

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 454 768**

51 Int. Cl.:

**H02K 1/16** (2006.01)

**H02K 3/28** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.12.2010 E 10798826 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.03.2014 EP 2532074**

54 Título: **Estator de una máquina eléctrica giratoria excitada permanentemente**

30 Prioridad:

**05.02.2010 DE 102010001619**

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

**11.04.2014**

73 Titular/es:

**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)  
Wittelsbacherplatz 2  
80333 München, DE**

72 Inventor/es:

**MÖHLE, AXEL**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

**ES 2 454 768 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**

Estator de una máquina eléctrica giratoria excitada permanentemente

La invención se refiere a un estator de una máquina eléctrica giratoria excitada permanentemente.

5 En una máquina eléctrica giratoria excitada permanentemente, como por ejemplo un generador excitado permanentemente o un motor eléctrico excitado permanentemente, especialmente los momentos de retención en el estado parado de la máquina eléctrica son una variable de diseño crítica. La amplitud de los momentos de retención debe ser en este caso la mínima posible. Además, también los momentos pendulares, que aparecen bajo carga, deben mantenerse lo más reducidos posible.

10 Especialmente en el caso de generadores de fuerza eólica excitados permanentemente, accionados directamente, los momentos de retención, que aparecen en el estado parado, así como los momentos de pandeo, que aparecen en el funcionamiento del generador de fuerza eólica, deben mantenerse lo más reducidos posible.

Para la reducción al mínimo de los momentos pendulares se aplican actualmente esencialmente los siguientes procedimientos:

- Inclinación de los imanes permanentes dispuestos en el rotor de la máquina eléctrica,
- 15 • Inclinación de los conductores eléctricos en el estator de la máquina eléctrica,
- Desplazamiento de los imanes permanentes del rotor desde el medio polar.

Los procedimientos conocidos mencionados anteriormente son, sin embargo, costosos desde el punto de vista de la técnica de fabricación.

20 Especialmente en el caso de máquinas eléctricas grandes, el estator es equipado normalmente con los llamados arrollamientos de dos capas, en casos raros también con arrollamientos de una capa. Para poder realizar en este caso bobinas de la misma anchura, se realiza comercialmente, en particular en el caso de arrollamientos de os capas, la anchura de los dientes y las ranuras de tal forma que resulta una anchura uniforme de la división de las ranuras sobre la periferia del estator, presentando todos los dientes y ranuras una anchura unitaria. En el caso de arrollamientos de una capa con tres etapas o con bobinas de cubeta, a través de la disposición de las bobinas de un grupo de bobinas se realiza, en cambio, en cada caso por cada grupo de bobina una llamada división polar duplicada, de manera que por cada grupo de bobinas resulta una llamada pareja polar. Después de cada grupo de bobinas se encuentra una zona en la periferia del estator, en la que no están dispuestas bobinas. Esta particularidad de la disposición se puede utilizar para variar la anchura de la división de las ranuras sobre la periferia del estator, sin que en este caso la anchura de las bobinas deba ser diferente. Esto se puede utilizar para reducir los momentos de retención y los momentos pendulares que aparecen y para mejorar la forma de la curva del campo (factor de arrollamiento).

El documento DE 10 2008 032 314 A1 es estado de la técnica.

El cometido de la invención es reducir los momentos de retención y/o los momentos pendulares que aparecen en una máquina eléctrica giratoria excitada permanentemente.

35 Este cometido se soluciona de acuerdo con la invención por medio de un estator de una máquina eléctrica giratoria excitada permanentemente, en la que el estator presenta varios dientes y ranuras que se extienden en la dirección axial del estator, en el que a lo largo de la periferia del estator están dispuestos grupos de bobinas, en el que los grupos de bobinas presentan, respectivamente, al menos tres bobinas, que están dispuesta en dirección circunferencial en ranuras dispuestas directamente sucesivas, en el que todas las ranuras presentan una anchura de ranura unitaria NB, en el que los dientes, que no están dispuestos en el centro de un grupo de bobinas y no están dispuestos entre dos grupos de bobinas dispuestos directamente sucesivos en la dirección circunferencial del estator, presentan una anchura unitaria de los dientes ZB, en el que en el centro de un primer grupo de bobinas está dispuesto un primer diente central, que presenta una primera anchura de diente central MB, en el que el estator presenta un segundo grupo de bobinas, en el que el primero y el segundo grupo de bobinas están dispuestos directamente sucesivos en dirección circunferencial, en el que entre el primero y el segundo grupo de bobinas está dispuesto un primer diente marginal, que presenta una primera anchura de diente marginal RB, en el que la primera anchura de diente marginal RB es esencialmente  $RB = a \cdot ZB$  y la primera anchura de diente central MB es esencialmente  $MB = (2-a) \cdot ZB$ , en el que el factor a es mayor que 0 y es máximo 0,35.

45 Cuando el factor a es mayor que 0 y es como máximo 0,35, se reducen especialmente mucho los momentos de retención y/o momentos pendulares.

Las configuraciones ventajosas de la invención se deducen a partir de las reivindicaciones dependientes.

5 Se ha revelado que es ventajoso que de manera correspondiente al primer grupo rebobina estén realizadas las anchuras de los dientes marginales y las anchuras de los dientes centrales en los restantes grupos de bobinas, en el que el factor  $a$  es idéntico en todos los grupos de bobinas o el factor  $a$  es diferente en al menos dos grupos de bobinas. Cuando el factor  $a$  es idéntico en todos los grupos de bobina, resulta una disposición general muy simétrica y los momentos de retención y/o momentos pendulares se reducen especialmente mucho. Cuando el factor  $a$  es unitario, se puede fabricar el estator de una manera especialmente sencilla.

10 La máquina eléctrica giratoria excitada permanentemente puede estar configurada en este caso, por ejemplo, como generador o motor eléctrico, pudiendo estar configurado el generador especialmente como generador de fuerza eólica y en particular como generador de fuerza eólica accionado directamente (la rueda del viento está conectada directamente sin engranaje intercalado con el generador de fuerza eólica).

Un ejemplo de realización de la invención se representa en el dibujo y se explica en detalle a continuación. En este caso:

La figura 1 muestra una vista esquemática de una máquina eléctrica giratoria excitada permanentemente de acuerdo con la invención, y

15 La figura 2 muestra una vista de detalle esquemática de un fragmento el estator de la máquina de acuerdo con la invención.

20 En la figura 1 se representa en forma de una representación en perspectiva esquemática una máquina eléctrica 1 giratoria excitada permanentemente de acuerdo con la invención. La máquina 1 está configurada en este caso en el marco del ejemplo de realización como generador y en particular como generador de energía eólica. A este respecto hay que indicar en este lugar que para mayor claridad en la figura 1 solamente se representan los elementos esencialmente de la máquina que son necesarios para la comprensión de la invención.

25 La máquina 1 presenta un rotor 2, que está dispuesto de forma giratoria alrededor de un eje de rotación R de la máquina 1. El rotor 2 comprende en este caso todos los elementos de la máquina 1 que están dispuestos de forma giratoria alrededor del eje del rotor R. El rotor 2 presenta un yugo de rotor 3, en el que están dispuestos imanes permanentes, en el que para mayor claridad en la figura 1 solamente un imán permanente 4 está provisto con un signo de referencia. En el funcionamiento de la máquina 1, el rotor 2 gira en el marco del ejemplo de realización alrededor de un estator 5 dispuesto en el centro en la máquina 1 y dispuesto en reposo frente al entorno de la máquina 1. Puesto que el rotor 2 está dispuesto alrededor del estator 5, tal máquina se designa de manera específica técnica también como rotor exterior. Puesto que el rotor 2 presenta imanes permanentes, que generan permanentemente un campo magnético para el funcionamiento de la máquina 1, tal máquina se designa de manera específica técnica también como máquina excitada permanentemente o máquina excitada con imán permanente. Puesto que la máquina 1 presenta un rotor 2 giratoria alrededor de un eje de rotación R en el funcionamiento de la máquina 1, tal máquina se designa también como máquina eléctrica rotatoria.

35 El estator 5 presenta varios dientes y ranuras que se extienden en dirección radial Z, en el que para mayor claridad en la figura 1 solamente los dientes 7a, 8a y 9 y la ranura 6a están provistos con un signo de referencia. El estator está constituido en este caso en el marco del ejemplo de realización por chapas dispuestas unas detrás de las otras en dirección axial Z. Las chapas individuales están provistas en este caso, en general, con una capa de aislamiento eléctrico, como por ejemplo una capa de laca.

40 Los dientes y ranuras de los segmentos aparecen a través de una configuración correspondiente de la forma de las chapas. En las ranuras alrededor de los dientes se extienden las bobinas eléctricas del estator, de manera que no se representan las bobinas para mayor claridad y puesto que no son esenciales para la comprensión de la invención.

45 En el caso de máquinas eléctricas giratorias excitadas permanentemente de venta en el comercio, en este caso, las anchuras de los dientes individuales del estator 5 son todas iguales. De acuerdo con la invención, a través de un incremento y disminución selectivos de la anchura de determinados dientes frente a los dientes restantes del stator se reducen los momentos de retención y los momentos pendulares que aparecen durante el funcionamiento de la máquina 1.

50 En este lugar hay que indicar de nuevo que en la figura 1 se trata de una representación esquemática, en la que, por ejemplo, especialmente la anchura, el número y la dimensiones de los dientes, las ranuras y los imanes permanentes, así como el tamaño el intersticio de aire dispuesto entre el estator y el motor no coinciden con la realidad.

En la figura 2 se representa un fragmento del estator 5 en forma de una vista esquemática en sección. Para mayor claridad, el fragmento el estator 5 no se representa esquemáticamente en este caso como en la realidad en forma de arco circular, sino enrollado sobre un plano.

A lo largo de la periferia del estator 5 están dispuestos grupos de bobinas, presentando los grupos de bobinas,

respectivamente, al menos tres bobinas. En la figura 2 se representa en este caso un primer grupo de bobinas 10a, que está constituido por las tres bobinas R1, T1, S1, y un segundo grupo de bobinas 10b, que está constituido por las tres bobinas R2, T2 y S2. Las bobinas se representan en este caso sólo de forma simbólica. El segundo grupo de bobinas 10b está dispuesto en la dirección circunferencial U del estator directamente después del primer grupo de bobinas 10a. Para mayor claridad, en la figura 2 solamente las ranuras 6a y 6d están provistas con un signo de referencia, presentando todas las ranura del estator la misma anchura de ranura NB, es decir, una anchura de ranura unitaria NB.

El primer grupo de bobinas 10a presente en el marco del ejemplo de realización, como ya se ha dicho, las bobinas R1, T1 y S1 y el segundo grupo de bobinas 10b presenta las bobinas R2, T2 y S2. La bobina R1 se extiende en este caso, como se indica a través del símbolo de la bobina R1, en las ranuras 6a y 6d y de esta manera rodea los dientes 7a, 7b y 8a. De manera correspondiente, las restantes bobinas se extienden en las ranuras que pertenecen a las bobinas respectivas, como se representa por los símbolos de las bobinas. A través de las bobinas R1 y R2 fluye la corriente de fases R, a través de las bobinas T1 y T2 fluye la corriente de fases T y a través de las bobinas S1 y S2 fluye la corriente de fases S. Los grupos de bobinas están dispuestos en este caso a lo largo de la periferia del estator. Como ya se ha explicado, en el marco del ejemplo de realización, los grupos de bobinas presentan en este caso, respectivamente, tres bobinas. Esto no tiene que ser necesariamente así, sino que un grupo de bobina puede presentar también más de tres bobinas. Así, por ejemplo, los grupos de bobinas pueden presentar también, respectivamente, seis bobinas, de manera que en este caso entonces a través de las dos primeras bobinas, directamente sucesivas en dirección circunferencial U fluye la corriente de fases R, a través de las dos bobinas siguientes que se suceden directamente en dirección circunferencial U fluye la corriente de fases T y a través de las dos bobinas siguientes que se suceden directamente en dirección circunferencial fluye la corriente de fases S, de manera que, en general, resulta de nuevo un sistema de corriente trifásica.

Al primer grupo de bobinas 10a están asociados los dientes 7a, 7b, 8a, 8c, 7 y el diente 9. Al segundo grupo de bobinas 10b están asociados los dientes 7e, 7f, 8b, 7g, 7b y 11. Los dientes, que están dispuestos en el centro de los grupos de bobinas, se designan a continuación como dientes centrales, y los dientes, que están dispuestos entre dos grupos de bobinas sucesivas directamente en dirección circunferencial U, se designan a continuación como dientes marginales. El primer diente central 8a está dispuesto en el centro del primer grupo de bobinas 10a y el segundo diente central 8b está dispuesto en el centro del segundo grupo de bobinas 10b. El primer diente marginal 9 está dispuesto entre el primer grupo de bobinas 10a y el segundo grupo de bobinas 10b. En la dirección circunferencial U del estator, después del primer grupo de bobinas 10a directamente sucesivo está dispuesto el segundo grupo de bobinas 10b.

El segundo diente marginal 11 está dispuesto entre el segundo grupo de bobinas 10b y un tercer grupo de bobinas no representado ya en la figura 2. Los dientes, que no están dispuestos en el centro de un grupo de bobinas y no están dispuestos entre dos grupos de bobinas dispuestos directamente sucesivos en dirección circunferencial del estator, todos presentan la misma anchura de diente ZB, es decir, una anchura de diente unitaria ZB. En el marco del ejemplo de realización, éstos son los dientes 7a, 7b, 7c, 7d, 7e, 7f, 7g y 7h. Los dientes 7a, 7b, 7c, 7d, 7e, 7f, 7g y 7h presentan una anchura de diente unitaria ZB. Como ya se ha explicado, todas las ranuras presentan la misma anchura de ranura NB, es decir, una anchura de ranura unitaria NB. El primer diente central 8a presenta una primera anchura de diente central MB y el primer diente marginal 9 presenta una primera anchura de diente marginal RB.

En el marco del ejemplo de realización, en este caso, el diente central respectivo presenta en todos los grupos de bobinas la misma anchura de diente central MB, es decir, una anchura de diente central unitaria MB. Además, todos los dientes marginales presentan la misma anchura de diente marginal RB, es decir, una anchura de diente marginal unitaria RB.

En el caso de un estator de venta en el comercio de una máquina eléctrica giratoria excitada permanentemente, todos los dientes y todas las ranuras presentan una anchura unitaria. Es decir, que la llamada anchura de división de la ranura NTB, que es la suma de la anchura de un diente y de la anchura de la ranura que sigue directamente al diente, resulta en un estator de venta en el comercio con:

$$NTB = \frac{U}{N} = \frac{2 \cdot \pi \cdot r}{N} \quad (1)$$

en la que N es el número de las ranura, U es la periferia del estator y r es el radio del estator.

De acuerdo con la invención, para la reducción de los momentos de retención y/o de los momentos pendulares, se modifica la anchura de la división de la ranura, reduciendo la anchura del diente, que está dispuesto entre dos grupos de bobinas dispuestos directamente sucesivos en dirección circunferencial, en un factor a e incrementando, de manera correspondiente al factor a, la anchura del diente, que está dispuesto en el centro del grupo de bobinas, al que está asociado el diente marginal. La primera anchura del diente marginal RB del primer diente marginal 9 se reduce de esta manera frente a la anchura del diente ZB y de manera correspondiente a la reducción se incrementa

la primera anchura del diente central MB del primer diente central 8a. Por lo tanto, para la primera anchura del diente marginal RB se aplica:

$$RB = a \cdot ZB \quad (2)$$

y para la primera anchura del diente central MB se aplica:

5 
$$MB = (2-a) \cdot ZB \quad (3)$$

siendo el factor  $a$  mayor que 0 y máximo 0,35. La anchura del diente ZB corresponde en este caso a la longitud del arco circular sobre el ángulo  $\alpha_1$ , la anchura de la ranura NB corresponde a la longitud del arco circular sobre el ángulo  $\alpha_2$ , la primera anchura del diente central MB corresponde a la longitud del arco circular sobre el ángulo  $\alpha_3$ , y la primera anchura del diente marginal RB corresponde a la longitud del arco circular sobre el ángulo  $\alpha_4$  (ver la figura 1).

De esta manera resulta:

$$ZB = \frac{2 \cdot \pi \cdot r \cdot \alpha_1}{360^0} \quad (4)$$

$$NB = \frac{2 \cdot \pi \cdot r \cdot \alpha_2}{360^0} \quad (5)$$

$$MB = \frac{2 \cdot \pi \cdot r \cdot \alpha_3}{360^0} \quad (6)$$

$$RB = \frac{2 \cdot \pi \cdot r \cdot \alpha_4}{360^0} \quad (6)$$

en las que  $r$  es el radio del estator. El radio  $r$  del estator pasa en este caso desde el eje de rotación R hasta el lado de los dientes que está dirigido hacia el rotor 2 (ver la figura 1). El ángulo respectivo es el ángulo, que se cubre por los cantos, que se extienden en dirección axial Z, del lado dirigido hacia el rotor 2 de los dientes correspondientes en cada caso, partiendo desde el eje de rotación R (ver la figura 1). El lado dirigido hacia el rotor 2 del primer diente central 8a está provisto en la figura 1 con el signo de referencia 13 y los cantos, que se extienden en dirección axial Z, del lado 11 dirigido hacia el rotor 2 del primer diente central 8a están provistos en la figura 1 con los signos de referencia 12a y 12b.

A través de la reducción de acuerdo con la invención de la anchura del diente central y el incremento correspondiente de la anchura del diente central no se modifica la anchura de las bobinas. La distancia entre las bobinas dentro de un grupo de bobinas es de la misma manera igual. De esta manera resulta, además, como en el stator de venta en el comercio, un sistema simétrico de corriente trifásica.

La anchura de la ranura NB se selecciona en este caso para que las bobinas ajusten en las ranuras.

En el marco del ejemplo de realización en este caso, de manera correspondiente al primer grupo de bobinas 10a, se realizan las anchuras de los dientes marginales y las anchuras de los dientes centrales en todos los restantes grupos de bobinas, siendo el factor  $a$  idéntico en todos los grupos de bobinas. La anchura del diente central del segundo diente central 8b es, por lo tanto de la misma magnitud que la anchura del diente central del primer diente central 8a y la anchura del diente marginal el segundo diente marginal 11 es, por lo tanto, de la misma magnitud que la anchura del diente marginal del primer diente marginal 9.

De manera alternativa a ello, el valor del factor  $a$  puede ser, sin embargo, diferente también en los grupos de bobinas. Así, por ejemplo, el factor  $a$  en el primer grupo de bobinas 10a es 0,1 y en el segundo grupo de bobinas 10n es 0,1, de manera que para las anchuras de los dientes centrales 8a y 8b y para las anchuras de los dientes marginales 9 y 11 resultan valores diferentes.

**REIVINDICACIONES**

- 5 1.- Estator de una máquina eléctrica (1) giratoria excitada permanentemente, en el que el estator (5) presenta varios dientes (7a, 8a, 9) y ranuras (6a, 6d) que se extienden en la dirección axial (Z) del estator (5), en el que a lo largo de la periferia del estator (5) están dispuestos grupos de bobinas (10a, 10b), en el que todas las ranuras presentan una anchura de ranura unitaria NB, caracterizado porque los grupos de bobinas (10a, 10b) presentan, respectivamente, al menos tres bobinas (R1, T1, S1), que están dispuesta en dirección circunferencial (U) en ranuras dispuestas directamente sucesivas, en el que los dientes, que no están dispuestos en el centro de un grupo de bobinas (10a, 10b) y no están dispuestos entre dos grupos de bobinas (10a, 10b) dispuestos directamente sucesivos en la dirección circunferencial (U) del estator (5), presentan una anchura unitaria de los dientes ZB, en el que en el centro de un primer grupo de bobinas (10a) está dispuesto un primer diente central (8a), que presenta una primera anchura de diente central MB, en el que el estator (5) presenta un segundo grupo de bobinas (10b), en el que el primero y el segundo grupo de bobinas están dispuestos directamente sucesivos en dirección circunferencial (U), en el que entre el primero y el segundo grupo de bobinas está dispuesto un primer diente marginal (9), que presenta una primera anchura de diente marginal RB, en el que la primera anchura de diente marginal RB es esencialmente  $RB = a \cdot ZB$  y la primera anchura de diente central MB es esencialmente  $MB = (2-a) \cdot ZB$ , en el que el factor a es mayor que 0 y es máximo 0,35.
- 10 2.- Estator de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque de manera correspondiente al primer grupo rebobina (10a) están realizadas las anchuras de los dientes marginales y las anchuras de los dientes centrales en los restantes grupos de bobinas, en el que el factor a es idéntico en todos los grupos de bobinas o el factor a es diferente en al menos dos grupos de bobinas.
- 15 3.- Máquina eléctrica giratoria excitada permanentemente, en la que la máquina está configurada como generador o motor eléctrico y presenta un estator de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores.
- 20 4.- Máquina eléctrica giratoria excitada permanentemente de acuerdo con la reivindicación 3, caracterizada porque el generador está configurado como generador de fuerza eólica.

25

FIG 1

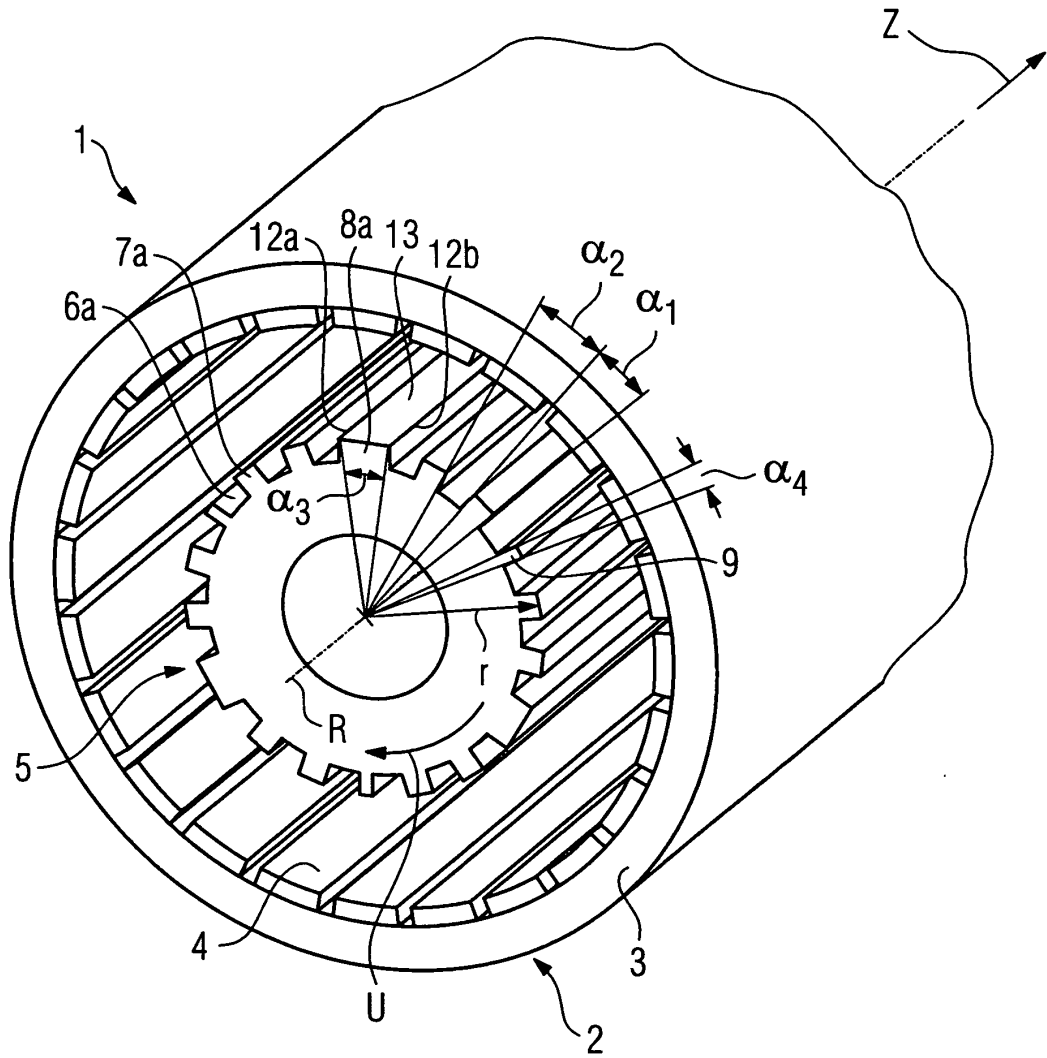


FIG 2

