

MINISTERIO DE INDUSTRIA  
REGISTRO DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL



ESPAÑA

16 FEB. 1977  
CONCEDIDA

10 ES	11 NUMERO	12 A1
21	460.352	
22	FECHA DE PRESENTACION	
	2-7-1977	

PATENTE DE INVENCION

20 PRIORIDADES:	23 PAIS	
31 NUMERO	32 FECHA	
76/07381	5-7-76	Holanda.
77/01510	14-2-77	"

47 FECHA DE PUBLICIDAD	51 CLASIFICACION INTERNACIONAL	62 PATENTE DE LA QUE ES DIVISICNARIA
	H02K 19/02	

54 TITULO DE LA INVENCION

"UN MOTOR SINCRONICO PERFECCIONADO"

71 SOLICITANTE (ES)

N.V. PHILIPS GLOEILAMPENFABRIEKEN (PHN 8454C)

DOMICILIO DEL SOLICITANTE

Emmasingel 29, Eindhoven, Holanda

72 INVENTOR (ES)

Bernardus Henricus Antonius Goddijn

73 TITULAR (ES)

74 REPRESENTANTE

DON ALBERTO DE ELIZABURU MARQUEZ (P-66.262)

El invento se refiere a un motor síncrono que comprende al menos dos secciones coaxiales de estator, cada una de las cuales está provista con al menos una bobina anular, la cual bobina anular está rodeada por un circuito magnético a base de un material ferromagnético blando (de gran permeabilidad, pequeña histéresis y pequeña coercividad), el cual circuito está constituido por una sección de rotor con dentados y por la sección de estator que rodea a la bobina anular correspondiente, la cual sección de estator termina en dos sistemas de dientes de estator que están dispuestos en un círculo, y que cooperan con los dientes del rotor a través de entrehierros de manera tal que en cualquier momento la posición de uno de los dos sistemas de dientes de estator de cada sección de estator, con relación a los dientes de rotor cooperantes, difiere en la mitad de un paso de diente respecto de la posición del otro sistema de dientes de estator de esa sección de estator con relación a los dientes de rotor cooperantes, estando previstos medios para cada uno de los dientes de estator, mutuamente con la misma polaridad.

Dicho motor es particularmente apropiado como motor por escalones o de acción sucesiva, y es conocido de la solicitud de patente alemana 25 14 503, figura 3, que ha sido publicada para inspección por el público. En este motor, dichos medios están constituidos por un imán permanente anular, axialmente magnetizado, que es coaxial con dos secciones de estator y está dispuesto entre estas dos secciones de estator. Este imán permanente magnetiza los dos sistemas de dientes de cada sección de estator con la misma polaridad, mientras que la bobina anular asociada

con dicha sección de estator magnetiza los dos sistemas de dientes con polaridad opuesta. Como resultado de esto, el rotor manifiesta una posición preferente con relación a los dientes de uno de los dos sistemas de dientes dependiendo del sentido de excitación de dicha bobina anular. Estas dos posiciones están desfasadas por la mitad de un paso de diente una con relación a la otra. La otra sección de estator está desplazada en un cuarto de paso de diente con relación a la primera sección de estator, de modo que hay posiciones preferentes. Si las dos bobinas de estator son excitadas en la sucesión correcta, el rotor desarrolla un movimiento rotatorio de una manera síncrona o escalonada, dependiendo de la naturaleza de la excitación.

En este motor conocido, ambos sistemas de dientes de estator de cada sección de estator están constituidos por dientes que se extienden axialmente, entrelazándose los dientes de ambos sistemas, es decir que en cualquier momento un diente de uno de los sistemas está dispuesto entre los dientes del otro sistema. Se ha encontrado que las propiedades electromagnéticas de este motor se deterioran sustancialmente cuando el ángulo de escalonamiento, que está relacionado con el número de polos por circunferencia, es reducido, por ejemplo, a  $1,8^\circ$ , que corresponde a 50 dientes por sistema.

Un objeto del invento es crear un motor del tipo mencionado en el preámbulo, que sea extremadamente apropiado para estar equipado con un gran número de dientes de estator por cada sistema de dientes de estator.

Para este fin, el invento está caracterizado por que los dos sistemas de dientes de cada sección de estator

están constituidos por partes anulares que están provistas con dientes junto a la circunferencia interior, ambas de cuyas partes anulares forman parte del circuito magnético que rodea a la bobina anular, y las cuales partes anulares están dispuestas concéntricamente de una manera tal que la distancia axial entre los dientes de los dos sistemas es al menos unas pocas veces mayor que el entrehierro entre los sistemas de dientes de estator y el rotor.

La medida de acuerdo con el invento hace posible realizar con facilidad una construcción con un gran número de dientes por sistema de dientes de estator, sin dar lugar a campos parásitos o erráticos impermisibles en el entrehierro.

Se ha encontrado que el par producido por este motor, como una función de la posición del rotor, no es simétrico, es decir no es igual para ambas direcciones de corriente que son posibles en las bobinas de estator. Esta asimetría resulta también del hecho de que la resistencia magnética constituida por el entrehierro formado por el anillo magnético permanente no es infinita, por lo que a través del anillo magnético permanente se forman circuitos magnéticos para los campos producidos por las bobinas de estator. Como las direcciones de estos campos dependen de la dirección de la corriente excitadora a través de estas bobinas, el punto de trabajo de dicho anillo magnético permanente depende de esta dirección de excitación, que también provoca dicho par asimétrico.

Dicha asimetría puede resultar también del hecho de que las resistencias magnéticas desde dichos medios para magnetizar los sistemas de dientes de estator para cada uno

de los dos sistemas de dientes son desiguales para cada sección de estator. Otros tipos de asimetría pueden conducir también a pares asimétricos, dependiendo del diseño del motor de acuerdo con el invento.

5 Estas asimetrías pueden ser compensadas mediante el recurso de que las secciones de estator estén divididas en un número par de segmentos a lo largo de superficies axiales, en que los dientes de estator para cada sección de estator están desplazados mutuamente en la mitad de un  
10 paso de diente con relación a los dientes del rotor de cada dos segmentos adyacentes y dichos medios para cada sección de estator magnetizan los dos sistemas de cada dos segmentos adyacentes con polaridades opuestas.

15 Como, debido a dichos medios, la magnetización de dos segmentos adyacentes está dirigida en sentidos opuestos y los dientes son desplazados en la mitad de un paso de diente uno con respecto al otro, las asimetrías en el par debidas a cada uno de estos segmentos están en oposición de fase y no aparecen en el par total producido por  
20 el rotor.

Las asimetrías en el par de un motor de acuerdo con el invento pueden también ser compensadas por una medida que está caracterizada por el hecho de que el motor comprende al menos una bobina de compensación cuyo circuito  
25 magnético está en paralelo con el circuito magnético de dichos medios.

Esta bobina de compensación puede aumentar o reducir la influencia de dichos medios. Por excitación de esta bobina de compensación de modo dependiente de la excitación de las bobinas de estator se puede obtener un par  
30

simétrico. El método correcto de excitar la bobina de compensación puede ser determinado con facilidad de manera empírica.

5 Si dichos medios están constituidos por un anillo axialmente magnetizado que está dispuesto coaxialmente entre dos secciones de estator, es ventajoso que dicha bobina de compensación sea anular y esté dispuesta entre las dos secciones de estator coaxialmente con el anillo magnético permanente.

10 Para dichas medidas de acuerdo con el invento es ventajoso evitar entrehierros en los circuitos de estator magnéticos que rodeen a las bobinas anulares. Esto se logra apropiadamente por el hecho de que los circuitos de estator magnéticos, que rodean a las bobinas de anillo, comprenden  
15 estratificados enterizamente fabricados que están dispuestos sustancialmente en planos axiales.

Estos estratificados pueden ser dispuestos correctamente de una manera simple si las bobinas de anillo son rodeadas por un formador para devanar bobinas, provisto  
20 con medios de colocación para la alineación de dichos estratificados.

Para formar los dentados de estator en el caso de que se utilicen dichos estratificados, es ventajoso que dichos estratificados tengan forma de U, extendiéndose los  
25 limbos de los estratificados dentro del entrehierro entre estator y rotor para la formación de los sistemas de dientes de estator, mientras que dichos medios de colocación son tales que en el entrehierro, el extremo de uno de los limbos de cada estratificado con forma de U está desplazado  
30 en la mitad de un paso de diente con relación al extremo

del otro limbo.

En este motor, que emplea un anillo magnético permanente, axialmente magnetizado, es ventajoso, para obtener una mínima dispersión del flujo de este imán permanente, que los estratificados, junto al lado enfrentado al anillo magnético permanente, estén provistos con una porción plegada que esté dispuesta en un plano que se encuentre sustancialmente perpendicular al eje para la conducción del flujo del imán permanente.

Con un motor síncrono de acuerdo con el invento en que el anillo magnético permanente está situado entre las dos secciones de estator, puede producirse una simetría por el hecho de que las resistencias magnéticas de los anillos magnéticos permanentes para cada uno de los dos sistemas de dientes son desiguales por cada sección de estator. Una estructura ventajosa que elimina este hecho, está caracterizada porque los dos circuitos magnéticos de estator de las dos secciones de estator, los cuales circuitos rodean a las bobinas de anillo, consisten cada vez en dos placas anulares paralelas que están dispuestas en planos sustancialmente perpendiculares a los ejes de rotor, junto a cuya circunferencia interior están formados dichos sistemas de dientes, y cuya circunferencia exterior se une en cada caso con la superficie interior de un anillo cilíndrico que pertenece a dicha sección de estator, entre las cuales placas y el anillo cilíndrico está interpuesta la bobina de anillo, extendiéndose los dos anillos cilíndricos en la misma extensión que el anillo magnético permanente y estando provistos con medios para captar el flujo del anillo magnético permanente, de modo que entre las dos placas anulares enfrentadas

al anillo magnético permanente y el anillo magnético permanente se obtienen espacios con una resistencia magnética que es comparativamente alta con relación a la resistencia magnética existente entre el anillo magnético permanente y los anillos cilíndricos.

En esta construcción, el flujo del imán permanente pasa a través de dichos medios captadores hasta el anillo cilíndrico y desde allí, a través de una transición, a las dos placas anulares, de manera que son idénticas las trayectorias de los dos sistemas de dientes.

La construcción últimamente mencionada da como resultado necesariamente espacios entre secciones de estator y el imán permanente. Estos espacios son utilizados de modo eficaz si en dichos espacios se acomodan bobinas de compensación anulares coaxialmente dispuestas. Estas bobinas tienen entonces una función similar a la de la bobina de compensación antes mencionada.

El invento será descrito ahora con mayor detalle haciendo referencia a los dibujos, en los cuales:

La figura 1 muestra una sección transversal axial de un motor de acuerdo con el invento;

La figura 2 es una vista despiezada que corresponde a dicha sección transversal axial;

La figura 3 muestra esquemáticamente las posiciones de los dientes de estator y de rotor, unos con respecto a los otros;

La figura 4 es un diagrama de excitación para el motor de acuerdo con las figuras 1, 2, 5, 6 y 7;

La figura 5 muestra una versión alternativa del motor de la figura 1 en sección transversal axial;

La figura 6 es una vista en planta de una forma de realización de un motor de acuerdo con el invento con estator segmentado;

5 La figura 7 muestra una sección transversal axial del motor de acuerdo con la figura 6, tomada sobre la línea VII-VII;

La figura 8 muestra esquemáticamente las posiciones de los dientes del estator y de rotor del motor de acuerdo con las figuras 6 y 7, unos con relación a los otros;

10 La figura 9 es una vista en perspectiva de un estratificado de acuerdo con un detalle característico adicional del invento;

15 La figura 10 muestra la construcción de una sección de estator con estratificados de acuerdo con la figura 9;

La figura 11 muestra un motor de acuerdo con la figura 1 provisto con una bobina de compensación;

La figura 12 muestra una variante apropiada del motor de acuerdo con la figura 11; y

20 La figura 13 muestra una variante apropiada del motor de acuerdo con la figura 1.

25 La figura 1 es una sección transversal axial de un motor a los que se pueden aplicar las medidas de acuerdo con el invento, siendo la figura 2 una sección transversal axial del motor en perspectiva. El motor es simétrico en rotación alrededor del eje A-A'. Comprende un rotor 1, que consiste en un cuerpo cilíndrico con cuatro discos circulares 2 que están dispuestos en un plano perpendicular al eje A-A', los cuales discos están provistos con un diseño regular de dientes de rotor 3 a lo largo de la circunferencia.

30

El rotor está hecho de un material ferromagnético blando.

El estator comprende dos secciones 4 y 5, cada una de las cuales consiste en una bobina anular 6 y 7 respectivamente, que están rodeadas por una culata 8 y 9 respectivamente, de un material ferromagnético blando, las cuales culatas terminan en sistemas anulares de dentados 10, 11 y 12, 13 respectivamente. Estos dentados están dispuestos en el mismo plano que el disco de rotor 2 y todos ellos comprenden un número igual de dientes. Un motor por escalones con un ángulo de escalonamiento de  $1,8^\circ$  requiere 50 dientes por circunferencia. Por cada segmento de estator los dentados de los dos sistemas son desplazados en la mitad de un paso de diente unos con respecto a los otros, mientras que las dos secciones están desplazadas por un cuarto de paso de diente unas con respecto a las otras.

Las dos secciones de estator están separadas axialmente por un anillo 14 de un material magnético permanente, el cual anillo está axialmente magnetizado.

El imán permanente 14 da lugar a un campo magnético, que está representado en la mitad izquierda de la figura 1 por una línea interrumpida 16 con flechas. Para este campo las dos secciones de estator 4 y 5 y el rotor 1 están en serie, mientras que por cada sección de estator los dos entrehierros próximos a los dentados 10, 11 y 12, 13 respectivamente, están en paralelo. Como resultado de esto la diferencia de potencial magnético a través de cada par de entrehierros es sustancialmente igual en ambos casos y está dirigida en igual sentido debido al imán permanente.

Para una cierta excitación las bobinas de anillo 6 y 7 producen un campo tal como se representa en la mitad

derecha de la figura 1 por líneas interrumpidas 17 y 18 con flechas. El circuito magnético para este campo por cada sección de estator comprende las culatas 8 y 9 respectivamente, los dos sistemas de dientes 10, 11 y 12, 13 respectivamente, y el rotor. Debido a esto la diferencia de potencial magnético a través de los entrehierros cerca de los sistemas de dientes 10, 11 y 12, 13 respectivamente, es alternadamente de polaridad diferente, de modo que por cada sección de estator cuando las bobinas están excitadas la diferencia de potencial magnético a través de uno de los entrehierros es reducida, y la diferencia de potencial magnético a través del otro entrehierro es aumentada de manera que uno de los dos sistemas de dientes de una sección de estator es activada como si fuese dependiente del sentido de excitación de las bobinas. Si no estuviese excitada una cierta bobina, los dos sistemas de dientes de dicha sección de estator son igualmente activos y dado que los dos sistemas están desplazados en la mitad de un paso de diente uno con respecto al otro, no se ejerce ninguna fuerza sobre el rotor.

Con el fin de explicar el funcionamiento del motor de acuerdo con las figuras 1 y 2, la figura 3 muestra esquemáticamente la posición mutua de los sistemas de dientes de estator 10, 11, 12 y 13 y el dentado de rotor 3 para cinco posiciones diferentes  $P_1$  hasta  $P_5$  con relación a los dentados de estator, y la figura 4 muestra un diagrama de excitación para las bobinas 6 (figura 4a) y 7 (figura 4b).

La polaridad de las corrientes de excitación en la figura 4 está definida de manera que para una corriente

positiva (+I) la diferencia de potencial magnético a través de los entrehierros situados cerca de los dentados de estator 10 y 12 es mayor que la diferencia de potencial magnético a través de los entrehierros situados cerca de los dentados de estator 11 y 13 respectivamente.

Si se supone que en el instante  $T_0$  los dientes de rotor 3 están dispuestos ligeramente delante de los dientes de estator 10, el rotor se moverá, después de excitación de la bobina de anillo 6 mientras que la bobina de anillo 7 no está excitada, hasta que los dientes de rotor 3 estén dispuestos exactamente opuestos a los dientes de estator 10. Esta es la posición con la más pequeña resistencia magnética para ese entrehierro con la máxima diferencia de potencial magnético. Esta posición es señalada por  $P_1$  en la figura 3. Si en el instante  $t_1$  la bobina 7 está excitada ahora con una corriente positiva +I y la bobina 6 está desexcitada, la diferencia de potencial magnético a través del entrehierro situado cerca del dentado de estator 12 será máxima, mientras que el dentado de rotor 3 estará dispuesto en un cuarto de paso de diente delante del dentado de estator 12. Entonces el rotor es atraído hasta que los dientes de rotor 10 estén opuestos a los dientes de estator 12, resultando así la posición  $P_2$ . Similarmente, después del instante  $t_2$ , tras del cual la bobina 6 está excitada con una corriente negativa y la bobina 7 está desexcitada, el rotor se moverá a la posición  $P_3$ , es decir con sus dientes 3 opuestos a los dientes de estator 11, y después del instante  $t_3$ , tras del cual la bobina 7 está excitada con una corriente negativa y la bobina 6 está desexcitada, a la posición  $P_4$ , encontrándose ésta opuesta al dentado de esta-

tor 13. El rotor ocupa ahora una posición similar con relación al dentado de estator como juntamente antes del instante  $t_0$  y se completa un ciclo de escalones completo. Un desplazamiento en un paso de diente es realizado consiguientemente en cuatro escalones. Si el número total de dientes se hace igual a 50, el ángulo de escalonamiento será de  $1,8^\circ$ .

Las figuras 1 y 2 muestran que por cada sección de estator los dos sistemas de dientes están desplazados en la mitad de un paso de diente unos con relación a los otros y que dos secciones de estator están desplazadas en un cuarto de paso de diente unas con respecto a las otras. También es posible dar a todos los sistemas de dientes de estator la misma posición unos con relación a los otros y hacer girar los sistemas con dientes de rotor en  $0$ ,  $1/2$ ,  $1/4$  y  $3/4$  pasos de diente unos con relación a los otros, o una combinación de éstos. Para un funcionamiento correcto del motor, la posición de uno de los sistemas de dientes de estator con relación al correspondiente sistema de dientes de rotor por cada sección de estator, deberá estar desplazada en la mitad de un paso de diente con relación a la posición del otro sistema de dientes de estator con relación al correspondiente sistema de dientes de rotor.

El motor puede consistir en mas de dos secciones de estator. Entonces, estas secciones están siempre separadas por un imán de anillo que está magnetizado axialmente en la dirección apropiada.

Es posible reemplazar el imán de anillo 14 por una bobina de anillo.

También es posible incluir el imán permanente en

el rotor de una manera tal que se mantenga el diseño de líneas de campo, por ejemplo un imán axialmente magnetizado, o una bobina de anillo, en la colocación indicada por las líneas de puntos y rayas 15 en la figura 1. En la colocación en que el imán 14 está mostrado en la figura 1 se puede disponer entonces una conexión con buena conducción magnética.

Con el fin de ilustrar el invento, la figura 5 muestra una sección longitudinal de un motor cuyo funcionamiento es el mismo que el del motor de la figura 1. Las diversas partes están numeradas de acuerdo con la figura 1 y la descripción se aplica también a ella. El motor de acuerdo con la figura 5 ha sido obtenido comprimiendo axialmente el rotor del motor de acuerdo con la figura 1 a la forma de un disco y aumentando la profundidad de los dientes. Las dos secciones de estator están ahora dispuestas por encima y por debajo del disco, y cooperan con un mismo sistema 3 de dientes de rotor. Los diversos circuitos magnéticos están representados por flechas de rayas del mismo modo que en la figura 1.

En la práctica, se encuentra que el motor de la figura 1 produce pares asimétricos por diversas razones, entre otras cosas debido a la diferencia de resistencias magnéticas desde el imán permanente 14 hasta por ejemplo el sistema de dientes 10 y el sistema de dientes 11 y la diferencia de resistencia magnética de los entrehierros que pertenecen a estos sistemas de dientes, mirando a través del campo de la bobina 6, debido a la diferencia en las direcciones de los campos de estos entrehierros. Una solución a este problema es la división axial de la sección de estator en un número par de segmentos cuyos dentados están des-

plazados unos con relación a los otros en la mitad de un paso de diente, estando entonces invertida la polaridad del correspondiente segmento del anillo magnético 14.

5 La figura 6 es una vista en planta del motor de acuerdo con la figura 1 al que se aplica esta medida (que puede ser utilizada también, por ejemplo, en el motor de la figura 5). La figura muestra la superficie superior de la culata 8 de la sección de estator 4 con dientes de estator 10 y el rotor 1 con dientes de rotor 3. El estator está dividido en cuatro segmentos, designados por a, b, c y d. Los 10 segmentos b y d, así como también los segmentos a y c, son idénticos, mientras que los dentados 10a y 10c están desplazados en la mitad de un paso de diente con relación a los dentados 10b y 10d. Como resultado de esto los dentados 10b y 15 10d están desplazados en la mitad de un paso de diente con relación a los dientes de rotor 3 cuando los dientes de los dentados 10a y 10c están exactamente opuestos a los dientes de rotor. Los dentados 11, no mostrados, están nuevamente desplazados en la mitad de un paso de diente por cada segmento 20 con relación a los dentados 10, mientras que la otra sección de estator 5 está desplazada en un cuarto de paso de diente con relación a la sección de estator 4. Los cuatro segmentos están separados entre ellos por medio de entrehierros, con el fin de no poner en cortocircuito el campo del imán permanente. 25

La figura 7 es una sección transversal del motor de acuerdo con la figura 6 tomada sobre la línea VII-VII y está numerada de una manera similar que el motor de la figura 1, con la adición de los índices a y b. El anillo magnético 14 en la colocación del segmento a está magnetizado 30

opuestamente a la magnetización y a la colocación del segmento b, lo cual es indicado por las flechas 19 y 20.

Si para una cierta corriente de excitación  $\pm I$  a través de la bobina 6 la diferencia de potencial magnético a través del entrehierro situado cerca del sistema de dientes 10a y 10c es grande con relación a la diferencia de potencial magnético a través de los entrehierros situados cerca de los sistemas de dientes 11a y 11c, lo mismo ocurre con respecto a los sistemas de dientes 11b y 11d con relación a los sistemas de dientes 10b y 10d. Lo mismo ocurre con los sistemas de dientes 12 y 13 de una manera correspondiente.

La figura 8 muestra esquemáticamente la posición de los sistemas de dientes de estator 10, 11, 12 y 13, de los cuales sólo se muestran los segmentos a y b. Los segmentos c y d ocupan las mismas posiciones con relación a los dientes de estator 3 que los segmentos a y b respectivamente. El dentado de rotor 3 está montado en cinco posiciones  $P_1$  hasta  $P_5$ , las cuales posiciones están siempre desplazadas en un cuarto de paso de diente unas con respecto a las otras.

Las bobinas son excitadas de acuerdo con el diagrama de excitaciones de la figura 4, estando definidas las polaridades de las corrientes con relación al segmento de estator a de la misma manera que para el motor de acuerdo con la figura 1.

Se supone que en el instante  $t_0$  los dientes de rotor 3 están dispuestos ligeramente delante de los dientes de estator 10a y 10c, y por lo tanto ligeramente delante de los dientes de estator 11b y 11d, el rotor se moverá

hasta que los dientes de rotor 3 estén exactamente opuestos a dichos dientes de estator después de excitación de la bobina de anillo 6 mientras que no está excitada la bobina de anillo 7. Esta es la posición  $P_1$  en la figura 8.

5 Si en el instante  $t_1$  la bobina 7 está excitada con una corriente positiva  $+I$  y la bobina 6 está desexcitada, la diferencia de potencial magnético a través del entrehierro situado cerca de los dentados de estator 12a, 12c, 13b y 13d será máxima mientras que el dentado de rotor 3 está  
10 dispuesto en un cuarto de paso de diente delante de dichos dentados de estator. Entonces el rotor será atraído hasta que los dientes de rotor estén opuestos a los dientes de estator últimamente mencionados, es decir la posición  $P_2$ .

15 Similarmente, después del instante  $t_2$ , tras del cual la bobina 6 está excitada con una corriente negativa y la bobina 7 está desexcitada, el rotor se moverá a la posición  $P_3$ , es decir con su dentado 3 opuesto a los dentados de estator 11a, 11c, 10b y 10d, y tras del instante  $t_3$ , después del cual la bobina 7 está excitada con una corriente  
20 negativa y la bobina 6 está desexcitada, a la posición  $P_4$ , éste está opuesto a los dentados de rotor 13a, 13c, 12b y 12d. El rotor ha ocupado ahora de nuevo la misma posición con relación al dentado de estator que justamente antes del instante  $t_0$  y se ha completado un ciclo completo.

25 Aunque las figuras 6 y 7 muestran una división en cuatro segmentos axiales, cualquier división axial en un número par de segmentos es posible, aunque una división en dos segmentos es desfavorable debido a que en este caso se ejercerán sobre el rotor fuerzas radiales desequilibradas. De una manera similar que con el motor de acuerdo con  
30

la figura 1 es posible disponer los dentados 10, 11, 12 y 13 en la misma posición y disponer los diversos dentados de rotor en 0, 1/2, 1/4, 3/4 pasos de dientes unos con respecto a los otros.

5 También es posible utilizar una pluralidad de secciones de estator.

En el motor segmentado de las figuras 6 y 7, el anillo magnético permanente 14 puede ser reemplazado por imanes permanentes que están dispuestos en las dos secciones de estator entre los segmentos en las colocaciones 35, 36, 37 y 38 indicadas en la figura 6. Estos imanes deberán entonces estar magnetizados tangencialmente con relación al rotor, siendo la dirección de magnetización de los imanes en las colocaciones 35 y 37 opuestas a la dirección de magnetización de los imanes en las colocaciones 36 y 38, tal como se indica por las flechas de rayas en la figura 6.

15 La sección de estator para un motor de acuerdo con el invento puede ser fabricada simplemente confinando la bobina de anillo 6, 7 entre dos placas anulares paralelas 30 y 21 (figura 2) y un anillo cilíndrico 22. Esto da como resultado dos transiciones 23 y 24 en la culata 8. No obstante, se encuentra que, en el caso de motores con un pequeño entrehierro entre estator y rotor, esto da lugar a un par asimétrico, debido a que la resistencia magnética en el circuito a través de la placa 21 hasta el rotor, mirando desde el anillo magnético permanente 14, es entonces demasiado pequeña con relación a la resistencia magnética del circuito a través de las placas 22 y 30.

20 25 30 Una solución a este problema consiste en cons-

truir la culata 8 (y 9) a base de estratificados con forma de U que están colocados sobre la bobina de anillo en planos sustancialmente axiales. La figura 9 muestra un ejemplo de dicho estratificado con forma de U y la figura 10 muestra la construcción de una sección de estator con dichos estratificados.

Los estratificados pueden estar hechos de un material laminar plano y doblados de una manera tal que uno de los limbos 25 esté desplazado en la mitad de un paso de diente  $\frac{1}{2}$  con relación al otro limbo 26. Similarmente, la porción 27 puede ser doblada en ángulos rectos. Esta porción 27 puede unirse al estratificado adyacente y sirve también como una cara de contacto con el anillo magnético permanente 14.

La figura 10 muestra la sección de estator 5. Comprende la bobina de anillo 7 en un formador de devanado 28, por ejemplo de un material plástico. Durante la fabricación se pueden formar ranuras apropiadas en este formador, dentro de las cuales se pueden hacer deslizar los estratificados. Doblando los estratificados, uno de los sistemas de dientes está siempre desplazado en la mitad de un paso de diente con relación al otro sistema de dientes.

Alternativamente es posible utilizar estratificados no doblados y hacer deslizar a éstos sobre el formador de devanado de bobina en una posición oblicua con relación a los planos axiales, o hacerlos deslizar sobre el formador de bobina en plano axial y desplazar correspondientes sistemas de dientes de rotor en la mitad de un paso de diente. Además, puede ser omitida la porción dobla-

da 27 cuando entre el anillo magnético 14 y la sección de estator 5 y 4 se incluye respectivamente un disco de un material magnéticamente blando. En lugar de ranuras en el formador de devanado de bobina es posible utilizar alternativamente salientes y similares para efectuar la colocación.

Es muy ventajoso construir las secciones de estator de acuerdo con la figura 10 para un motor de acuerdo con la figura 6, ya que el desplazamiento de los dientes de los segmentos b y d con relación a los segmentos a y c en la mitad de un paso de diente puede obtenerse de manera simple disponiendo apropiadamente las ranuras o salientes del formador de devanado de bobina 28. Los mismos estratificados pueden ser utilizados entonces para todos los segmentos.

Para el motor de la figura 1 se encuentra que el par, como una función de la posición del rotor, no es simétrico, es decir no es el mismo para ambas direcciones posibles de la corriente en las bobinas 6 y 7 respectivamente. Esta asimetría es producida como resultado de que la resistencia magnética constituida por el entrehierro formado por el imán permanente 14 no es infinita, de modo que para los campos producidos por las bobinas 6 y 7 respectivamente se forman circuitos magnéticos a través del imán permanente 14. Como la dirección de estos campos depende de la dirección de la corriente de excitación a través de las bobinas 6 y 7 respectivamente, el punto de trabajo del imán permanente 14 depende de esta dirección, que causa dicho par asimétrico.

La figura 11 es una sección transversal axial

de un motor de acuerdo con la figura 1, en el cual se han adoptado medidas para mitigar dicha asimetría. Estas medidas incluyen la incorporación de una bobina de anillo coaxial 30' entre las dos secciones de estator 4 y 5. Excitando esta bobina de anillo 30' de manera tal que el campo de esta bobina de anillo en el imán permanente 14 esté dirigida en sentido opuesto al campo de las bobinas de anillo 6 y 7, el punto de trabajo del imán permanente 14 puede ser mantenido sustancialmente constante.

En el caso de que cada vez que sea excitada una fase, el número de amperios-vueltas (es decir el producto de la corriente a través de la bobina y el número de vueltas o espiras de dicha bobina) de la bobina 30' deberá ser aproximadamente la mitad del número de amperios-vueltas de la bobina excitada 6 ó 7.

Ya se ha hecho observar con respecto al motor de acuerdo con la figura 2, las secciones de estator 4 y 5 para un motor de acuerdo con el invento pueden ser fabricadas de una manera simple confinando las bobinas de anillo 6 y 7 respectivamente entre dos placas dentadas anulares paralelas 20 y 21 (figura 2, figura 12) y un anillo cilíndrico 22 que puede rodear a las placas 20 y 21 (figura 12). En este caso, y también con otros métodos de fabricación, se forman transiciones 23 y 24 en las culatas 20, 21, 22. Tal como se ha expuesto anteriormente, esto conduce también a una asimetría en el par.

La figura 12 muestra una sección transversal axial de un motor de acuerdo con la figura 2, para el que se ha resuelto el problema últimamente mencionado. Entre los sistemas de estator 4 y 5 y el imán permanente 14 se

forman entrehierros comparativamente grandes (en la figura 12 rellenos por las bobinas 32 y 33 respectivamente). Dicho anillo cilíndrico 22 se extiende entonces en la misma extensión que el imán permanente 14, siendo captado el flujo de dicho imán permanente 14 por un disco anular 31 que está rodeado por el cilindro 22. Así, la trayectoria magnética desde el imán permanente 14 hasta el sistema de dientes 10 tiene la misma resistencia magnética que la trayectoria para el sistema de dientes 11. Lo mismo ocurre con la sección de estator 5.

El espacio, que ha quedado disponible debido a la utilización de entrehierros adicionales, puede ser utilizado de modo eficaz escogiendo dos bobinas de anillo 32 y 33 en lugar de la bobina de compensación 30 en el motor de la figura 11, y colocando estas bobinas de anillos en estos dos espacios. Entonces las bobinas de anillo 32 y 33 pueden ser excitadas simultáneamente (o alternativamente).

Las bobinas de compensación en los motores de acuerdo con las figuras 11 y 12, con respecto a la excitación de una o ambas bobinas de estator 6 y 7, deberán ser excitadas de manera que la diferencia de potencial magnético a través del imán permanente sea independiente del estado de excitación de las bobinas 6 y 7.

La figura 13 es una sección transversal axial de una variante del motor de la figura 1. Partes correspondientes llevan los mismos números de referencia. Las partes sobre las que están dispuestos los dientes de estator 10, 11, 12 y 13 en el motor de la figura 13 están ensanchadas en comparación con el motor de la figura 1. Las dos

secciones de estator 8 y 9 consisten en dos partes anulares 40, 41 y 42, 43, respectivamente, entre las cuales está dispuesta la bobina anular 6 ó 7. Estas partes pueden ser fabricadas de un modo simple, por ejemplo a base de hierro sinterizado, y pueden ser provistas con dientes, por ejemplo por fresado de la circunferencia interior, y pueden ser montadas subsiguientemente con el anillo magnético permanente 14 desplazado en ángulos de  $0^\circ$ ,  $180^\circ$ ,  $90^\circ$  y  $270^\circ$  unos con relación a los otros.

El rotor 1 comprende un árbol sobre el cual están montadas dos partes anulares 2, cada una de ellas con una longitud axial de acuerdo con la de las secciones de estator 8 y 9, y está estrechado cerca del árbol para reducir el momento másico de inercia. Estos anillos 2 están provistos con dientes 3 al menos opuestos a los dientes de estator 10, 11, 12 y 13, que pueden ser formados por ejemplo por fresado de la circunferencia exterior de las partes 2. El funcionamiento del motor corresponde adicionalmente al del motor de la figura 1.


El invento no está limitado a la forma de realización mostrada. Son posibles una pluralidad de variantes con respecto al principio básico descrito con referencia a la figura 1.

## REIVINDICACIONES

Los puntos de invención propia y nueva que se presentan para que sean objeto de esta solicitud de Patente de Invención en España, por VEINTE años, son los que se recogen en las reivindicaciones siguientes:

5  
10  
15  
20  
25  
30

1ª.- Un motor síncrono perfeccionado, que comprende al menos dos secciones coaxiales de estator cada una de las cuales está provista con al menos una bobina anular, la cual bobina anular está rodeada por un circuito magnético de un material ferromagnético blando (de gran permeabilidad, pequeña histéresis y pequeña coercividad), el cual circuito está constituido por una sección de rotor con dentados y por la sección de estator que rodea a la correspondiente bobina anular, la cual sección de estator termina en dos sistemas de dientes de estator que están dispuestos en un círculo, y que cooperan con los dientes de rotor a través de entrehierros de una manera tal que en cualquier momento la posición de uno de los dos sistemas de dientes de estator de cada sección de estator con relación a los dientes de rotor cooperantes difiere en la mitad de un paso de diente desde la posición del otro sistema de dientes de estator de esa sección de estator con relación a los dientes de rotor cooperantes, estando previstos medios para cada sección de estator con el fin de magnetizar ambos sistemas de dientes de estator con la misma polaridad, caracterizado porque los dos sistemas de dientes de cada sección de estator están constituidos por partes anulares que están provistas con dientes junto a la circunferencia interior, las cuales partes anulares for-



man parte ambas del circuito magnético que rodea a la bobina anular, y las cuales partes anulares están dispuestas concéntricamente de una manera tal que la distancia axial entre los dientes de los dos sistemas es al menos unas pocas veces mayor que el entrehierro entre los sistemas de dientes de estator y el rotor.

2ª.- Un motor síncrono según la reivindicación 1ª, caracterizado porque las secciones de estator están divididas en un número par de segmentos a lo largo de superficies axiales, en que los dientes de estator para cada sección de estator están desfasados mutuamente en la mitad de un paso de diente con relación a los dientes de rotor de cada dos segmentos adyacentes, y dichos medios para cada sección de estator magnetizan a los dos sistemas de cada dos segmentos adyacentes con polaridades opuestas.

3ª.- Un motor síncrono según la reivindicación 1ª, caracterizado porque el motor comprende al menos una bobina de compensación cuyo circuito magnético está en paralelo con el circuito magnético de dichos medios.

4ª.- Un motor síncrono según la reivindicación 3ª, en que dichos medios están constituidos por un anillo magnetizado axialmente que está dispuesto coaxialmente entre dos secciones de estator, caracterizado porque dicha bobina de compensación es anular y está dispuesta entre las dos secciones de estator coaxialmente con el anillo magnético permanente.

5ª.- Un motor síncrono según una cualquiera de las precedentes reivindicaciones, caracterizado porque los circuitos de estator magnéticos que rodean a las bobinas anulares consisten en estratificados fabricados enteriza-

mente que están dispuestos en planos sustancialmente axiales.

5 6<sup>a</sup>.- Un motor síncrono según la reivindicación 5<sup>a</sup>, caracterizado porque las bobinas anulares están rodeadas por un formador de devanado de bobina provisto con medios de colocación para colocar dichos estratificados.

10 7<sup>a</sup>.- Un motor síncrono según la reivindicación 6<sup>a</sup>, caracterizado porque los estratificados tienen forma de U, los limbos de los estratificados que se extienden en el entrehierro entre el estator y el rotor para la formación de los sistemas de dientes de estator y dichos medios de colocación son tales que el extremo de uno de los limbos de cada estratificado con forma de U dentro del entrehierro está desplazado en la mitad de un paso de diente con relación al extremo del otro limbo.

15 8<sup>a</sup>.- Un motor síncrono según la reivindicación 7<sup>a</sup>, en que los medios para magnetizar los dos sistemas de dientes de estator de cada sección de estator con igual polaridad está constituido por un anillo magnético permanente axialmente magnetizado dispuesto entre dos secciones de estator, caracterizado porque los estratificados en el lado que está enfrentado al anillo magnético permanente están provistos con una porción plegada, que está dispuesta en un plano que es sustancialmente perpendicular al eje, para recibir el flujo del imán permanente.

25 9<sup>a</sup>.- Un motor síncrono según una cualquiera de las precedentes reivindicaciones, en que los medios para magnetizar los dos sistemas de dientes de estator de cada sección de estator con igual polaridad están constituidos por un anillo magnético permanente axialmente magnetizado

30

*[Handwritten signature]*

que está dispuesto entre dos secciones de estator, caracterizado porque los dos circuitos de estator magnéticos que rodean a las bobinas anulares de ambas secciones de estator consisten cada uno en dos placas anulares paralelas que están dispuestas en planos sustancialmente perpendiculares al eje del rotor, junto a cuya circunferencia interior están formados dichos sistemas de dientes y cuya circunferencia exterior se une con la superficie interior de un anillo cilíndrico que pertenece a dicha sección de estator, entre las cuales placas y el anillo cilíndrico está incluida la bobina anular, extendiéndose ambos anillos cilíndricos en la misma extensión que el anillo magnético permanente y estando provistos con medios para recibir el flujo del anillo magnético permanente, de manera que entre las dos placas anulares que se enfrentan al anillo magnético permanente y el anillo magnético permanente se obtienen espacios con una resistencia magnética que es comparativamente alta con relación a la resistencia magnética entre el anillo magnético permanente y el anillo cilíndrico.

10<sup>a</sup>.- Un motor síncrono según la reivindicación 9<sup>a</sup>, cuando está relacionada con la reivindicación 3<sup>a</sup>, caracterizado porque en dichos espacios están acomodadas bobinas de compensación anulares dispuestas coaxialmente.

11<sup>a</sup>.- Un motor síncrónico perfeccionado.

Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede, representado en los dibujos que se acompañan y para los fines que se han especificado.

Esta Memoria consta de veinte y siete hojas escritas a máquina por una sola de sus caras.

Madrid, 27 JUL 1977

P.A.

Alberto de Elzaburu  
Por Poder,



GM.



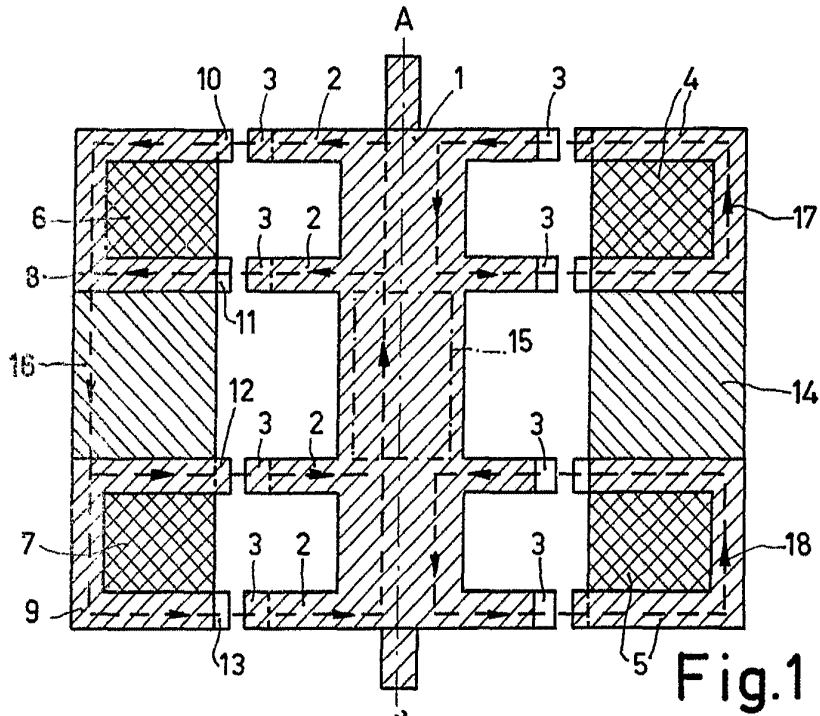


Fig. 1

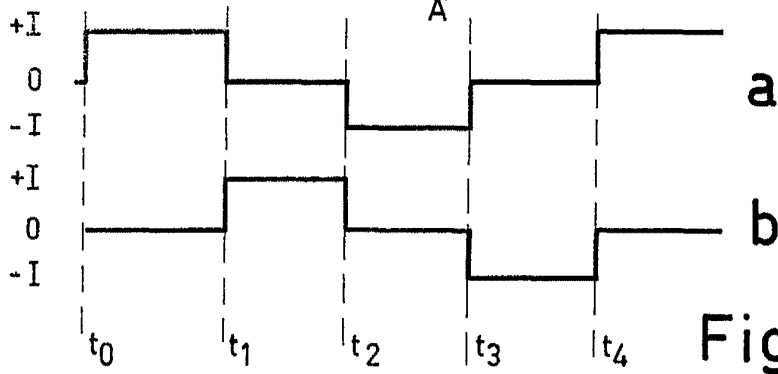


Fig. 4

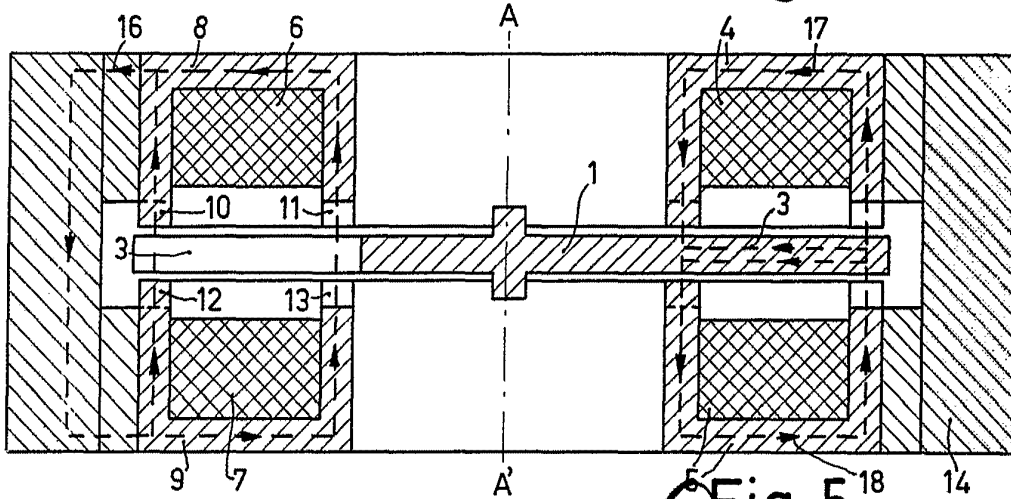
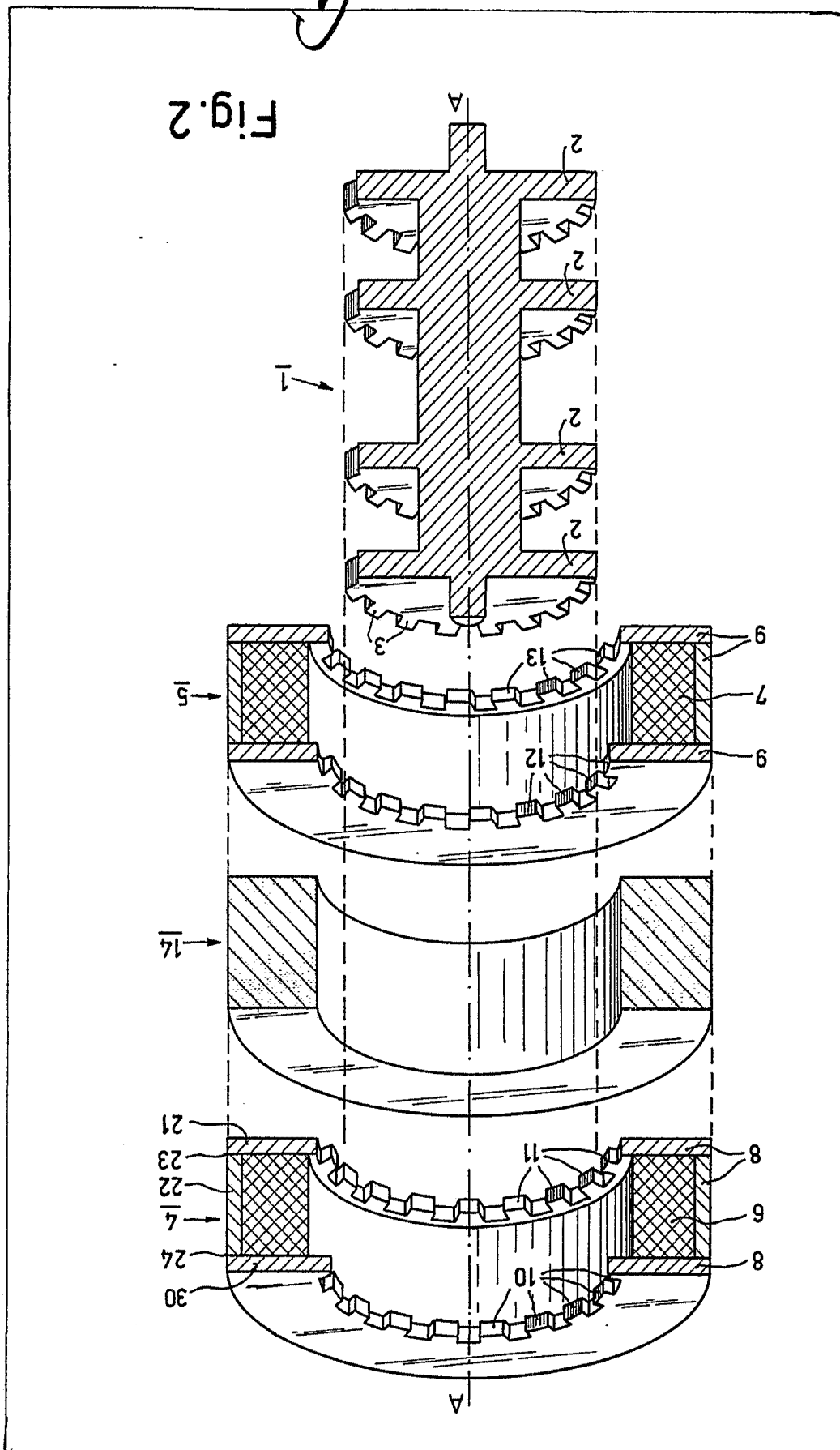


Fig. 5



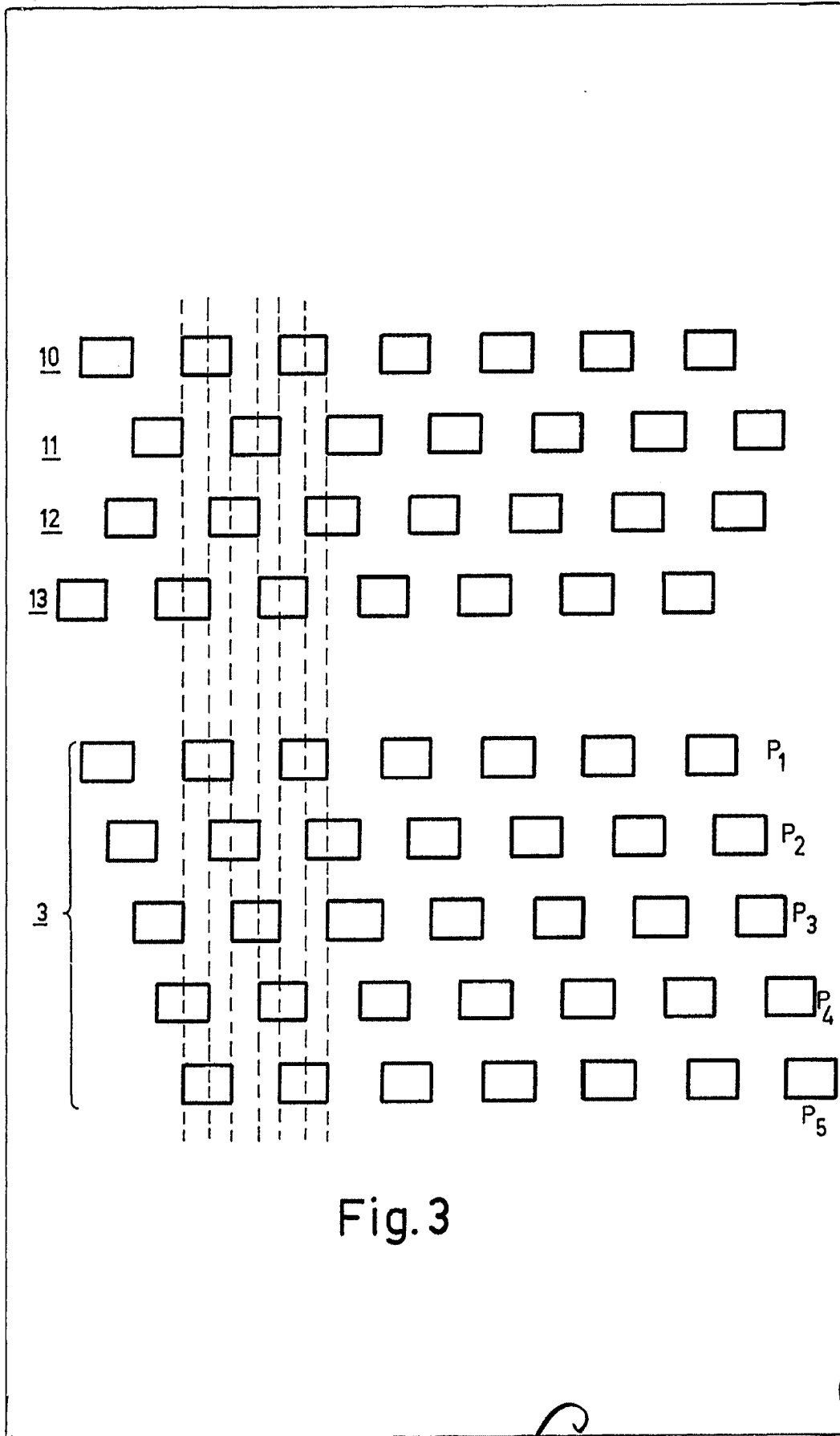
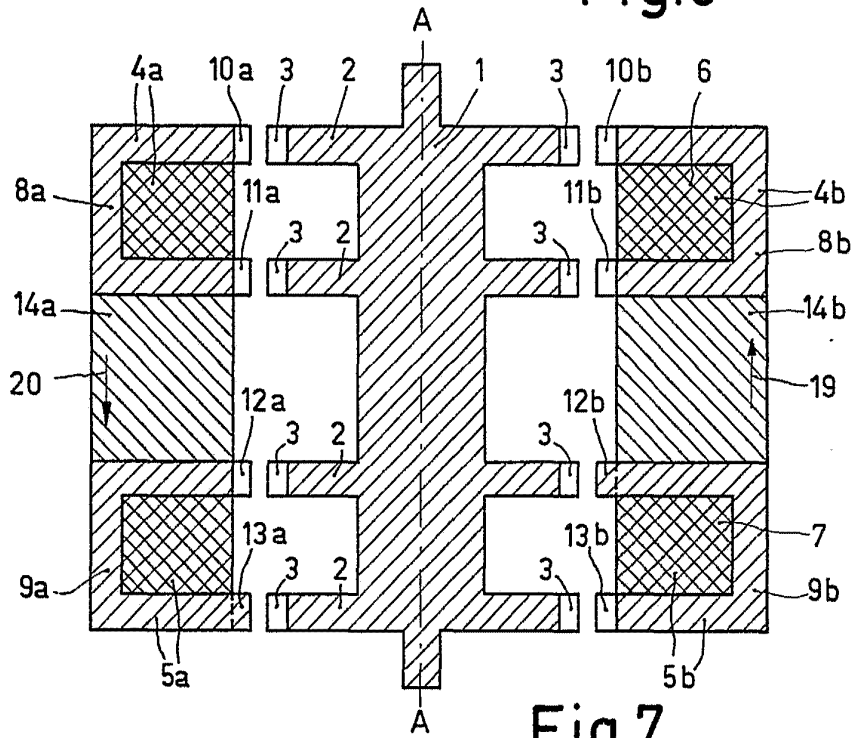
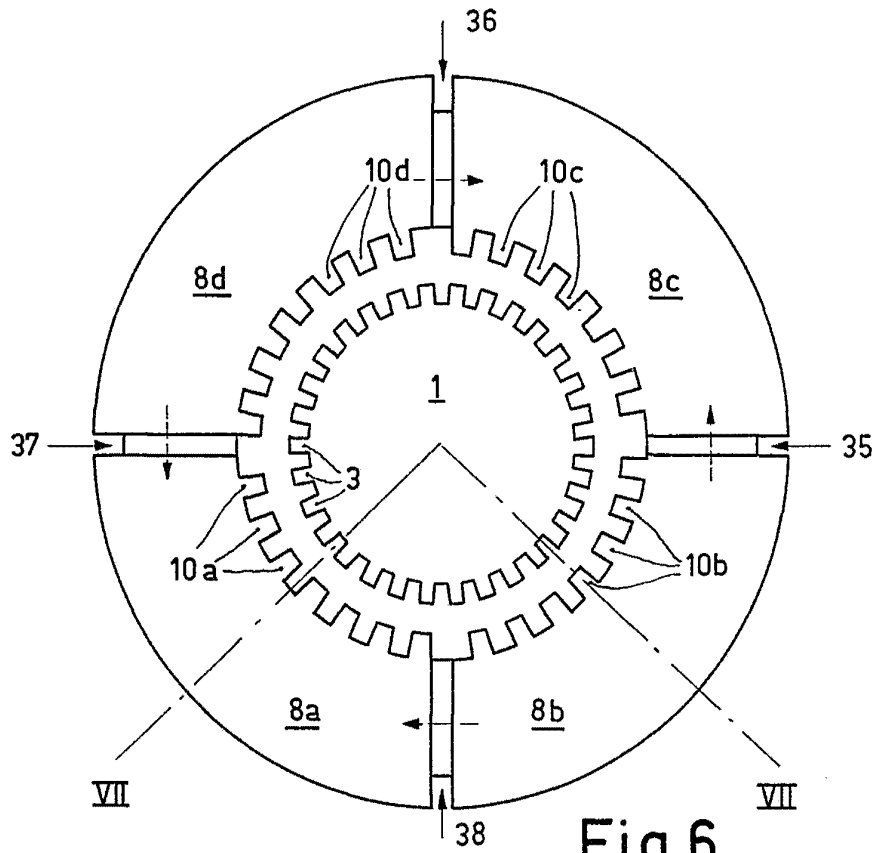


Fig. 3



Alberto de Szaizuro  
Por Poder,

4-VII-PHN 8454<sup>C</sup>

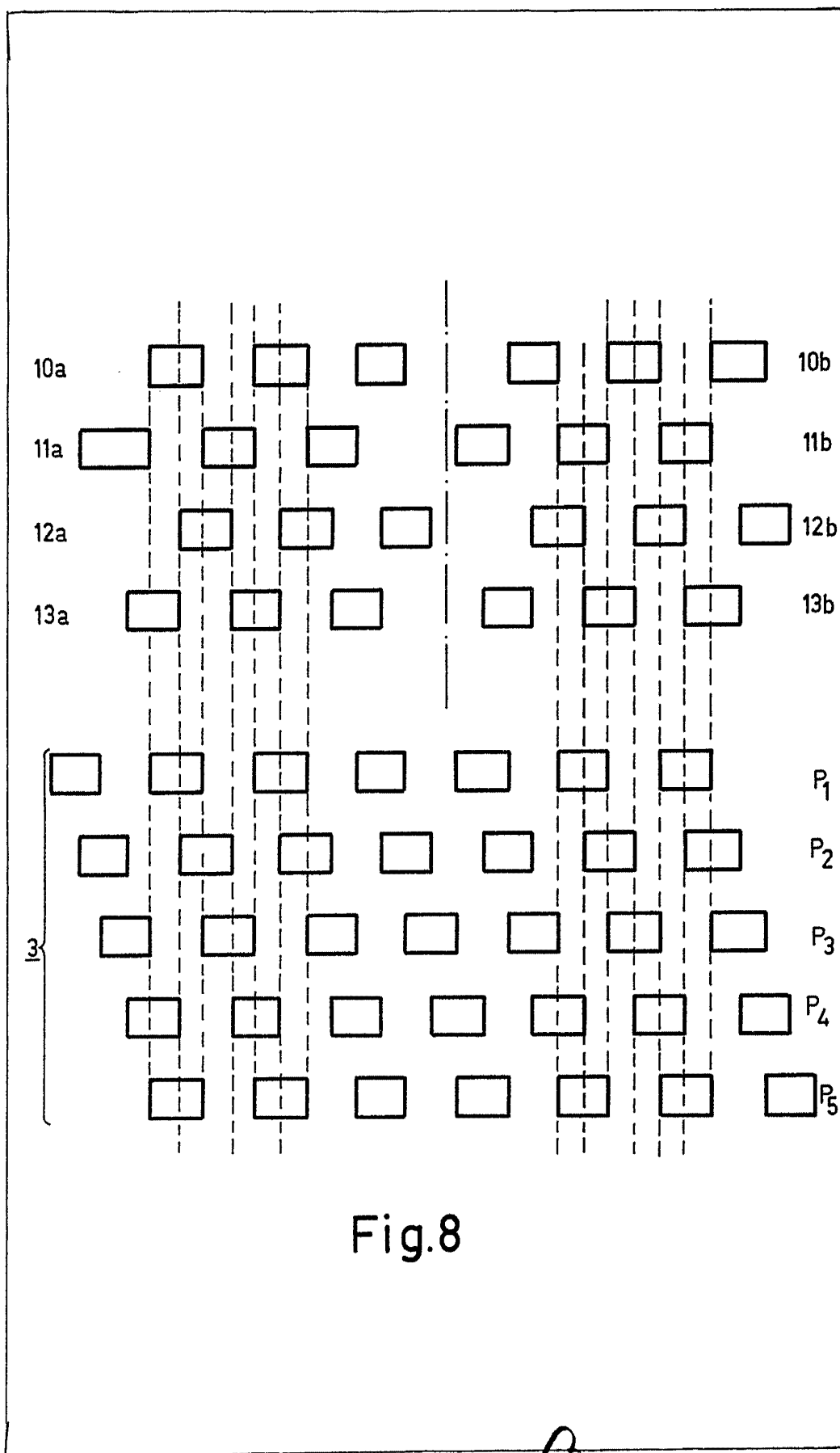


Fig.8

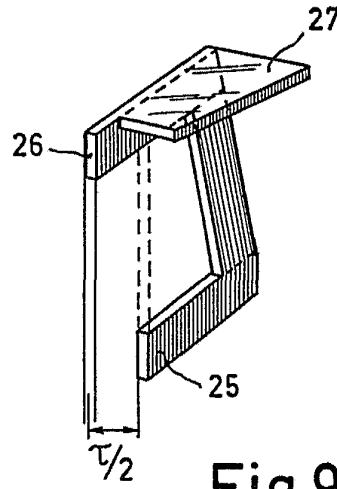


Fig. 9

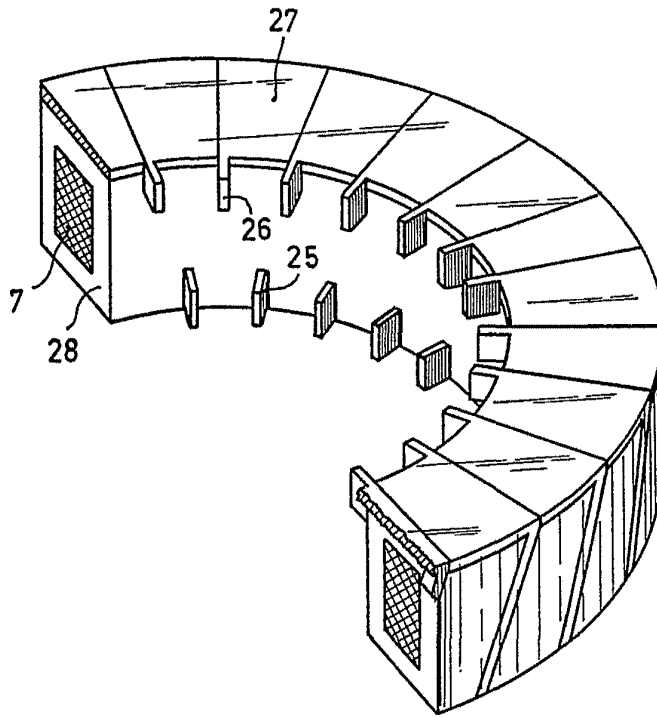


Fig. 10

