



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 348 598**

51 Int. Cl.:
H02K 1/14 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **02737865 .2**

96 Fecha de presentación : **08.05.2002**

97 Número de publicación de la solicitud: **1391024**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **25.02.2004**

54 Título: **Máquina de flujo transversal con estátor hecho de láminas con forma de E.**

30 Prioridad: **08.05.2001 DK 2001 00724**
11.12.2001 DK 2001 01849

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
09.12.2010

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
09.12.2010

73 Titular/es: **Aalborg Universitet**
Frederik Bajers Vej 5
9220 Aalborg Ø, DK

72 Inventor/es: **Rasmussen, Peter, Omand**

74 Agente: **Arias Sanz, Juan**

ES 2 348 598 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).

**MÁQUINA DE FLUJO TRANSVERSAL CON ESTÁTOR HECHO DE LÁMINAS CON
FORMA DE E**

CAMPO DE LA INVENCION

5 La presente invención se refiere a una máquina rotativa
eléctrica que comprende un estátor que tiene un sistema
magnético que comprende una pluralidad de segmentos de núcleo
individuales. En particular, la presente invención se refiere
a tal máquina donde el flujo magnético en el sistema
10 magnético es generado por devanados dispuestos dentro de las
ramas externas de los segmentos de núcleo.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

 Un objetivo en el área de las máquinas eléctricas en
general es hacerlas más eficaces, de tal manera que produzcan
15 más par con menos peso y un coste inferior. Dos tipos de
máquinas eléctricas han estado en el centro de atención para
cumplir esta meta. Estas máquinas son la máquina de flujo
transversal de imanes permanentes (PMTFM), y la máquina de
reluctancia conmutada (SRM). La PMTFM es bien conocida por su
20 relación de elevado par por peso, pero es bastante cara y muy
difícil de fabricar puesto que se requieren muchas piezas. La
SRM es una de las máquinas más baratas de fabricar y también
tiene un par por densidad de peso razonablemente bueno.
Aunque la SRM tiene algunas características buenas, no se usa
25 mucho debido principalmente a la elevada inversión requerida
para desarrollar máquinas para una aplicación y el gran
volumen de producción y ventas necesario para disminuir el
coste por unidad de este desarrollo.

 Las máquinas eléctricas se han construido
30 tradicionalmente realizando una sección transversal
bidimensional en el plano X-Y y después extrudiéndola en la
dimensión axial (eje z) con un número dado de láminas de
acero no orientadas. Tal sección transversal bidimensional se
muestra en la figura 1. La máquina mostrada en la figura 1 es
35 una SRM trifásica con seis polos de estátor 11 y cuatro polos
de rotor 13. Esta máquina tiene la desventaja de contar con
largas trayectorias de flujo en el yugo 15 del estátor de

polo de estátor a polo de estátor y por el yugo 12 del rotor. Las bobinas devanadas en carrete/aguja 14 alrededor de los polos de estátor también representan una desventaja por extenderse más allá de la pila de acero haciendo de ese modo que la máquina sea más larga. Además, dichas bobinas están expuestas y desprotegidas. Con una elevada saturación magnética, que a menudo es el caso para una SRM, los acoplamientos mutuos entre las fases aumentan lo cual hace que el control exacto y el diseño de la máquina sean muy difíciles.

Una alternativa a la SRM clásica de la figura 1 se describe en el documento US-5.543.674. Esta máquina está hecha con núcleos en U/C y bobinas anulares y como desventaja requiere que 3 pilas constituyan una máquina trifásica. La máquina está caracterizada por el principio de flujo transversal donde el flujo se desplaza de polo a polo en la dirección axial y no una dirección radial (en el plano X-Y) como la máquina clásica de la figura 1. Las máquinas eléctricas que usan el principio de flujo transversal son conocidas principalmente por un elevado par por densidad de volumen donde el par en el mejor de los casos aumenta linealmente con el número de polos. Debido al hecho de que se necesitan 3 pilas, esta máquina requiere muchas piezas y es de ese modo muy complicada de fabricar.

El documento US-5.015.903 describe una máquina de reluctancia conmutada con núcleos en C/U en el plano X-Y. La máquina puede ser considerada como un tipo de alternativa a la SRM clásica donde se usan núcleos en C/U. Esta máquina tiene cortas trayectorias de flujo donde sólo se imanta en una menor parte del yugo del estátor durante esta operación. La máquina usa dos bobinas por C/U lo cual requiere muchas piezas. Además, el cobre fuera del C/U no participa activamente en la producción de par. De ese modo, la máquina tiene las mismas desventajas con muchas pilas y piezas como la PMTFM, y la máquina es por lo tanto difícil de fabricar.

En el documento US-4.748.362 se presenta una SRM con dientes bifurcados. Esta máquina puede ser considerada como

una SRM clásica con núcleos en C/U en el extremo de los polos. Esta máquina no tiene una corta trayectoria de flujo, pero es conocida por las propiedades similares a las de las máquinas de flujo transversal donde el par se duplica debido a los dientes bifurcados (dientes/polos duales). La máquina tiene las desventajas de contar con largas trayectorias de flujo, espacio pequeño para las bobinas y bobinas que son difíciles de instalar.

Es un objeto de la presente invención diseñar una máquina eléctrica, que solucione el problema anteriormente mencionado.

El documento JP-A-60-144-122 da a conocer una máquina rotativa de imanes permanentes de 3 polos con un estátor que tiene devanados dispuestos alrededor de ramas intermedias de segmentos de núcleo en forma de E.

RESUMEN DE LA INVENCION

El objeto anteriormente mencionado se cumple mediante la provisión, en un primer aspecto, de una máquina rotativa eléctrica según la reivindicación 1 anexa.

El sistema magnético de la máquina tiene segmentos de núcleo en forma de E, que comprenden un cuerpo y tres ramas, con devanados alrededor de dicha rama intermedia. De ese modo se obtiene una combinación de las características ventajosas vistas en la PMTFM y la SRM mediante el uso de núcleos en E, lo cual es ampliamente usado en inductores y transformadores monofásicos. Los núcleos en E se fabrican en formas estándares y usan una lámina de acero de grano orientado que tiene una densidad de flujo más elevada y tiene pérdidas inferiores que el acero no orientado usado para una máquina eléctrica en general.

De ese modo los devanados serán más cortos y concentrados en el interior de la máquina, lo cual significa que no hay salientes de devanados como en la SRM clásica. Los lados externos en las dos ramas externas no están rodeados de cobre, lo cual significa que las capas protectoras extremas pueden ser más simples de fabricar y ensamblar en la máquina. Debido al hecho de que los polos y fases están separados no

se compartirá acero entre las fases lo cual hace que los acoplamientos mutuos entre las fases sean pequeños y de ese modo que el control exacto sea más simple.

El cuerpo de dichos segmentos de núcleo en forma de E se sitúa en paralelo al eje del rotor.

En una realización los extremos de las ramas están inclinados aumentándose los huecos entre el rotor y los extremos de las ramas. De ese modo el flujo en el entrehierro es modificado/optimizado haciendo la superficie del entrehierro más grande entre el yugo del rotor y las ramas. Esto significa que se necesita menos corriente para imantar el núcleo en E y por lo tanto se puede producir más par.

En una realización preferida la rama intermedia es más ancha que las dos ramas externas, preferentemente el doble de ancho. Ésta ha resultado ser una realización ventajosa.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La presente invención se explicará ahora en mayor detalle con referencia a las figuras adjuntas en las que:

la fig. 1 muestra una SRM trifásica clásica con seis polos de estátor y cuatro polos de rotor,

la fig. 2 ilustra una realización de una máquina de flujo transversal de núcleo en E donde el principio del uso de núcleos en E se adapta a la SRM clásica,

la fig. 3 ilustra un ejemplo del principio de núcleo en E usado en una máquina eléctrica con un rotor externo,

la fig. 4 muestra ejemplos de núcleos en E donde el entrehierro es modificado u optimizado,

la fig. 5 muestra un ejemplo del principio de núcleo en E junto con imanes permanentes en el rotor por ejemplo una máquina de núcleo en E de imanes permanentes,

la fig. 6 muestra un ejemplo del principio de núcleo en E con devanados de derivación alrededor de la rama intermedia en el núcleo en E,

la fig. 7 muestra un ejemplo del principio de núcleo en E con dos devanados de derivación similares a

rosquillas y núcleos en E tanto en el lado del rotor como del estátor,

la fig. 8 muestra una realización de una máquina bifásica, con un núcleo en E dividido con un devanado de paso completo alrededor de la rama central dividida, y

5

la fig. 9 muestra una realización de una máquina trifásica, con un núcleo en E dividido con un devanado de paso completo alrededor de la rama central dividida.

10

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

15

Las máquinas eléctricas descritas en la técnica anterior tienen desventajas que la presente invención elimina mediante el uso de núcleos en E estándares. La presente invención se describe a continuación.

20

La figura 2 ilustra una realización de una máquina de flujo transversal de núcleo en E donde el principio del uso de núcleos en E se adapta a la SRM clásica. Los núcleos en E se usan tradicionalmente para transformadores monofásicos o como inductores rectificadores y están caracterizados por tener la forma de la letra 'E' y estar contruidos a partir de lámina de acero orientada lo cual resulta en unas densidades de flujo más elevadas y pérdidas inferiores. Los núcleos en E también se hacen y se venden en formas geométricas estándares, lo cual puede ser una gran ventaja cuando se producen pequeñas cantidades de la máquina de flujo transversal de núcleo en E.

25

30

Mediante el uso de núcleos en E 21 y su sección de yugo/rotor 22 la trayectoria de flujo es corta si se compara con la SRM clásica ya que el acero en el yugo del estátor y el yugo del rotor es inexistente. La sección del yugo/rotor se monta en el árbol 23. Las bobinas 24 serán más cortas y concentradas en el interior de la máquina, lo cual significa que no hay salientes de devanados como en la SRM clásica. Los lados externos en las dos ramas externas no están rodeados de cobre, lo cual significa que las capas protectoras extremas 25 pueden ser más simples de fabricar y ensamblar en la

35

máquina. Debido al hecho de que los polos y fases están separados no se compartirá acero entre las fases lo cual hace que los acoplamientos mutuos entre las fases sean pequeños y de ese modo que el control exacto sea más simple. Las combinaciones de fases de la SRM clásica, los polos de estátor y de rotor se pueden aplicar en la máquina de núcleo en E y la máquina seguirá teniendo sólo una pila. Las máquinas descritas en el documento US-5.543.674 requieren la misma cantidad de pilas que el número de fases y serán de ese modo más difíciles de fabricar. Las máquinas en el documento US-5.543.674 también necesitarán una gran cantidad de piezas.

Como se ha mencionado la máquina de núcleo en E se puede construir con diversas combinaciones de fases y polos, pero la máquina también tiene ventajas adicionales en un diseño de rotor externo según se muestra en la figura 3. Los núcleos en E en el estátor son volteados simplemente 180 grados y se usan segmentos de rotor adicionales. Los segmentos extra de rotor/yugo no añaden mucho al peso total pero habrá más atracciones entre los polos de estátor y de rotor durante cada revolución. Esto mejorará en el mejor de los casos el par por densidad de masa de la máquina en un factor 4 cuando se usen 16 segmentos de rotor, pero en la práctica se debería obtener un factor en un intervalo de 2-3.

Las laminaciones usadas para la máquina de núcleo en E pueden diferir de los núcleos en E estándares usados para los transformadores y en la figura 4 se muestran ejemplos donde el flujo en el entrehierro es modificado/optimizado.

El ejemplo mostrado en la figura 4-A es un entrehierro triangular donde la superficie en el entrehierro es mayor. Esto significa que se necesita menos corriente para imantar el núcleo en E y por tanto se puede producir más par. La figura 4-B muestra un principio donde el flujo está cruzando el rotor en la longitud axial lo cual puede reducir la vibración y el ruido acústico de la máquina. Asimismo, algunas combinaciones de polos de estátor/rotor irregulares con este flujo de cruce axial pueden ser más ventajosas puesto que no habrá una tracción desigual en el rotor. Un

ejemplo de esta disposición podría ser una máquina de núcleo en E de 3 fases de flujo axial con 3 núcleos en E y dos segmentos de yugo/rotor. La forma del entrehierro de la figura 4-C es simplemente una combinación de la figura 4-A y la figura 4-B.

El principio de núcleo en E también se puede usar para otros tipos de máquina como una máquina de imanes permanentes. En la figura 5 se muestra una máquina de imanes permanentes de núcleo en E, donde se montan imanes permanentes 51 en el rotor.

Un campo extra, como la máquina con imanes permanentes, también se puede obtener con devanados de derivación, donde se muestran ejemplos en la figura 6 y en la figura 7. En la figura 6, se añade un devanado de derivación 5A1 en la rama central en todos los núcleos en E. Todos los devanados de derivación individuales son acoplados entonces preferentemente en serie y conectados a una fuente de voltaje de CC. Con la ayuda de la amplitud de voltaje o la corriente CC en los devanados de derivación es posible entonces controlar la imantación en la máquina. Esto podría ser muy ventajoso si la máquina se usa como un generador que tiene que entregar los mismos voltajes a diferentes velocidades. Otra ventaja es el hecho de que no se requieren escobillas para el circuito de imantación es decir para los devanados de derivación de CC. Esto se requiere normalmente para máquinas síncronas con imantación variable. Con el campo asistido por devanados de derivación también es posible proveer al motor de un convertidor al que se le suministran corrientes bipolares. Los devanados de derivación también pueden estar formados como dos tipos de rosquilla mostrados en la figura 7. Los devanados de tipo de rosquilla 5B1 deberían unirse a la pieza estacionaria. Para aumentar el área de devanado es preferible tener polos de núcleo en E dobles.

Se debe mencionar que las bobinas pueden ser devanadas alrededor de las dos ramas externas del núcleo en E, pero no proporcionará el mismo nivel de rendimiento que una bobina en cada rama central de los núcleos en E cuando se usen iguales

cantidades de devanados.

La idea del núcleo en E con las bobinas alrededor de la rama central también se puede modificar a las máquinas de laminados en X-Y clásicas. El núcleo en E se divide en dos secciones con una bobina en el centro que funciona como devanado de paso completo. En la figura 8 y en la figura 9 se muestran ejemplos de unas versiones bifásicas y trifásicas. Estas máquinas se pueden considerar máquinas únicas de corta trayectoria de flujo que tienen las mejores características de los documentos US-5.015.903, US-4.748.362 y US-5.545.938 combinados en una sola máquina segmentada. En el documento US-4.748.362 se mencionó que los dientes bifurcados aportan un número mínimo de bobinas, que era 4 para una máquina bifásica.

Los elementos en la figura 8 y 9 son bobinas de paso completo 61 que tienen espiras extremas 62. Cada una de las bobinas constituye una fase, pero para un número de polos mayor es posible usar más bobinas para realizar una fase. El núcleo en E se divide en segmentos de estátor 63. Entre los segmentos de estátor se puede usar preferentemente material no magnético y dieléctrico 64 de tal manera que el ensamblaje sea más simple. El material no magnético puede estar equipado con canales 65 de tal manera por ejemplo que pueda pasar agua y enfriar las máquinas. Pero también pueden pasar cables eléctricos auxiliares en el canal.

Con la máquina de núcleo en E modificado según la presente invención sólo se requieren dos bobinas para una máquina bifásica y se dispone de un área de ranura mucho mayor para las bobinas. La máquina de núcleo en E modificado tiene ventajas muy grandes en aplicaciones donde el diámetro es pequeño en relación a la pila. En este caso el cobre en las espiras extremas tiene una influencia mínima. Aplicaciones típicas que necesitan una máquina eléctrica con un diámetro pequeño y una longitud larga son bombas sumergibles, servomáquinas, equipos de pozos de petróleo etc. Del mismo modo que la máquina de flujo transversal de núcleo en E los acoplamientos mutuos para esta máquina de núcleo en

E modificado son pequeños.

Aunque la presente invención se ha descrito en conexión con formas de realización preferidas, no se pretende limitarse a la forma específica expuesta en este documento.

5 Por el contrario, se pretende cubrir tales alternativas, modificaciones y equivalentes, en la medida en que se puedan incluir razonablemente dentro del espíritu y ámbito de la invención como se define por las reivindicaciones anexas.

REIVINDICACIONES

1. Una máquina rotativa eléctrica de tipo de reluctancia conmutada de flujo transversal para transformar al menos una
5 energía mecánica a energía eléctrica y la energía eléctrica a energía mecánica, comprendiendo la máquina rotativa eléctrica de tipo de reluctancia conmutada de flujo transversal un estátor y un rotor (22), comprendiendo dicho estátor un sistema magnético para generar un flujo magnético,
10 comprendiendo dicho sistema magnético una pluralidad de segmentos de núcleo en forma de E (21) individuales, teniendo cada uno de dichos segmentos de núcleo en forma de E (21) un cuerpo y tres ramas que son dos ramas externas y una rama intermedia, en la que el cuerpo de dichos segmentos de núcleo
15 en forma de E (21) se dispone sustancialmente paralelo a un eje del rotor, en la que dichas tres ramas se disponen sustancialmente perpendiculares al, y en la extensión del, cuerpo, y en el que dichas tres ramas están separadas las unas de las otras por entrehierros, siendo generado dicho
20 flujo magnético por devanados (24) dispuestos alrededor de cada una de las ramas intermedias, en la que el rotor incluye polos (22) de material magnéticamente blando dispuestos para conducir un flujo magnético generado por el sistema magnético del estátor.

25

2. Una máquina rotativa eléctrica de tipo de reluctancia conmutada de flujo transversal según la reivindicación 1, en la que el rotor comprende una pluralidad de yugos sustancialmente en forma de I (22) de material magnéticamente
30 conductor.

3. Una máquina rotativa eléctrica de tipo de reluctancia conmutada de flujo transversal según cualquiera de las reivindicaciones 1 ó 2, en la que los extremos de las tres
35 ramas están inclinados aumentándose de ese modo la superficie de los entrehierros entre el rotor y los extremos de las ramas.

4. Una máquina rotativa eléctrica de tipo de reluctancia
conmutada de flujo transversal según cualquiera de las
reivindicaciones 1-3, que comprende además uno o más
5 devanados de derivación de CC (5A1) dispuestos alrededor de
la rama intermedia de los segmentos de núcleo en forma de E
(21).

5. Una máquina rotativa eléctrica de tipo de reluctancia
10 conmutada de flujo transversal según cualquiera de las
reivindicaciones 1-3, que comprende además uno o más
devanados de rosquilla de derivación de CC (5B1) dispuestos
en cada ranura de los segmentos de núcleo en forma de E (21).

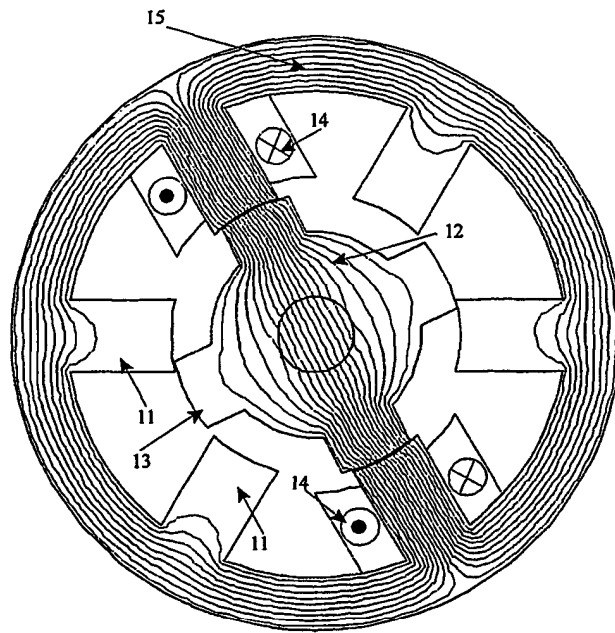


Fig. 1

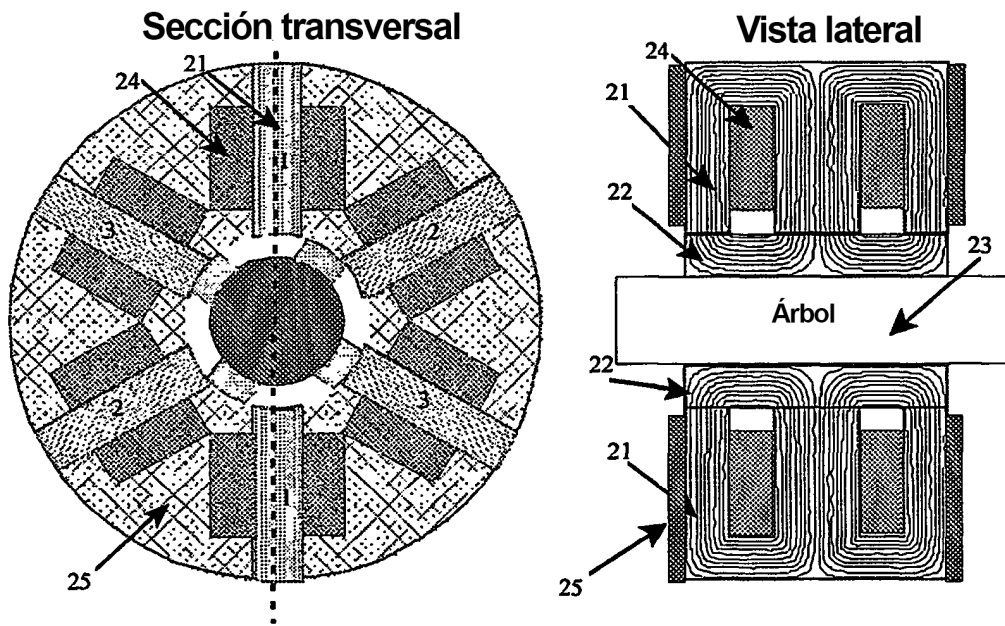


Fig. 2

13

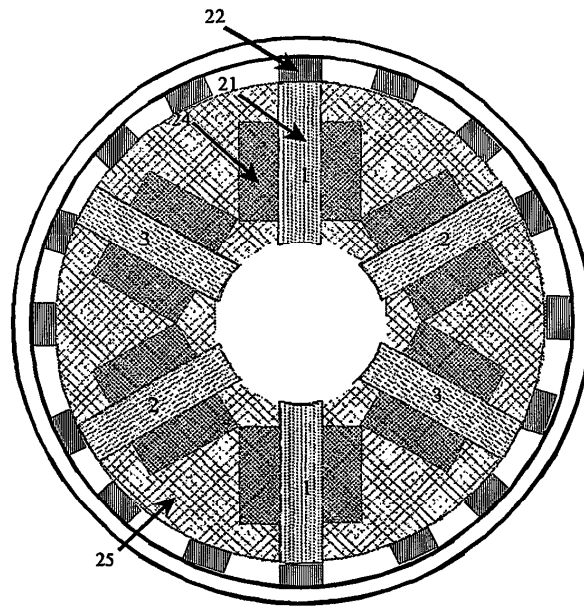


Fig. 3

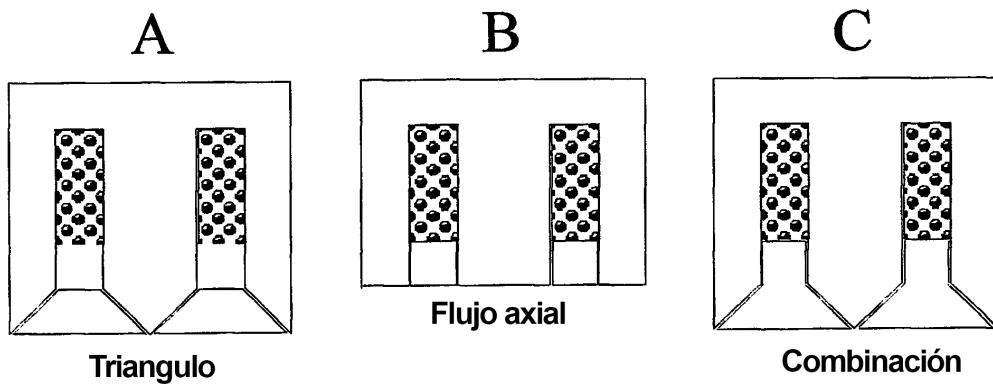


Fig. 4

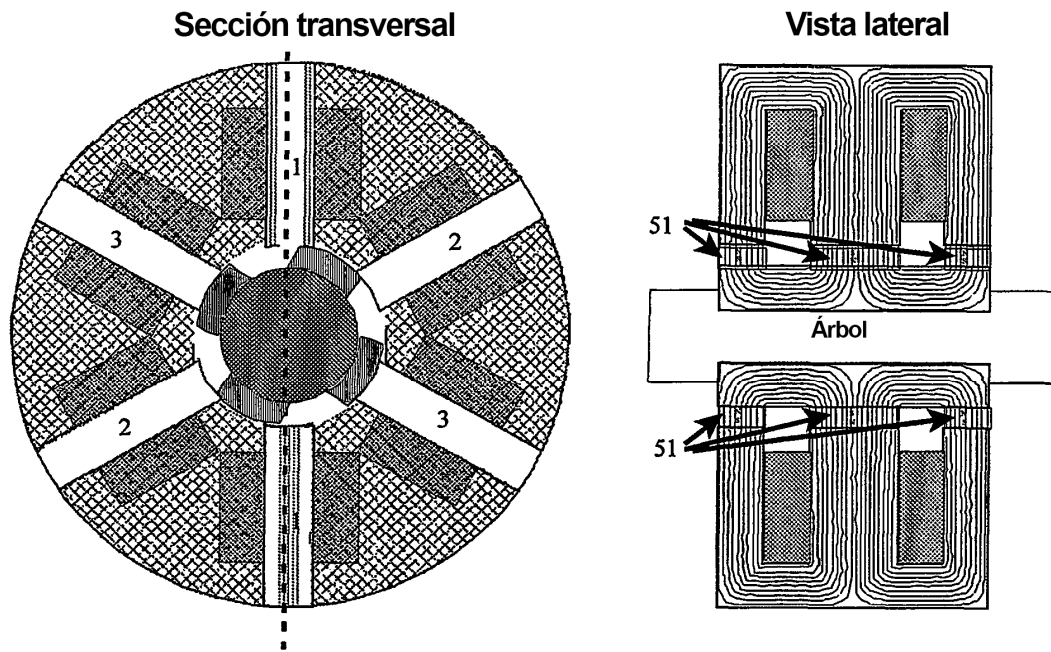


Fig. 5

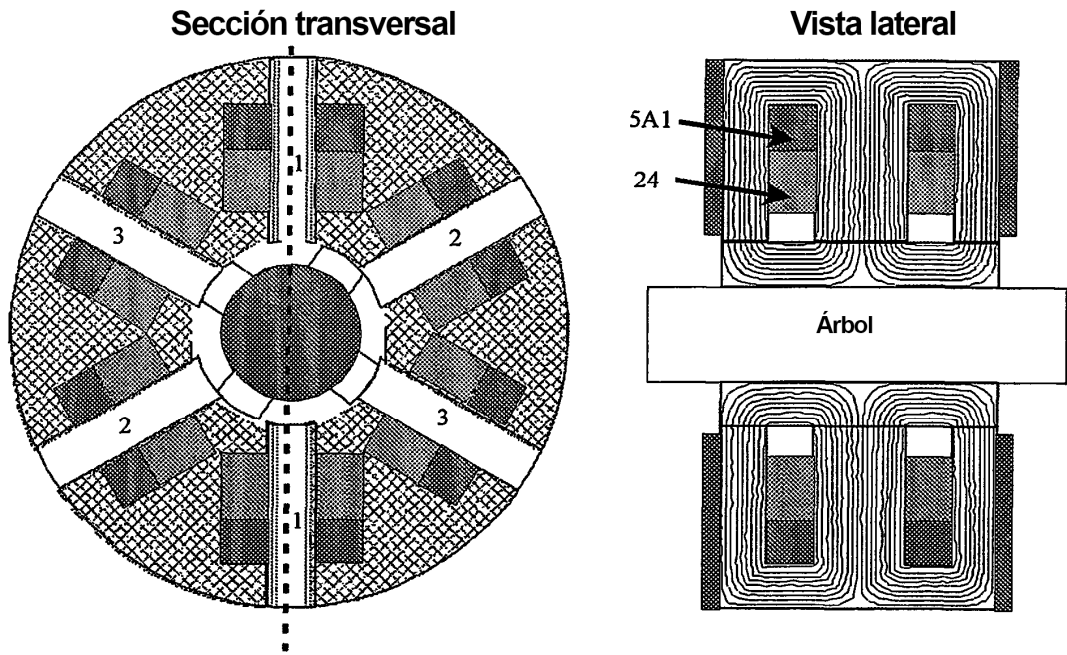


Fig. 6

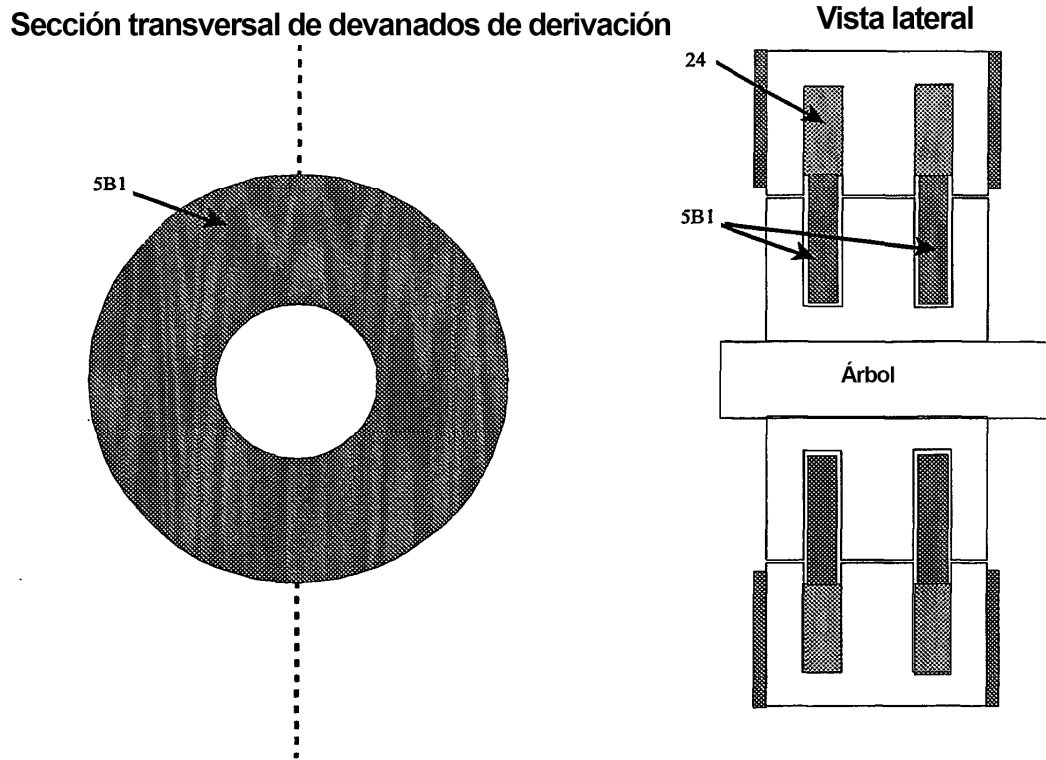


Fig. 7

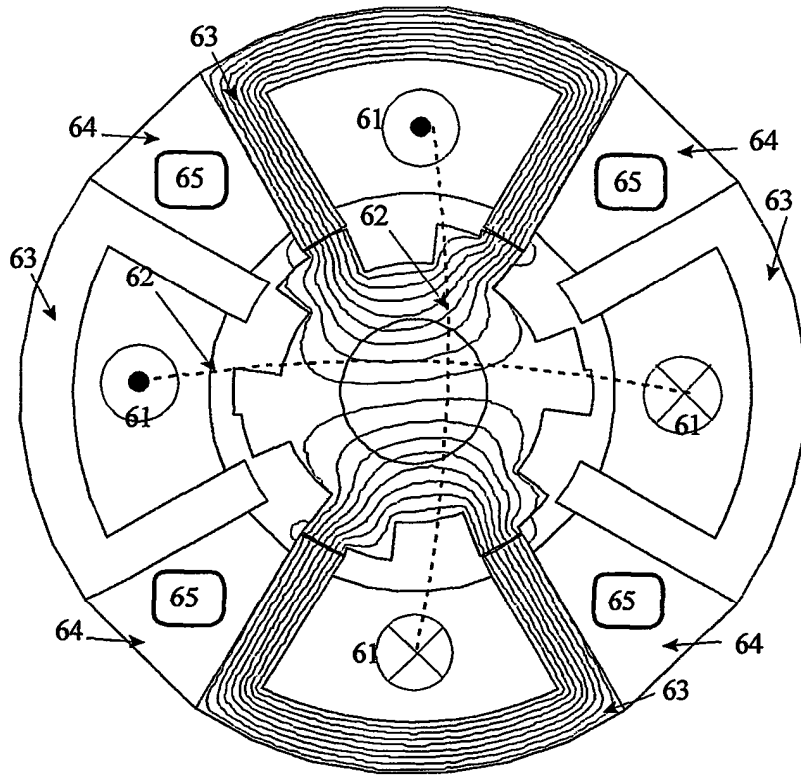


Fig. 8

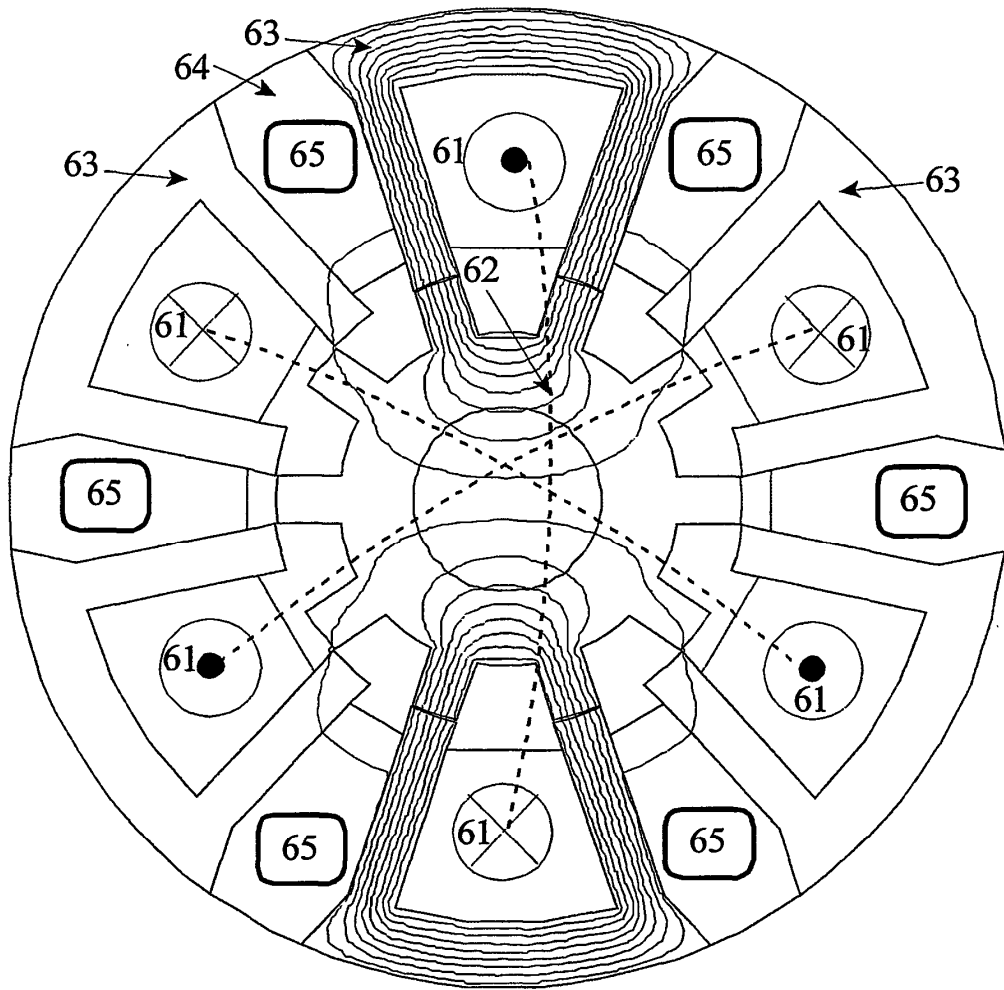


Fig. 9