

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 819 190**

51 Int. Cl.:

**H02K 3/12** (2006.01)

**H02K 7/18** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.02.2011** E 11156219 (5)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.06.2020** EP 2493056

54 Título: **Máquina eléctrica, en particular un generador eléctrico**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**15.04.2021**

73 Titular/es:  
**FLENDER GMBH (100.0%)**  
**Alfred-Flender-Strasse 77**  
**46395 Bocholt, DE**

72 Inventor/es:  
**BESNERAIS, JEAN LE**

74 Agente/Representante:  
**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

ES 2 819 190 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Máquina eléctrica, en particular un generador eléctrico

La invención se refiere a una máquina eléctrica, en particular un generador eléctrico. La invención se refiere además a una turbina eólica con una máquina eléctrica de este tipo.

5 La ineficacia de las máquinas eléctricas proviene principalmente de pérdidas electromagnéticas (pérdidas de julios, pérdidas de hierro,...) en las que la energía se disipa como calor. En generadores de imán permanente, por ejemplo, estas pérdidas provienen principalmente de las pérdidas de cobre en los conductores de estator, dando como resultado altas temperaturas en las bobinas de la máquina eléctrica y especialmente en los devanados terminales que se extienden más allá de los bordes exteriores del estator y están rodeados de aire. En las bobinas y en los devanados  
10 terminales, las pérdidas de julios se transforman en energía térmica, lo que provoca el calentamiento del estator. Las pérdidas de julios aumentan con la longitud de las bobinas y de los devanados terminales. La temperatura del devanado del estator debe mantenerse lo suficientemente baja como para evitar dañar la vida útil del aislamiento, por lo tanto, un sistema de enfriamiento eficiente es de suma importancia.

15 Por lo tanto, es importante minimizar la longitud saliente del devanado para aumentar la eficiencia de la máquina y reducir el tamaño del sistema de enfriamiento. En una máquina pequeña con devanados de alambre flexible, un diseño compacto de devanado terminal es relativamente fácil de lograr, por ejemplo en el diseño propuesto en el documento US 4.868.970.

20 Para una armadura grande como el rotor o estator de una turbina eólica, los devanados de la bobina son generalmente bastante gruesos y pesados debido a las dimensiones físicas del generador y las altas corrientes inducidas. Los devanados pueden estar hechos de alambre grueso, como un alambre de múltiples hilos, que luego se enrolla en la armadura, generalmente el estator. Con este fin, la armadura generalmente está hecha con múltiples ranuras paralelas dispuestas axialmente a lo largo del exterior para acomodar los devanados. En lugar de enrollar el alambre sobre la armadura, los devanados preformados se pueden formar e insertar o 'dejarse caer' en las ranuras de la armadura. Tal devanado preformado generalmente comprende un circuito cerrado que comprende una sección de "avance" y una  
25 sección de "retorno" mantenida en dos ranuras contiguas del estator o rotor. Una bobina comprende una pluralidad de tales devanados conectados en serie o en paralelo, y la conexión generalmente se realiza en un extremo de la armadura donde los devanados se extienden más allá de los extremos de las ranuras. Como sabrá el experto en la materia, se pueden conectar los devanados sucesivos de una bobina permitiendo que un hilo de un alambre de múltiples hilos se extienda desde un devanado de una bobina al siguiente devanado de esa bobina, o conectando los  
30 devanados de una bobina a una barra colectora dispuesta circunferencialmente alrededor del estator, o de cualquier otra manera apropiada.

Un generador multifásico tiene el mismo número de bobinas que las fases. En este caso, los devanados se colocan en las ranuras de manera que las ranuras para las secciones "avance" y "retorno" de un devanado particular de una bobina encierran o flanquean varias ranuras para las secciones "avance" y "retorno" de las bobinas restantes. Los  
35 devanados de las diferentes bobinas deben superponerse de alguna manera en los extremos del estator.

Por lo tanto, se proporcionan diferentes tipos de devanados con diferentes diseños de secciones terminales. El documento EP 2 226 923 A1 describe un diseño de bobina con un extremo "doblado" y un extremo recto. Las bobinas están dispuestas con orientaciones alternativas en el estator para que los extremos doblados se alternen con los extremos rectos. Este diseño está limitado a dos formas diferentes de devanado terminal y, por lo tanto, el saliente total del devanado es aún menos que óptimo. El documento EP 2 166 644 A1 describe un diseño con tres tipos diferentes de bobinas y tres devanados terminales diferentes. Un primer tipo de devanado es un circuito cerrado directo, y la sección terminal de este tipo de devanado comprende un pliegue de 180°. Un segundo tipo de devanado tiene una sección terminal que no se extiende más allá del extremo del estator como el primer tipo de devanado, pero hace una inclinación de aproximadamente 45° antes de plegarse sobre sí mismo. Un tercer tipo de devanado tiene  
45 una sección terminal que tampoco se extiende más allá del extremo de la armadura que el primer tipo de devanado y hace una inclinación de aproximadamente 90° antes de plegarse sobre sí mismo. Estas diferentes secciones terminales o salientes permiten que los devanados se coloquen en las ranuras de la armadura de una manera directa.

Además, también se sabe que la primera y la segunda secciones terminales están provistas de inclinaciones de 90° y la tercera sección terminal no comprende inclinación.

50 Ambos diseños de sección terminal que permiten un conjunto de devanado sin complicaciones dan como resultado una longitud saliente creciente que da como resultado una disminución indeseable de la eficiencia de la máquina.

El documento WO 2011/006693 describe un estator con una primera bobina de devanado conformado con vueltas terminales dobladas hacia afuera en la dirección radial, una segunda bobina de devanado conformado exactamente del mismo diseño que la primera bobina de devanado conformado pero con vueltas terminales dobladas hacia adentro

en dirección radial y una tercera bobina de devanado conformado con vueltas terminales rectas, que están esencialmente en línea con las secciones de cuerpo de dicha tercera bobina de devanado conformado.

Es un objeto de la invención proporcionar una máquina eléctrica con un diseño mejorado de la sección terminal.

5 El objeto de la invención se logra mediante la máquina eléctrica según la reivindicación 1, y una turbina eólica con dicha máquina eléctrica según la reivindicación 4.

10 De acuerdo con la invención, una máquina eléctrica, particularmente generador eléctrico, con una armadura y una disposición de imán de campo separadas por un espacio entre sí, por lo que la armadura comprende una pluralidad de bobinas, comprendiendo cada bobina tres tipos de devanado diferentes conectados en serie o en paralelo, en donde cada bobina comprende un devanado del primer tipo de devanado, un devanado del segundo tipo de devanado, y un devanado del tercer tipo de devanado en secuencia, por lo que cada bobina comprende secciones de cuerpo conductoras insertadas en las ranuras de la armadura, por lo que las secciones de cuerpo se unen eléctricamente por secciones terminales conductoras, y en donde las secciones terminales de los tipos de devanado son diferentes, y los devanados de diferentes tipos se colocan en ranuras adyacentes del estator.

15 La máquina eléctrica se caracteriza por que, en el primer extremo de la armadura, una sección terminal del primer tipo de devanado está esencialmente en línea con sus secciones de cuerpo; el ángulo subtendido entre una sección terminal y una sección de cuerpo del segundo tipo de devanado comprende esencialmente  $90^\circ$  en una dirección alejada de la armadura hacia la disposición del imán de campo, y el ángulo subtendido entre una sección terminal y una sección de cuerpo del tercer tipo de devanado comprende esencialmente  $-90^\circ$  en una dirección alejada de la disposición del imán de campo hacia la armadura.

20 Tal y como se ha indicado anteriormente, una armadura para un generador comprende una pluralidad de bobinas, en donde las bobinas están dispuestas o 'enrolladas' en la armadura de acuerdo con tal disposición de devanado. En este caso, el término 'enrollado' se usa en el sentido establecido, a pesar de que los devanados de una armadura grande son generalmente demasiado gruesos y pesados para ser flexibles. Cada bobina comprende secciones de cuerpo conductoras, por lo que las secciones de cuerpo de las bobinas se unen eléctricamente por secciones terminales conductoras. Estas secciones de cuerpo se insertan en las ranuras de la armadura. Las secciones terminales no están contenidas en las ranuras, sino que se extienden más allá de los bordes exteriores en la dirección de las ranuras hasta una longitud conocida como la "longitud saliente".

Se puede entender que la disposición de imán de campo comprende imanes permanentes, que suele ser el caso en generadores para turbinas eólicas.

30 De acuerdo con la invención, una sección terminal del segundo tipo de devanado está inclinada en una dirección alejada de la armadura hacia la disposición de imán de campo; y una sección terminal del tercer tipo de devanado está inclinada en una dirección alejada de la disposición de imán de campo hacia la armadura. Esto permite reducir la longitud saliente, especialmente de la longitud de una sección terminal del primer tipo de devanado. En consecuencia, el saliente se puede diseñar más compacto y se aumenta la eficiencia de la máquina eléctrica. Además, la longitud saliente de la máquina eléctrica puede reducirse y, por lo tanto, también el peso de la máquina eléctrica. También se puede reducir el enfriamiento de la máquina eléctrica, ya que se reducen las pérdidas de julios causadas en los devanados terminales.

A continuación, se supone que la máquina eléctrica es un generador y que el estator lleva las bobinas de la armadura.

40 Además, sin restringir la invención de ninguna manera, se supone que la disposición de imán de campo comprende imanes permanentes que están montados en el rotor, aunque la invención sería igualmente aplicable a una realización en la que los imanes permanentes están montados en el estator. En este caso, el término 'superficie del rotor' significa la superficie apropiada del rotor a la que están unidos los imanes permanentes. Para una máquina eléctrica con el rotor en el exterior, encerrando el estator, los imanes permanentes generalmente se montan en la superficie interior del rotor para oponerse al estator a través de un espacio. Para una máquina eléctrica con el rotor en el interior y el estator en el exterior, los imanes permanentes generalmente se montarán en la superficie exterior del rotor para oponerse al estator a través del espacio. Los imanes permanentes son generalmente de forma rectangular y están unidos a lo largo de su longitud en la superficie del rotor en una dirección paralela al eje de rotación del rotor.

50 Una turbina eólica según la invención comprende un rotor con varias palas del rotor, rotor que está conectado a una máquina eléctrica de este tipo, en concreto, generador, según la invención. El rotor y el generador pueden transportarse por una góndola montada en el extremo superior de una torre de la turbina eólica, como siempre.

Las formas de realización y características particularmente ventajosas de la invención están dadas por las reivindicaciones dependientes, como se revela en la siguiente descripción. De este modo, las características reveladas en el contexto de la máquina eléctrica también pueden realizarse en el contexto del método de control de una máquina

eléctrica. De acuerdo con la invención, al menos una sección terminal se inclina esencialmente  $90^\circ$  con respecto a las secciones de cuerpo. Tales inclinaciones de  $90^\circ$  son fáciles de fabricar por flexión. Por lo tanto, se facilita la fabricación de una máquina eléctrica de este tipo. Además, tales inclinaciones de  $90^\circ$  permiten una disposición más compacta de las secciones terminales y la longitud saliente más corta con pérdidas de saliente minimizadas.

5 Además, otras secciones terminales podrían inclinarse con un ángulo entre  $0^\circ$  y  $-90^\circ$  con respecto a las secciones de cuerpo. En consecuencia, la inclinación se dirige en una dirección hacia el eje de rotación formando una inclinación hacia abajo. En una realización preferida, una sección terminal se inclina esencialmente  $-90^\circ$  con respecto a las secciones de cuerpo. Esto facilita la fabricación, del mismo modo, ya que solo se necesitan secciones terminales con inclinaciones de  $90^\circ$ , por lo que las secciones terminales simplemente se giran  $180^\circ$  para formar una inclinación de  $-90^\circ$  antes de colocarlas en el estator y/o rotor.

Las secciones terminales de una bobina podrían tener cualquier forma apropiada. Una forma simple y fácil de fabricar para la sección terminal es una sección terminal en forma de U, por lo que cada extremo de la sección terminal en forma de U está eléctricamente conectado a una sección de cuerpo de esa bobina.

15 Se puede obtener una máquina eléctrica con una eficiencia mejorada cuando la armadura comprende al menos un rebaje para acomodar una sección terminal inclinada. En este rebaje se alojan las secciones terminales que tienen una inclinación hacia arriba. Esto permite que se reduzca el espacio de aire entre la armadura y la disposición de imán de campo y, por lo tanto, se puede aumentar la eficiencia de la máquina eléctrica.

Otros objetos y características de la presente invención resultarán evidentes a partir de las siguientes descripciones detalladas consideradas junto con los dibujos adjuntos. Ha de entenderse, sin embargo, que los dibujos están diseñados únicamente con fines ilustrativos y no como una definición de los límites de la invención.

#### Breve descripción de los dibujos

La figura 1 muestra una representación esquemática de un generador en una turbina eólica;

la figura 2 muestra un segmento de estator de la técnica anterior;

25 la figura 4 muestra una representación esquemática de las secciones terminales usadas en el segmento de estator de la técnica anterior de la figura 2;

las figuras 3, 5 y 6 muestran representaciones esquemáticas de las secciones terminales de los devanados según la invención;

la figura 7 muestra una representación esquemática del diseño saliente según la invención;

30 la figura 8 muestra una representación esquemática de un primer ejemplo de una máquina eléctrica según la invención,

la figura 9 muestra una representación esquemática de una realización alternativa de una máquina eléctrica;

la figura 10 muestra una representación esquemática de tres secuencias de bobina para un devanado según la invención.

35 En los dibujos, los números de referencia similares se refieren a objetos similares en todo el texto. Los objetos en los diagramas no están necesariamente dibujados a escala.

#### Descripción detallada de las realizaciones

40 La figura 1 muestra una representación muy simplificada de un generador 4 con un estator interno 2 y un rotor externo 3 en una turbina eólica 5. Por razones de simplicidad, solo se indican los componentes relevantes y otros componentes como una caja de cambios, controlador, etc. no se muestran. La presión ejercida sobre las palas 50 de la turbina eólica 5 hace que el cubo 51 o la hiladora gire sobre un eje de rotación A, haciendo que el rotor externo 3 del generador 4 gire. El rotor externo 3 está formado por una disposición de imán de campo con imanes permanentes 12. El estator interno 2 está formado por una armadura fija, por lo que alrededor del estator interno 2 se enrolla una pluralidad de bobinas (no mostradas en el diagrama). El generador 4 funciona como un generador de inducción, con una corriente inducida en las bobinas. El principio de funcionamiento de dicho generador será claro para la persona experta y no es necesario que se describa en detalle aquí.

Debido a las grandes corrientes (por ejemplo, en la región de 200 a 500 amperios para turbinas de viento de 2 a 10 MW), los devanados deben estar dimensionados de manera correspondiente. Para un estator de turbina eólica, los devanados están hechos típicamente de barras o tiras de metal apiladas con una sección transversal en la región de 20 mm x 100 mm. Estas tiras de metal se mantienen en las ranuras del estator 6 dispuestas alrededor del exterior del estator 2, que puede tener hasta 3 m de longitud. Generalmente, debido a las grandes dimensiones (un estator de turbina eólica 2 puede tener un diámetro en la región de 3 m a 7 m o más), el estator 2 generalmente comprende un conjunto de segmentos de estator 2a.

La figura 2 muestra un segmento 2a de un estator con una disposición de devanados 10', 20', 30' en un esquema de devanado 1' como se conoce de la técnica anterior. Cada devanado de 10', 20', 30' se muestra como una tira de metal doblada para dar un circuito cerrado. Tres tipos distintos de devanado W1', W2', W3' se muestran. Una secuencia de devanados de 10', 20', 30' forma bobinas, por lo que una secuencia de bobinas comprende cada uno de los diferentes tipos de devanado W1', W2', W3' a su vez, tal y como se explicará más adelante. En este caso, la longitud saliente L' está definida por el extremo más delantero del devanado 10'.

Las figuras 3, 5, 6 y 7 muestran representaciones esquemáticas de las secciones terminales 10C, 20C, 30C de los diferentes tipos de devanado W1, W2, W3 de acuerdo con las realizaciones de la invención. Las secciones terminales 10C, 20C, 30C sobresalen en contraste con las secciones de cuerpo 10A, 10B, 20A, 20B, 30A, 30B más allá de la ranura 6. La longitud de la sección terminal 10C en la dirección de las secciones de cuerpo 10A, 10B en paralelo al eje de rotación A define la longitud saliente L. En aras de la claridad, cada devanado se muestra solo, pero debe entenderse que los devanados de diferentes tipos se colocarán en las ranuras 6 adyacentes del estator como se muestra en la figura 2. El primer tipo de devanado W1 es esencialmente un circuito cerrado directo W1, y la primera sección terminal 10C de este tipo de devanado W1 está esencialmente plegada sobre sí misma con un ángulo de inclinación cero. Un segundo tipo de devanado W2 tiene una segunda sección terminal 20C que no se extiende más allá del extremo del estator como el primer tipo de devanado W1. La segunda sección terminal 20C está inclinada lejos del eje de rotación, por un ángulo de inclinación ascendente de aproximadamente 90° antes de plegarse sobre sí misma. De acuerdo con la realización mostrada en las figuras 7 y 8, este tipo de devanado W2 de acuerdo con la figura 6 reemplaza el tipo de devanado W2 de acuerdo con la figura 4 que se usa en el estator de acuerdo con la figura 2. Un tercer tipo de devanado W3 tiene una tercera sección terminal 30C que tampoco se extiende más allá del extremo del estator como el primer tipo de devanado W1. La tercera sección terminal 30C se inclina hacia el eje de rotación mediante un ángulo de inclinación hacia abajo de aproximadamente 90° antes de plegarse sobre sí misma. Estas diferentes secciones terminales o salientes 10C, 20C, 30C permiten que los devanados 10, 20, 30 se coloquen o caigan en las ranuras 6 de una manera directa. Por ejemplo, el estator 2 se puede enrollar insertando primero todos los devanados del tercer tipo W3, luego todos los devanados del segundo tipo W2, y finalmente todos los devanados del primer tipo W1. Debido a las geometrías finales del devanado, los devanados se pueden insertar sin tener que levantar o mover los devanados previamente colocados. Los devanados de una bobina particular se conectan eléctricamente en una secuencia predefinida, como se describirá con la ayuda de la figura 10, por ejemplo, uniendo un conductor de un devanado 10, 20 y 30 a una barra colectora.

Además, la figura 7 muestra un ejemplo de una segunda sección terminal 20C para una máquina eléctrica 4 como se muestra en la figura 8.

En la figura 8 se muestra un primer ejemplo de una sección transversal parcial de una máquina eléctrica 4, por ejemplo para un generador de una turbina eólica 5. La máquina eléctrica 4 comprende un rotor externo 3 que rodea el estator 2.

El rotor externo 3 tiene una forma esencialmente cilíndrica. Una pluralidad de imanes permanentes 12 están dispuestos en una superficie del rotor 3 orientada hacia la superficie exterior del estator 2. En consecuencia, los imanes permanentes 12 están dispuestos a una distancia d del eje de rotación A del rotor 3.

El estator 2 tiene un diámetro menor que el rotor 3. Las secciones de cuerpo 10A, 10B, 20A, 20B, 30A, 30B de los devanados se insertan en las ranuras 6 del estator 2 en una dirección esencialmente paralela al eje de rotación A. Por lo tanto, las secciones de cuerpo 10A, 10B, 20A, 20B, 30A, 30B de los devanados son esencialmente paralelas al eje de rotación, además de ser paralelas entre sí.

Para acomodar las segundas secciones terminales 20C que están inclinadas hacia afuera del eje de rotación A, se proporcionan rebajes 11 en cada extremo 7, 8 del rotor 3. Esto permite que el espacio de aire entre el estator 2 y el rotor 3 se mantenga lo más pequeño posible para disminuir las pérdidas de espacio de aire.

Dicha máquina eléctrica 4 puede fabricarse ensamblando los segmentos del estator dentro del rotor 3, que fácilmente puede tener un diámetro de varios metros.

Una máquina eléctrica alternativa 4' se muestra en la figura 9. En este caso, el rotor 3 está provisto solo de un rebaje 11 en el primer extremo 7 para acomodar las secciones extremas inclinadas hacia arriba 20C. En el extremo opuesto

8 de la máquina eléctrica, las secciones terminales 10C, 30C, 20C' se inclinan hacia abajo, es decir, hacia el eje de rotación A. Por lo tanto, en el segundo extremo 8 no es necesario un rebaje. En consecuencia, la segunda disposición de devanado comprende diferentes diseños de saliente en cada extremo 7, 8. Esto da como resultado un radio más pequeño del estator 2 en el segundo extremo 8 que en el primer extremo 7. Esto permite que el estator 2 se ensamble primero con todos los devanados, que luego se inserta en el rotor 3 simplemente empujándolo a través de una abertura en un extremo del rotor 3. Un disco de freno 52 puede atornillarse entonces al rotor 3 una vez que el estator 2 esté dentro. En consecuencia, no es necesario un ensamblaje de elementos del estator dentro del rotor 3 o un ensamblaje del rotor 3 alrededor del estator completado 2.

La parte superior de la figura 10 muestra una representación esquemática de tres secuencias de bobina S1, S2, S3 para un esquema de devanado 1 según la invención. El orden en el que están conectados los devanados viene dado por las secuencias S1, S2, S3 que se muestran en la parte inferior del diagrama. La primera secuencia de devanado de bobina S1 para la primera bobina C1 comprende un devanado del primer tipo de devanado W1, un devanado del segundo tipo de devanado W2 y un devanado del tercer tipo de devanado W3 en secuencia. Este patrón se repite para toda la primera bobina C1. La segunda secuencia de devanado de bobina S2 para la segunda bobina C2 comprende un devanado del segundo tipo de devanado W2, un devanado del tercer tipo de devanado W3 y un devanado del primer tipo de devanado W1 en secuencia. Este patrón se repite para toda la segunda bobina C2. La tercera secuencia de devanado de bobina S3 para la tercera bobina C3 comprende un devanado del tercer tipo de devanado W3, un devanado del primer tipo de devanado W1 y un devanado del segundo tipo de devanado W2 en secuencia, y este patrón se repite para toda la tercera bobina C3. En la parte superior del diagrama, las flechas indican la dirección del flujo de corriente en las diferentes bobinas C1, C2, C3 (por lo que las secciones de devanado de 'avance' de la primera y tercera bobina C1, C3 ocupan ranuras a cada lado de la ranura que contiene la sección de devanado de 'retorno' de la segunda bobina C2; mientras que las secciones de devanado de 'retorno' de la primera y tercera bobina C1, C3 ocupan ranuras a cada lado de la ranura que contiene la sección de devanado de 'avance' de la segunda bobina C2). Ya que cada bobina C1, C2, C3 comprende una secuencia S1, S2, S3 en la que los tipos de devanado W1, W2, W3 aparecen esencialmente con la misma frecuencia, las longitudes totales de las bobinas C1, C2, C3 también son esencialmente iguales. De esta forma, la disposición del devanado reduce o elimina de manera efectiva los desequilibrios de carga al tiempo que reduce la cantidad de metal requerido para los devanados. Aunque los devanados se indican aquí como circuitos cerrados, los devanados del esquema de devanado 1 podrían igualmente estar abiertos en ambos extremos, y las conexiones podrían hacerse mediante barras colectoras en ambos extremos del estator. El segundo tipo de devanado W2 comprende secciones terminales 20C ambas inclinadas hacia afuera, es decir, lejos del eje de rotación A como se muestra en la figura 6.

Aunque la presente invención se ha divulgado en forma de realizaciones preferidas y variaciones sobre las mismas, se entenderá que se podrían realizar numerosas modificaciones y variaciones adicionales a las mismas sin apartarse del alcance de la invención. Por ejemplo, el cubo de la turbina eólica puede girar un eje impulsor conectado a una caja de engranajes, que se puede realizar para girar el estator de un generador a una velocidad más adecuada para generar electricidad para una red eléctrica. En aras de la claridad, debe entenderse que el uso de "un" o "una" en toda esta solicitud no excluye una pluralidad, y "que comprende" no excluye otras etapas o elementos.

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Una máquina eléctrica (4), en particular un generador eléctrico, con una armadura (2) y una disposición de campo magnético (3) separadas por un espacio entre sí, por lo que la armadura (2) tiene un primer extremo (7) y un segundo extremo (8) y comprende una pluralidad de bobinas (C1, C2, C3), comprendiendo cada bobina (C1, C2, C3) tres tipos de devanado diferentes (W1, W2, W3) conectados en serie o en paralelo, en donde cada bobina comprende un devanado del primer tipo de devanado (W1), un devanado del segundo tipo de devanado (W2) y un devanado del tercer tipo de devanado (W3) en secuencia,  
 10 por lo que cada bobina (C1, C2, C3) comprende secciones de cuerpo conductoras (10A, 10B, 20A, 20B, 30A, 30B) insertadas en las ranuras (6) de la armadura (2), por lo que las secciones de cuerpo (10A, 10B, 20A, 20B, 30A, 30B) están unidas eléctricamente por secciones terminales conductoras (10C, 20C, 30C), y en donde las secciones terminales (10C, 20C, 30C) de los tipos de devanado (W1, W2, W3) son diferentes, y devanados de diferentes tipos (W1, W2, W3) se colocan en ranuras (6) adyacentes del estator,  
**caracterizado por que,**  
 15 en el primer extremo (7) de la armadura (2), la sección terminal (10C) del primer tipo de devanado (W1) está esencialmente en línea con sus secciones de cuerpo (10A, 10B);  
 el ángulo subtendido entre una sección terminal (20C) y una sección de cuerpo (20A, 20B) del segundo tipo de devanado (W2) comprende esencialmente 90° en una dirección alejada de la armadura (2) hacia la disposición de imán de campo (3)  
 20 y  
 el ángulo subtendido entre la sección terminal (30C) y la sección de cuerpo (30A, 30B) del tercer tipo de devanado (W3) comprende esencialmente -90° en una dirección alejada de la disposición de imán de campo (3) hacia la armadura (2).
- 25 2. Una máquina eléctrica (4) de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la disposición de imán de campo (3) comprende al menos un rebaje (11) para acomodar una sección terminal inclinada (20C).
3. Una máquina eléctrica (4) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la disposición de imán de campo (3) es un rotor externo y la armadura (2) es un estator interno.
4. Una turbina eólica (5) que comprende una máquina eléctrica (4) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3.

FIG 1

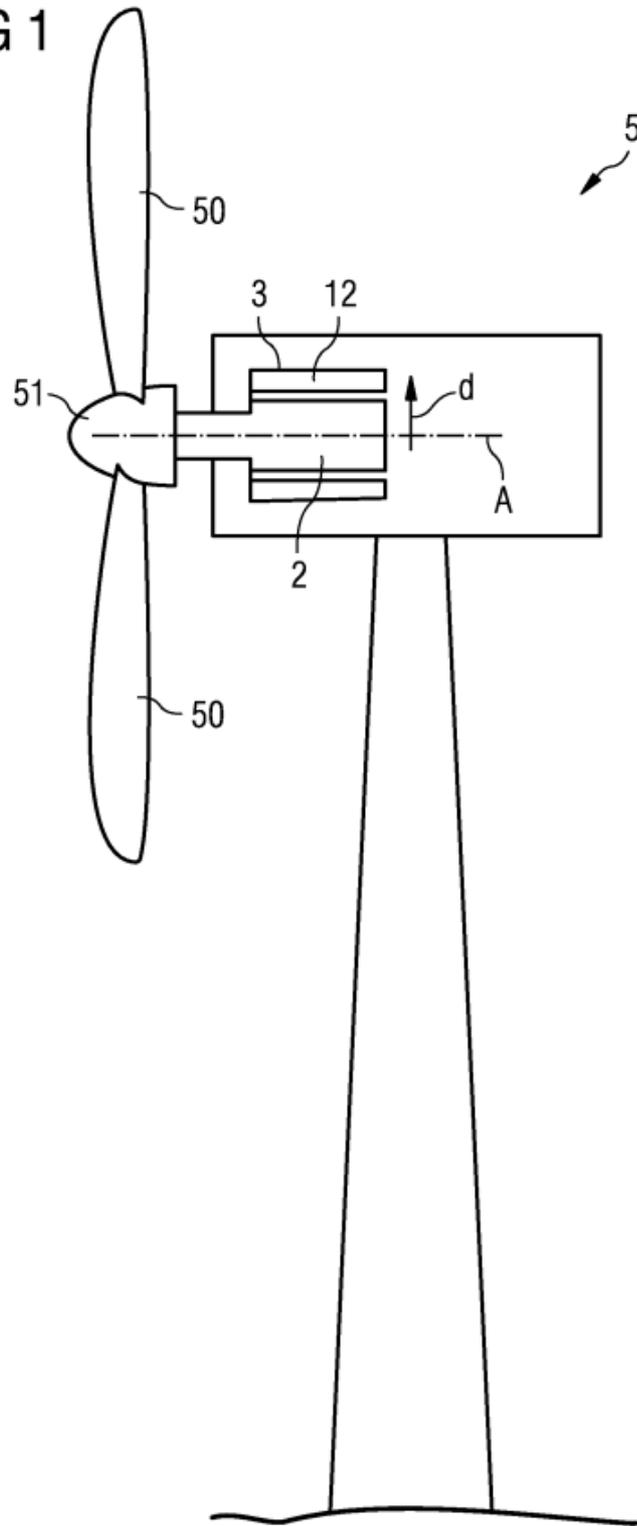


FIG 2

TÉCNICA  
ANTERIOR

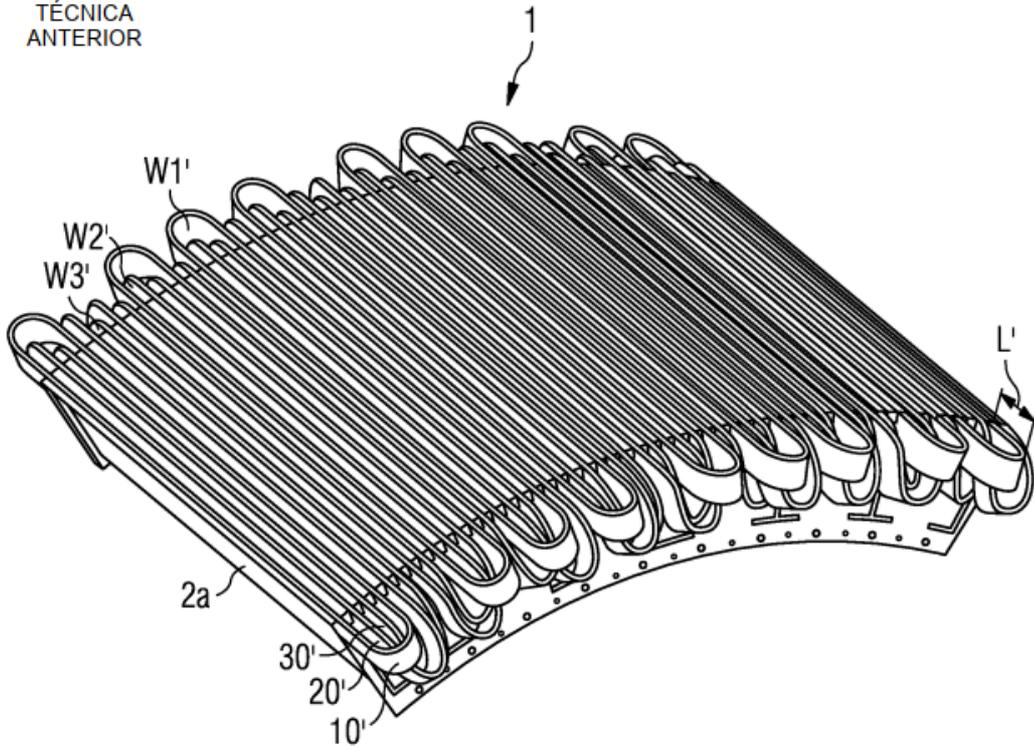


FIG 3

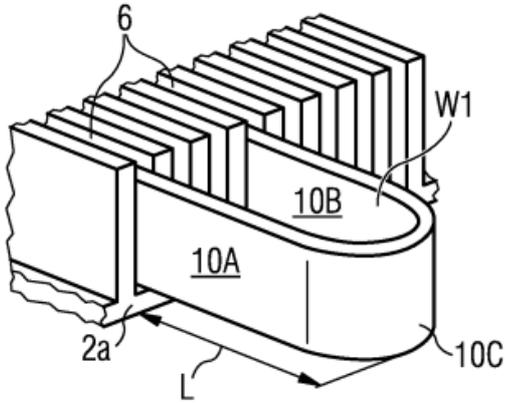


FIG 4

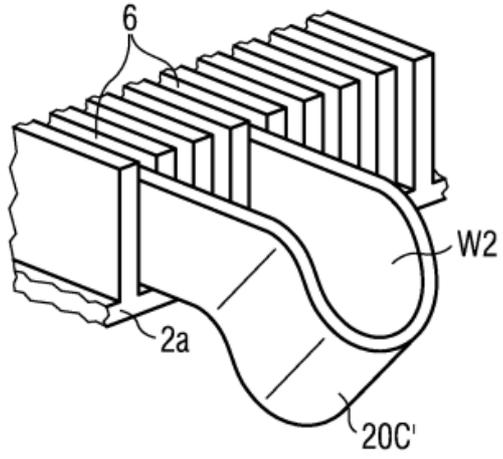


FIG 5

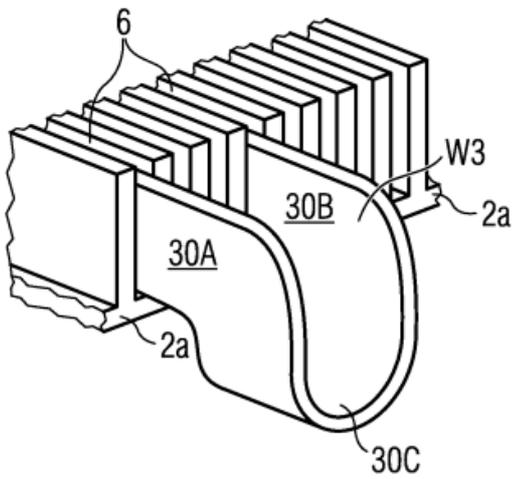


FIG 6

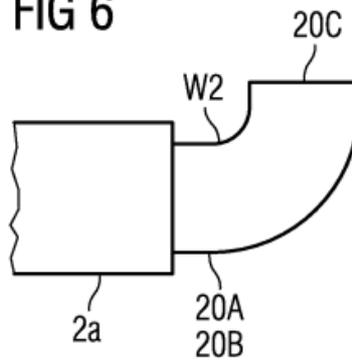


FIG 7

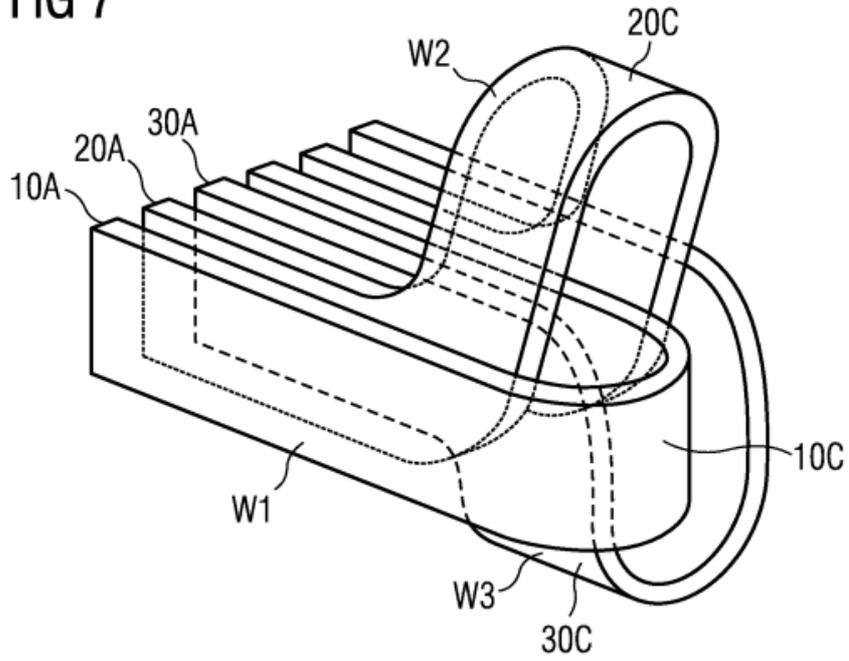


FIG 8

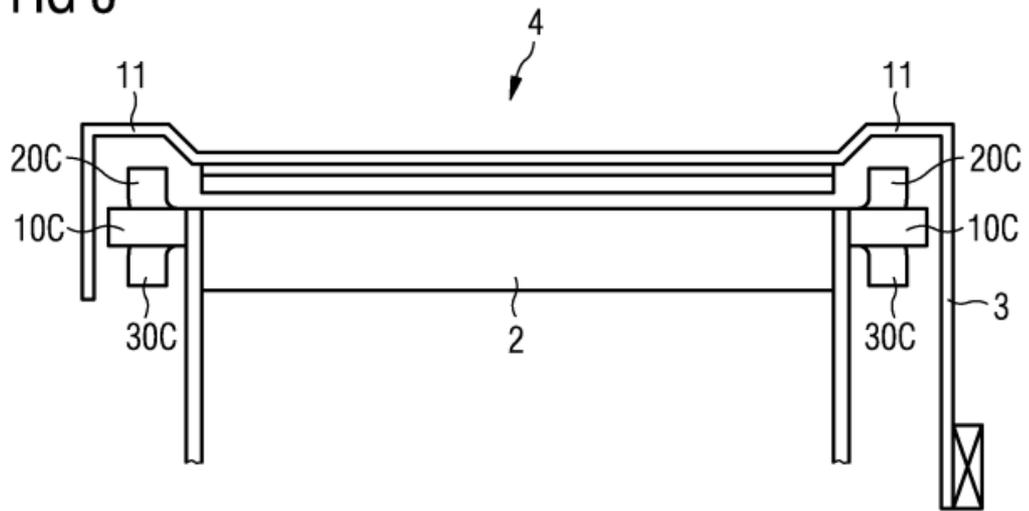


FIG 9

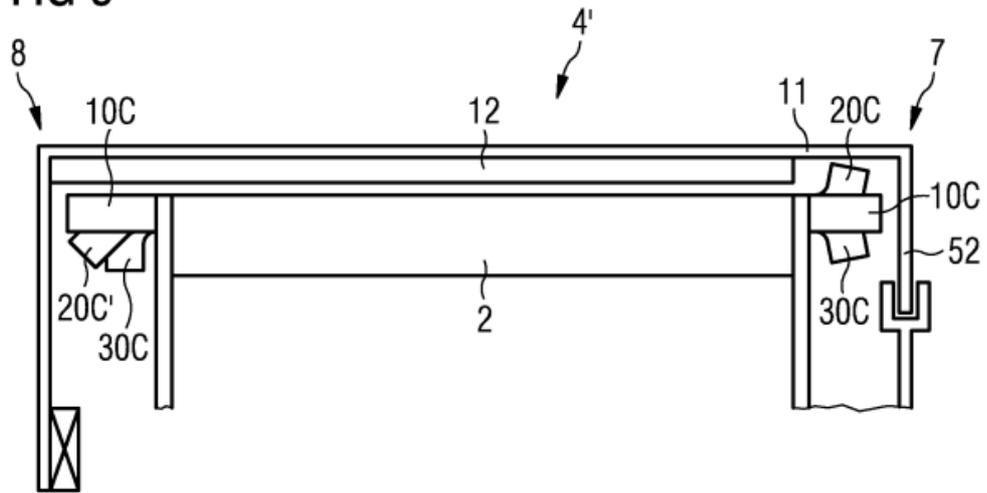


FIG 10

