



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 366 055**

51 Int. Cl.:
H02K 21/44 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07726708 .6**

96 Fecha de presentación : **08.03.2007**

97 Número de publicación de la solicitud: **2002529**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **17.12.2008**

54 Título: **Máquina eléctrica con conmutación de flujo y de doble excitación.**

30 Prioridad: **08.03.2006 FR 06 02058**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
14.10.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
14.10.2011

73 Titular/es: **Centre National de la Recherche
Scientifique (CNRS)
3, rue Michel Ange
75016 Paris, FR**

72 Inventor/es: **Hoang, Emmanuel, Kiên, Lôm;
Lecrivain, Michel, Roger, René y
Gabsi, Mohamed**

74 Agente: **Curell Aguilá, Marcelino**

ES 2 366 055 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 con conmutación de flujo y de doble excitación.

5 La presente invención se refiere de manera general a las máquinas eléctricas giratorias, tales como los alternadores para vehículos automóviles.

En particular, la presente invención se refiere a unas máquinas giratorias con conmutación de flujo.

10 Es conocido que este tipo de máquina presenta numerosas ventajas como, por ejemplo, la de poder librarse de una utilización clásica de escobillas que incrementan el precio de coste así como de los fallos de funcionamiento generados en particular por su desgaste.

15 De manera general, las máquinas giratorias con conmutación de flujo comprenden un rotor y un estator.

Todos los medios eléctrica y magnéticamente activos de la máquina están situados únicamente en el estator.

Este último es en particular el único que comprende unos bobinados de inducido y unos imanes permanentes.

20 Así, estando el rotor provisto de estos medios activos, está generalmente constituido, por lo menos parcialmente, por un conjunto de chapas ferromagnéticas.

Dicho rotor ofrece en particular la ventaja de permitir unas velocidades de rotación muy importantes puesto que, en comparación con unos rotores del tipo que comprenden unos medios activos, es en particular de aspecto uniforme.

25 Por otro lado, se conocen unas máquinas de este tipo que ofrecen la posibilidad de regular su excitación.

Dicha regulación hace que estas máquinas estén más adaptadas en particular a una utilización como alternador para vehículos, puesto que la velocidad de rotación en estos últimos puede ser extremadamente variable.

30 A este respecto, el documento FR 2 769 422 propone una máquina giratoria con conmutación de flujo en la que la regulación de la excitación resulta posible combinando en el estator por lo menos un imán permanente apto para establecer un flujo magnético que se cierra en bucle sobre sí mismo en una dirección circunferencial del estator y por lo menos un bobinado de excitación apto para establecer localmente un flujo magnético regulable en una
35 dirección circunferencial inversa a la del flujo producido por el o los imanes.

Más precisamente, tal como se ha representado en la figura 1, el estator 1 comprende una sucesión de células elementales C destinadas cada una a interactuar con un diente 3 al mismo tiempo del rotor 2 y que comprende cada una o bien un imán A, o bien una muesca E que recibe una parte de un bobinado de excitación, o bien una muesca I que recibe una parte de un bobinado del inducido, o bien una muesca vacía V.

Los imanes A están dispuestos de manera que los campos B que se reinan en los mismos estén polarizados en el mismo sentido.

45 En este caso, en la figura 1 estos campos están todos polarizados en una dirección circunferencial en el sentido de las agujas de un reloj.

Dicha máquina giratoria permite hacer variar la amplitud de los flujos magnéticos generados en el estator, jugando con el valor de una corriente que circula en los bobinados de excitación.

50 A pesar de haber dado numerosos servicios, dichas máquinas adolecen sin embargo de ciertos inconvenientes.

En particular, un inconveniente de dicha disposición de los elementos activos en el estator es que genera, en particular por la presencia de las hebras, un volumen demasiado importante.

55 Por otra parte, la construcción del estator es relativamente compleja debido a los cruces necesarios entre unas hebras de diferentes bobinados, lo cual penaliza en particular el proceso de industrialización.

60 Además, según las orientaciones de los campos B seleccionados en esta máquina, el arrastre en rotación del rotor necesita que la corriente de excitación en los bobinados de excitación sea superior a cero, lo cual penaliza el rendimiento de la máquina.

Un objetivo de la invención es proponer una máquina giratoria con conmutación de flujo de doble excitación que evita los inconvenientes del estado de la técnica.

65 En particular, un objetivo de la invención es proporcionar una máquina giratoria con conmutación de flujo de doble

excitación cuya construcción esté simplificada.

Otro objetivo de la invención es proporcionar una máquina de este tipo con unos rendimientos mejorados, en particular en términos de par.

5 Otro objetivo de la invención es proporcionar una máquina de doble excitación con una compensación local del flujo y por lo tanto unas inducciones que limitan así las pérdidas de hierro. Este resultado es particularmente beneficioso a altas velocidades.

10 Con este fin, se propone según la invención una máquina eléctrica con conmutación de flujo que comprende un estator y un rotor, comprendiendo el estator unos imanes permanentes, unos bobinados de inducido y de excitación, y estando el rotor desprovisto de bobinado y de imanes permanentes y que comprende una pluralidad de dientes de conmutación de flujo, caracterizada porque el estator está formado generalmente por una sucesión de células elementales, destinadas cada una a interactuar con un solo diente a la vez del rotor, y que comprenden cada una:

- 15
- uno de los imanes permanentes, y
 - una primera muesca para alojar por lo menos en parte uno de los bobinados de excitación,
 - unas segundas muescas para alojar uno de los bobinados de inducido.
- 20 Unos aspectos preferidos pero no limitativos de esta máquina son los siguientes:
- en cada una, el imán permanente y la primera muesca están alineados según una dirección radial;
 - para cada célula elemental, los bobinados de excitación y el imán permanente están dispuestos en la misma
- 25 primera muesca;
- en cada célula, las segundas muescas están a una distancia radial sustancialmente igual, con respecto a un eje de rotación del rotor;
- 30
- las segundas muescas se extienden por ambos lados del imán permanente;
 - cada célula elemental comprende además un primer material que forma una porción de circuito magnético localizado en la periferia del estator y que está previsto para contener por lo menos parcialmente un flujo generado por los bobinados de excitación y/o por los imanes permanentes;
- 35
- el primer material que forma una porción de circuito magnético presenta un grosor e , tal que la fuerza magnética del o de los bobinados de excitación es superior o igual a un valor umbral predeterminado;
 - cada célula comprende además por lo menos un segundo material ferromagnético que separa el imán permanente del bobinado del inducido;
- 40
- los primer y segundo materiales están realizados de una sola pieza y forman sustancialmente una U girada hacia el eje de rotación del rotor;
- 45
- en cada célula, el imán permanente y la primera muesca forman generalmente una T, vista a partir del eje de rotación del rotor;
 - los bobinados de excitación están subdivididos en las primeras muescas de dos células elementales adyacentes.
- 50 Otros aspectos, objetivos y ventajas de la invención se pondrán más claramente de manifiesto a partir de la descripción siguiente de la invención, realizada haciendo referencia a los dibujos adjuntos, en los que:
- la figura 1 ya comentada, muestra esquemáticamente una máquina giratoria con conmutación de flujo de doble excitación del estado de la técnica,
- 55
- la figura 2 ilustra esquemáticamente una máquina giratoria según la invención con sus células elementales repartidas alrededor del rotor según un perímetro del estator,
 - la figura 3 muestra esquemáticamente en planta y vistas según una dirección paralela al eje de rotación del rotor, dos células dispuestas según un modo preferido de la invención,
- 60
- la figura 4 muestra en perspectiva el estator según el modo de realización preferido de la invención,
 - la figura 5 muestra una vista ampliada del estator de la figura 4,
- 65
- la figura 6 muestra esquemáticamente en vista en planta, y según la dirección del eje de rotación del rotor, la

máquina según el modo de realización preferido de la invención,

- la figura 7 ilustra los flujos magnéticos implicados en unas células cuando la corriente de excitación es sustancialmente nula,
- la figura 8 ilustra los flujos magnéticos implicados en estas células cuando la corriente de excitación es positiva,
- la figura 9 ilustra los flujos magnéticos implicados en estas células cuando la corriente de excitación es negativa,
- la figura 10 muestra gráficamente, a título de ejemplo no limitativo, la amplitud del flujo de la máquina según la invención con y sin imán permanente en el estator, en función de una corriente de excitación suministrada en los bobinados de excitación, y
- la figura 11 muestra gráficamente, a título de ejemplo no limitativo, el par de la máquina en función de un ángulo eléctrico, en las condiciones en las que el estator comprende los bobinados de excitación sólo, los imanes permanentes sólo o la combinación de los bobinados y de los imanes citados anteriormente.

Haciendo referencia a la figura 2, se ha representado esquemáticamente una máquina giratoria 100 con conmutación de flujo y de doble excitación según la invención.

La máquina comprende un rotor 101 provisto de una pluralidad de dientes 104 y rodeado por un estator 102.

El estator comprende, a título de ejemplo no limitativo, seis células elementales 103a a 103f distribuidas según el perímetro del estator y por lo tanto alrededor del rotor.

Por principio, en la presente memoria, cada célula se define como apta para interactuar con uno solo de dichos dientes del rotor 101.

Por ejemplo, se observa que en la configuración del rotor presentada en la figura 2, la célula 103a interactúa únicamente con el diente 104a y así sucesivamente.

Cada célula elemental 103 comprende un imán permanente A_i y una primera muesca para alojar por lo menos en parte uno o más bobinados de excitación E_i .

Dicha disposición permite fácilmente que en el seno de una misma célula los campos magnéticos generados por el imán A_i y el bobinado de excitación E_i se compensen localmente.

Así, de manera ventajosa, es posible muy simplemente reducir las pérdidas electromagnéticas de la máquina.

En efecto, en cada una de las células, los campos pueden tener una amplitud muy grande, pero la resultante en el seno de ésta puede ser reducida por una disposición apropiada de dicho imán y de dicho bobinado.

A título de ejemplo no limitativo, si se supone que este último genera un primer campo de 1,0 Teslas en el sentido opuesto a un segundo campo de 1,5 Teslas generado por el imán, la resultante en el seno de la célula es de 0,5 Teslas en el sentido del segundo campo.

Por el contrario, en una disposición en la que cada célula no comprende la combinación del imán y del bobinado de excitación, y en particular si la célula comprende el imán A_i y su célula adyacente el bobinado E_i , el campo resultante en el seno de cada célula es máximo, a saber, igual al generado por el medio activo en la célula en cuestión (por un lado el campo generado por el imán permanente A_i , y por el otro lado el generado por el bobinado E_i).

Así, en dicha máquina, las pérdidas son importantes.

Se describirá ahora con mayor detalle un modo de realización preferido de la invención.

A este respecto, se hará referencia en primer lugar a la figura 3 en la que se ha representado esquemáticamente sólo una parte de la máquina.

Más precisamente, se pueden observar dos dientes 301a y 301b de un rotor 300 que interactúan con dos células elementales 400a y 400b de un estator 400, respectivamente.

Cada diente está enfrente de una zona de la célula correspondiente que se sitúa a una distancia del centro de rotación del rotor más cercano.

Considerando ahora, a título de ejemplo no limitativo, la célula elemental 400a, ésta comprende una muesca 500a

para alojar una parte 501a y 502a de dos bobinados de excitación 501 y 502.

Estas partes 501a y 502a están alojadas respectivamente a la izquierda y a la derecha de la muesca cuando se considera el sentido de las agujas de un reloj con respecto al eje de rotación del rotor o de la máquina.

5 Las hebras de estos bobinados son aptas para ser recorridas por una corriente dirigida en el sentido designado por el símbolo Sa.

10 Tal como se ha representado en esta célula, se supone que la corriente en las dos partes de bobinado 501a y 502a sale por lo tanto de la muesca por la parte superior del plano de la figura.

Evidentemente, esto no excluye el hecho de que las corrientes en estos bobinados puedan, en otra representación relacionada con otra condición de funcionamiento de la máquina, estar dirigidas en el sentido inverso, por ejemplo.

15 En la célula adyacente 400b, se ha previsto asimismo una muesca 500b para alojar otra parte de uno de los bobinados anteriores.

20 En particular, estando la célula 400b situada a la derecha de la célula 400a, la muesca 500b aloja otra parte 502b del bobinado 502, puesto que, tal como se ha indicado anteriormente, estando este bobinado alojado a la derecha de la muesca 500a, el trayecto entre las partes izquierda y derecha de las muescas respectivas 500a y 500b es el más corto.

25 Evidentemente, el bobinado 501 en la célula 400a presenta otra parte en la muesca de otra célula adyacente no representada.

Más precisamente, estando este bobinado 501 alojado a la izquierda en la muesca 500a, dicha otra parte está naturalmente alojada en la muesca de la célula directamente adyacente a la izquierda (no representada).

30 Esta observación vale igualmente para la célula adyacente a la derecha de la célula 400b y así sucesivamente.

En particular, la muesca 500b aloja en su zona izquierda la parte 502b del bobinado 502 y, en su zona derecha, una parte 503b de otro bobinado 503, estando esta otra parte de este último alojada, a su vez, en la zona izquierda de la muesca de una célula (no representada) que se encuentra dos veces a la derecha de la célula 400b.

35 Se observará según la figura 3 también, que siendo la parte 502b recorrida en la muesca 500b por la misma corriente que aquella en la parte 502a, esta vez, ésta está dirigida hacia la parte inferior del plano de la figura en la célula 400b (tal como se indica mediante el símbolo Sb).

40 Además de la muesca 500a, la célula 400a comprende una muesca para alojar un imán permanente 600a.

Esta muesca y la muesca 500a están alineadas en una dirección radial con relación al centro del rotor.

Preferentemente, estas dos muescas están dispuestas adyacentes en esta dirección.

45 Por otro lado, la suma de su altura respectiva (en la dirección radial) es prácticamente igual a la altura de la célula.

Esta última altura es en realidad sustancialmente más grande debido a la presencia en dicha alineación radial de un primer material ferromagnético 700a de una altura e.

50 Se hará referencia a continuación a esta altura e designándola por el grosor e.

Más precisamente, este material es adyacente a la muesca 500a del bobinado de excitación 501 y 502 con el fin de amplificar de manera controlada una fuerza magnética de este bobinado cuando es recorrido por la corriente.

55 El control de esta fuerza resulta posible actuando en particular sobre el grosor e.

Así, en el momento de la concepción de la máquina, se determinará este grosor e en función de otros elementos de la célula y según un valor mínimo seleccionado de la fuerza deseada.

60 El conjunto constituido por la muesca 500a, el imán 600a y el primer material se extiende en dicha dirección radial sustancialmente en el centro de la célula 400a.

A ambos lados de este conjunto, es decir a la izquierda y a la derecha, están previstos dos segundos materiales ferromagnéticos 800a y 801a.

65 Éstos son solidarios al primer material 700a y preferentemente los tres están realizados de una sola pieza.

Una ventaja es que mediante una construcción simple de estos tres materiales en particular, el estator de la invención presenta una rigidez muy buena.

5 Por otra parte, el primer y los segundos materiales forman sustancialmente una U girada hacia abajo.

Es en la abertura de la U donde se disponen las dos partes de los dos bobinados de excitación y el imán permanente.

10 Los segundos materiales comprenden cada uno una segunda muesca 802a y 803a para alojar un bobinado de inducido 900a.

Estas muescas, de forma idéntica, están dispuestas simétricamente con respecto a un eje radial, por ambos lados del imán permanente.

15 En particular, están dispuestas en un escalonado previsto en los segundos materiales.

Además, están dispuestas de tal manera que el bobinado 900a pueda rodear este imán.

20 Así, a título de ejemplo, el bobinado de inducido 900a puede estar arrollado hacia la parte inferior del plano de la figura, en la muesca 802a situada a la izquierda del conjunto, y hacia arriba en la muesca 802a situada a la derecha de dicho conjunto.

25 La unión entre estas dos muescas está definida por dos cabezales de bobinado no representados, en los que las hebras están arrolladas respectivamente hacia la izquierda y hacia la derecha para pasar delante de los segundos materiales y el imán permanente 600a.

Se observará que estos cabezales más las dos partes de un bobinado de excitación alojadas en dos muescas forman un bobinado completo.

30 Se observará asimismo que, preferentemente, la altura de las muescas 802a y 803a es sustancialmente igual a la del imán permanente 600a.

35 Por otra parte, todavía según el modo preferido de la invención, la segunda muesca 803a comunica con la segunda muesca situada a la izquierda en la célula 400b.

Este principio de comunicación se aplica asimismo a la segunda muesca 802a con la muesca que se encuentra a la derecha en la célula no representada que se encuentra a la izquierda de dicha célula 400a.

40 Haciendo referencia a las figuras 4 a 6, se puede observar respectivamente el estator en su conjunto desprovisto del primer material por razones de legibilidad de la figura, una vista ampliada de este estator y una vista en planta menos esquemática que la figura 3 descrita anteriormente del estator y del rotor según el modo de realización preferido de la invención.

45 En las figuras 4 y 5, se puede observar en particular la disposición en la estructura anular del estator:

- unos bobinados en cada célula de inducido de excitación, y
- unas muescas de imanes en cada célula.

50 Por otra parte, en estas figuras y en particular en la figura 6, se observa que en cada célula dicho conjunto, a saber el imán permanente (o su muesca) y el bobinado de excitación (o la primera muesca prevista para alojar este bobinado), tienen generalmente la forma de una T (véase la referencia 1000 en la figura 6 que designa una célula en la que dicho conjunto ha sido rayado).

55 Se puede observar asimismo de manera más detallada que en la figura 3, la alternancia de los sentidos de las corrientes en los bobinados, por medio de los símbolos de tipo símbolo Sa y Sb antes citados.

Se puede observar además la disposición de las tres fases P1 a P3 necesarias para la máquina de tipo trifásico presentada en este caso a título de ejemplo no limitativo.

60 Se describirá ahora el funcionamiento de la máquina realizada según el modo preferido de la invención.

A título preliminar, el funcionamiento del rotor con el estator no se describirá con mayor detalle en la medida en la que este funcionamiento es clásico y conocido en sí en las máquinas con conmutación de flujo.

65 Así, se observará simplemente para la comprensión de la continuación de la descripción, que siendo fijo el estator, el

rotor está obligado a girar alrededor de su eje por medio de una variación controlada de los campos magnéticos en el estator y unas corrientes en los bobinados de inducido en el estator.

5 La figura 7 muestra esquemáticamente, a nivel de una célula elemental, los flujos magnéticos implicados en dicha rotación del rotor.

10 Por otra parte, es importante observar que esta figura ilustra estos flujos cuando las corrientes de excitación en los bobinados de excitación son inferiores a un valor umbral predeterminado y cuando, de esta forma, los campos magnéticos generados por estos bobinados son despreciables con respecto a los generados por los imanes permanentes.

Considerando, a título de ejemplo no limitativo, la célula 400a, el campo magnético del imán permanente 600a está designado B1.

15 A nivel de este imán, las líneas de flujo se extienden según el perímetro del estator, desde la izquierda hacia la derecha, en este ejemplo.

20 Se observa además que los imanes permanentes en la máquina han sido dispuestos de tal manera que el campo B1 en una célula está orientado en el sentido opuesto a los campos respectivos B1 en las dos células adyacentes a la célula en cuestión.

25 Por ejemplo, en la célula 400a, el campo B1 está orientado a nivel del imán en el sentido de las agujas de un reloj, mientras que en las células adyacentes, por ejemplo en la célula 400b, el campo está orientado en el sentido trigonométrico.

30 En la configuración angular del rotor presentado a título de ejemplo no limitativo en la figura 7 (así como en las figuras 8 y 9), una parte de las líneas del campo magnético B1, en particular una parte que es la más próxima de la muesca 501a de bobinado de excitación, recorre el segundo material ferromagnético 801a pasando alrededor de dicha muesca 500a en el sentido trigonométrico para volver al imán permanente.

Por lo tanto, pasa a través del primer material 700a y después a través del segundo material 800a.

35 Otra parte de las líneas de campo, en particular una parte situada de manera sustancialmente equidistante de la muesca 501a y del diente 301a del rotor, atraviesa el imán permanente en el sentido de las agujas de un reloj según dicho perímetro y tiende a alcanzar el recorrido descrito anteriormente.

Por otra parte, las líneas que atraviesan el imán proceden del diente 301a del rotor.

40 Corresponden a unas líneas de campos que están asociadas a por lo menos una de las células adyacentes y que pasan por el rotor.

En particular, según esta configuración angular, algunas de estas líneas proceden del imán permanente de la célula a la izquierda, otros del imán permanente de la célula a la derecha.

45 Se observará que estas líneas pueden corresponder asimismo a algunas de entre las que se describirán a continuación.

50 Una última parte de las líneas de campo, en particular una parte que es la más próxima del diente 301a, atraviesa el imán permanente en el sentido de las agujas de un reloj y recorre el segundo material 801a dirigiéndose esta vez hacia el rotor.

55 En esta configuración angular, el diente 301b, enfrente entonces de la célula 400b, está a una distancia del imán tal que algunas de entre estas últimas líneas de campo (pero en este ejemplo sólo una baja proporción) pueden recorrer este diente 301b, la periferia del rotor, y salir de este último por el diente 301a para volver a cerrarse en bucle a nivel del imán permanente 600a.

Sin embargo, también en esta configuración, una gran proporción de estas líneas se vuelve a cerrar en bucle localmente sobre el imán permanente sin pasar por el rotor.

60 Evidentemente, la descripción anterior no es exhaustiva y sirve más bien de ilustración.

65 El experto en la materia comprenderá en particular que, debido a los fenómenos físicos implicados, sería en vano y probablemente poco útil intentar describir de manera extremadamente precisa todos los flujos presentes en la máquina.

La figura 8 muestra los flujos en la misma parte de la máquina, pero los bobinados de excitación, por ejemplo

aquéllos en la muesca 500a de bobinado, están recorridos por una corriente de excitación positiva (véanse los símbolos Z).

5 Se entiende por corriente positiva una corriente orientada en un sentido tal que el campo electromagnético generado por el bobinado de excitación se añade por lo menos en parte al campo de manera que se incrementa el flujo en los bobinados de inducido.

10 En este caso, y en la configuración angular citada anteriormente del rotor, la mayoría de las líneas de campos que atraviesan el imán permanente proceden del diente 301a.

Y más precisamente, estas líneas pueden proceder de los imanes permanentes de las dos células adyacentes después de haber atravesado el rotor y en particular los dientes enfrente de estas dos células.

15 Por el otro lado del imán permanente, una parte de las líneas de campo se propaga en el primer material 700b de la célula 400b para volver a cerrarse en bucle en el imán 600b, después de haber rodeado en parte la muesca 500b.

Y la otra parte de estas líneas rodea por la derecha la muesca 500a pasando en particular por el primer material 700a, y después se propaga en la célula adyacente a la izquierda en dirección de su imán permanente.

20 Existe así principalmente un cierre en bucle definido sucesivamente por el imán 600a, el primer material 700b, el imán 600b, el diente 301b y el diente 301a,

25 Y existe otro cierre en bucle con el imán 600a, el primer material 700a, el imán de la célula a la izquierda, el diente enfrente de este último y el diente 301a.

Haciendo referencia a la figura 9, se ha ilustrado también a título de ejemplo no limitativo los flujos en la misma parte de la máquina, pero los bobinados de excitación, por ejemplo aquéllos en la muesca 500a, están recorridos por una corriente de excitación negativa (véanse los símbolos Z).

30 En este caso, la mayoría de los flujos ya no pasan por el rotor y en particular por sus dientes.

Y los flujos se vuelven a cerrar en bucle en el interior de una misma célula sin pasar por otra célula.

35 Más precisamente, los flujos en una célula forman un solo bucle en el interior de ésta, pasando en particular por el imán permanente (por ejemplo 600a), rodeando la muesca de bobinado de excitación a través en particular del primer material (por ejemplo 700a en el sentido trigonométrico) para volver finalmente sobre el imán.

40 Tal como lo habrá entendido el experto en la materia, los flujos magnéticos descritos a partir de las figuras 7 a 9 son tales que permiten controlar el flujo magnético en los bobinados de inducido del estator.

En particular, cuando una corriente negativa recorre los bobinados de excitación, el flujo magnético en los bobinados de inducido tiene tendencia a anularse, mientras que cuando esta corriente es positiva, tiene tendencia por el contrario a aumentar.

45 Haciendo referencia a la figura 10, se puede observar, a título de ilustración y de manera no limitativa, una variación de la amplitud de los flujos (ordenadas) en función de la amplitud de la corriente de excitación (abscisas).

50 Con el fin de ilustrar por otro lado un interés de la combinación de un imán permanente con un bobinado de excitación, esta figura comprende una primera curva 1200 que corresponde a la máquina desprovista de imán permanente en cada una de las células, y una segunda curva 1100 que corresponde a la máquina realizada según el modo preferido de la invención.

Se observará en este caso que los valores de las coordenadas sobre los ejes se considerarán sólo a título indicativo.

55 Tal como se puede observar, la amplitud de los flujos sobre la curva 1100 es siempre superior a aquélla en la curva 1200, lo cual muestra una mejora de los rendimientos de la máquina, en particular en términos de par.

60 Para ello, en la figura 11, se muestra gráficamente la evolución del par en función del ángulo eléctrico según tres casos diferentes.

En el primer caso ilustrado por la curva 1500, la máquina funciona gracias a los bobinados de excitación solamente, es decir que los imanes permanentes no son activos, y aquéllos en los bobinados de inducido son alternativos, en función de la posición angular del rotor.

65 En el segundo caso ilustrado por la curva 1400, sólo los imanes permanentes son activos, es decir que la corriente en el bobinado de excitación es despreciable o nula. El par para hacer girar el rotor de la máquina está creado por la

interacción de las corrientes en los bobinados de inducido y de los flujos debidos a los imanes permanentes.

Por último, en el tercer caso ilustrado por la curva 1300, se combina la acción de los imanes permanentes, de los bobinados de excitación y de los bobinados de inducido.

5 Tal como se podía esperar, la combinación de los medios activos citados anteriormente ofrece un mejor par.

Más precisamente aún, se puede constatar que, contrariamente a cualquier esperanza y ante la sorpresa del solicitante, la curva 1300 es superior a una simple superposición de las curvas 1400 y 1500.

10 En otras palabras, la máquina según el modo preferido de la invención se beneficia de efectos de sinergia ventajosos que le confieren unas prestaciones en par muy superiores a una simple adición de los pares obtenidos para el primer y el segundo casos mencionados anteriormente.

15 A este respecto, el solicitante piensa que la compensación local en cada célula del campo magnético mencionado anteriormente contribuye en una cierta medida a dicho efecto.

Evidentemente, la presente invención no está limitada de ninguna manera a la forma de realización descrita anteriormente y representada en los dibujos.

20 En particular, según una variante del modo de realización presentado hasta ahora se pueden disponer los elementos de manera diferente en el seno de una célula.

25 Por ejemplo, se pueden invertir las posiciones de la muesca 500a del bobinado de excitación y de la muesca 600a del imán permanente, de manera que este último se encuentre finalmente el más alejado del rotor.

30 Se observará entonces que el segundo material 700a debería estar dispuesto preferentemente en la periferia interna de la célula, es decir en su extremo inferior visto desde el centro de rotación, o también entre el diente del rotor y la muesca 500a.

Según otra variante, se podrán utilizar unas células dispuestas según el modo preferido de la invención, y otras células dispuestas según la variante anterior.

35 Según otra variante, se alojará en la muesca 500a una parte de un único bobinado de excitación (y no dos partes de dos bobinados según el modo preferido).

Y otra parte de este bobinado estará alojada exclusivamente en la muesca 500b de la célula adyacente 400b.

40 Según otra variante más, se aislarán las muescas 900a de bobinado de inducido que son adyacentes entre dos células.

A la vista de lo expuesto anteriormente, las ventajas de la presente invención son fáciles de percibir, habiendo sido de hecho ya algunas presentadas.

45 En lo que se refiere en particular a la facilidad de fabricación y al volumen, se observa claramente según la descripción y en particular según los dibujos que estos aspectos están claramente mejorados.

50 Dicha mejora se debe en particular a las disposiciones de los bobinados entre sí, en particular a los cruces limitados entre las diferentes hebras y a la utilización del primer material como elemento implicado al mismo tiempo en las prestaciones eléctricas y mecánicas (rigidez, etc.) de la máquina.

REIVINDICACIONES

1. Máquina eléctrica con conmutación de flujo, que comprende un estator (400) y un rotor (300), comprendiendo el estator unos imanes permanentes (600a, 600b), unos bobinados de inducido (900a, 900b) y de excitación (501, 502), y estando el rotor desprovisto de bobinado y de imán permanente y comprendiendo una pluralidad de dientes de conmutación de flujo (301a, 301b), caracterizada porque el estator está formado generalmente por una sucesión de células elementales (400a, 400b), destinadas cada una (400a) a interactuar con un solo diente a la vez del rotor, y que comprenden cada una:
- 5
- 10 - uno de los imanes permanentes (600a),
 - una primera muesca (500a) para alojar por lo menos en parte uno (501a) de los bobinados de excitación (501) por lo menos, y
 - 15 - unas segundas muescas (802a, 803a) para alojar uno (900a) de los bobinados de inducido.
2. Máquina según la reivindicación 1, caracterizada porque, en cada célula (400a), el imán permanente (600a) y la primera muesca (500a) están alineados según una dirección radial.
- 20
3. Máquina según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque, en cada célula, los bobinados de excitación y el imán permanente están dispuestos en la misma primera muesca (500a).
4. Máquina según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque, en cada célula (400a), las segundas muescas (802a, 803a) están a una distancia radial sustancialmente igual, con respecto a un eje de rotación del rotor (300).
- 25
5. Máquina según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque las segundas muescas (802a, 803a) se extienden por ambos lados del imán permanente (600a).
- 30
6. Máquina según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque cada célula elemental comprende además un primer material que forma una porción de circuito magnético (700a), localizado en la periferia del estator, y previsto para contener por lo menos parcialmente un flujo (B1) generado por los bobinados de excitación y/o por los imanes permanentes.
- 35
7. Máquina según la reivindicación 6, caracterizada porque el primer material que forma una porción de circuito magnético (700a) presenta un grosor e tal que la fuerza magnética del o de los bobinados de excitación (501a, 502a) es superior o igual a un valor umbral predeterminado.
- 40
8. Máquina según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque cada célula (400a) comprende además por lo menos un segundo material ferromagnético (800a, 801a) que separa el imán permanente (600a) del bobinado del inducido (900a).
9. Máquina según una de las reivindicaciones 6 a 7, caracterizada porque el primer (700a) y el segundo (800a, 801a) materiales están realizados de una sola pieza y forman sustancialmente una U girada hacia el eje de rotación del rotor (300).
- 45
10. Máquina según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque, en cada célula (400a), el imán permanente (600a) y la primera muesca (500a) forman generalmente una T, vista a partir del eje de rotación del rotor (300).
- 50
11. Máquina según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque los bobinados de excitación están subdivididos en las primeras muescas de dos células elementales adyacentes.

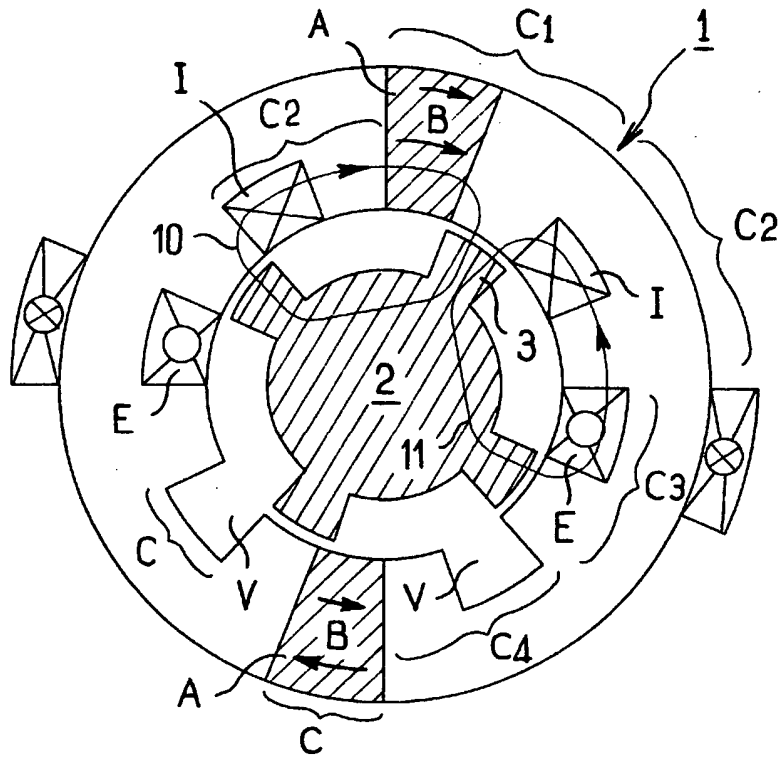


FIG.1

TÉCNICA ANTERIOR

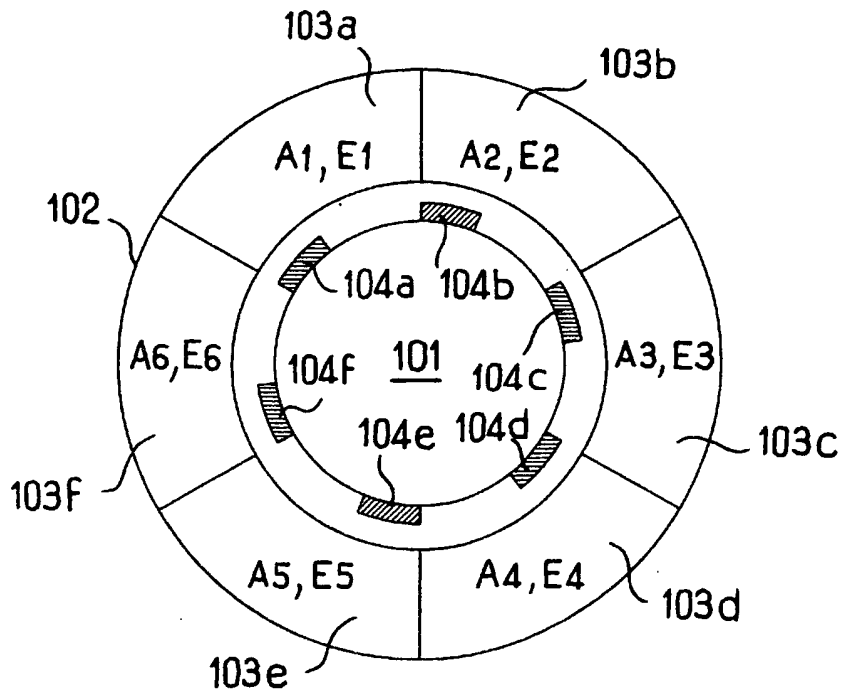


FIG.2

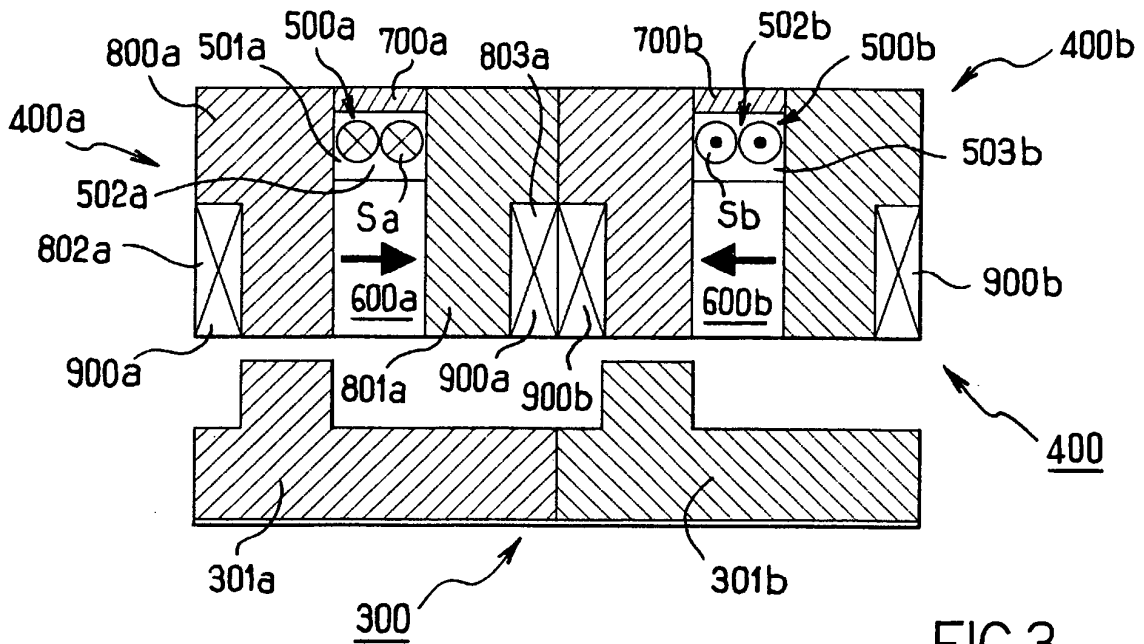


FIG.3

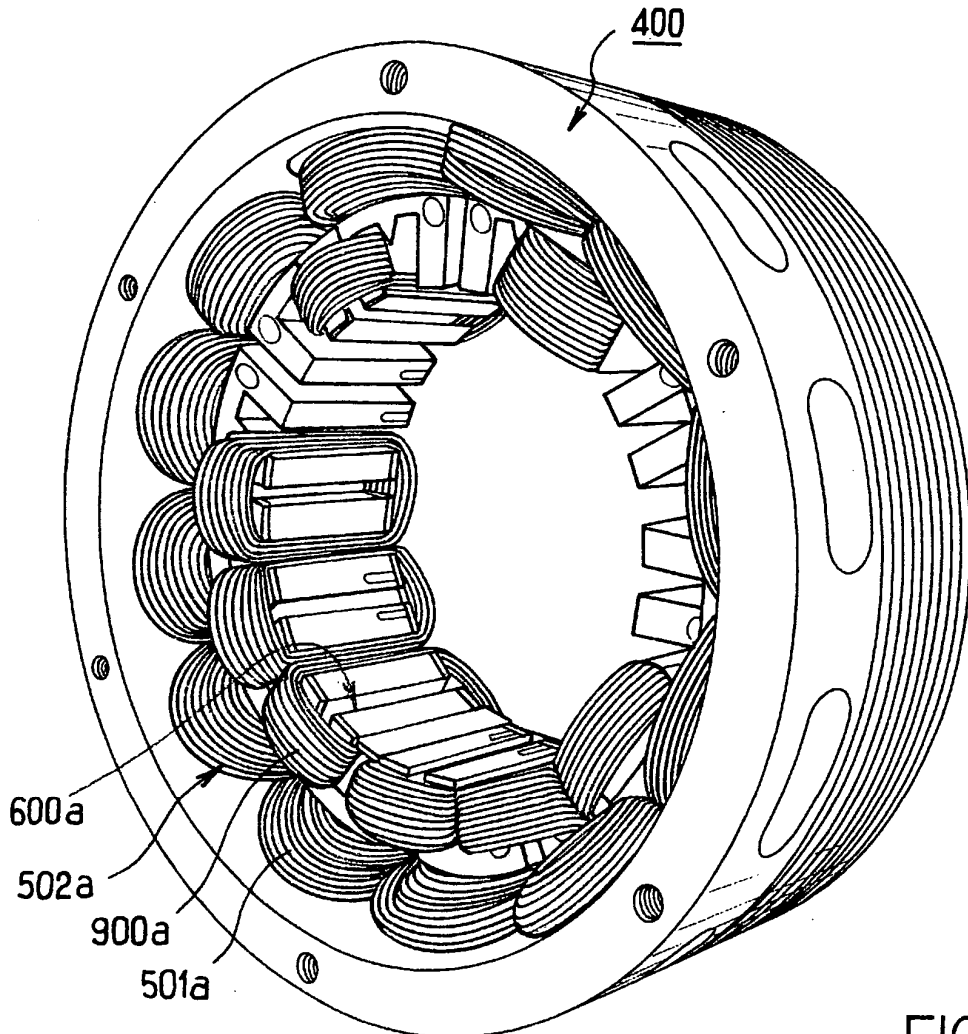


FIG.4

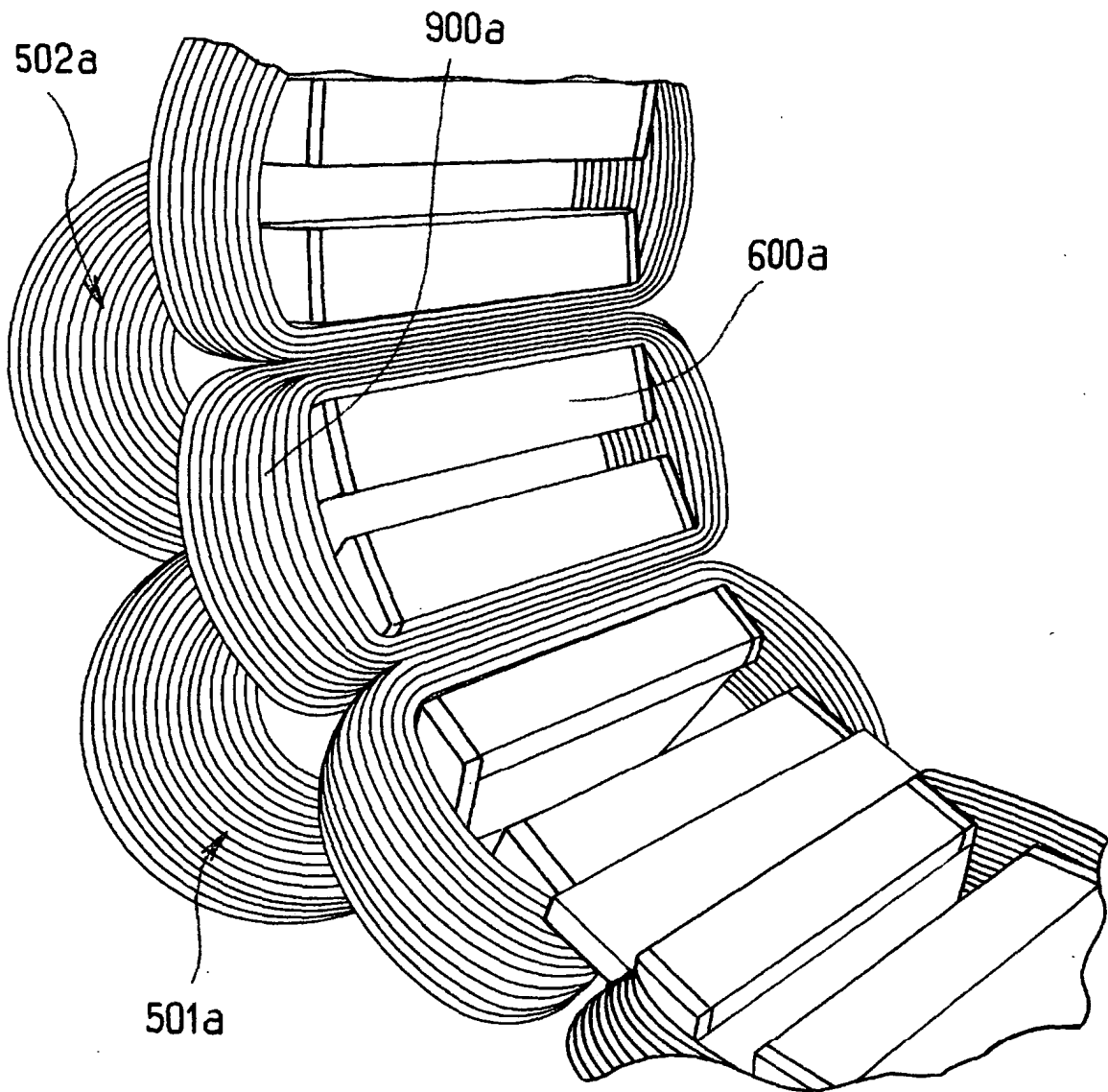


FIG.5

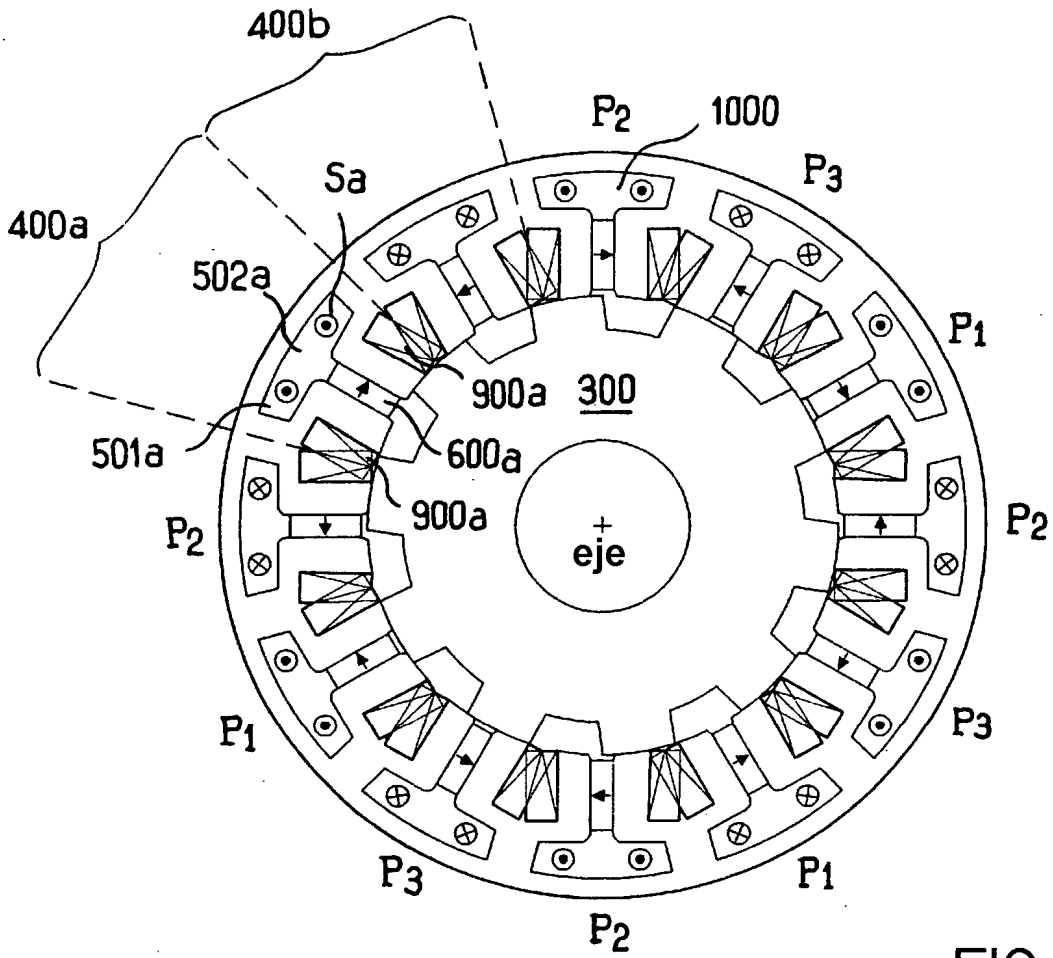


FIG. 6

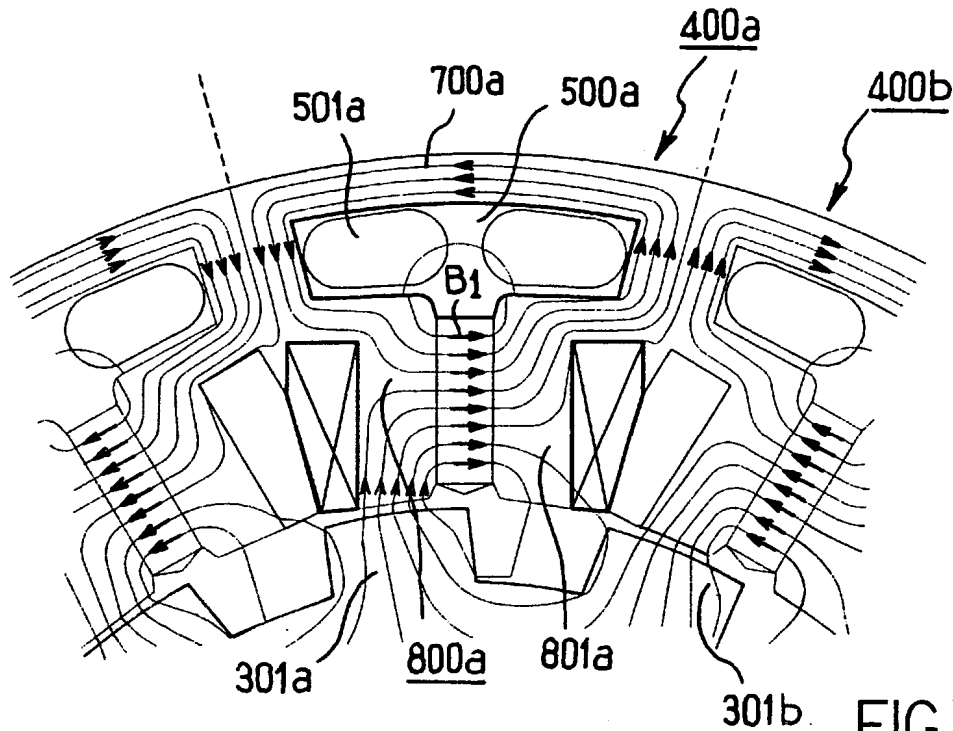


FIG. 7

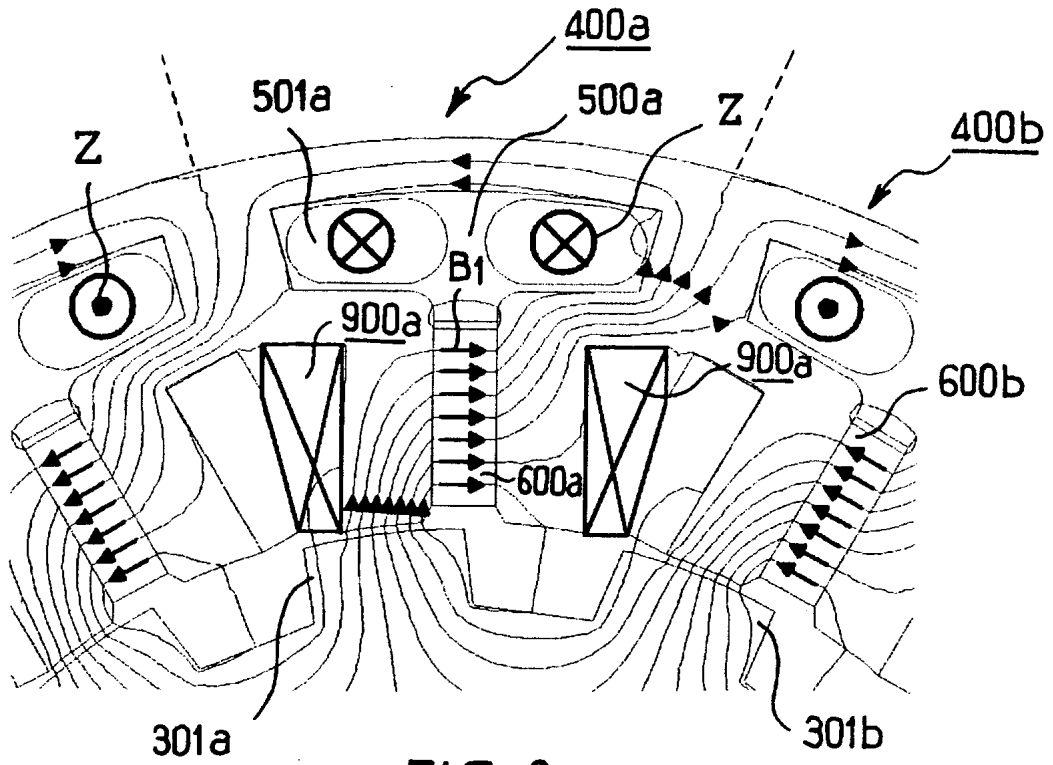


FIG. 8

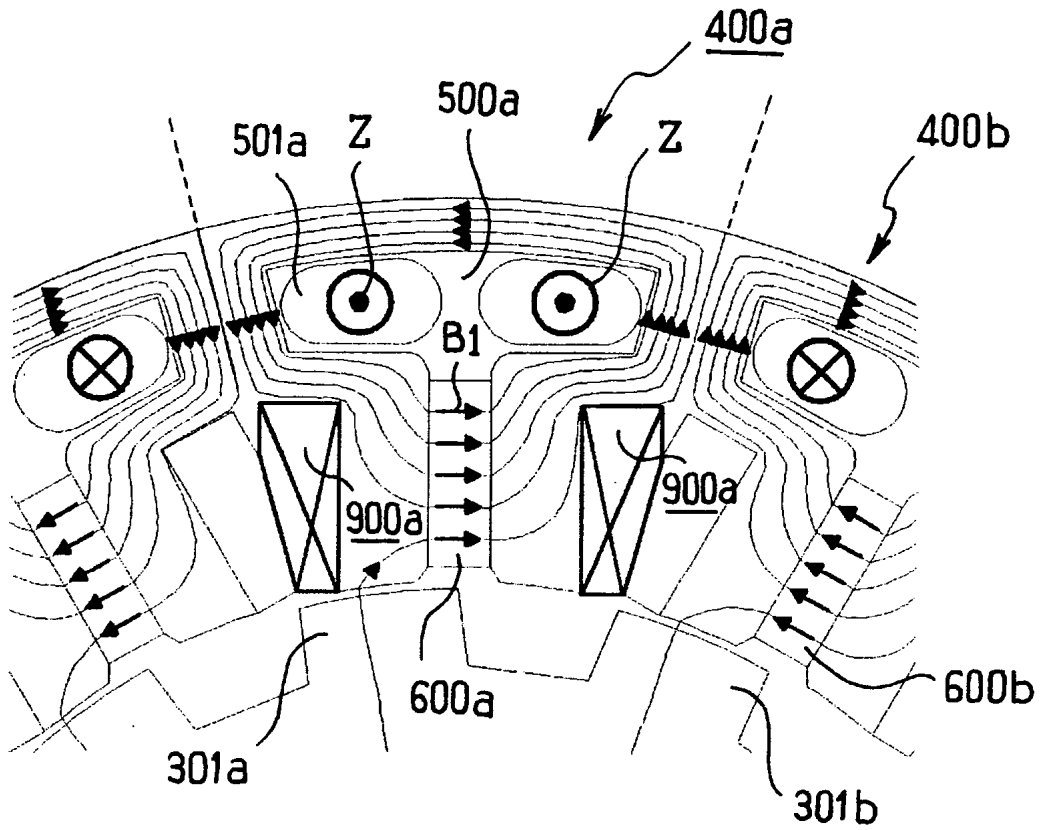


FIG. 9

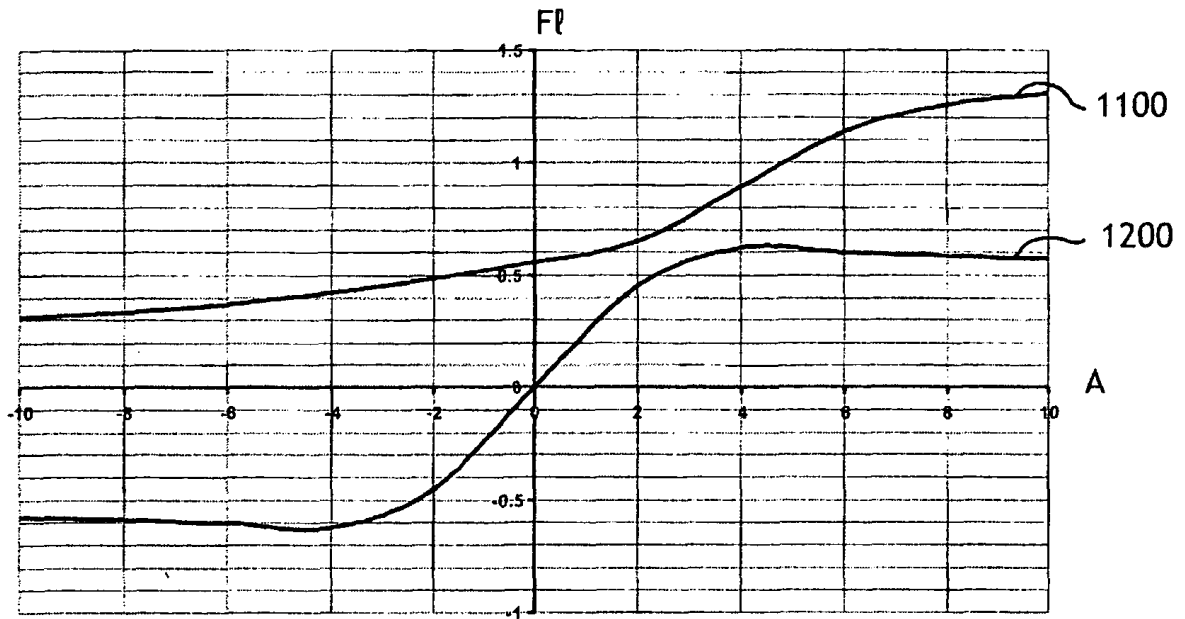


FIG.10

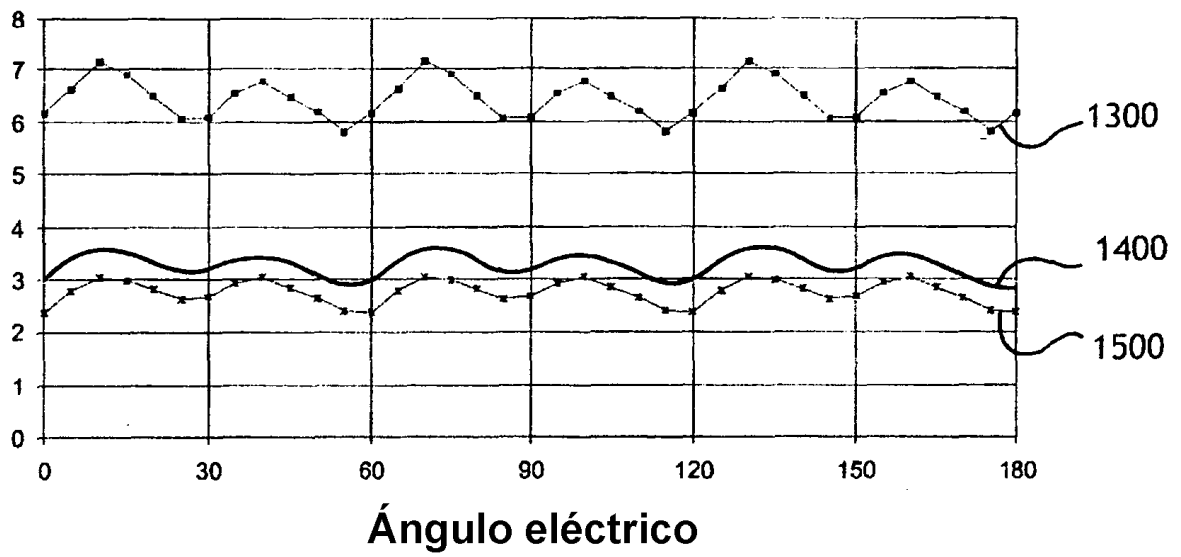


FIG.11