

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 633 642**

51 Int. Cl.:

**H02K 1/27**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.12.2006 PCT/JP2006/324726**

87 Fecha y número de publicación internacional: **28.06.2007 WO07072707**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.12.2006 E 06834481 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.07.2017 EP 1965484**

54 Título: **Núcleo magnético para un rotor**

30 Prioridad:

**19.12.2005 JP 2005364982**

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

**22.09.2017**

73 Titular/es:

**DAIKIN INDUSTRIES, LTD. (100.0%)  
UMEDA CENTER BUILDING, 4-12, NAKAZAKI-  
NISHI 2-CHOME, KITA-KU  
OSAKA-SHI, OSAKA 530-8323, JP**

72 Inventor/es:

**AOTA, KEIJI;  
YAMAGIWA, AKIO y  
YASUDA, YOSHIKI**

74 Agente/Representante:

**FÚSTER OLAGUIBEL, Gustavo Nicolás**

**ES 2 633 642 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**

Núcleo magnético para un rotor

**5 Campo técnico**

La presente invención se refiere a un núcleo magnético para un rotor, y particularmente a un núcleo magnético para un rotor de un motor de imanes permanentes interiores.

**10 Técnica anterior**

En un rotor de un motor de imanes permanentes interiores, los imanes permanentes están incorporados en un núcleo magnético compuesto por placas de acero laminadas, por ejemplo. Se proporciona un estator a lo largo de la periferia exterior o la periferia interior del rotor.

15 En el flujo magnético generado por los imanes permanentes, la parte que solo pasa a través del núcleo magnético sin pasar a través del estator no contribuye de manera eficaz a la generación de par motor. Por consiguiente, con el fin de reducir el flujo magnético que solo pasa a través del núcleo magnético, se proponen estructuras en las que se proporcionan porciones no magnéticas en los extremos de los imanes permanentes, diferentes de las caras de polos (por ejemplo, documento de patente 1). Además, las técnicas propuestas incluyen una técnica en la que la configuración de las porciones no magnéticas está diseñada para reducir la pérdida en el hierro y la pérdida en el cobre (documento de patente 2), una técnica en la que se obtiene un sesgo de una manera simulada (documento de patente 3), y una técnica en la que se reducen los armónicos impares (documento de patente 4).

25 Documento de patente 1: solicitud de patente japonesa abierta a consulta por el público n.º 11-98731 (1999)

Documento de patente 2: solicitud de patente japonesa abierta a consulta por el público n.º 2002-4488

Documento de patente 3: solicitud de patente japonesa abierta a consulta por el público n.º 2000-69695

30 Documento de patente 4: publicación internacional 2005/004307

**Divulgación de la invención**

35 En general, cuando la densidad de flujo magnético en la superficie de rotor se distribuye de forma sinusoidal, el flujo magnético que conecta con el estator también se realiza con una forma sinusoidal. Por otro lado, las componentes armónicas experimentan una pérdida en el hierro aumentada, ruido aumentado y dificultades en la capacidad de control.

40 Por consiguiente, un objetivo de la presente invención es proporcionar una estructura que ofrezca una densidad de flujo magnético mejorada en la superficie de rotor. Este objetivo se resuelve mediante un núcleo magnético de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 8 adjuntas. Modos de realización preferentes están de acuerdo con las reivindicaciones 2-7 y 9-12.

45 De acuerdo con el núcleo magnético para un rotor de la reivindicación 1 de la presente invención, cuando se forma un rotor incorporando imanes permanentes en los orificios de incorporación de imanes permanentes, es posible aliviar diferencias graduales en la cantidad de flujo de campo magnético que fluye hacia fuera de los imanes permanentes, entre los intervalos de polos y los centros de polos de los polos magnéticos que presentan los imanes permanentes. Esto hace que la densidad de flujo magnético en la superficie de rotor se parezca más a una onda sinusoidal.

50 Además, se potencia la resistencia mecánica al tiempo que se reducen los armónicos que pasan por cero a ángulos alrededor del eje con referencia a una posición entre orificios de incorporación de imanes permanentes, obtenida a partir de la posición entre la primera porción no magnética y la segunda porción no magnética, y la posición entre la segunda porción no magnética y la tercera porción no magnética.

55 De acuerdo con el núcleo magnético para un rotor de la reivindicación 1 de la presente invención, el extremo de una tercera porción no magnética que está ubicado más cerca del centro del orificio de incorporación de imán permanente ocupa una posición correspondiente a una fase en la que el tercer armónico es cero en el flujo magnético generado por los imanes permanentes incorporados en los orificios de incorporación de imanes permanentes, de modo que la supresión del tercer armónico no se ve dificultada ni siquiera cuando el flujo magnético fluye hacia fuera en la proximidad de esta posición.

60 De acuerdo con el núcleo magnético para un rotor de la reivindicación 5 de la presente invención, el área de las porciones no magnéticas es mayor en el extremo de un orificio de incorporación de imán permanente que en la zona central del mismo; por consiguiente, cuando se forma un rotor incorporando imanes permanentes en los orificios de

incorporación de imanes permanentes, es menos probable que el flujo magnético generado a partir del imán permanente fluya hacia fuera en el extremo del orificio de incorporación de imán permanente. Esto hace que la densidad de flujo magnético en la superficie de rotor se parezca más a una onda sinusoidal.

5 De acuerdo con el núcleo magnético para un rotor de la reivindicación 2 de la presente invención, el ángulo correspondiente a la posición entre la primera porción no magnética y la segunda porción no magnética corresponde a una fase en la que el séptimo armónico es cero en el flujo magnético generado por los imanes permanentes incorporados en los orificios de incorporación de imanes permanentes, de modo que se potencia la resistencia mecánica sin dificultar la supresión del séptimo armónico ni siquiera cuando el flujo magnético fluye hacia fuera en la proximidad de esta posición.

De acuerdo con el núcleo magnético para un rotor de la reivindicación 6 de la presente invención, el núcleo magnético puede construirse fácilmente apilando placas de acero con huecos.

15 De acuerdo con el núcleo magnético para un rotor de la reivindicación 3 de la presente invención, es posible potenciar adicionalmente la resistencia mecánica al tiempo que se reducen los armónicos que pasan por cero al ángulo correspondiente a la posición entre la primera porción no magnética y la segunda porción no magnética.

20 De acuerdo con el núcleo magnético para un rotor de la reivindicación 4 de la presente invención, la posición entre la segunda porción no magnética y la cuarta porción no magnética corresponde a una fase en la que el quinto armónico es cero en el flujo magnético generado por los imanes permanentes incorporados en los orificios de incorporación de imanes permanentes, de modo que se potencia la resistencia mecánica sin dificultar la supresión del quinto armónico ni siquiera cuando el flujo magnético fluye hacia fuera en la proximidad de esta posición.

25 De acuerdo con el núcleo magnético para un rotor de la reivindicación 7 o la reivindicación 12 de la presente invención, es menos probable que el núcleo magnético experimente saturación magnética en el lado al que está orientado el estator. Por tanto, en el lado al que está orientado el estator, se impide que el flujo magnético generado a partir de un imán permanente insertado en un orificio de incorporación de imán permanente fluya de una manera en cortocircuito dentro del rotor hacia un imán permanente insertado en otro orificio de incorporación de imán permanente adyacente, lo que impide la reducción del flujo magnético que conecta con el estator y contribuye a la generación de par motor.

35 De acuerdo con el núcleo magnético para un rotor de la reivindicación 8 de la presente invención, cuando se forma un rotor incorporando imanes permanentes en los orificios de incorporación de imanes permanentes, la anchura variable de las porciones no magnéticas alivia diferencias graduales en la cantidad de flujo magnético que fluye hacia fuera de los imanes permanentes, entre los intervalos de polos y los centros de polos de los polos magnéticos que presentan los imanes permanentes. Esto hace que la densidad de flujo magnético en la superficie de rotor se parezca más a una onda sinusoidal.

40 Además, se reducen los armónicos que pasan por cero a un ángulo alrededor del eje con referencia a una posición entre orificios de incorporación de imanes permanentes, obtenida a partir de la posición de un escalón de la porción no magnética.

45 De acuerdo con el núcleo magnético para un rotor de la reivindicación 8 de la presente invención, el extremo de una porción no magnética que está ubicado más cerca del centro del orificio de incorporación de imán permanente ocupa una posición correspondiente a una fase en la que el tercer armónico es cero en el flujo magnético generado por los imanes permanentes incorporados en los orificios de incorporación de imanes permanentes, de modo que la supresión del tercer armónico no se ve dificultada ni siquiera cuando el flujo magnético fluye hacia fuera en la proximidad de esta posición.

50 De acuerdo con el núcleo magnético para un rotor de la reivindicación 9 de la presente invención, la posición del escalón corresponde a una fase en la que el quinto armónico es cero en el flujo magnético generado por los imanes permanentes incorporados en los orificios de incorporación de imanes permanentes, de modo que la supresión del quinto armónico no se ve dificultada ni siquiera cuando el flujo magnético fluye hacia fuera en la proximidad de esta posición.

55 De acuerdo con el núcleo magnético para un rotor de la reivindicación 10 de la presente invención, el ángulo correspondiente a la posición de la escalón corresponde a una fase en la que el séptimo armónico es cero en el flujo magnético generado por los imanes permanentes incorporados en los orificios de incorporación de imanes permanentes, de modo que la supresión del séptimo armónico no se ve dificultada ni siquiera cuando el flujo magnético fluye hacia fuera en la proximidad de esta posición.

60 De acuerdo con el núcleo magnético para un rotor de la reivindicación 11 de la presente invención, es posible reducir los armónicos que pasan por cero al ángulo correspondiente a la posición del segundo escalón.

65 Estos y otros objetivos, características, aspectos y ventajas de la presente invención resultarán más evidentes a

partir de la siguiente descripción detallada de la presente invención cuando se toma junto con los dibujos adjuntos.

**Breve descripción de los dibujos**

- 5 [FIG. 1] Una vista en sección transversal que ilustra la estructura de un rotor.
- [FIG. 2] Un gráfico que ilustra la forma de onda de flujo de campo magnético que aparece en la superficie de rotor.
- [FIG. 3] Un diagrama que ilustra una distribución de flujo magnético con un polo magnético.
- 10 [FIG. 4] Un diagrama que ilustra una distribución de flujo magnético con un polo magnético.
- [FIG. 5] Un diagrama que ilustra una distribución de flujo magnético con un polo magnético.
- 15 [FIG. 6] Un gráfico que ilustra la densidad de flujo magnético de superficie de un rotor construido tal como se muestra en la FIG. 3, con respecto al ángulo de superficie de rotor.
- [FIG. 7] Un gráfico que ilustra el flujo magnético que conecta con el estator en un motor construido tal como se muestra en la FIG. 3, con respecto al ángulo de rotación del rotor.
- 20 [FIG. 8] Un gráfico que ilustra la densidad de flujo magnético de superficie de un rotor construido tal como se muestra en la FIG. 4, con respecto al ángulo de superficie de rotor.
- [FIG. 9] Un gráfico que ilustra el flujo magnético que conecta con el estator en un motor construido tal como se muestra en la FIG. 4, con respecto al ángulo de rotación del rotor.
- 25 [FIG. 10] Un gráfico que ilustra la densidad de flujo magnético de superficie de un rotor construido tal como se muestra en la FIG. 5, con respecto al ángulo de superficie de rotor.
- 30 [FIG. 11] Un gráfico que ilustra el flujo magnético que conecta con el estator en un motor construido tal como se muestra en la FIG. 5, con respecto al ángulo de rotación del rotor.
- [FIG. 12] Un gráfico que ilustra las magnitudes de componentes armónicas con respecto a la componente fundamental, con respecto a las variaciones espaciales de la densidad de flujo magnético en la superficie de rotor mostrado en las FIGS. 6, 8 y 10.
- 35 [FIG. 13] Un gráfico que ilustra las magnitudes de componentes armónicas con respecto a la componente fundamental, con respecto a las variaciones en el tiempo de la magnitud de densidad de flujo magnético del flujo magnético de conexión tal como se muestra en las FIGS. 7, 9 y 11.
- 40 [FIG. 14] Una vista en sección transversal que ilustra una parte de un rotor de acuerdo con un segundo modo de realización preferente de la presente invención.
- [FIG. 15] Una vista en sección transversal que ilustra una parte de un rotor de acuerdo con el segundo modo de realización preferente de la presente invención.
- 45 [FIG. 16] Una vista en sección transversal que ilustra una parte de un rotor de acuerdo con una modificación de la presente invención.

50 **Mejor modo de llevar a cabo la invención**

La FIG. 1 es una vista en sección transversal que ilustra la estructura de un rotor 103, que muestra una sección transversal perpendicular al eje Q. El rotor 103 rota con respecto a un estator (no mostrado) alrededor del eje Q. Esta estructura de rotor ilustra un denominado tipo de rotor interno en el que el estator existe fuera del rotor 103. Sin embargo, no se pretende que esto rechace la aplicabilidad de la presente invención a un denominado tipo de rotor externo en el que el estator existe dentro del rotor 103.

El rotor 103 incluye su núcleo magnético 18 e imanes permanentes 10. El núcleo magnético 18 tiene orificios de incorporación de imanes permanentes 12 dispuestos alrededor del eje Q, y los imanes permanentes 10 están incorporados en los orificios de incorporación de imanes permanentes 12. Los imanes permanentes 10 tienen caras de polo 10N y 10S de diferentes polaridades. Unos imanes adyacentes de los imanes permanentes 10 tienen sus caras de polo de polaridades mutuamente diferentes orientadas hacia la periferia exterior del rotor 103. Con la presencia de las caras de polo, el rotor 103 genera polos magnéticos alrededor de la periferia exterior. En este ejemplo, se proporcionan cuatro (dos pares de) imanes permanentes 10, y por tanto el número de pares de polos magnéticos es 2.

El núcleo magnético 18 puede estar compuesto por laminaciones de placas de acero, por ejemplo, colocándose placas de acero adyacentes unas encima de otras a lo largo de la dirección de eje Q con elementos de sujeción (no mostrados) insertados en orificios de sujeción 19.

5 Desde cada extremo de los orificios de incorporación de imanes permanentes 12, las porciones no magnéticas 13, 14, 15 y 16 están dispuestas alrededor del eje Q hacia el centro del orificio de incorporación de imán permanente 12. Por ejemplo, es deseable formar las porciones no magnéticas 13, 14, 15 y 16 como entrehierros, porque entonces el núcleo magnético 18 puede construirse fácilmente con placas de acero laminadas que tienen huecos en las posiciones de las porciones no magnéticas 13, 14, 15 y 16.

10 Vistas desde cada imán permanente 10, las porciones no magnéticas 13, 14, 15 y 16 están colocadas en el lado más cerca de la periferia exterior del rotor 103, y el rotor 103 está orientado hacia el estator en su lado de periferia exterior, de modo que las porciones no magnéticas 13, 14, 15 y 16 dificultan que el flujo magnético (flujo de campo magnético) generado a partir de los imanes permanentes 10 se conecte con el estator. Por consiguiente, es menos probable que la cantidad de flujo de campo magnético que fluye hacia fuera del rotor 103 (lo que corresponde a la cantidad de flujo magnético que conecta con el estator) difiera gradualmente entre los intervalos de polos y los centros de polos.

15 Las porciones no magnéticas 13 tienen la función de reducir el flujo de campo magnético que pasa solo a través del núcleo magnético sin pasar a través del estator, y también tienen la función de aliviar las diferencias graduales mencionadas anteriormente en la cantidad de flujo de campo magnético. Sin embargo, proporcionar solo las porciones no magnéticas 13 no es suficiente para aliviar las diferencias graduales en la cantidad de flujo de campo magnético, y la variación de la densidad de flujo magnético en la superficie del rotor 103 difiere considerablemente de una onda sinusoidal.

20 Sin embargo, con la presencia de las porciones no magnéticas 14, 15 y 16, la variación de la densidad de flujo magnético en la superficie del rotor 103 se vuelve más parecida a una onda sinusoidal. En comparación con una estructura en la que las porciones no magnéticas 13, 14, 15 y 16 se forman de manera continua, la estructura de este modo de realización es deseable en cuanto a la resistencia mecánica, porque el núcleo magnético 18 existe entre las porciones no magnéticas 13, 14, 15 y 16.

25 La FIG. 1 muestra ángulos alrededor del eje Q con respecto a una posición entre los orificios de incorporación de imanes permanentes 12. La posición entre las porciones no magnéticas 13 y 14 se expresa como un ángulo  $\Theta_7$ , la posición entre las porciones no magnéticas 14 y 15 se expresa como un ángulo  $\Theta_5$  y la posición entre las porciones no magnéticas 15 y 16 se expresa como un ángulo  $2 \cdot \Theta_7$ . Además, el extremo de la porción no magnética 16 que está colocado más cerca del centro de polo se expresa como un ángulo  $\Theta_3$ . En otras palabras, las porciones no magnéticas existen adyacentes entre sí, existiendo el núcleo magnético 18 entre las mismas en las posiciones expresadas por estos ángulos. Sin embargo, tal como se muestra en la FIG. 1, las posiciones de las porciones no magnéticas pueden desplazarse en cierta medida, lo cual no está dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas, por motivos de diseño.

30 Esto significa que, aunque las porciones no magnéticas no existan en las posiciones designadas por estos ángulos, cuando las posiciones corresponden a ángulos a los que los armónicos pasan por cero, es posible potenciar la resistencia mecánica del núcleo magnético 18 sin dificultar las reducciones de los armónicos.

35 La FIG. 2 es un gráfico que ilustra la forma de onda de flujo de campo magnético que aparece en la superficie de rotor. Este modo de realización preferente tiene dos pares de polos, y así 180 grados en cuanto al ángulo en la superficie de rotor corresponden a un periodo del flujo de campo magnético, y un intervalo de 0 a 90 grados corresponde a un polo magnético.

40 La curva L0 muestra la forma de onda del flujo de campo magnético que aparece en la superficie de rotor, y las curvas L1, L3, L5 y L7 muestran respectivamente la onda fundamental, el tercer armónico, el quinto armónico y el séptimo armónico del flujo de campo magnético. Los armónicos tercero, quinto y séptimo pasan por cero a los ángulos  $\Theta_3$ ,  $\Theta_5$  y  $\Theta_7$ , respectivamente. En otras palabras, el ángulo  $\Theta_3$  corresponde a un valor obtenido dividiendo 360 grados entre un valor que es tres veces los orificios de incorporación de imanes permanentes 12, el ángulo  $\Theta_5$  corresponde a un valor obtenido dividiendo 360 grados entre un valor que es cinco veces los orificios de incorporación de imanes permanentes 12 y el ángulo  $\Theta_7$  corresponde a un valor obtenido dividiendo 360 grados entre un valor que es siete veces los orificios de incorporación de imanes permanentes 12, y las porciones no magnéticas 13, 14, 15 y 16 están dispuestas tal como se describió anteriormente, mediante lo cual la curva L0 del flujo de campo magnético que aparece en la superficie de rotor se vuelve más parecida a la curva L1 u onda sinusoidal, sin que se dificulte el efecto de supresión de armónicos. Además, se obtiene resistencia mecánica.

45 En particular, el extremo de la porción no magnética 16 que está más cerca del centro (centro de polo) del orificio de incorporación de imán permanente 12 está en la posición (ángulo  $\Theta_3$ ) correspondiente a una fase en la que el tercer armónico del flujo de campo magnético es cero. La supresión del tercer armónico no se ve dificultada ni siquiera

cuando el flujo magnético fluye hacia fuera en la proximidad de esta posición. No hay ninguna necesidad significativa de proporcionar porciones no magnéticas en la zona más cerca del centro de polo más allá de esta posición. Esto se debe a que, aunque el quinto armónico o armónicos de orden superior pasan por cero en esta zona, una onda sinusoidal varía menos en la zona de centro de polo, y ganar la cantidad de flujo de campo magnético en esta zona es un factor de diseño deseable para obtener un flujo de campo magnético mayor que contribuye al par motor.

Por otro lado, en el lado de la posición correspondiente al ángulo  $\Theta_3$  que está más cerca del extremo (intervalo de polo) del orificio de incorporación de imán permanente 12, el séptimo armónico pasa por cero en dos posiciones de ángulos  $\Theta_7$  y  $2 \cdot \Theta_7$ . Por consiguiente, estableciendo la posición entre las porciones no magnéticas 15 y 16 al ángulo  $2 \cdot \Theta_7$ , es posible potenciar adicionalmente la resistencia mecánica sin dificultar la supresión del séptimo armónico que pasa por cero en la posición entre las porciones no magnéticas 13 y 14 (correspondiente al ángulo  $\Theta_7$ ).

Además, se desea que, tal como se muestra en la FIG. 1, la porción no magnética 13 tenga un área más grande que la porción no magnética 14, la porción no magnética 14 tenga un área más grande que la porción no magnética 15, y la porción no magnética 15 tenga un área más grande que la porción no magnética 16. Por tanto, las porciones no magnéticas tienen áreas más grandes a medida que se aproximan más al intervalo de polo desde el centro de polo, y así es menos probable que el flujo magnético generado a partir del imán permanente 10 fluya hacia fuera en la zona más cerca del extremo del orificio de incorporación de imán permanente 12. Esto hace que la densidad de flujo magnético de superficie del rotor 103 se parezca aún más a una onda sinusoidal.

Las FIGS. 3 a 5 son diagramas que muestran cada uno la distribución de flujo magnético, con un polo magnético en un rotor que tiene dos pares de polos magnéticos. La FIG. 3 muestra una combinación de un rotor 101 y un estator 2, la FIG. 4 muestra una combinación de un rotor 102 y el estator 2, y la FIG. 5 muestra una combinación del rotor 103 descrito anteriormente y el estator 2. El estator 2 tiene ranuras 21, y devanados de inducido se bobinan a través de las ranuras 21. El devanado de inducido puede ser o bien un devanado concentrado o bien un devanado distribuido, pero la presente invención es más adecuada para motores que tienen un estator con devanados distribuidos, porque es más probable que el devanado distribuido implique una generación considerable del tercer armónico que el devanado concentrado.

En la FIG. 3, el rotor 101 tiene porciones no magnéticas 13a en ambos extremos de un imán permanente 10, en correspondencia con las porciones no magnéticas 13 de la FIG. 1, pero no tiene porciones no magnéticas correspondientes a las porciones no magnéticas 14, 15 y 16.

En la FIG. 4, el rotor 102 tiene porciones no magnéticas 13b y 14b correspondientes a las porciones no magnéticas 13 y 14 de la FIG. 1, pero no tiene porciones no magnéticas correspondientes a las porciones no magnéticas 15 y 16.

La FIG. 6 es un gráfico que muestra la densidad de flujo magnético de superficie del rotor 101 construido tal como se muestra en la FIG. 3, con respecto al ángulo de superficie de rotor. La FIG. 7 es un gráfico que muestra el flujo magnético que conecta con el estator 2 en un motor construido tal como se muestra en la FIG. 3, con respecto al ángulo de rotación del rotor 101.

La FIG. 8 es un gráfico que muestra la densidad de flujo magnético de superficie del rotor 102 construido tal como se muestra en la FIG. 4, con respecto al ángulo de superficie de rotor. La FIG. 9 es un gráfico que muestra el flujo magnético que conecta con el estator 2 en un motor construido tal como se muestra en la FIG. 4, con respecto al ángulo de rotación del rotor 102.

La FIG. 10 es un gráfico que muestra la densidad de flujo magnético de superficie del rotor 103 construido tal como se muestra en la FIG. 5, con respecto al ángulo de superficie de rotor. La FIG. 11 es un gráfico que muestra el flujo magnético que conecta con el estator 2 en un motor construido tal como se muestra en la FIG. 5, con respecto al ángulo de rotación del rotor 103.

En las FIGS. 7, 9 y 11, líneas continuas y discontinuas respectivamente muestran las densidades de flujo magnético del flujo magnético que pasa a través de la porción de yugo trasera y la porción de dientes del estator 2.

Tal como puede observarse comparando las FIGS. 6, 8 y 10, la densidad de flujo magnético en la superficie de rotor del rotor 102 se parece más a una onda sinusoidal que la del rotor 101, y la del rotor 103 se parece aún más a una onda sinusoidal que la del rotor 102. Tal como se muestra en la FIG. 10, la densidad de flujo magnético en la superficie del rotor 103 es gradual. Sin embargo, aunque se produzca una densidad de flujo magnético gradual de este tipo en la superficie de rotor, el flujo magnético que conecta con el estator tiene una forma sinusoidal con respecto al ángulo de rotación.

La FIG. 12 es un diagrama que muestra las magnitudes de las componentes armónicas con respecto a la componente fundamental, con respecto a las variaciones espaciales de la densidad de flujo magnético en la superficie de rotor (que corresponden a variaciones con respecto al ángulo de superficie) mostradas en las FIGS. 6, 8 y 10. La FIG. 13 es un gráfico que muestra las magnitudes de las componentes armónicas con respecto a la

componente fundamental, con respecto a las variaciones en el tiempo de la magnitud de densidad de flujo magnético del flujo magnético de conexión (que corresponden a variaciones con respecto al ángulo de rotación) mostradas en las FIGS. 7, 9 y 11. En cada orden, las barras izquierda, central y derecha corresponden a los rotores 101, 102, y 103, respectivamente.

5 En comparación con el rotor 101, el rotor 102 reduce considerablemente el quinto armónico y el séptimo armónico hasta aproximadamente el mismo grado que el rotor 103. Sin embargo, el rotor 103 reduce el tercer armónico más considerablemente de lo que lo hace el rotor 102. Esto también es cierto con respecto a las variaciones en el tiempo de las densidades de flujo magnético.

10 Por tanto, este modo de realización ofrece una resistencia mecánica potenciada al tiempo que hace que la densidad de flujo magnético de superficie de rotor se parezca más a una onda sinusoidal.

15 Las FIGS. 14 y 15 son vistas en sección transversal que ilustran, cada una, una parte de un rotor de acuerdo con otro modo de realización de la presente invención. Este modo de realización presenta estructuras que tienen una porción no magnética 13d (FIG. 14) o una porción no magnética 13e (FIG. 15) en lugar de las porciones no magnéticas 13, 14, 15 y 16 del modo de realización descrito anteriormente.

20 Formar la porción no magnética 13d o 13e como un entrehierro es deseable porque entonces el núcleo magnético puede construirse fácilmente laminando placas de acero que tienen huecos en la posición de la porción no magnética 13d o 13e.

25 La porción no magnética 13d y 13e se extienden cada una alrededor del eje hasta un extremo P4, desde un extremo hacia el centro de un orificio de incorporación de imán permanente 12, y las porciones no magnéticas 13d y 13e tienen cada una escalones P1, P2 y P3 y una anchura que se estrecha en la dirección en la que se extienden. Es decir, la anchura se vuelve más estrecha hacia el centro del polo magnético. Las FIGS. 14 y 15 solo muestran cada una la proximidad de un extremo de un orificio de incorporación de imán permanente 12 para mostrar la estructura de una manera ampliada, pero se desea que se proporcione la misma estructura en todos los extremos de los orificios de incorporación de imanes permanentes 12 tal como se muestra en la FIG. 1.

30 En la porción no magnética 13d, los escalones P1, P2 y P3 aparecen en el lado orientado hacia el orificio de incorporación de imán permanente 12, y en la porción no magnética 13e, los escalones P1, P2 y P3 aparecen en el lado opuesto al orificio de incorporación de imán permanente 12.

35 Las porciones no magnéticas de este modo de realización se extienden de manera continua, y por lo tanto la estructura del modo de realización descrito anteriormente que tiene una pluralidad de porciones no magnéticas separadas se desea más en cuanto a la obtención de resistencia mecánica. Sin embargo, este modo de realización se desea más en cuanto a la formación del núcleo magnético, por ejemplo, creando huecos.

40 Las posiciones de los escalones P1, P2, P3 y el extremo P4 corresponden respectivamente a los ángulos  $\Theta_7$ ,  $\Theta_5$ ,  $2 \cdot \Theta_7$  y  $\Theta_3$  descritos anteriormente. Por tanto, como en el modo de realización descrito anteriormente, entre el intervalo de polo y el centro de polo, la anchura variable de la porción no magnética 13d o 13e alivia la diferencia gradual en la cantidad de flujo de campo magnético que fluye hacia fuera desde el imán permanente 10. Esto hace que la densidad de flujo magnético en la superficie de rotor se parezca más a una onda sinusoidal.

45 En particular, la estructura en la que la anchura de la porción no magnética 13d o 13e se vuelve más estrecha en la dirección de extensión desde un extremo hacia el centro del orificio de incorporación de imán permanente 12 corresponde a la estructura del modo de realización descrito anteriormente en la que las áreas de las porciones no magnéticas 13, 14, 15 y 16 se vuelven más pequeñas en este orden, mediante lo cual la densidad de flujo magnético de superficie de rotor puede parecerse fácilmente más a una onda sinusoidal.

50 Por tanto, se reducen los armónicos que pasan por cero a ángulos alrededor del eje Q con referencia a la posición entre polos, obtenida a partir de las posiciones de los escalones P1, P2, P3 y el extremo P4.

#### 55 Modificaciones

(i) La FIG. 16 es una vista en sección transversal que ilustra una estructura que puede adoptarse como modificación del modo de realización descrito anteriormente de la presente invención. Se proporciona un par de porciones no magnéticas 13 en los extremos de diferentes orificios de incorporación de imanes permanentes 12 adyacentes, y están orientadas unas frente a otras a través del núcleo magnético 18, en el que se desea que la distancia L entre el par de porciones no magnéticas 13 se vuelva mayor a medida que se aproxima más desde el eje Q hacia el lado al que está orientado el estator (la periferia exterior en este ejemplo).

65 Adaptando esta estructura, es menos probable que el núcleo magnético experimente saturación magnética en el lado al que está orientado el estator. Por tanto, en el lado al que está orientado el estator, se impide que el flujo de campo magnético generado a partir de los imanes permanentes 10 fluya de una manera en cortocircuito dentro del

rotor hacia otros imanes permanentes 10 adyacentes. Esto impide la reducción del flujo magnético que conecta con el estator y contribuye a la generación de par motor.

5 El otro modo de realización también puede modificarse de la misma manera. Es decir, se desea que la distancia entre un par de porciones no magnéticas 13d (o porciones no magnéticas 13e) que se proporcionan en los extremos de diferentes orificios de incorporación de imanes permanentes 12 adyacentes y que están orientadas unas frente a otras a través del núcleo magnético 18 se vuelva más grande a medida que se aproxima más desde el eje Q hacia el lado al que está orientado el estator.

10 (ii) Puede construirse un núcleo magnético adoptando las porciones no magnéticas 13, 14, 15 y 16 del modo de realización descrito anteriormente en combinación con al menos una de las porciones no magnéticas 13d y 13e del otro modo de realización.

15 Aunque se ha descrito la invención en detalle, la descripción anterior es en todos los aspectos ilustrativa y no restrictiva. Se entiende que pueden diseñarse otras muchas modificaciones y variaciones sin apartarse del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

## REIVINDICACIONES

1. Núcleo magnético (18) para un rotor que va a hacerse rotar con respecto a un estator alrededor de un eje (Q), comprendiendo dicho núcleo magnético:
- 5 orificios de incorporación de imanes permanentes (12) dispuestos alrededor del eje (Q) de rotor; y
- una primera porción no magnética (13), una segunda porción no magnética (14) y una tercera porción no magnética (16) dispuestas en orden alrededor del eje desde un extremo hacia un centro de cada uno de dichos orificios de incorporación de imanes permanentes; y colocadas en un lado más cerca de una periferia del rotor configurado para orientarse hacia el estator que dicho orificio de incorporación de imán permanente correspondiente, en el que el núcleo magnético existe entre las porciones no magnéticas primera, segunda y tercera, y
- 10 en el que el valor ( $\Theta_3$ ) del ángulo alrededor de dicho eje (Q) entre la posición correspondiente a una densidad de flujo magnético de superficie de rotor nula entre dichos orificios de incorporación de imanes permanentes (12) adyacentes y la posición del extremo de dicha tercera porción no magnética (16) que está ubicado más cerca de un centro de dicho orificio de incorporación de imán permanente (12) correspondiente, es un valor obtenido dividiendo 360 grados entre un valor que es tres veces el número de dichos orificios de incorporación de imanes permanentes (12).
2. Núcleo magnético (18) para un rotor de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el valor ( $\Theta_7$ ) del ángulo alrededor de dicho eje (Q) entre la posición correspondiente a una densidad de flujo magnético de superficie de rotor nula entre dichos orificios de incorporación de imanes permanentes (12) adyacentes, y la posición correspondiente a una densidad de flujo magnético de superficie de rotor nula del séptimo armónico entre dicha primera porción no magnética (13) y dicha segunda porción no magnética (14) es un valor obtenido dividiendo 360 grados entre un valor que es siete veces el número de dichos orificios de incorporación de imanes permanentes (12).
3. Núcleo magnético (18) para un rotor de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 2, comprendiendo además dicho núcleo magnético una cuarta porción no magnética (15) dispuesta alrededor de dicho eje (Q) junto con dicha primera porción no magnética (13), dicha segunda porción no magnética (14) y dicha tercera porción no magnética (16), estando dicha cuarta porción no magnética (15) colocada entre dicha segunda porción no magnética y dicha tercera porción no magnética,
- 35 en el que el valor ( $2 \cdot \Theta_7$ ) del ángulo alrededor de dicho eje (Q) entre la posición correspondiente a una densidad de flujo magnético de superficie de rotor nula entre dichos orificios de incorporación de imanes permanentes (12) adyacentes, y la posición entre dicha tercera porción no magnética (16) y dicha cuarta porción no magnética (15) es dos veces el valor del ángulo ( $\Theta_7$ ) correspondiente a la posición correspondiente a una densidad de flujo magnético de superficie de rotor nula del séptimo armónico entre dicha primera porción no magnética (13) y dicha segunda porción no magnética (14).
4. Núcleo magnético (18) para un rotor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-3, comprendiendo dicho núcleo magnético una cuarta porción no magnética (15) dispuesta alrededor de dicho eje (Q) junto con dicha primera porción no magnética (13), dicha segunda porción no magnética (14) y dicha tercera porción no magnética (16), estando dicha cuarta porción no magnética (15) colocada entre dicha segunda porción no magnética y dicha tercera porción no magnética, y
- 45 en el que, cuando una posición correspondiente a una densidad de flujo magnético de superficie de rotor nula del quinto armónico entre dicha segunda porción no magnética (14) y dicha cuarta porción no magnética (15) se expresa como un valor ( $\Theta_5$ ) de un ángulo alrededor de dicho eje (Q) con referencia a una posición correspondiente a una densidad de flujo magnético de superficie de rotor nula entre dichos orificios de incorporación de imanes permanentes (12) adyacentes, entonces dicho valor ( $\Theta_5$ ) es un valor obtenido dividiendo 360 grados entre un valor que es cinco veces el número de dichos orificios de incorporación de imanes permanentes (12).
5. Núcleo magnético para un rotor de acuerdo con la reivindicación 3 o 4, en el que, vista en una dirección a lo largo de dicho eje (Q), dicha cuarta porción no magnética (15) tiene un área menor que la de dicha segunda porción no magnética (14) y mayor que la de dicha tercera porción no magnética (16).
6. Núcleo magnético para un rotor de acuerdo con la reivindicación 3 o 4, en el que dicha primera porción no magnética (13), dicha segunda porción no magnética (14), dicha tercera porción no magnética (16) y dicha cuarta porción no magnética (15) son entrehierros.
7. Núcleo magnético (18) para un rotor de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6,
- 65

- 5 en el que una distancia (L) entre, por un lado, dicha primera porción no magnética (13) proporcionada en un extremo de uno de dichos orificios de incorporación de imanes permanentes (12) y, por otro lado, dicha primera porción no magnética proporcionada en un extremo de otro de dichos orificios de incorporación de imanes permanentes adyacente a dicho un orificio de incorporación de imán permanente se vuelve mayor desde dicho eje (Q) hacia un lado al que está orientado un estator.
8. Núcleo magnético (18) para un rotor que va a hacerse rotar con respecto a un estator alrededor de un eje (Q), comprendiendo dicho núcleo magnético:
- 10 orificios de incorporación de imanes permanentes (12) dispuestos alrededor del eje (Q) de rotor; y
- 15 una porción no magnética (13d; 13e) que se extiende alrededor del eje desde un extremo hacia un centro de cada uno de dichos orificios de incorporación de imanes permanentes, y colocada en un lado más cerca de una periferia del rotor configurado para orientarse hacia el estator que dicho orificio de incorporación de imán permanente correspondiente, teniendo dicha porción no magnética al menos un escalón (P1, P2, P3, P4) y teniendo una anchura que se estrecha en una dirección de su extensión,
- 20 en el que el valor ( $\Theta 3$ ) del ángulo alrededor de dicho eje (Q) entre la posición correspondiente a una densidad de flujo magnético de superficie de rotor nula entre dichos orificios de incorporación de imanes permanentes (12) adyacentes, y la posición del extremo (P4) de dicha porción no magnética (13d, 13e) que está ubicado más cerca de un centro de dicho orificio de incorporación de imán permanente (12) correspondiente, es un valor obtenido dividiendo 360 grados entre un valor que es tres veces el número de dichos orificios de incorporación de imanes permanentes (12).
- 25 9. Núcleo magnético (18) para un rotor de acuerdo con la reivindicación 8, en el que el valor ( $\Theta 5$ ) del ángulo alrededor de dicho eje (Q) entre la posición correspondiente a una densidad de flujo magnético de superficie de rotor nula entre dichos orificios de incorporación de imanes permanentes (12) adyacentes y la posición correspondiente a una densidad de flujo magnético de superficie de rotor nula del quinto armónico de uno de dichos escalones (P2), es un valor obtenido dividiendo 360 grados entre un valor que es cinco veces el número de dichos orificios de incorporación de imanes permanentes (12).
- 30 10. Núcleo magnético (18) para un rotor de acuerdo con la reivindicación 8 o la reivindicación 9, en el que el valor ( $\Theta 7$ ) del ángulo alrededor de dicho eje (Q) entre la posición correspondiente a una densidad de flujo magnético de superficie de rotor nula entre dichos orificios de incorporación de imanes permanentes (12) adyacentes, y la posición correspondiente a una densidad de flujo magnético de superficie de rotor nula del séptimo armónico de uno de dichos escalones (P1), es un valor obtenido dividiendo 360 grados entre un valor que es siete veces el número de dichos orificios de incorporación de imanes permanentes (12).
- 35 11. Núcleo magnético (18) para un rotor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 8-10, en el que dicho al menos un escalón comprende al menos dos escalones,
- 40 y en el que, cuando se expresa como un ángulo alrededor de dicho eje (Q) con referencia a la posición correspondiente a una densidad de flujo magnético de superficie de rotor nula entre dichos orificios de incorporación de imanes permanentes (12) adyacentes, entonces el ángulo ( $2 \cdot \Theta 7$ ) correspondiente a la posición de dicho primer escalón (P3) es dos veces el ángulo ( $\Theta 7$ ) correspondiente a la posición correspondiente a una densidad de flujo magnético de superficie de rotor nula del séptimo armónico de segundo dicho escalón (P1).
- 45 12. Núcleo magnético (18) para un rotor de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 11,
- 50 en el que una distancia (L) entre, por un lado, dicha porción no magnética (13d, 13e) proporcionada en un extremo de uno de dichos orificios de incorporación de imanes permanentes (12) y, por otro lado, dicha porción no magnética proporcionada en un extremo de otro de dichos orificios de incorporación de imanes permanentes adyacente a dicho un orificio de incorporación de imán permanente se vuelve mayor desde dicho eje (Q) hacia un lado al que está orientado un estator.
- 55

FIG. 1

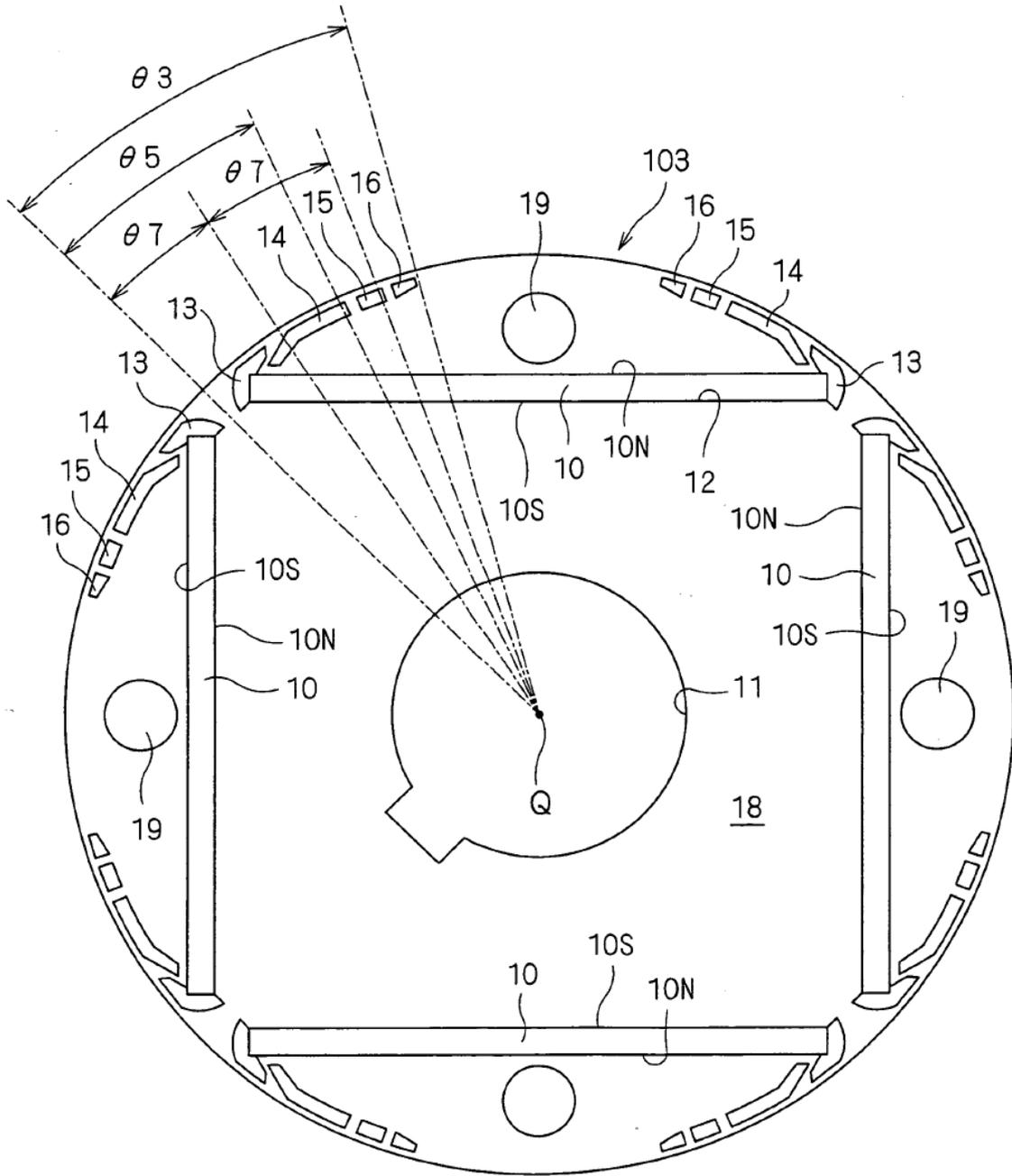
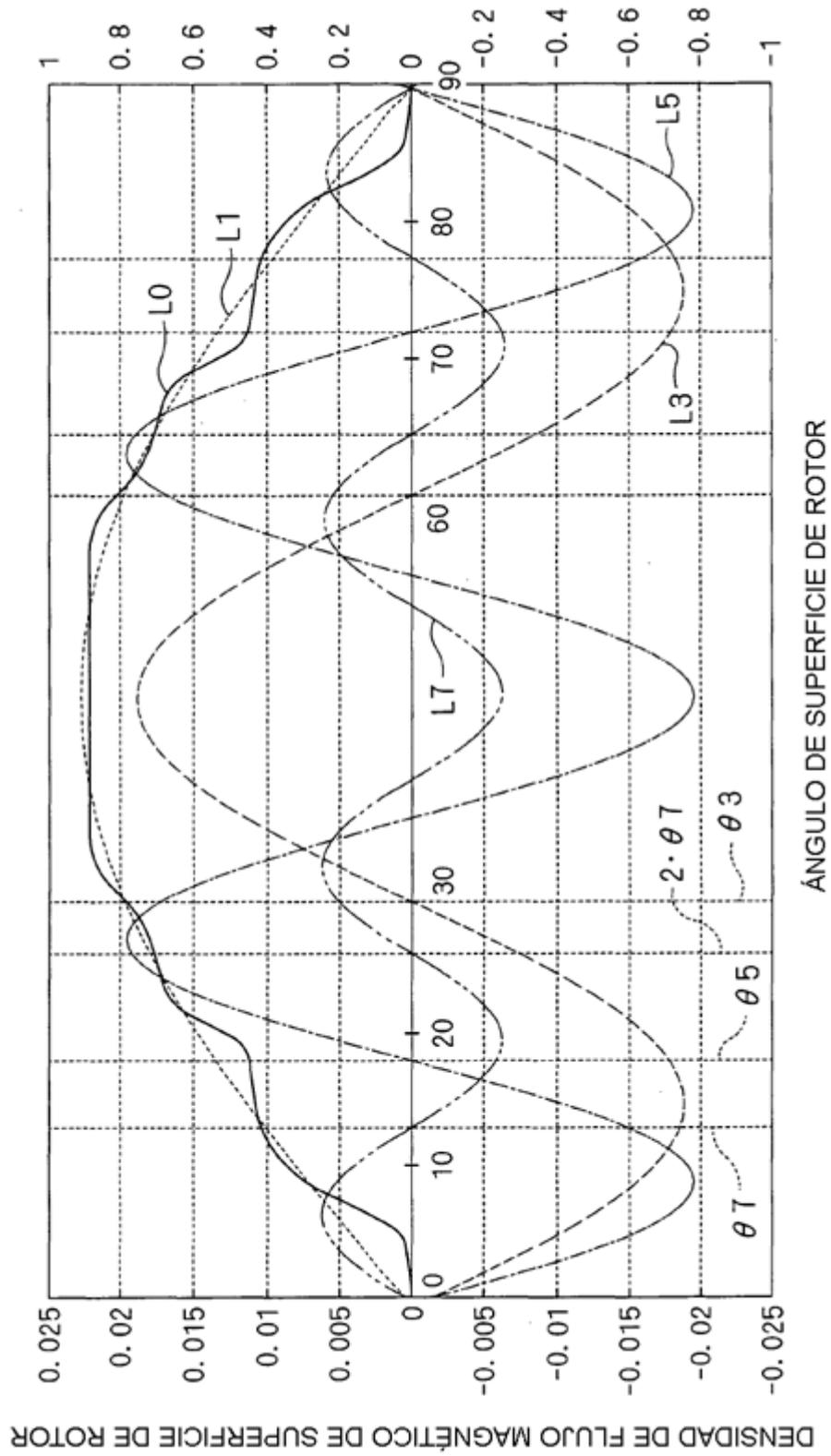
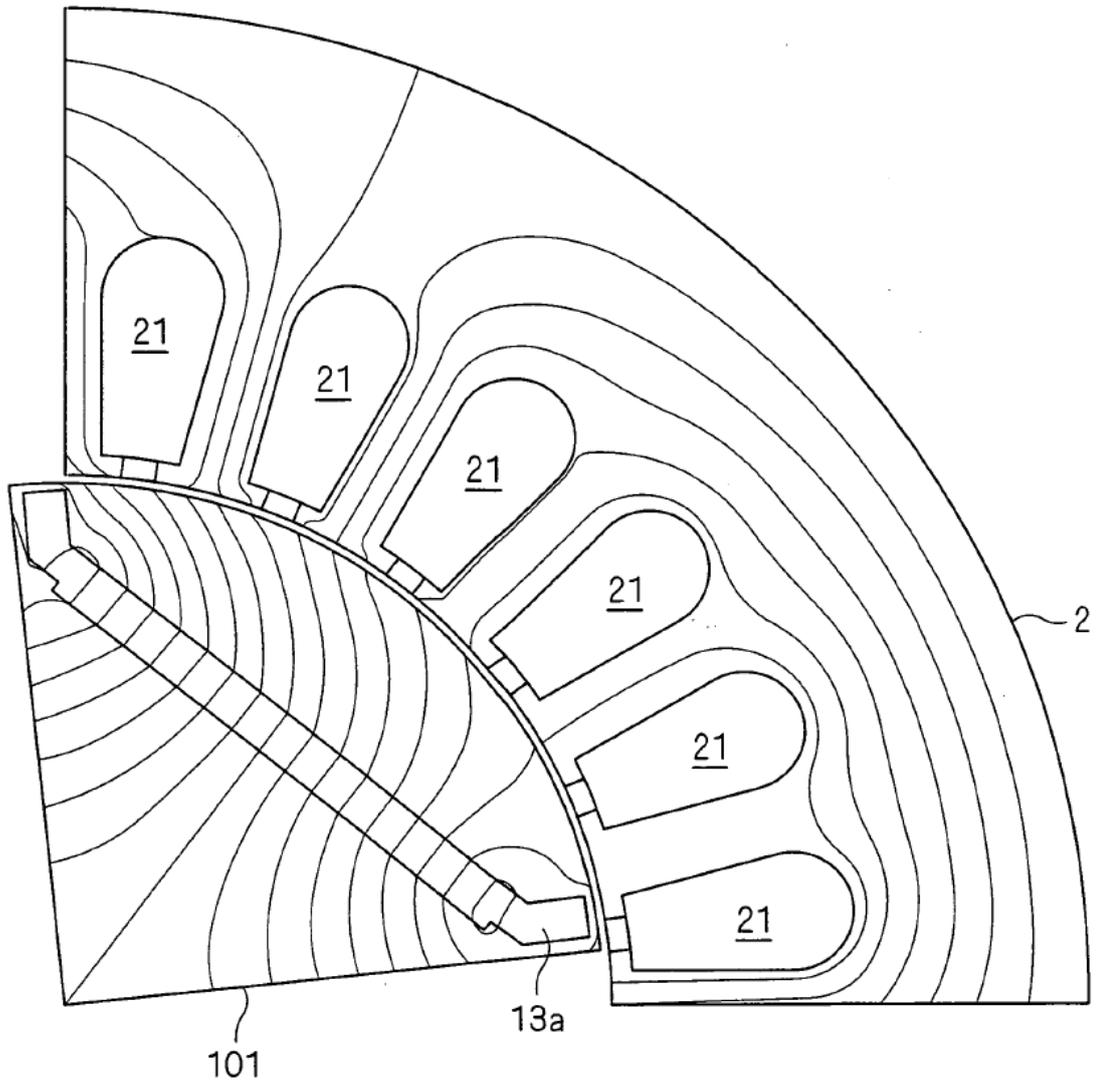


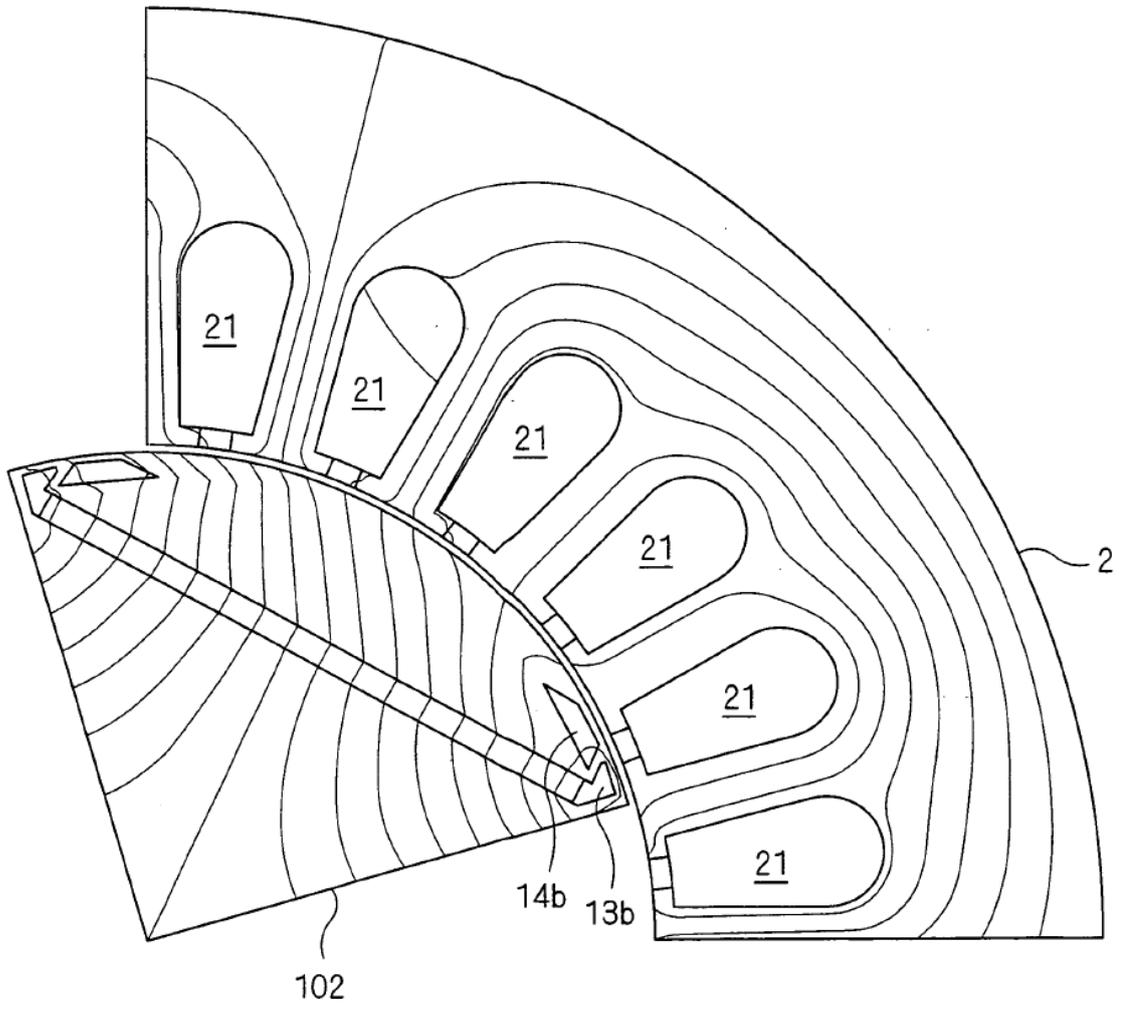
FIG. 2



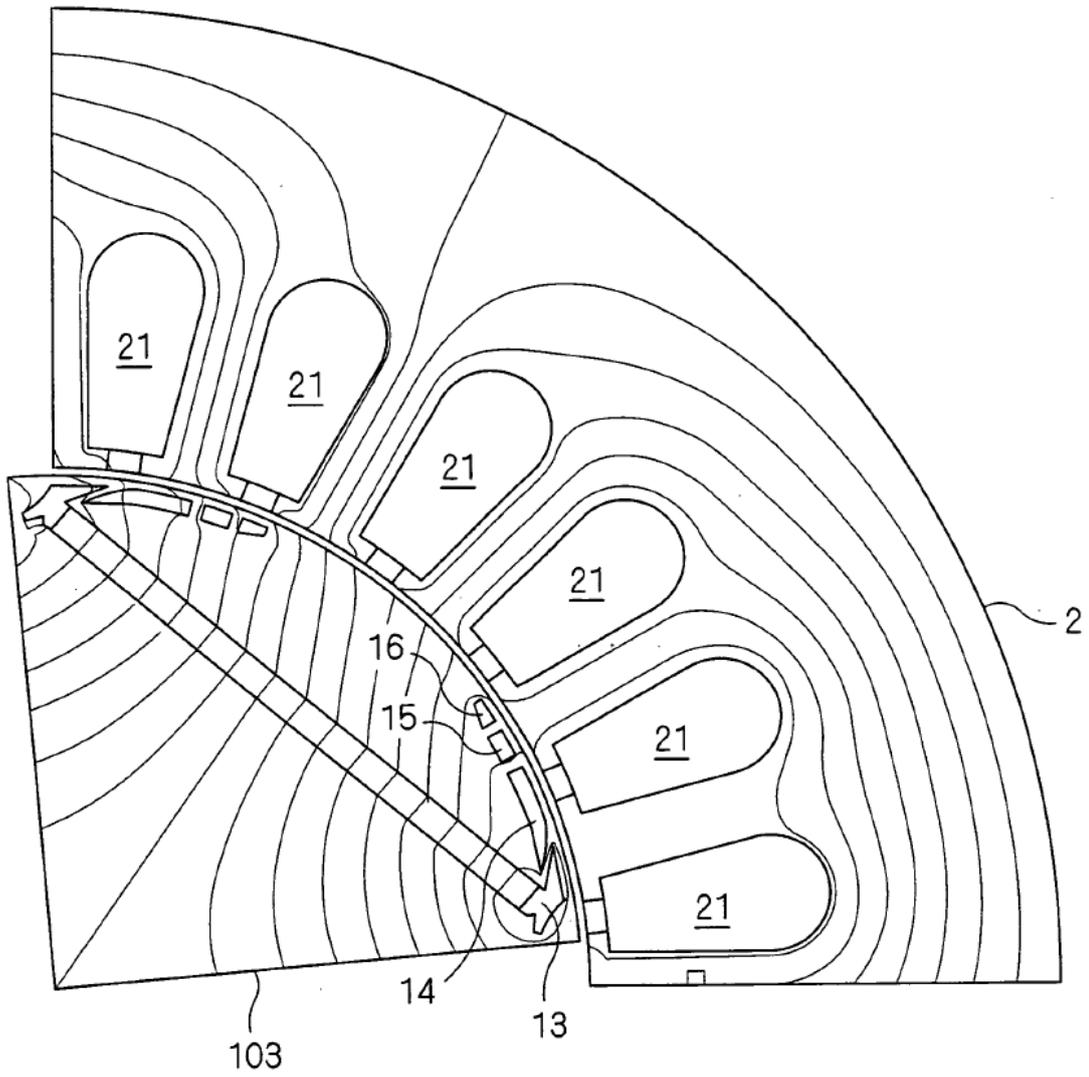
F I G . 3



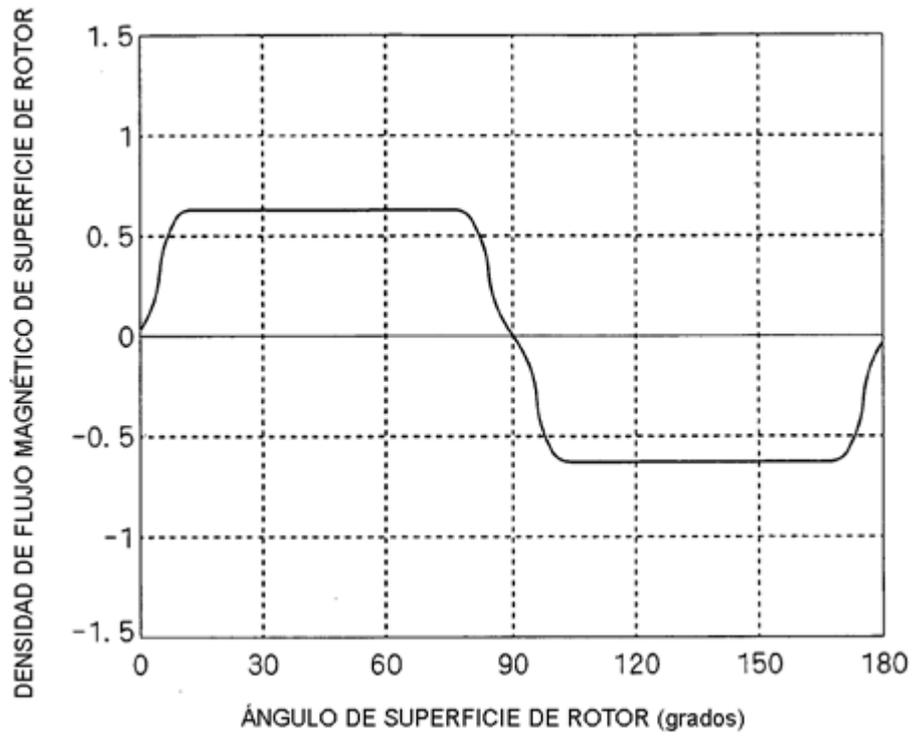
F I G . 4



F I G . 5



F I G . 6



F I G . 7

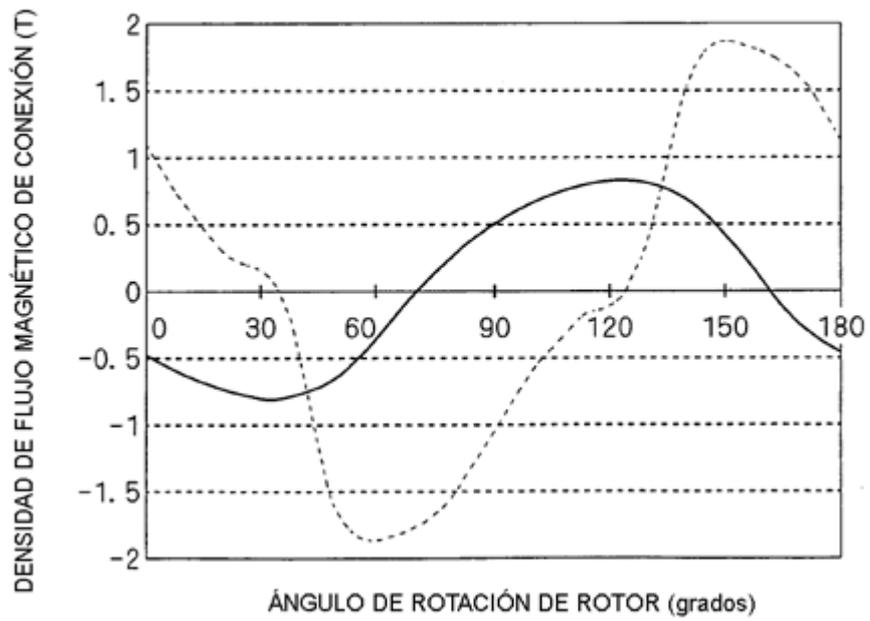


FIG. 8

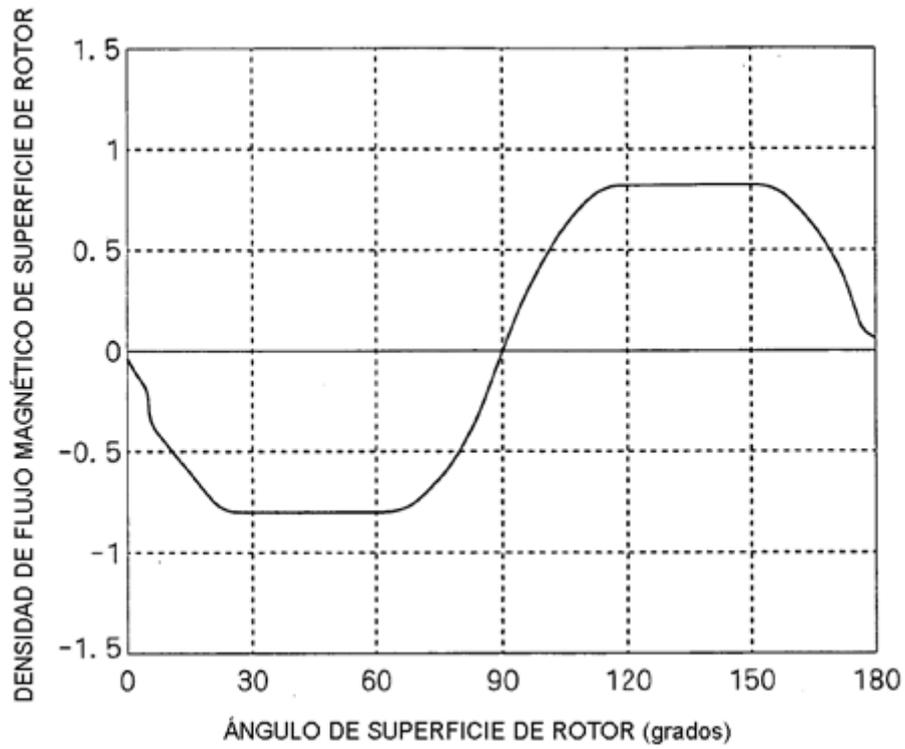
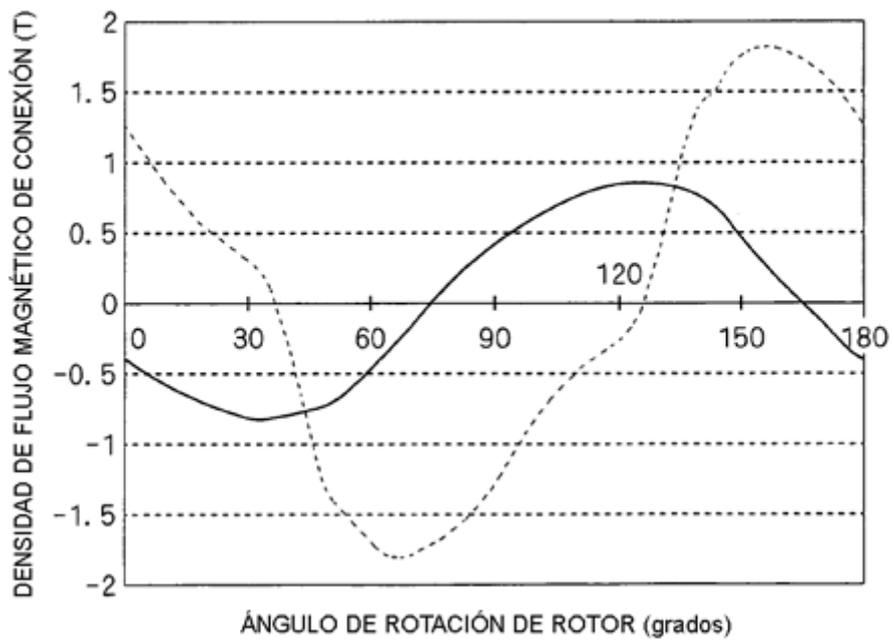
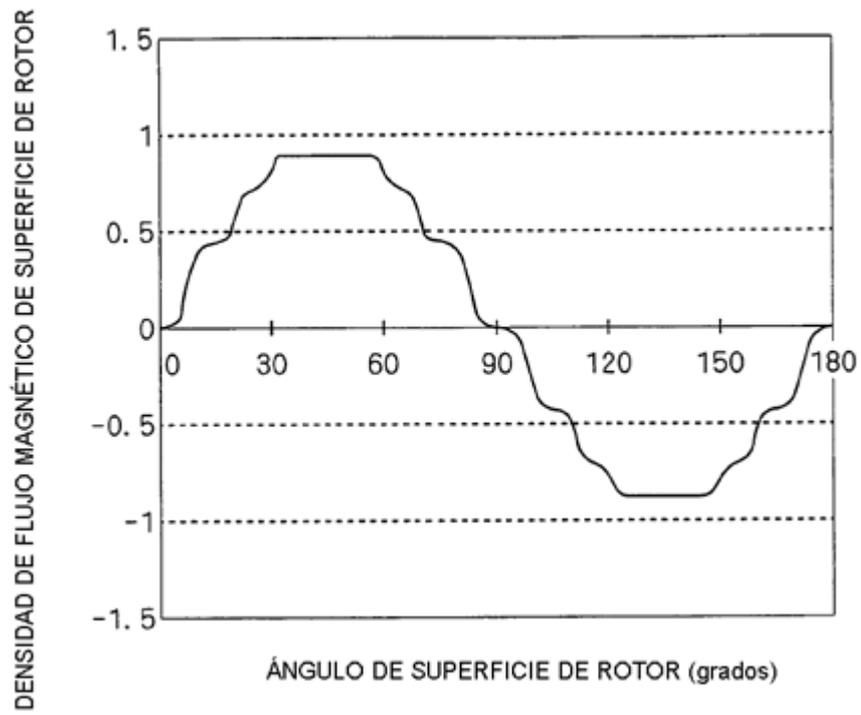


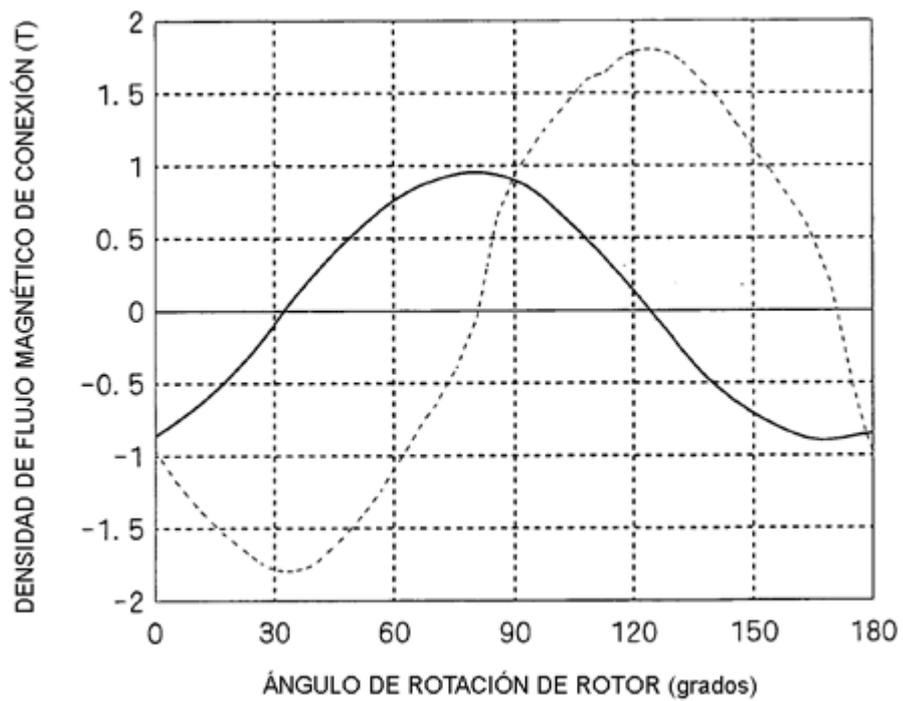
FIG. 9



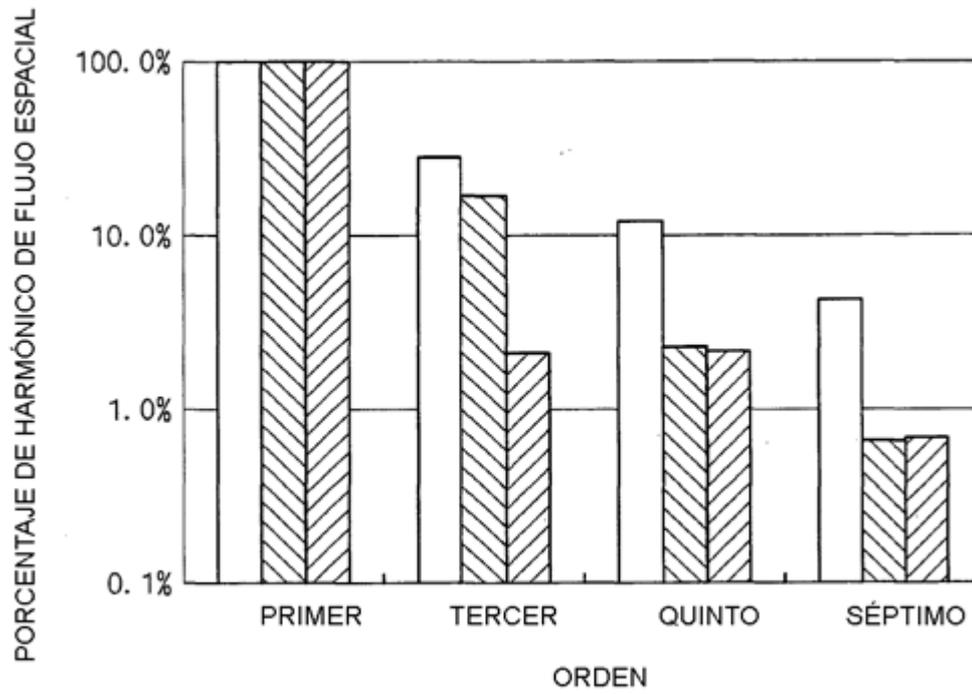
F I G . 1 0



F I G . 1 1



F I G . 1 2



F I G . 1 3

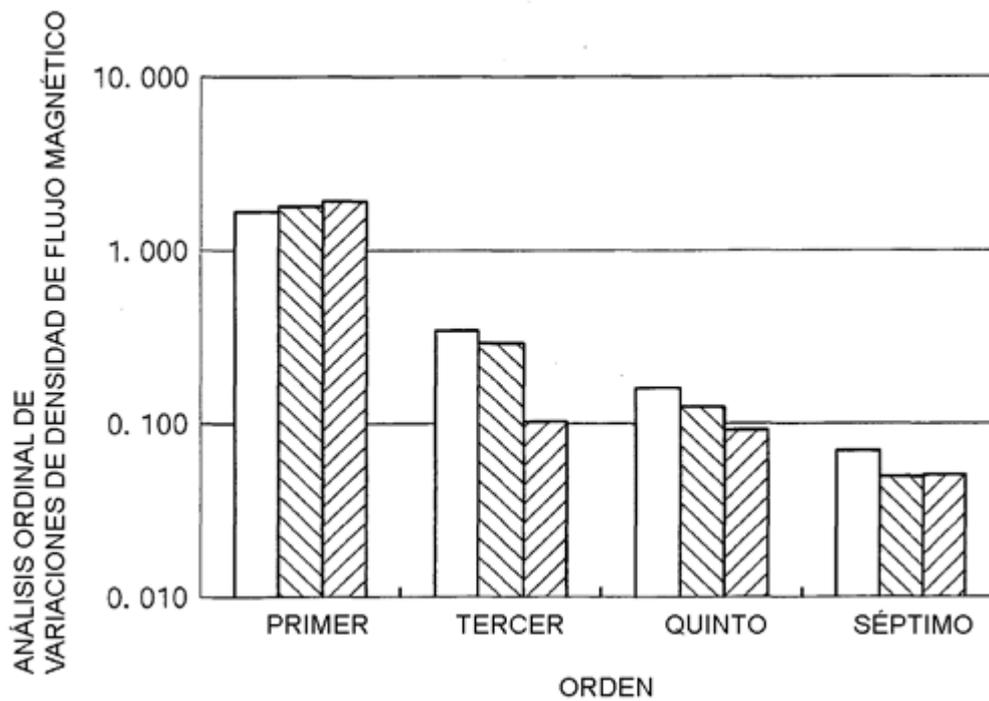


FIG. 14

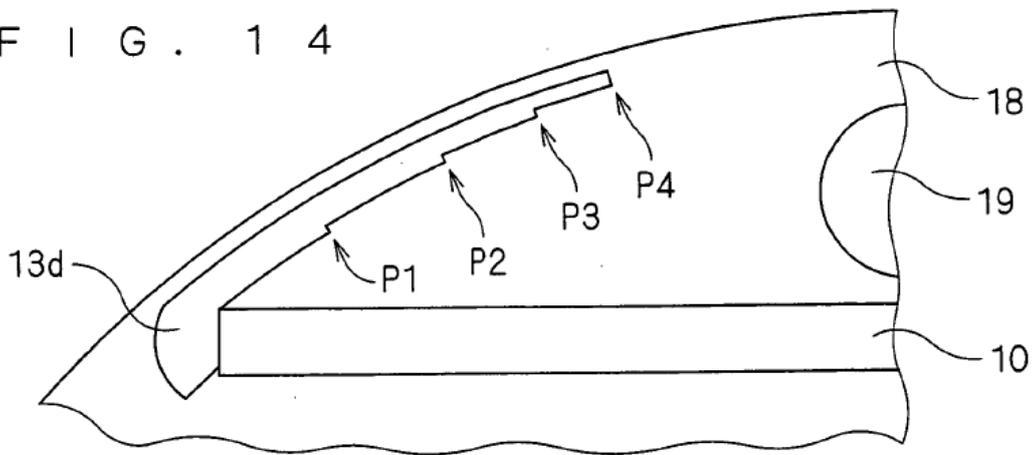


FIG. 15

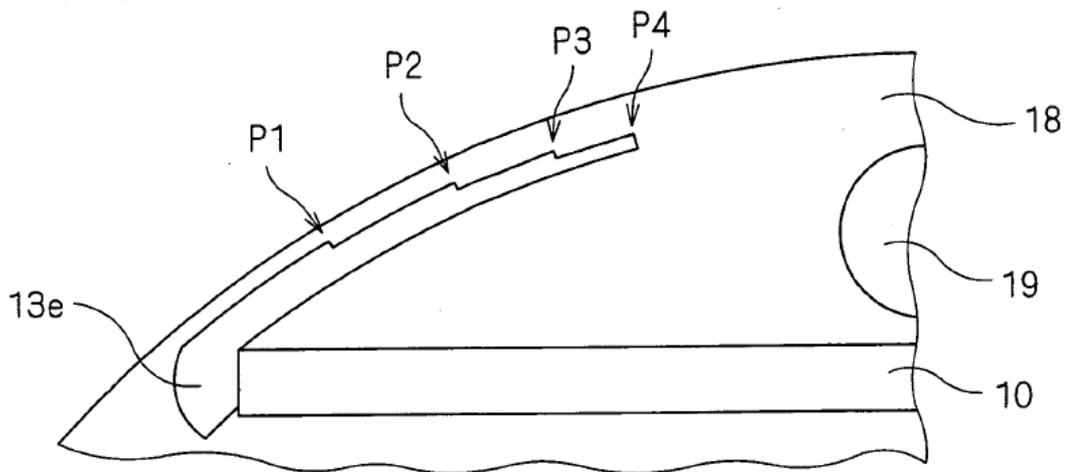


FIG. 16

