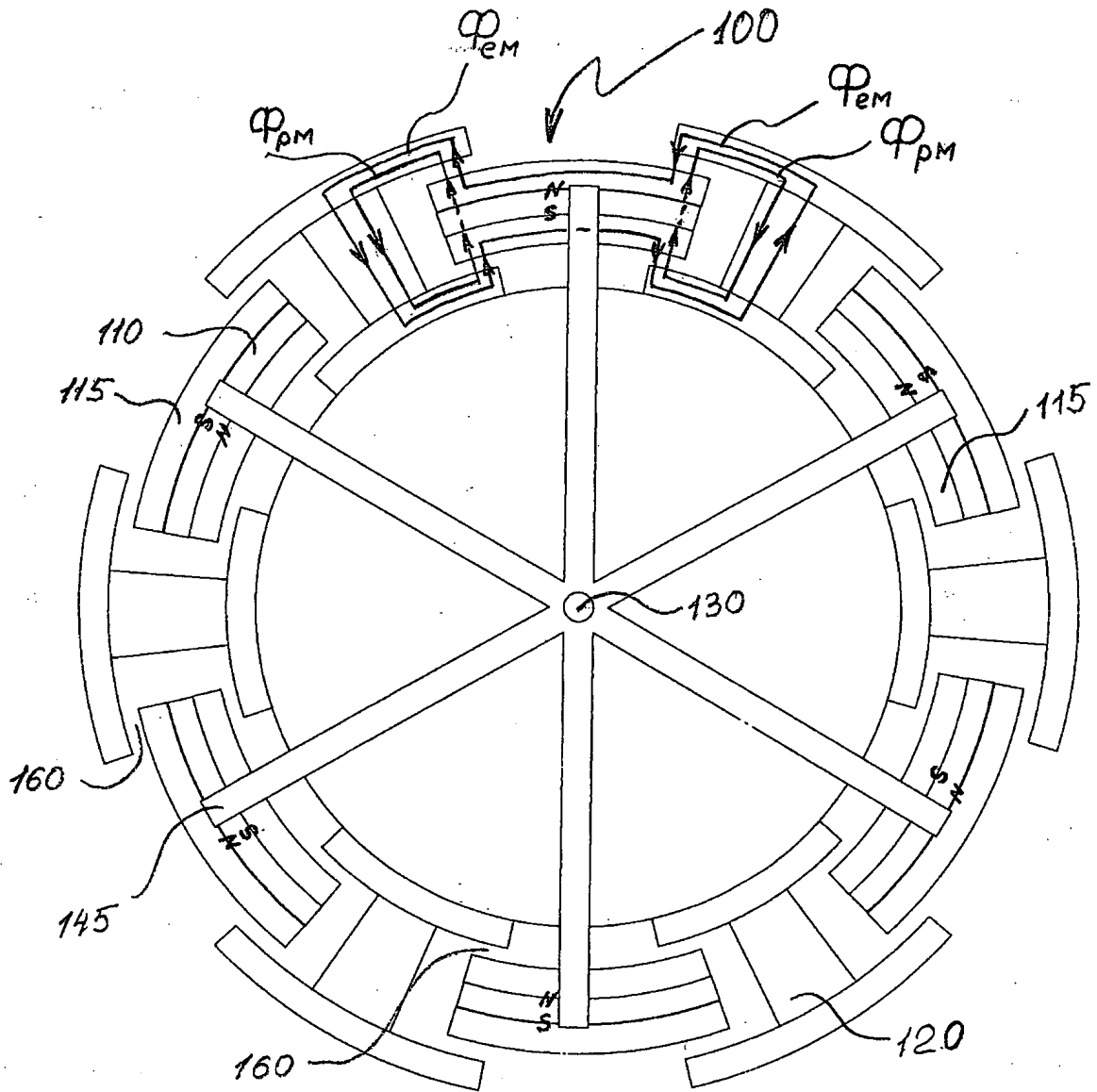


Figura 34

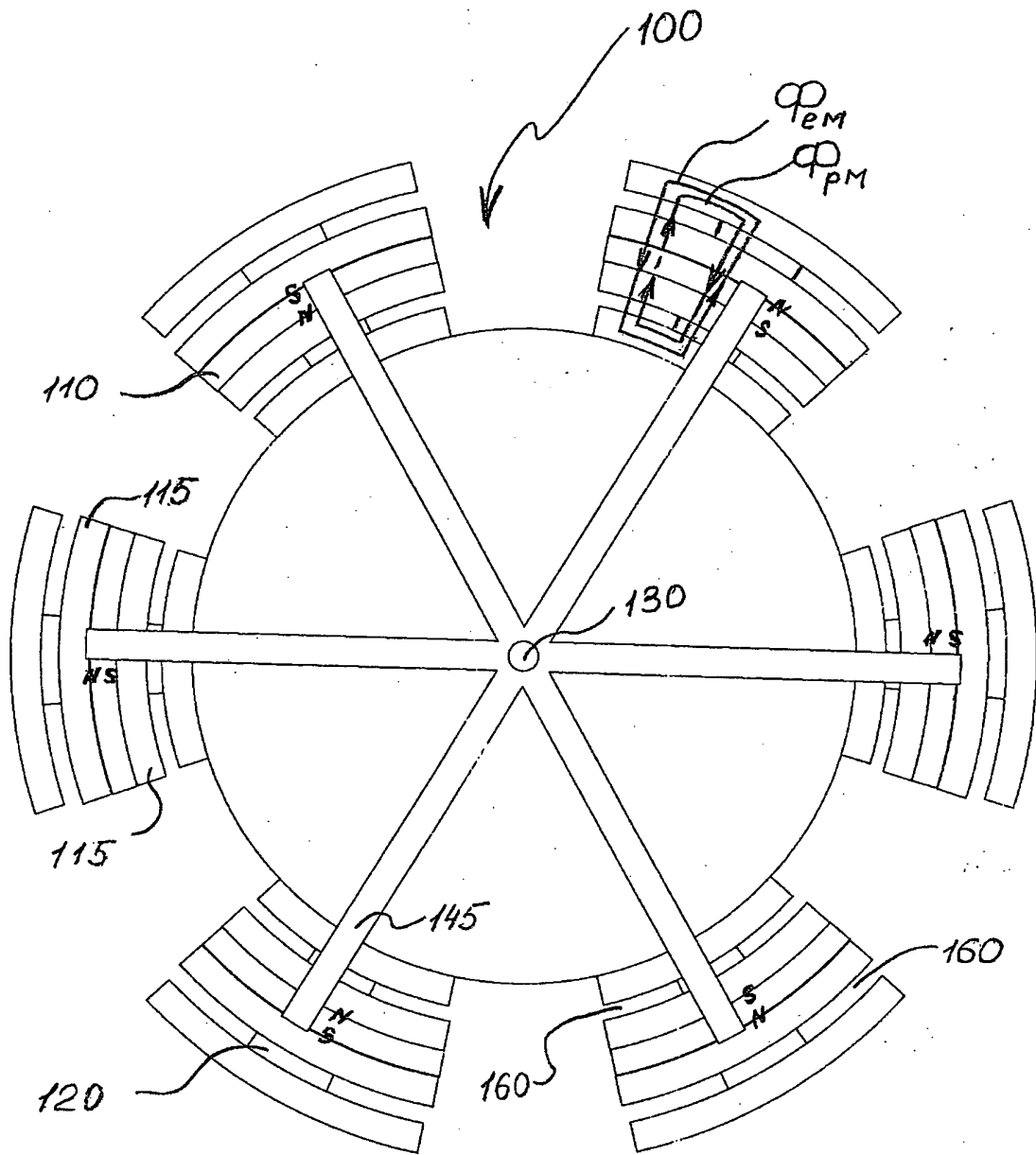


Figura 35

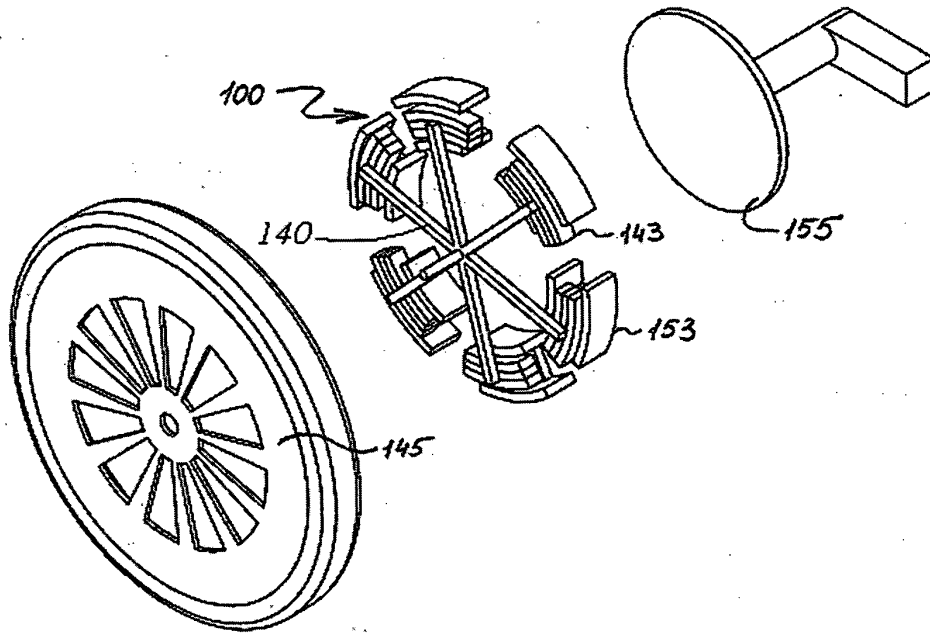


Figura 36

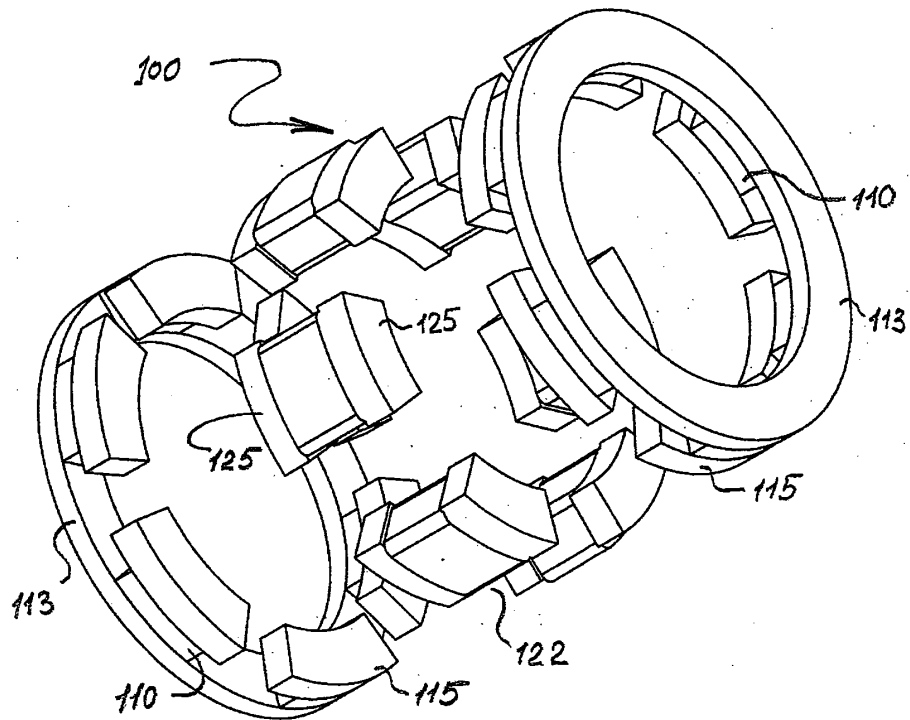


Figura 37

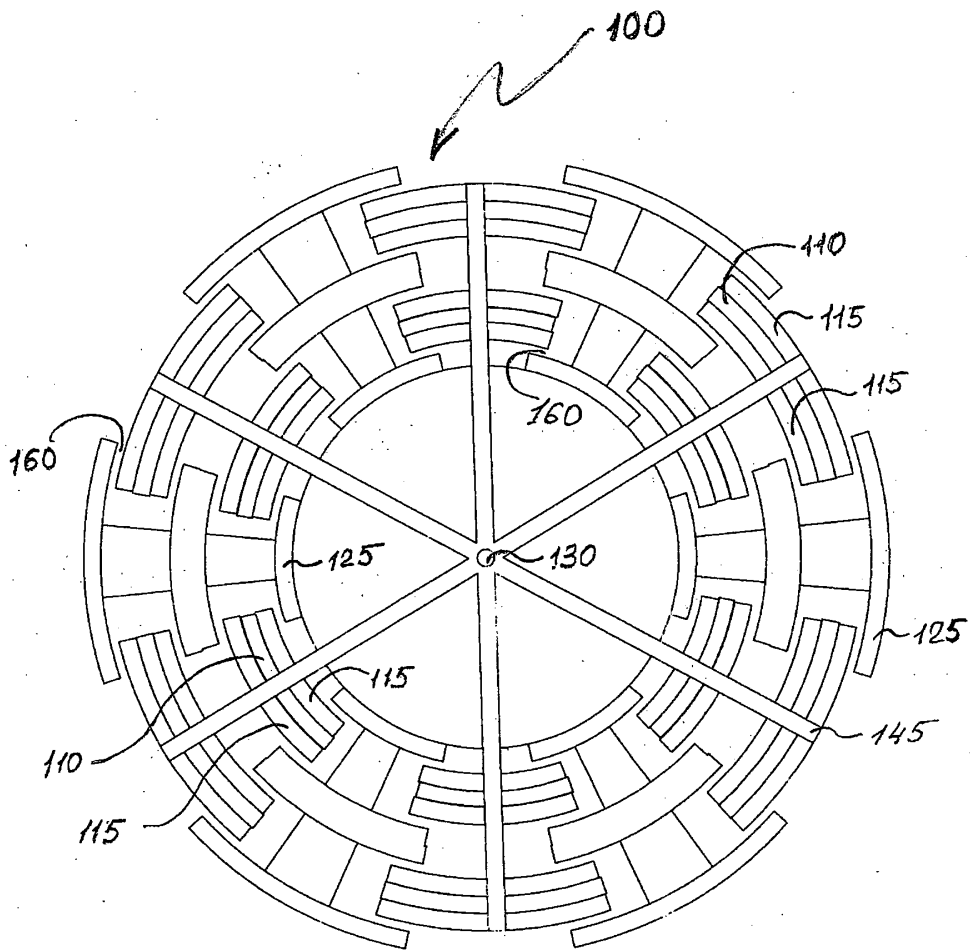


Figura 38

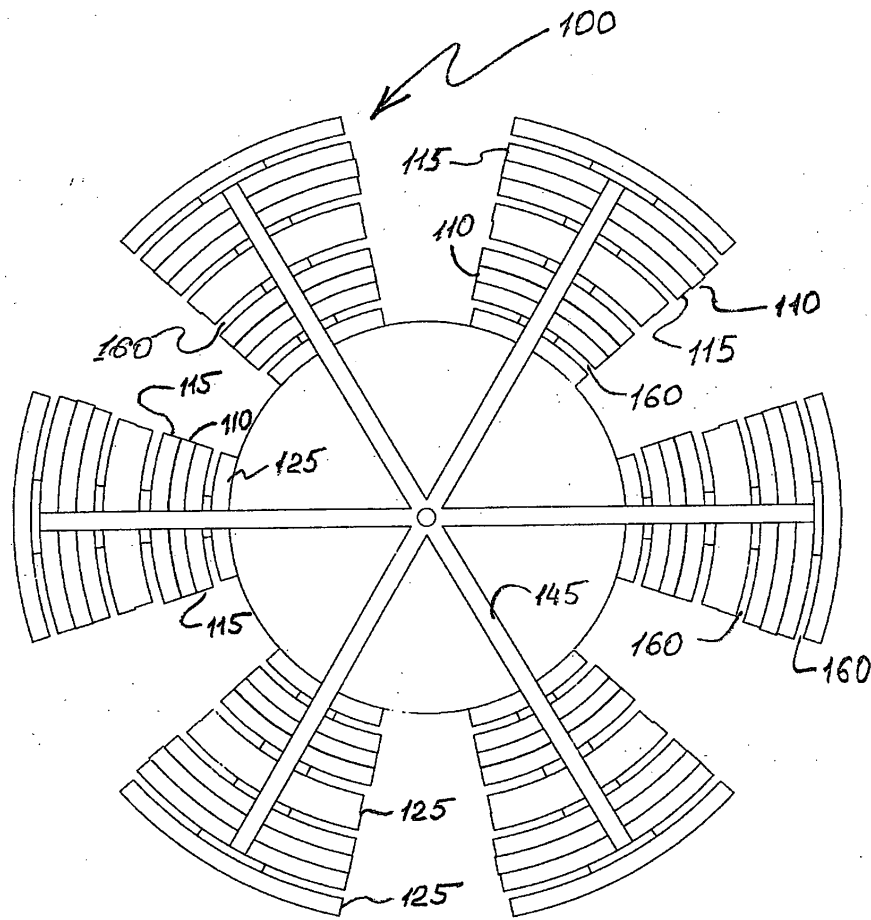


Figura 39

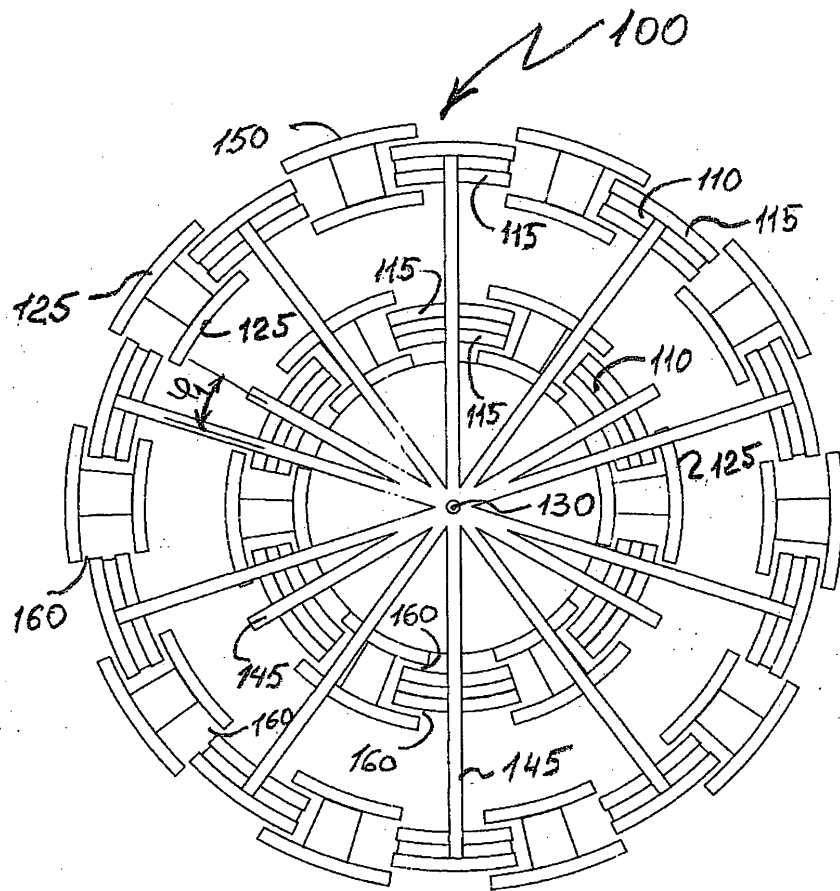


Figura 40

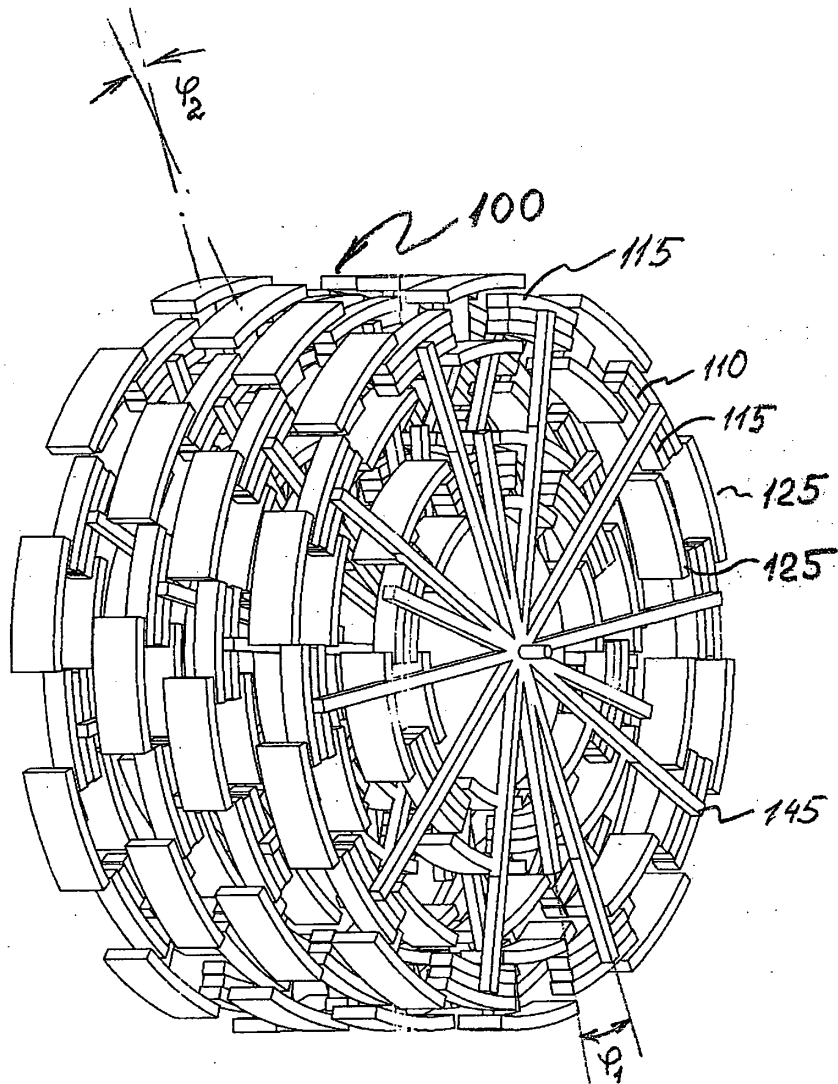


Figura 41

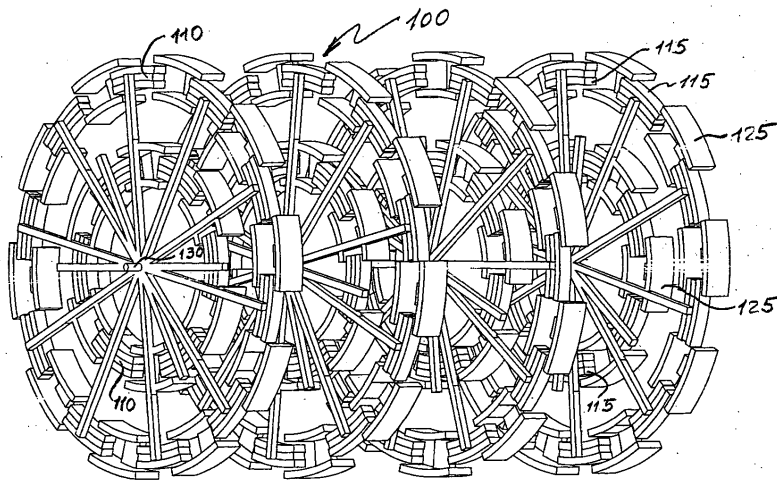


Figura 42

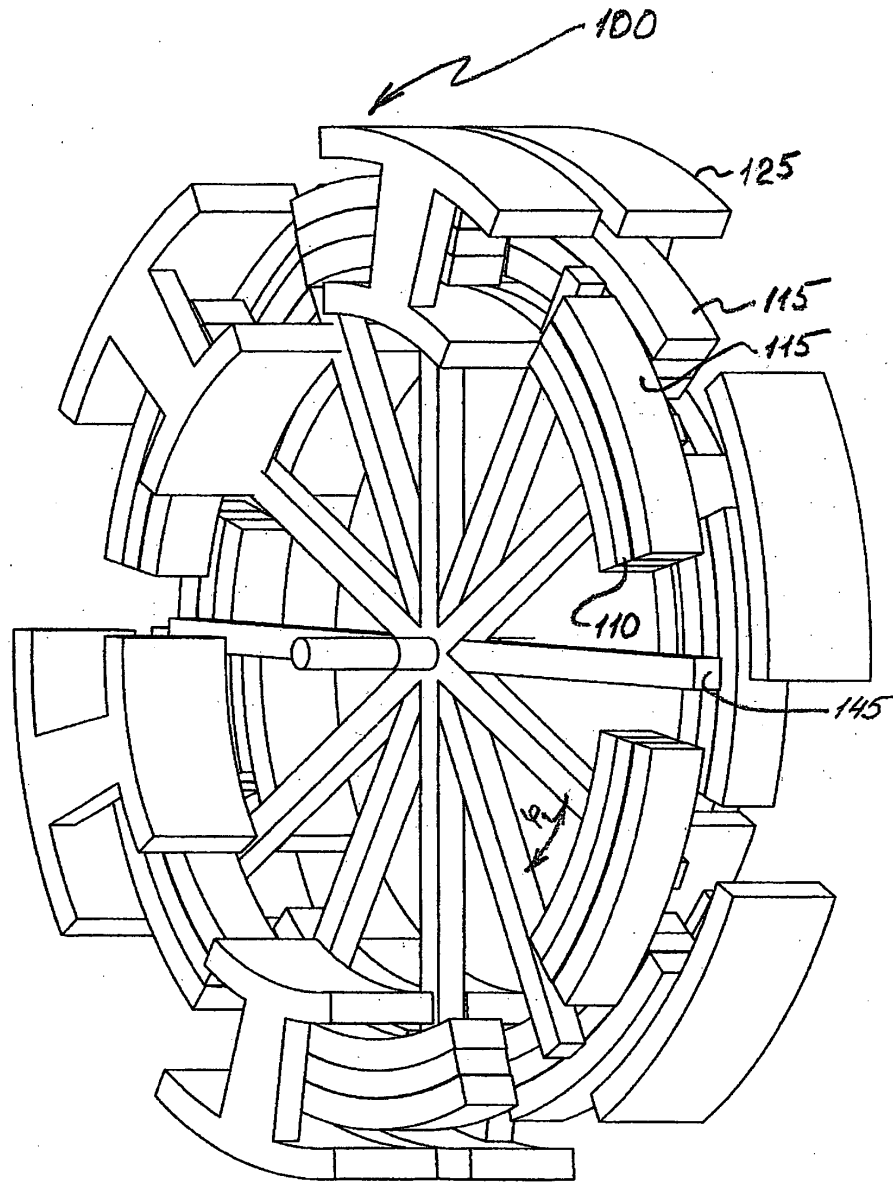


Figura 43

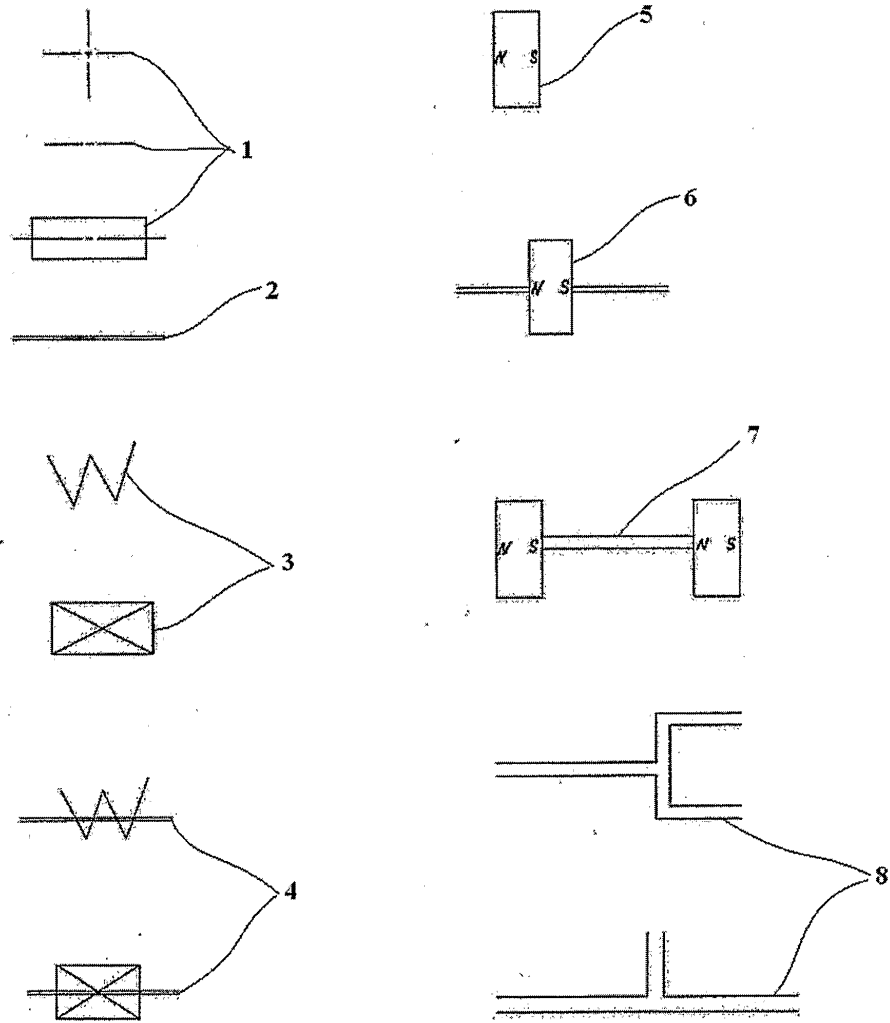


Figura 44

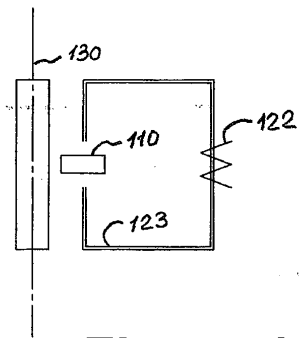


Figura 47

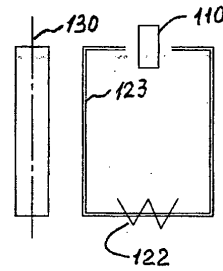


Figura 45

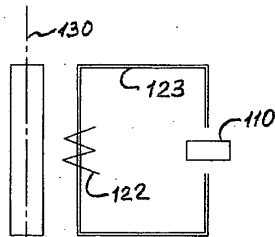


Figura 48

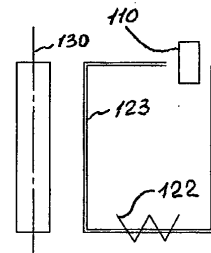


Figura 46

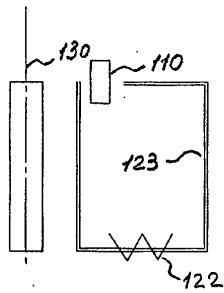


Figura 49

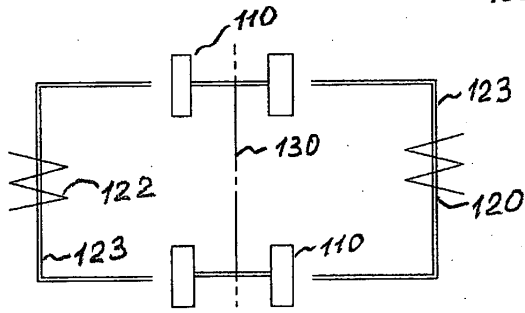


Figura 53

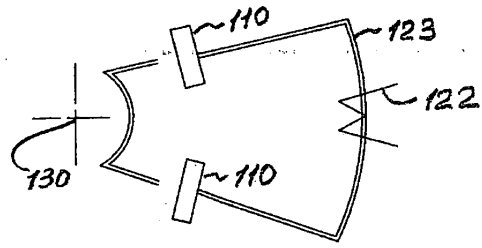


Figura 50

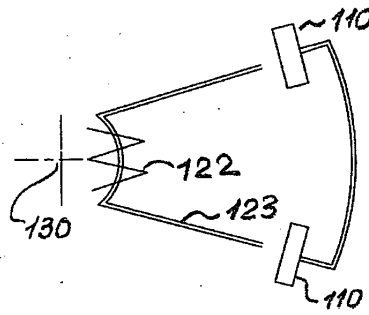


Figura 51

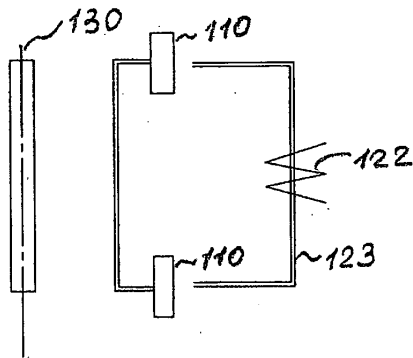


Figura 54

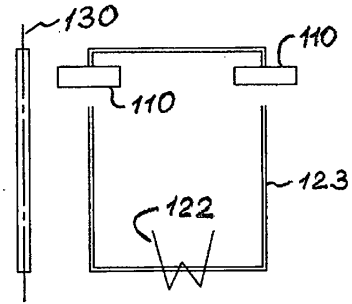


Figura 52

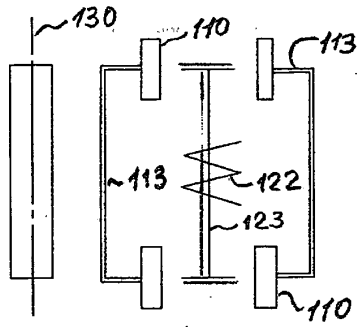


Figura 57

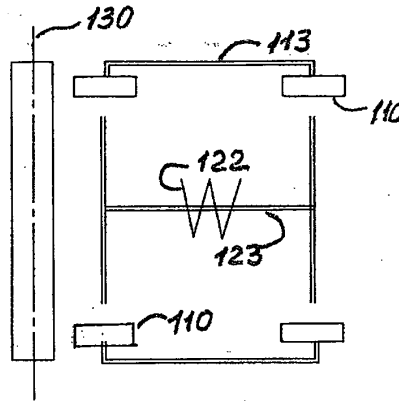


Figura 55

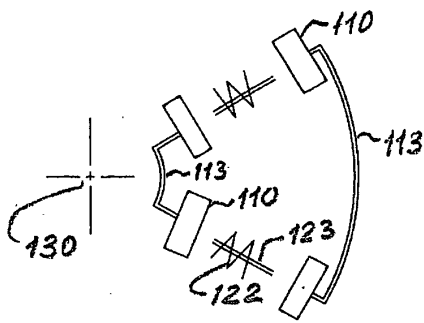


Figura 58

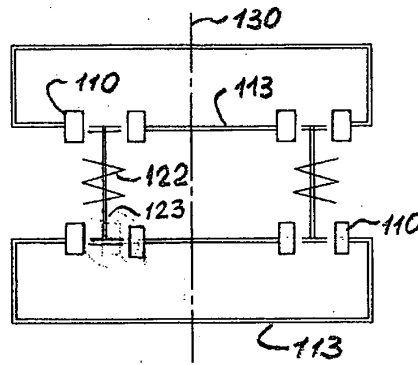


Figura 56

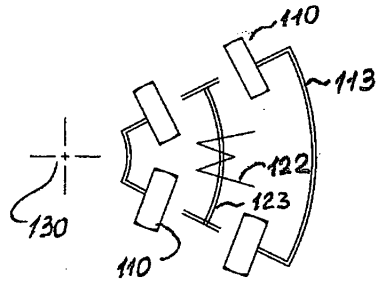


Figura 61

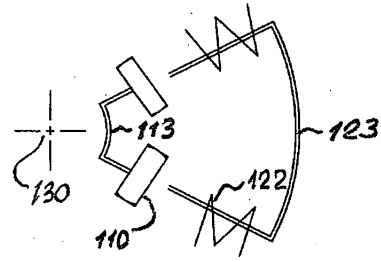


Figura 59

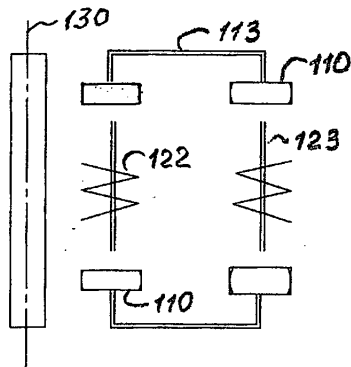


Figura 62

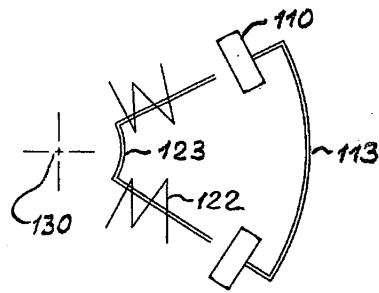


Figura 60

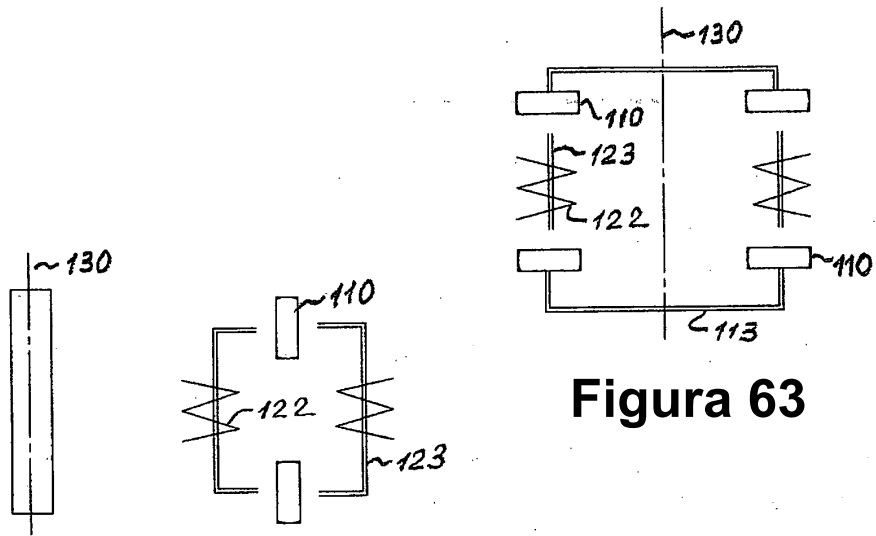


Figura 63



Figura 65

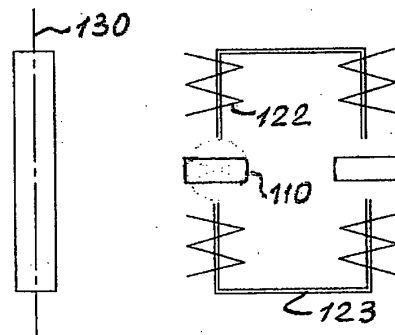


Figura 64

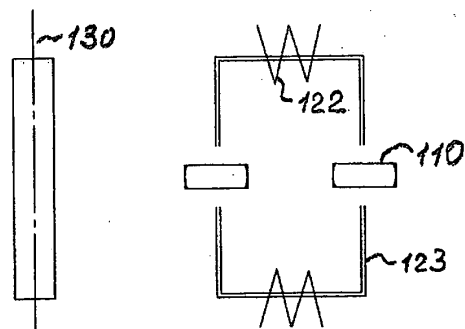


Figura 66

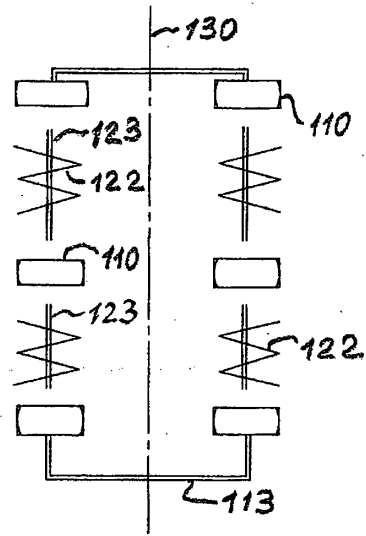


Figura 67

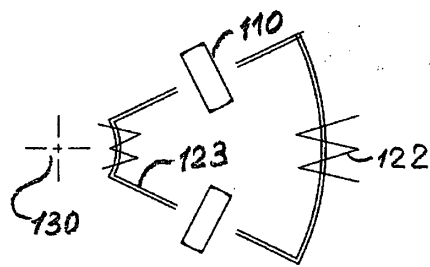


Figura 69

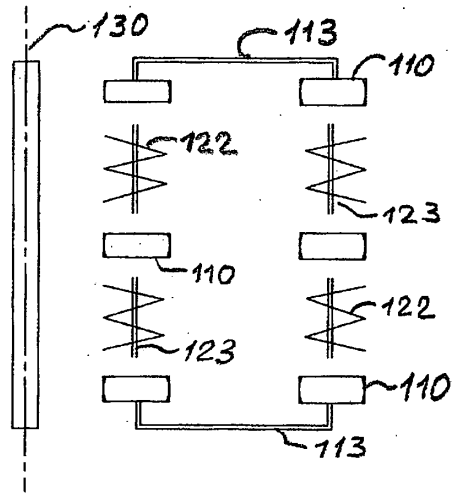


Figura 68

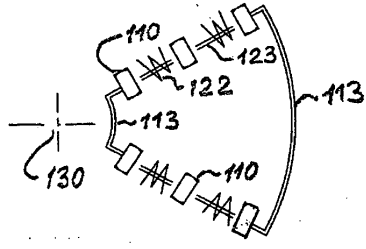


Figura 72

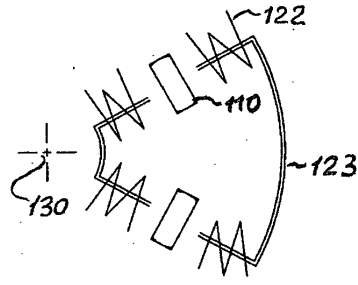


Figura 70

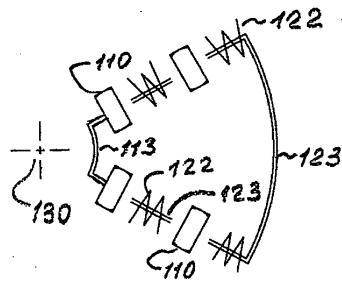


Figura 73

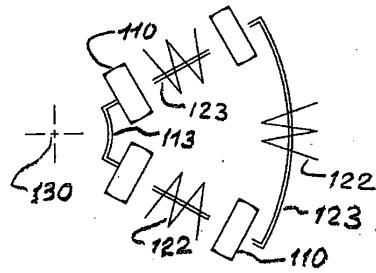


Figura 71

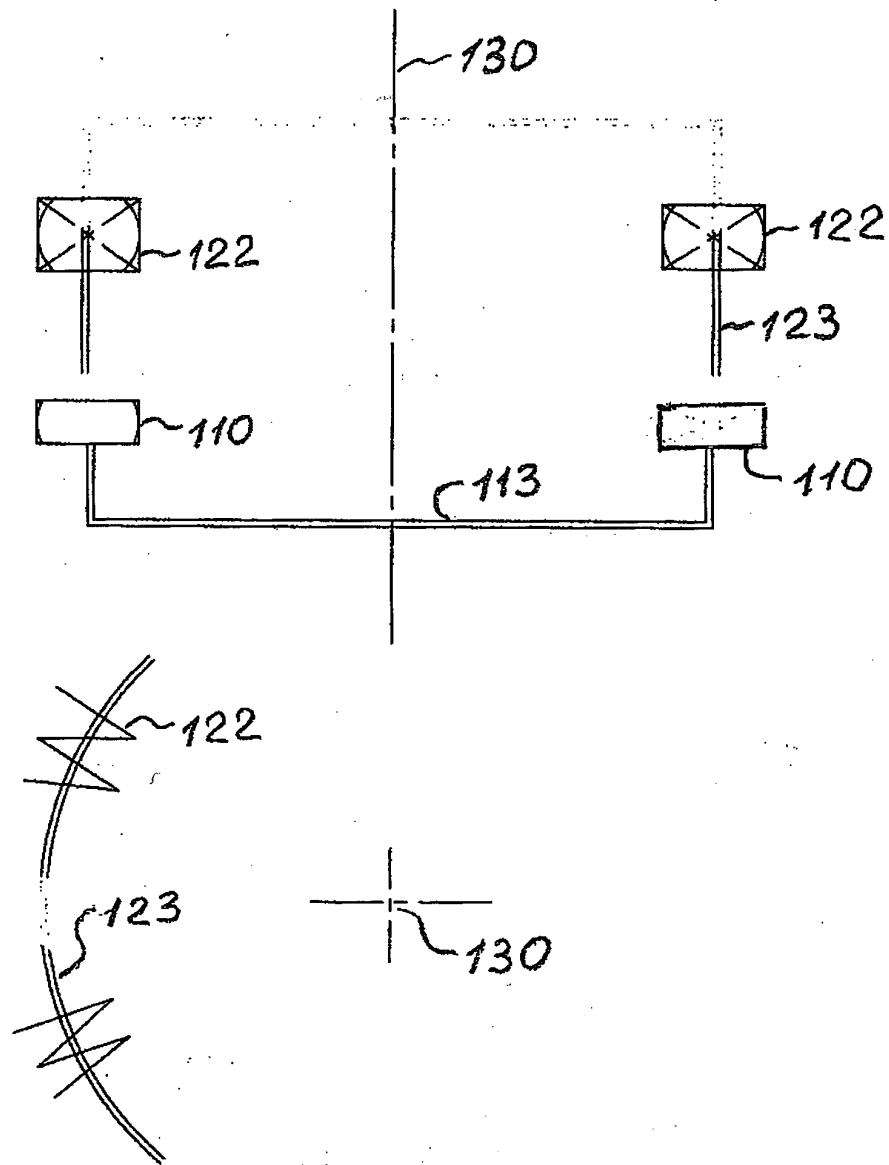


Figura 74

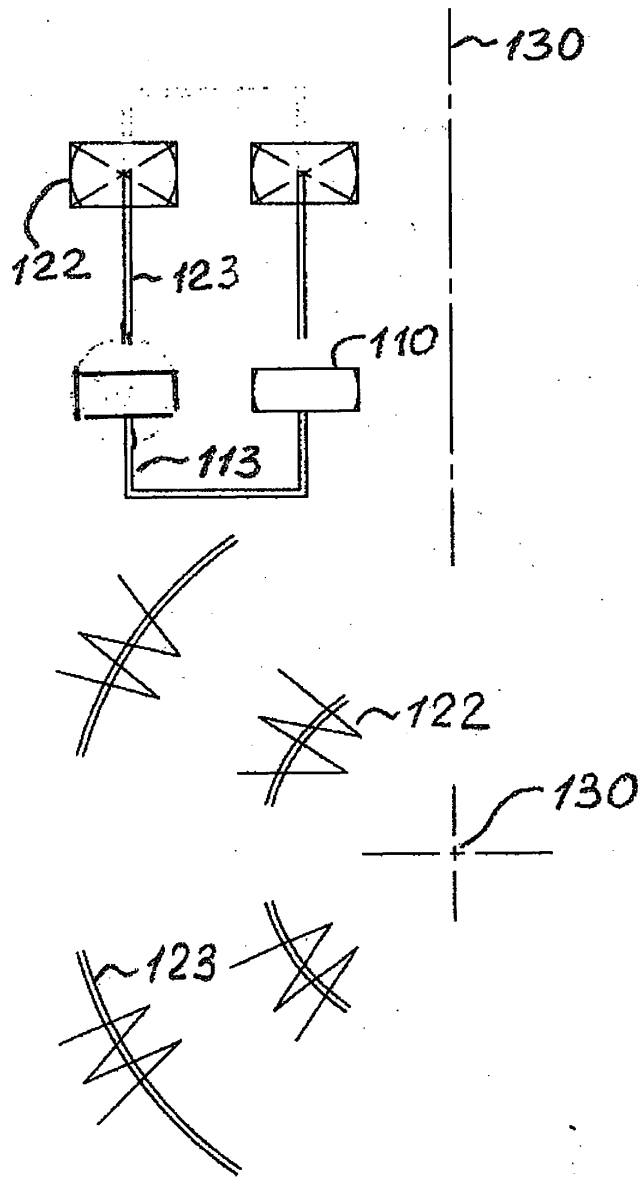


Figura 75

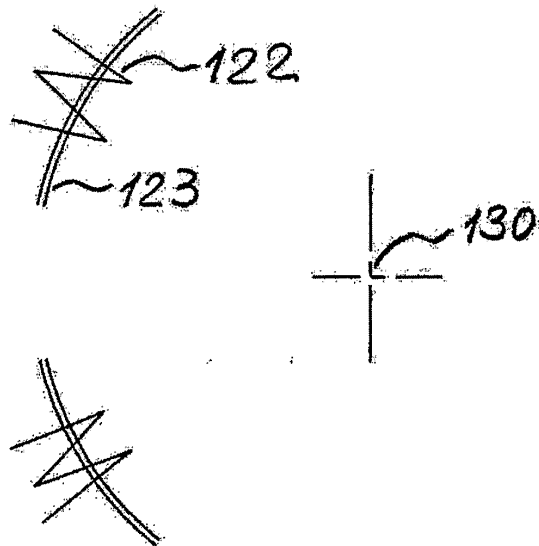
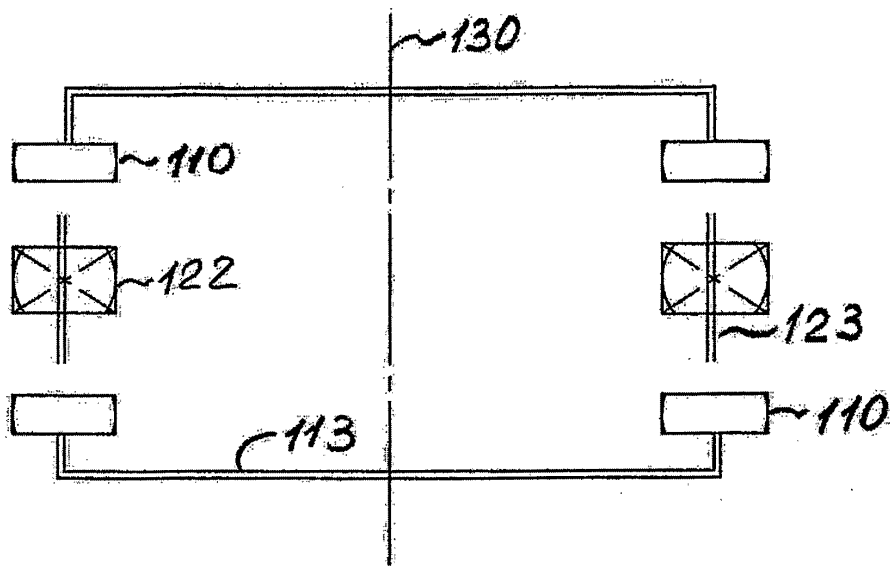


Figura 76

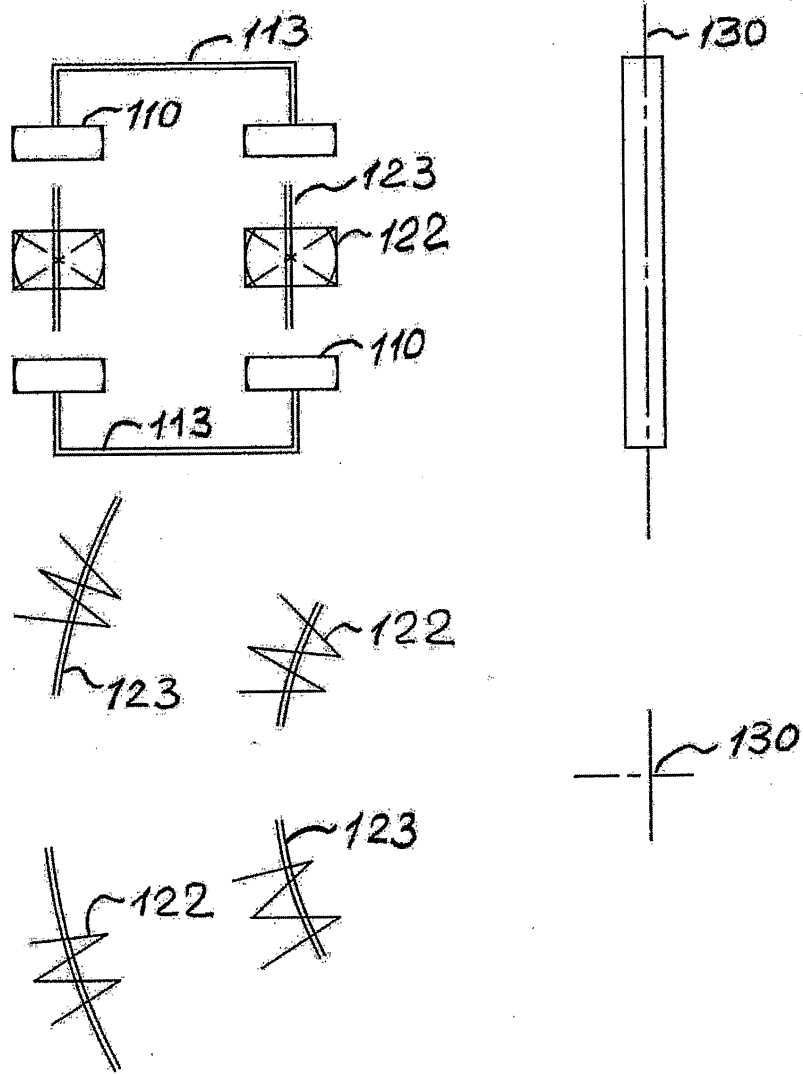


Figura 77

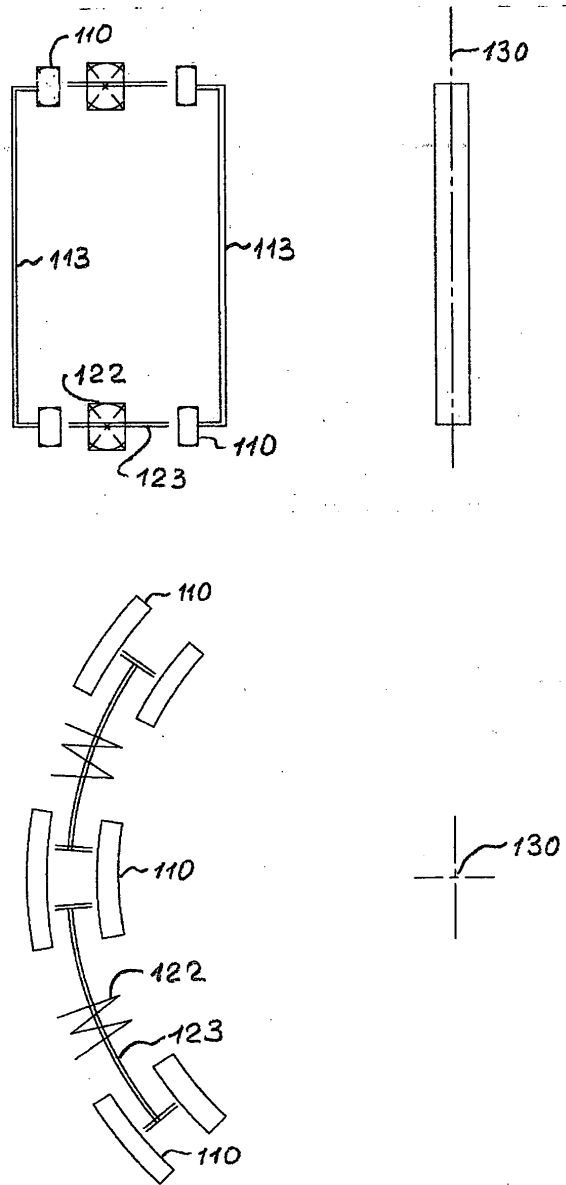


Figura 78

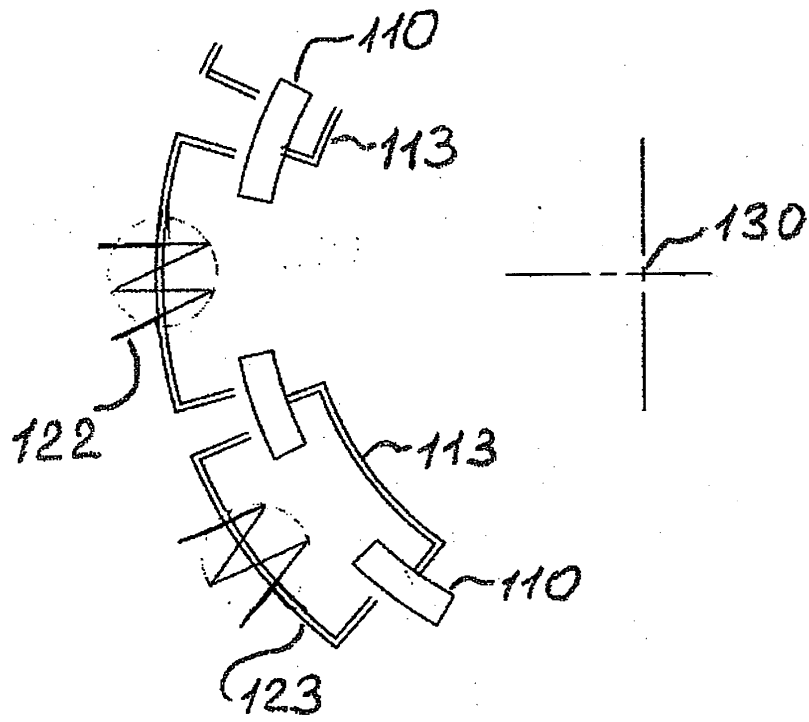


Figura 79

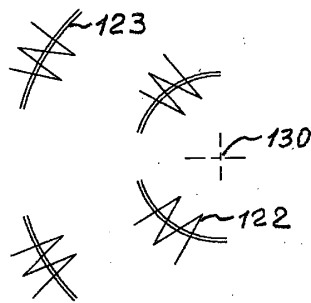
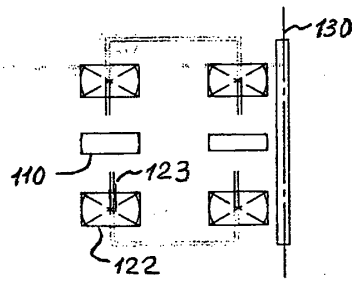


Figura 80

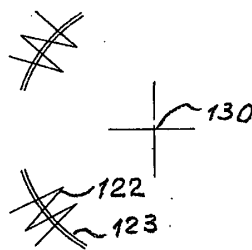
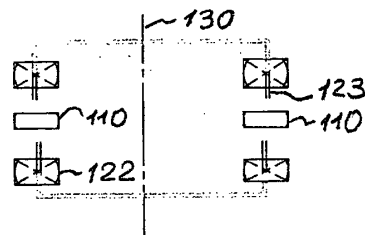


Figura 81

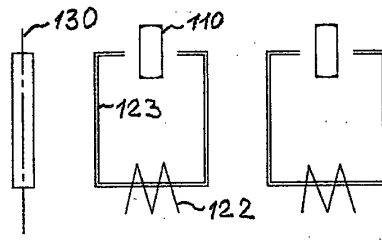


Figura 82

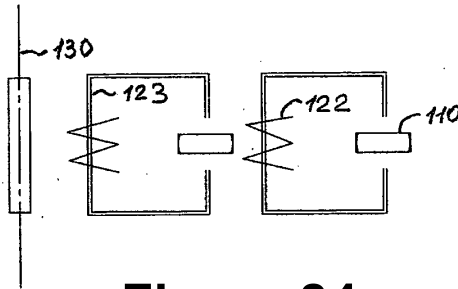


Figura 84

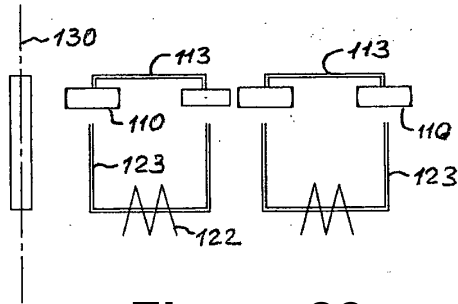


Figura 83

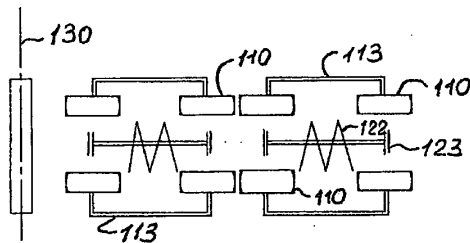


Figura 85

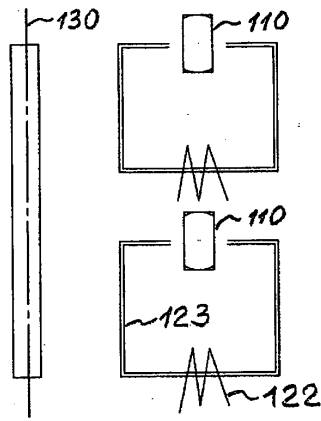


Figura 86

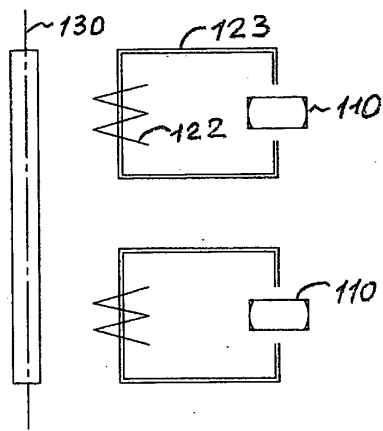


Figura 88

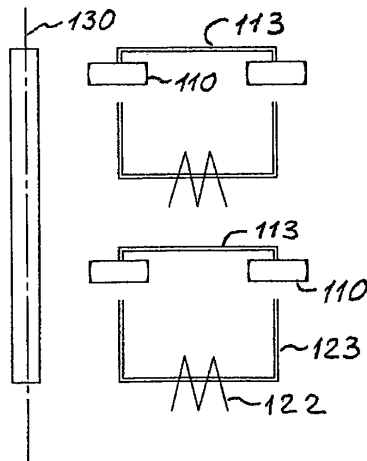


Figura 87

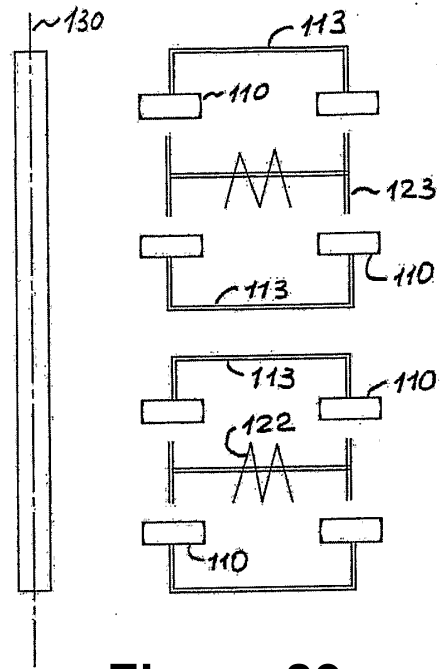


Figura 89

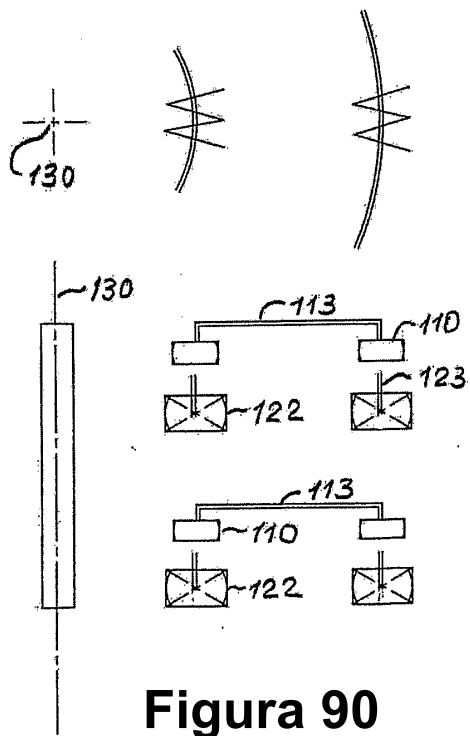


Figura 90

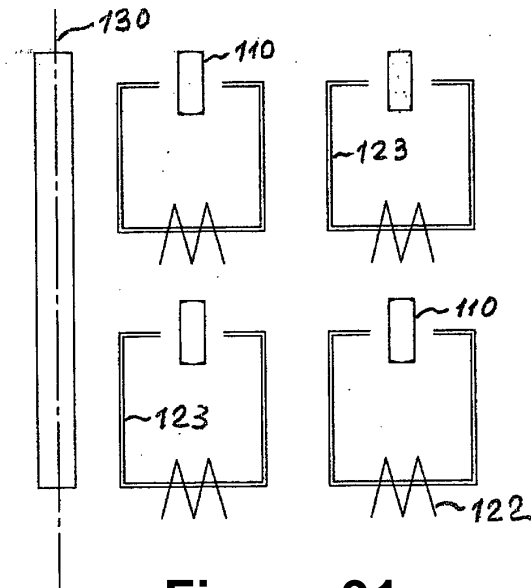


Figura 91

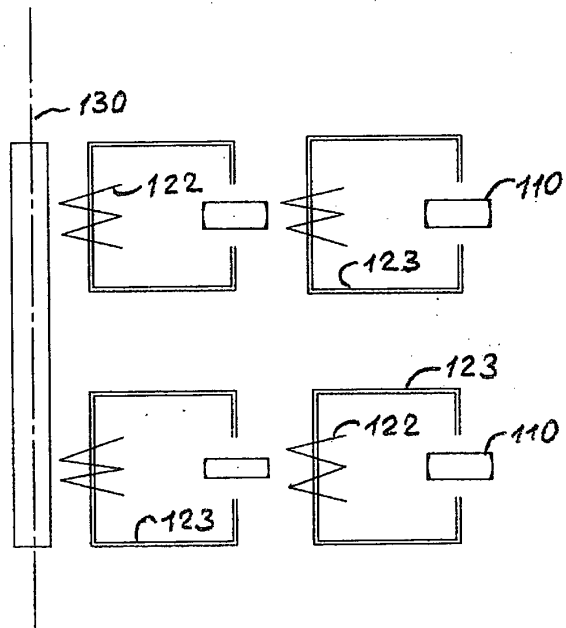


Figura 92

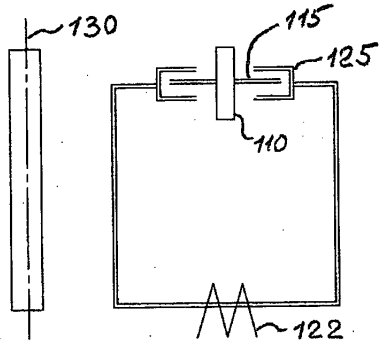


Figura 95

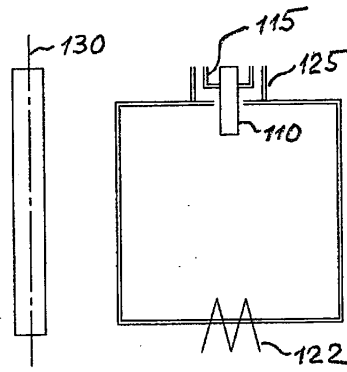


Figura 93

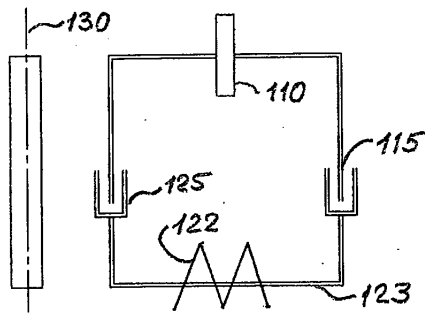


Figura 96

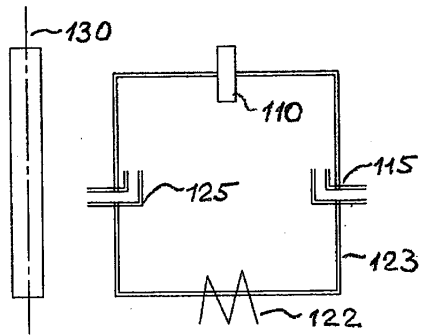


Figura 94

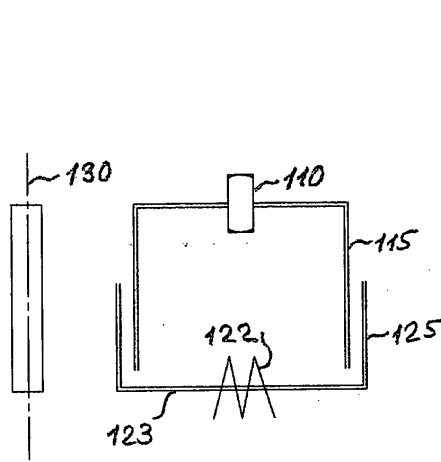


Figura 99

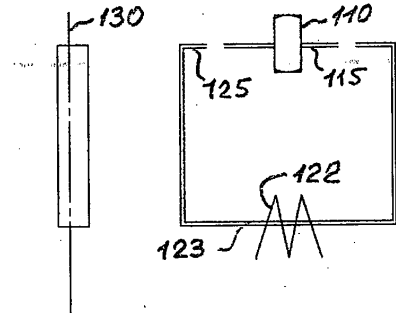


Figura 97

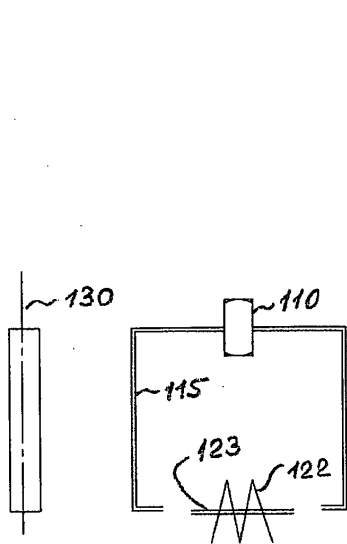


Figura 100

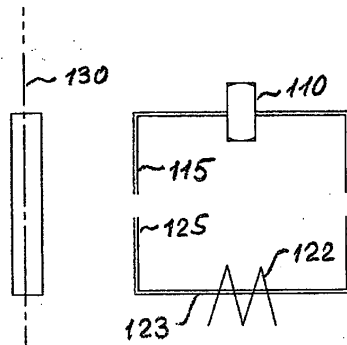


Figura 98

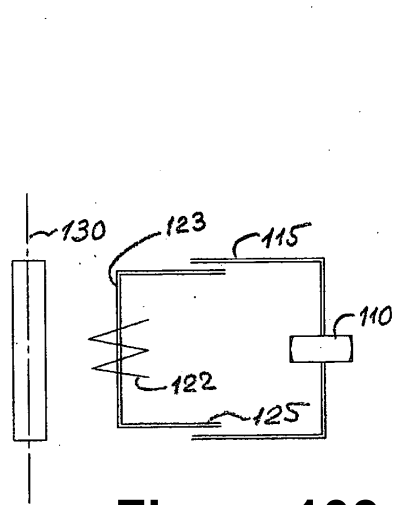


Figura 103

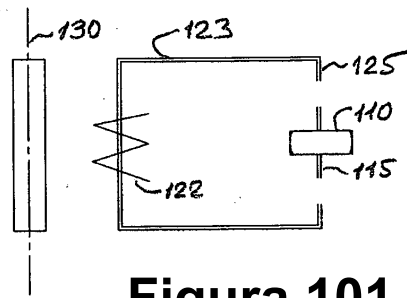


Figura 101

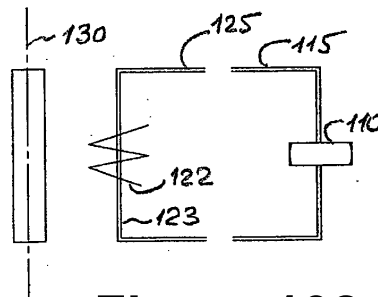


Figura 102

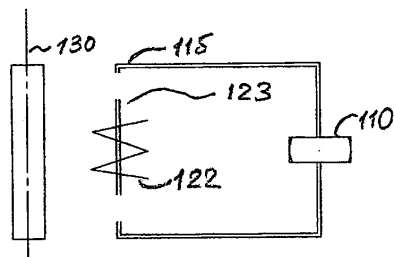


Figura 104