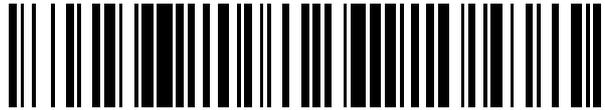


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 533 308**

51 Int. Cl.:

H02K 19/24 (2006.01)

H02K 1/27 (2006.01)

H02K 9/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.11.2011 E 11807754 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.12.2014 EP 2647111**

54 Título: **Generador eléctrico**

30 Prioridad:

30.11.2010 IT VI20100323

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

09.04.2015

73 Titular/es:

**KSB AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)
Johann-Klein-Strasse 9
67227 Frankenthal, DE**

72 Inventor/es:

BERTOTTO, EZIO

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 533 308 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).

DESCRIPCION

Generador eléctrico

5 Campo de la invención

La presente invención generalmente encuentra aplicación en el campo de las máquinas eléctricas, y en particular se refiere a un generador de energía eléctrica impulsado por una fuente de energía externa, particularmente del tipo renovable, tal como una fuente de energía eólica.

10

Estado de la técnica

Es conocido que los generadores comprenden una máquina eléctrica rotativa que tiene un estator y un rotor acoplados a un árbol motriz, que es impulsado por una fuente de energía externa, por ejemplo una fuente de energía alternativa tal como una fuente de energía eólica, o fuentes de energía hidráulica o química.

15

Adicionalmente, el generador comprende unos medios de control para el ajuste de los parámetros eléctricos y dinámicos de la máquina eléctrica y medios de conexión eléctrica para inyectar la energía eléctrica en una red de suministro o en medios de almacenamiento de energía, tal como unas unidades de acumulador eléctrico.

20

Un tipo particular de generador eléctrico comprende una máquina eléctrica asíncrona "double-fed" (doblemente alimentada) en la que el estator es conectado a la red eléctrica externa y el rotor es conectado eléctricamente a unos medios para ajustar el campo magnético asociado con la misma.

25

Los medios de control pueden ajustar la velocidad de rotación del rotor y mantenerla en un valor predeterminado, de modo que la energía eléctrica inyectada en la red presenta una potencia predeterminada, sustancialmente constante.

30

De modo general, la máquina eléctrica rotativa en el generador *doblemente alimentado* es una máquina eléctrica asíncrona utilizada como generador.

Mientras que este tipo de máquina eléctrica tiene una estructura sólida y es particularmente ventajosa en términos de costes, aun presenta ciertas desventajas.

35 Una primera desventaja es que las máquinas asíncronas presentan sustancialmente grandes dimensiones y pesos importantes, especialmente cuando están asociadas con unos generadores eléctricos del tipo medio a alto, por ejemplo los generadores de 500 kW.

40 Una desventaja adicional es que estas máquinas tienen unas pérdidas eléctricas no despreciables, lo que reduce la eficiencia del generador de modo considerable.

45 En una tentativa de obviar, al menos en parte, estas desventajas, se han desarrollado unos generadores eléctricos que utilizan máquinas eléctricas rotativas con imanes permanentes. A diferencia de la configuración precedente, los medios de control eléctrico de estos generadores incluyen una primera conexión eléctrica con los devanados del estator y una segunda conexión eléctrica con la red externa.

50 En su totalidad, los generadores con máquinas eléctricas de imanes permanentes proporcionan unas ventajas en comparación con los generadores asíncronos, tal como menos pérdidas magnéticas y dimensiones y pesos reducidos.

No obstante, las máquinas de imanes permanentes tienen un coste más elevado que las máquinas asíncronas *doblemente alimentadas*.

55 De modo adicional, en las máquinas de imanes permanentes la potencia eléctrica suministrada crece de una manera sustancialmente lineal con el aumento de la velocidad de rotación del rotor.

60 De acuerdo con ello, para que la potencia suministrada se mantenga en un valor sustancialmente constante, la máquina tiene que ser liberada del flujo, es decir, el flujo de campo magnético en la misma tiene que ser reducido con el cambio de la velocidad de rotación de la máquina eléctrica.

A este efecto, los medios de control actúan sobre la máquina mediante la inyección de una corriente eléctrica que tiene un sentido tal que genera un flujo magnético opuesto al flujo generado por los imanes permanentes.

65 Una desventaja particular de esta solución es que, en unas condiciones particulares de operación, la corriente de liberación de flujo puede presentar un valor elevado y necesitar medios de control demasiado importantes.

Además, en unas transitorias particulares, la liberación de flujo puede causar unas pérdidas eléctricas más elevadas de los desvanados de la máquina eléctrica, debido al efecto Joule.

5 Se conocen unos generadores eléctricos que utilizan máquinas eléctricas síncronas. Por ejemplo, el documento EP0156606 revela un generador que comprende una máquina eléctrica rotativa de reluctancia síncrona que tiene un rotor laminado.

El documento JP 2008 48584 revela también un generador relacionado.

10 No obstante, estas máquinas del estado de la técnica tienen unas eficiencias eléctricas muy bajas y también están caracterizadas por una elevada ondulación de par.

Divulgación de la invención

15 El objeto principal de la presente invención es superar las desventajas arriba mencionadas, proporcionando un generador que sea altamente eficaz y relativamente rentable.

20 Un objeto particular es proporcionar un generador que comprende una máquina eléctrica rotativa que tenga unos rendimientos particularmente elevados y unas pérdidas eléctricas bajas.

Un objeto adicional particular es proporcionar un generador cuyo coste sea sustancialmente más bajo que el de un generador convencional con una máquina eléctrica rotativa que tiene imanes permanentes.

25 Otro objeto particular es proporcionar un generador que tenga un tamaño y peso más reducidos, incluso para aplicaciones de potencia media a alta.

Un objeto adicional particular de la invención es proporcionar un generador que utilice una máquina eléctrica que no tenga dimensiones demasiado grandes.

30 Aun otro objeto particular de la invención es proporcionar un generador que disponga de medios de ajuste eléctrico con especificaciones eléctricas y de potencia más bajas que los medios de ajuste eléctrico de los generadores que comprenden máquinas eléctricas rotativas con imanes permanentes.

35 Otro objeto particular importante de la invención es el suministro de un generador que tenga unos medios de control con dimensiones y un peso más bajos comparados con los medios de ajuste eléctrico de los generadores que comprenden máquinas eléctricas rotativas con imanes permanentes.

40 Aquellos y otros objetos, tal como se aclara mejor más abajo, son cumplidos por un generador eléctrico tal como es definido en la reivindicación 1, comprendiendo un árbol motriz con un eje longitudinal, destinado para ser acoplado a una fuente de energía externa que tiene un par de torsión predeterminado, una máquina eléctrica rotativa de reluctancia síncrona que comprende un estator y un rotor de laminado transversal y un árbol impulsado acoplado de modo operativo con dicho árbol motriz para generar energía eléctrica que tiene una amplitud predeterminada de ondulación de par durante su funcionamiento, unos medios de conexión eléctrica aptos para inyectar la energía eléctrica generada por dicha máquina eléctrica en la red y unos medios de control para el ajuste de los parámetros eléctricos y dinámicos de la máquina eléctrica.

45 El generador es caracterizado por el hecho de que el estator tiene un número par de ranuras longitudinales para cada par de polos, presentando el rotor una pluralidad de hendiduras longitudinales, definiendo un número par de hendiduras magnéticamente equivalentes, donde el número de ranuras es diferente del número de las hendiduras equivalentes, multiplicado por un número entero, siendo la diferencia entre el número de ranuras y el número de las hendiduras equivalentes otra que cero, +2 y -2.

De manera adicional, el generador es caracterizado por las características adicionales de la reivindicación 1.

55 Con esta configuración particular es posible proporcionar un generador que tenga unos rendimientos eléctricos elevados, a pesar del hecho que utiliza unos medios de control más reducidos, y que asegure también una alta durabilidad y tenga menos requisitos de mantenimiento.

Unas realizaciones ventajosas de la invención se definen de acuerdo con las reivindicaciones dependientes.

60 Breve descripción de los dibujos

65 Unas características y ventajas adicionales de la invención se harán más evidentes después de la lectura de la descripción detallada de unas pocas realizaciones, no exclusivas, de un generador presentando una máquina eléctrica de reluctancia síncrona, que se describen como ejemplos no limitativos con la ayuda de los dibujos anexos en los que:

FIG. 1 es una vista esquemática en perspectiva de un generador de la invención;
FIG. 2 es una vista frontal separada de una máquina eléctrica que forma parte del generador de la invención;
FIG. 3 es una vista ampliada de un detalle de la Fig. 2;
FIG. 4 es una vista en perspectiva de un detalle del generador tal como se representa en la Fig. 1;
FIG. 5 es una vista lateral en corte de una máquina eléctrica que forma parte del generador en una primera configuración;
FIG. 6 es una vista lateral en corte de una máquina eléctrica que forma parte del generador en una segunda configuración;
FIG. 7 es una vista frontal en corte de una máquina eléctrica que forma parte del generador en una tercera configuración;
FIG. 8 es una vista lateral en corte de la máquina eléctrica de la Fig. 7;
FIG. 9 es una vista lateral esquematizada de un detalle de un generador de la invención.

Descripción detallada de una realización preferente

Con referencia a las figuras de arriba, el generador de la invención, identificado en general por la referencia 1, puede ser utilizado en sistemas para producir energía eléctrica a partir de fuentes de energía fósil o química, o energía renovable, tal como energía eólica o hidráulica.

Las figuras muestran, como ejemplo no limitativo, un generador 1 que utiliza una fuente de energía renovable, en particular una aeroturbina 2. Se entenderá que la aeroturbina 2 puede ser sustituida por una turbina de agua o vapor, es decir, un motor de combustión interna alimentado de modo fósil.

El generador eólico 1 puede ser utilizado tanto para sistemas eléctricos de potencia pequeña a media, tal como en las instalaciones civiles e industriales, como para sistemas eléctricos de alta potencia en instalaciones terrestres o en tierra o en el mar.

Además, el generador 1 puede tener un diseño de eje horizontal o eje vertical, y estar contenido en su totalidad en una barquilla, no representada, situada en el extremo de la torre, tampoco representada.

El generador 1 comprende un árbol motriz 3 rotativo alrededor de un eje longitudinal L y adaptado para ser acoplado a una fuente de energía externa.

En un generador eólico 1, la fuente de energía puede comprender una turbina 2 que tiene una o más paletas 4, fijadas directamente al árbol motriz 3, como en la configuración esquematizada de la Fig. 1, o a un eje diferente, conectado de modo operativo con el árbol motriz 3 para transmitir el movimiento de la turbina 2 al mismo.

Tal como es conocido, la turbina 2 comprende una hélice 5 con paletas 4, cuyo ángulo de inclinación puede ser fijo o puede ser diseñado para que cambie de acuerdo con la fuerza del viento, por ejemplo utilizando unos medios de accionador apropiados, no representados, asociados con cada paleta 4.

Adicionalmente, el generador 1 puede ser soportado de modo giratorio por una estructura de soporte, no representada, para girar alrededor de un eje vertical definido por la torre de soporte, no representada, permitiendo de esta manera que la turbina de viento 2 siempre esté orientada a sotavento, incluso si el viento cambia de dirección.

Por lo tanto, el árbol motriz 3 del generador 1 está acoplado con el árbol impulsado 6 de una máquina eléctrica rotativa 7 del tipo de reluctancia síncrona.

Particularmente, la máquina eléctrica 7 comprende un estator 8 que presenta por lo menos un par de polos y una pluralidad de ranuras longitudinales, identificadas de modo general por la referencia 15, y un rotor de laminado transversal 9 que presenta el árbol impulsado 6.

De este modo, la máquina eléctrica 7 puede generar energía eléctrica con una ondulación de par predeterminada durante su operación.

Por ejemplo, el árbol motriz 3 puede ser acoplado con el árbol impulsado 6 de la máquina eléctrica 7 a través de una junta 10.

En esta configuración, la velocidad de rotación del árbol motriz 3 coincide de modo sustancial con la velocidad de rotación del árbol impulsado 6 de la máquina eléctrica 7.

En una configuración alternativa de la invención, un dispositivo multiplicador, no representado, puede estar interpuesto entre un extremo 11 del árbol motriz 3 y un extremo 12 del árbol impulsado 6, con el fin de aumentar la velocidad de rotación del árbol impulsado 6 en comparación con la velocidad del árbol motriz 3.

El dispositivo multiplicador puede ser seleccionado a partir de los dispositivos actualmente disponibles y puede incluir unos medios de transmisión cinemática, no representados, tal como ruedas de engranaje, engranajes epicicloidales o correas de transmisión.

5 Esta configuración puede ser utilizada en un generador 1 con una máquina eléctrica 7 que opera con una velocidad de rotación sustancialmente más elevada que la velocidad del árbol motriz 3.

10 De modo adicional, el generador 1 comprende unos medios de conexión eléctrica 13 destinados para inyectar la energía eléctrica generada por la máquina eléctrica 7 en la red y unos medios de control 14 para ajustar los parámetros eléctricos y dinámicos de la máquina eléctrica 7.

15 De modo ventajoso, el estator 8 tiene un número par n_s de ranuras longitudinales 15 para cada par de polos y el rotor 9 tiene una pluralidad de hendiduras longitudinales adyacentes, identificadas de modo general por 16, que definen un número par n_r de hendiduras magnéticamente equivalentes.

Las ranuras 15 pueden ser sustancialmente longitudinales, y su longitud puede coincidir esencialmente con la longitud l del estator 8.

20 En la configuración ilustrada de la invención, el estator 8 presenta dos pares de polos y veinticuatro ranuras 15.

Sin embargo, se debe entender que los pares de polos y por lo tanto las ranuras 15 pueden estar provistos también en números diferentes, sin limitación del ámbito de la presente invención.

25 De manera preferible, el rotor 9 se compone de una pluralidad de elementos laminares en forma de disco 17 que presentan un espesor predeterminado s , y que están dispuestos axialmente uno al lado de otro, y forman parte integral con el árbol impulsado 6.

30 El diámetro interior de los elementos laminares en forma de disco 17 puede coincidir sustancialmente con el diámetro del árbol impulsado 6 del rotor 9.

Cada uno de estos elementos laminares en forma de disco 17 tiene una pluralidad de hendiduras longitudinales de paso 16 que están distribuidas en unas disposiciones sustancialmente idénticas en cada uno de los mismos.

35 De manera ventajosa, las hendiduras 16 pueden presentar una forma curvada alargada, simétrica con respecto a un radio del elemento laminar en forma de disco 17 pertinente, con unas porciones de extremo 18, 18' cercanas al borde 19 del elemento en forma de disco 17 de modo que cada hendidura 16 puede delimitar por lo menos un par de nervaduras 20, 20' en este borde 19.

40 Las ranuras 16 del rotor 9 están configuradas de tal modo que, durante la operación de la máquina eléctrica 7, el campo magnético en el estator 8 saturará las nervaduras 20, 20' que, en términos esencialmente magnéticos, actuarán como si el elemento laminar en forma de disco 17 tenía una hendidura adicional en este lugar.

45 Unas áreas adicionales de saturación están situadas en las porciones centrales 21 de las hendiduras 16 del rotor 9, que están colocadas a proximidad del borde periférico 19 del elemento laminar en forma de disco 17.

Particularmente, cada una de estas hendiduras 21 cerca del borde 19 tiene un par adicional de nervaduras 22, 22' definiendo unas hendiduras magnéticamente equivalentes.

50 Por lo tanto, el número total de hendiduras magnéticamente equivalentes n_r será igual al número de las nervaduras definidas de este modo.

55 De acuerdo con un aspecto peculiar de la invención, el número n_r de hendiduras magnéticamente equivalentes y el número n_s de hendiduras 15 se seleccionan de acuerdo con una relación predeterminada, con el fin de minimizar la ondulación de par en la máquina eléctrica 7 durante la operación.

Particularmente, el número n_s de ranuras 15 es diferente del producto de hendiduras equivalentes por un número entero m , y la diferencia entre el número n_s de ranuras 15 y el número n_r de hendiduras equivalentes es otro que 0, +2 y - 2.

60 De modo preferente, el número n_r de hendiduras equivalentes también es superior a 6.

65 En lo que se refiere a las relaciones arriba mencionadas, una configuración particular de la invención puede estar provista, tal como se muestra, en la que el rotor 9 comprende una pluralidad de elementos laminares en forma de disco 17, con la proporción r entre su diámetro interior d y el diámetro exterior D comprendida dentro de una gama entre 0.4 y 0.8.

En particular, esta proporción r puede ser 0.45 o más, y asimismo el número n_r de hendiduras equivalentes puede ser igual al número n_s de ranuras 15 reducido o aumentado en cuatro unidades.

5 En una configuración adicional, el generador 1 puede incluir una pluralidad de imanes permanentes, identificados de modo general por 23, asociados con el rotor 9.

10 Los imanes permanentes 23 pueden ser del tipo que se obtiene mediante la sinterización de materiales de base que contienen neodimio (Nd), hierro (Fe) y boro (Bo), para obtener un peso específico bajo mientras que se mantienen las propiedades magnéticas elevadas, en comparación con los imanes convencionales, tal como imanes de ferrita o similares.

No obstante, se deberá entender que los imanes convencionales de ferrita también pueden ser utilizados.

15 Tales imanes 23 pueden estar provistos en una tal cantidad que presentan una masa magnética más reducida que los imanes permanentes que se utilizan en las máquinas eléctricas de imanes permanentes que tienen aproximadamente la misma potencia.

20 De modo preferible, la masa magnética de los imanes permanentes 23 puede estar comprendida en una gama entre 30 Kg a 150 Kg, de modo preferente entre 50 Kg y 125 Kg.

En particular, según una configuración ejemplar, no limitativa, de la invención, un generador que puede generar sustancialmente una potencia eléctrica de 3 MW a 1000 rpm puede comprender una máquina eléctrica 7 que dispone de imanes permanentes con una masa magnética de entre 100 Kg y 125 Kg.

25 En un generador 1 destinado para generar sustancialmente una potencia eléctrica de 1 MW, los valores arriba indicados pueden ser reducidos a un tercio de los arriba mencionados.

30 De modo conveniente, los imanes permanentes 23 pueden estar alojados en una o más porciones predeterminadas 24, 24', 24", 24''' del elemento en forma de disco 17 del rotor 9.

Cada elemento laminar en forma de disco 17 alojará un iman permanente 23 con uno o varios pares de polos magnéticos.

35 De manera preferente, pero sin limitación, los imanes permanentes 23 serán retenidos en una porción central 24, 24', 24", 24''' del elemento laminar en forma de disco y alojados en al menos una hendidura adyacente 16, tal como está representado, para formar un rotor 9 con imanes integrados.

40 Sin embargo, los imanes permanentes 23 pueden ser insertados en múltiples hendiduras adyacentes 16 en diferentes filas, para estar dispuestos uno al lado de otro.

Adicionalmente, los imanes permanentes 23 pueden estar dispuestos con regularidad a lo largo del eje L del rotor 9.

45 Asimismo, el número of imanes permanentes 23 será seleccionado con el propósito de reducir las especificaciones eléctricas y/o de la potencia de los medios de control 14 en comparación de los medios de control 14 de las máquinas eléctricas 7 con imanes permanentes 23 que tienen aproximadamente la misma potencia.

50 Por ejemplo, los imanes permanentes 23 pueden estar diseñados para generar un flujo magnético que oscila de 10% a 20% del valor del flujo magnético generado por una máquina eléctrica 7 del estado de la técnica, con imanes permanentes 23, de una potencia nominal igual.

Esta particular configuración de la máquina eléctrica 7 puede reducir las especificaciones eléctricas y de la potencia de los medios de control 14 en un valor que oscila de 20% a 30%, comparado con los medios de control 14 que se utilizan en las máquinas eléctricas 7 con imanes permanentes 23.

55 En particular, los medios de control pueden estar diseñados para controlar la máquina eléctrica 7 con una corriente eléctrica que oscila entre 400 A y 1000 A y de manera preferente entre 500 A y 800 A.

60 Los medios de control 14 de la máquina eléctrica 7 incluyen un circuito 25 que está acoplado eléctricamente al estator 8 con el fin de ajustar los parámetros eléctricos y dinámicos de la máquina eléctrica 7.

Por ejemplo, los medios de control 14 incluyen un convertidor 26 que está diseñado para mantener la velocidad de rotación del árbol impulsado 6 de la máquina eléctrica 7 en un valor predeterminado.

65 De modo preferente, el convertidor 26 está diseñado para controlar la velocidad de rotación instantánea transmitida al árbol impulsado 6 por la fuente externa.

La velocidad de rotación del árbol impulsado 6 puede cambiar dentro de una gama entre valores predeterminados mínimos y máximos.

5 Además, el convertidor 26 puede estar diseñado para controlar la velocidad de rotación del árbol impulsado 6 en momentos periódicos y predeterminados.

10 Cualquier desviación de este valor de velocidad con respecto al valor predeterminado activará la acción del convertidor 26 y el cambio de ciertos parámetros eléctricos de las señales de control transmitidas de esta manera a la máquina eléctrica 7.

Estas señales de control modificadas permitirán que la máquina eléctrica 7 cambie su operación y mantenga la potencia generada sustancialmente constante.

15 Adicionalmente, en una configuración de la invención, no representada, puede estar provista una unidad lógica programable que es conectada con los medios de control 14 y también puede ser conectada con la fuente externa, por ejemplo una turbina eólica 2.

20 Por ejemplo, en el caso de un generador de viento 1, la unidad lógica programable puede mantener la potencia suministrada por la máquina eléctrica 7 constante mientras que las condiciones de viento cambian, operando de un modo simultáneo y sincronizado en el convertidor 26 y la turbina 2.

25 La unidad lógica programable puede cambiar el punto de trabajo de la máquina eléctrica 7 a través de la acción del convertidor 26 y puede cambiar también la acción del viento sobre el árbol motriz 3 mediante la operación en las paletas 4 de turbina 2, por ejemplo, cambiando su ángulo de inclinación.

Además, los medios de control 14 incluyen también un elemento de convertidor 27 que está diseñado para cambiar los parámetros eléctricos asociados con la energía generada por la máquina eléctrica 7, facilitando de este modo la inyección de la misma en la red R de transmisión externa.

30 De modo conveniente, el punto de operación de la máquina eléctrica 7 puede ser ajustado mediante la modificación de las cantidades eléctricas asociadas con las señales proporcionadas por los medios de control 14 al estator 8.

35 En una configuración especialmente ventajosa, tal como está representada en las figuras 6 a 9, la máquina eléctrica 7 puede comprender una carcasa exterior 28 que encierra el ensamblaje del estator 8 y el rotor 9 con un espacio hueco 29 diseñado para permitir el paso de aire de enfriamiento a lo largo de una trayectoria 30 en bucle que se extiende a través del espacio hueco 29, las hendiduras adyacentes 16 del rotor 9 y el intersticio 31 entre el rotor 9 y el estator 8.

40 El espacio hueco 29 puede estar formado a proximidad del borde periférico 32 del estator 8 con el fin de facilitar el intercambio de calor mediante el aire de enfriamiento entre el interior y el entorno.

La trayectoria en bucle 30 configurada de este modo facilitará el enfriamiento del ensamblaje del estator 8 y del rotor 9 a través de la circulación no forzada de un flujo de aire de enfriamiento.

45 De modo adicional, el generador 1 puede incluir unos medios de enfriamiento por aire 33 operados por el rotor 9.

50 De manera conveniente, los medios de enfriamiento 33 operados por el rotor 9 también pueden estar proporcionados en máquinas eléctricas 7 de reluctancia síncrona que no se utilizan como generadores de energía eléctrica 1 y podrán no cumplir con las relaciones matemáticas asociadas con el número n_s de ranuras y el número n_r de hendiduras equivalentes, tal como se menciona más arriba.

55 De acuerdo con una característica particular de la invención, los medios de enfriamiento 33 pueden comprender una o más aletas de hélice, identificadas de modo general por 34, coaxiales con el rotor 9, en al menos un extremo, preferentemente en ambos extremos longitudinales 35, 35' del rotor 9, estando las hélices 34 orientadas hacia por lo menos un extremo 35, 35' del mismo, para alimentar un flujo de aire de enfriamiento.

60 En una configuración preferente, no limitativa, de la invención, tal como está representada en las figuras, el rotor 9 puede comprender un par de aletas de hélice 34, cada uno en un extremo 35, 35' del mismo respectivamente, para aumentar el flujo de aire alimentado en las hendiduras adyacentes 16.

65 Cada aleta de hélice 34 puede estar situada a una distancia predeterminada con respecto al extremo de rotor correspondiente 35, 35'. Esta distancia puede ser idéntica o diferente para las dos aletas 34.

En una configuración adicional de la invención, no representada, las aletas individuales de hélice 34 pueden estar alojadas en los extremos 35, 35' del rotor 9 a través de elementos de fijación en forma anular, no representados, que están conectados con el árbol impulsado 6 de la máquina eléctrica 7.

De manera adicional, cada aleta de hélice 34 puede incluir una pluralidad de aletas, identificadas de modo general por 36, que presentan una forma especial de acuerdo con el extremo del rotor 9 hacia el cual están orientadas.

5 Las aletas 36 pueden presentar unas formas variadas para generar un flujo de aire que fluye dentro de un extremo 35, 35' del rotor y que sale del extremo opuesto 35', 35.

10 Las dos aletas de hélice 34 pueden tener el mismo número de aletas 36 o unos números diferentes de aletas, de modo que unos flujos de aire diferentes pueden ser alimentados en cada extremo 35, 35' del rotor 9.

De manera conveniente, los medios de enfriamiento 33 pueden comprender un conducto de aire de enfriamiento 37 en conexión por fluido con la carcasa exterior 28 en uno o en ambos extremos 35, 35' del rotor 9 a lo largo de la trayectoria 30.

15 En la configuración de las figuras, el conducto 37 puede estar cerrado y comprender las hendiduras adyacentes 16 del rotor 9, el espacio hueco 29 y los extremos 35, 35' del rotor 9.

Esta configuración proporcionará un mayor flujo de aire de enfriamiento en comparación con el flujo generado por la circulación no forzada.

20 De modo ventajoso, tal como se muestra en la figura 8, los medios de enfriamiento 33 pueden comprender un intercambiador de calor 38 en conexión de fluidos con el espacio hueco 29, en el interior o el exterior del mismo, a efectos de enfriamiento de aire.

25 El intercambiador 38 puede ser del tipo aire-aire o aire-fluido y el aire de enfriamiento puede ser suministrado hacia el mismo a través de dos aberturas 39, 39' en los extremos longitudinales correspondientes 40, 40' del estator 8.

30 De modo ventajoso, los medios de enfriamiento 33 pueden incluir una o más bombas, identificadas de modo general por 41, que son accionadas por el árbol impulsado 6 para la alimentación de los correspondientes bucles de enfriamiento, identificados de modo general por el número 42, asociados con el estator 8, los medios de control 14 y posiblemente el intercambiador de calor 38, respectivamente.

35 En esta configuración, las bombas 41 solamente son accionadas durante el movimiento del árbol impulsado 6 y no estarán operativas cuando el mismo no gira o tiene una velocidad de rotación inferior a un valor predeterminado, es decir, no suficiente para accionarlas.

A mayor abundamiento, cada bomba 41 puede suministrar el mismo fluido a todos los circuitos de enfriamiento 42 o suministrar fluidos diferentes a uno o más circuitos 42.

40 De manera conveniente, el caudal de cada bomba 41 puede ser seleccionado de acuerdo con la cantidad de fluido requerida por cada circuito 42.

45 La configuración obtenida de esta manera será particularmente eficaz y evitará unos desgastes no deseados de energía en el circuito de enfriamiento. Asimismo permitirá que el generador 1 sea compacto, mientras que reduce su peso total.

De modo adicional, el estator 8 puede ser del tipo de bobina dentada 43, con devanados de estator, identificados de modo general por 44, de una longitud axial más reducida.

50 La longitud reducida de bobinas de estator 44 permitirá que el conducto 37 tenga una mayor anchura y que la dimensión 1 del estator 8 sea más reducida que en un estator convencional, lo que implicará una reducción de la dimensión longitudinal del generador 1.

55 En esta configuración, el estator 8 de la máquina eléctrica 7 necesitará una cantidad más reducida de filamento conductor, por ejemplo hecho de cobre, que en los estatores convencionales 8.

El estator 8 del tipo de bobina dentada 43 presenta un peso más ligero y es más económico que un estator convencional 8.

60 La divulgación arriba mencionada muestra claramente que la invención cumple con los objetos prometidos y en particular satisface el requisito de proporcionar un generador que tenga un rendimiento eléctrico elevado siendo al mismo tiempo rentable y teniendo unas dimensiones y un peso reducidos.

65 El generador de la invención admite un número de cambios y variantes, dentro del concepto inventivo revelado en las reivindicaciones anexas. Todos los detalles del mismo pueden ser sustituidos por otras piezas técnicamente

equivalentes, y los materiales pueden variar en función de las diversas necesidades, sin alejarse del ámbito de la invención.

- 5 Mientras que el generador ha sido descrito con referencia particular a las figuras anexas, los números a los que se hace referencia en la divulgación y las reivindicaciones se utilizan únicamente con el fin de mejorar la inteligibilidad de la invención y su intención es no limitar el ámbito reivindicado de manera alguna.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un generador de energía eléctrica alimentado por una fuente de energía eléctrica externa, tal como una fuente eólica, que comprende:
- un árbol motriz (3) con un eje longitudinal (L), destinado para ser acoplado a una fuente de energía externa que tiene un par de torsión predeterminado;
 - una máquina eléctrica rotativa de reluctancia síncrona (7), que comprende un estator (8) y un rotor de laminado transversal (9) y un árbol impulsado (6) acoplado de modo operativo a dicho árbol motriz (3) para generar energía eléctrica que tiene una ondulación de par de una amplitud predeterminada durante su funcionamiento;
 - unos medios de conexión eléctrica (13) aptos para inyectar la energía eléctrica generada por dicha máquina eléctrica (7) en la red (R);
 - unos medios de control (14) destinados para el ajuste de los parámetros eléctricos y dinámicos de dicha máquina eléctrica (7);
- 10 en el que dicho estator (8) tiene un número par (n_s) de ranuras longitudinales (15) para cada par de polos, presentando dicho rotor (9) una pluralidad de hendiduras longitudinales (16) que definen un número par (n_r) de hendiduras magnéticamente equivalentes,
- 15 caracterizado por el hecho de que dicho número (n_s) de ranuras (15) es diferente del número (n_r) de hendiduras equivalentes multiplicado por un número entero (m), en donde la diferencia entre dicho número (n_s) de ranuras y dicho número (n_r) de hendiduras equivalentes es diferente de cero, +2 y -2, estando dicho rotor (9) constituido por una pluralidad de elementos laminares en forma de disco (17) dispuestos axialmente uno al lado de otro, estando dicha pluralidad de hendiduras de paso longitudinales (16) formada en cada uno de dicha pluralidad de elementos en forma de disco (17), siendo cada uno de dichos elementos laminares en forma de disco (17) sustancialmente anular, con un diámetro exterior (D) y un orificio de paso central con un diámetro interior (d), que está destinado para ser acoplado con dicho árbol impulsado (6), estando la proporción (r) entre dicho diámetro interior (d) y dicho diámetro exterior (D) de cada uno de dichos elementos laminares anulares (17) comprendida entre 0,4 y 0,8.
- 20 2. Un generador de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que dicho número (n_r) de hendiduras equivalentes del rotor (9) es superior a seis ($n_r > 6$).
- 30 3. Un generador de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que, para cada uno de dichos elementos laminares en forma de discos anulares (17) dicha proporción (r) es sustancialmente igual a 0,45 y el número (n_r) de hendiduras equivalentes es definido por la formula siguiente:
- $$n_r = n_s \pm 4$$
- 35 donde n_s es el número de dichas ranuras (15) de dicho estator (8).
4. Un generador de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que comprende una pluralidad de imanes permanentes (23) insertados en una o varias de dichas hendiduras longitudinales (16) de dicho rotor (9).
- 40 5. Un generador de acuerdo con la reivindicación 4, caracterizado por el hecho de que dichos imanes permanentes (23) contienen unas materias seleccionadas entre el grupo que comprende neodimio (Nd), hierro (Fe) y boro (Bo) y tienen una masa magnética total comprendida entre 30 kg y 150 kg para un generador que tiene una potencia máxima comprendida entre 1 MW y 3 MW.
- 45 6. Un generador de acuerdo con la reivindicación 5, caracterizado por el hecho de que dichos medios de control (14) son aptos para controlar dicha máquina eléctrica (7) con unas corrientes eléctricas comprendidas entre 400 A y 1000 A, de modo preferente entre 500 A y 800 A.
- 50 7. Un generador de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que dichos medios de control (14) comprenden un circuito (25) acoplado eléctricamente a dicho estator (8) para ajustar los parámetros eléctricos y dinámicos de dicha máquina eléctrica (7).
- 55 8. Un generador de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que dicho estator (8) comprende unas bobinas de estator (44) que tienen una extensión axial inferior a la de los estatores convencionales, de manera que se reduce la dimensión longitudinal del generador (1).

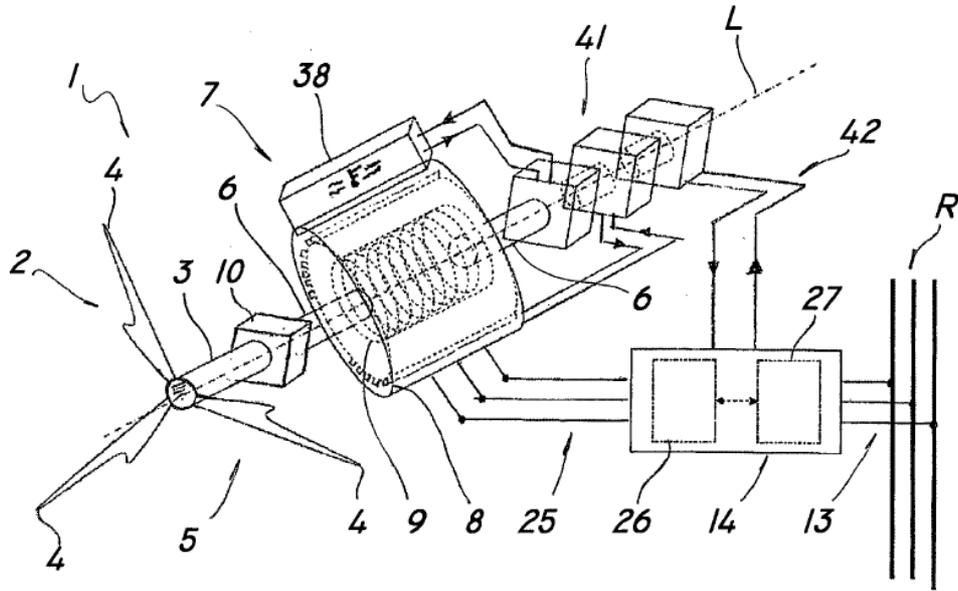


FIG. 1

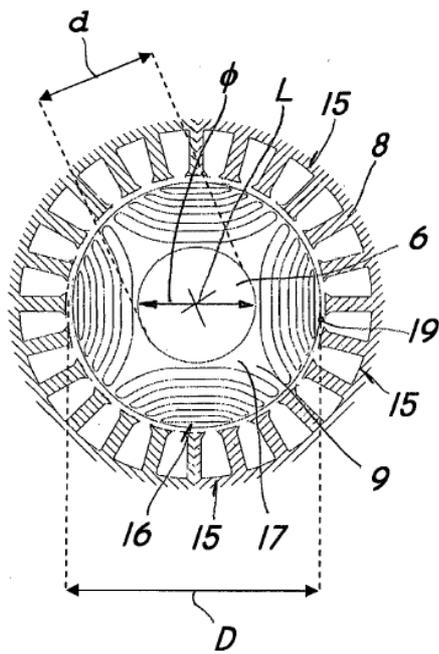


FIG. 2

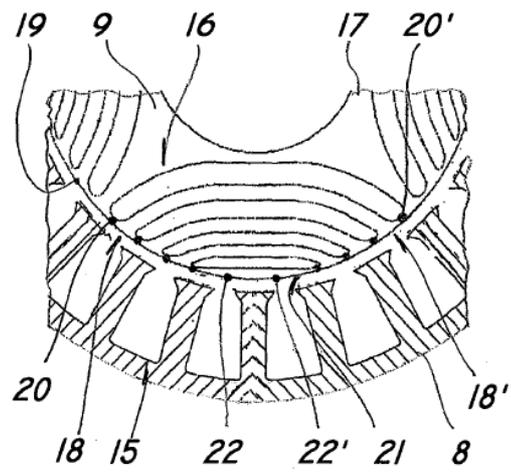


FIG. 3

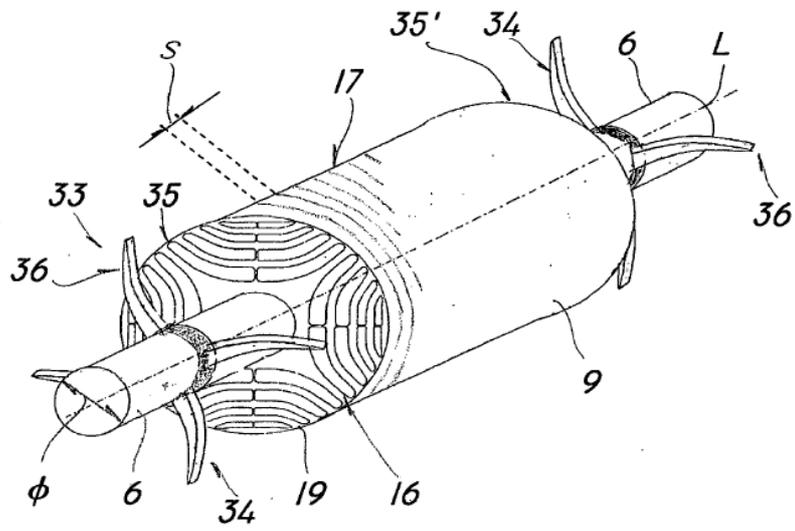


FIG. 4

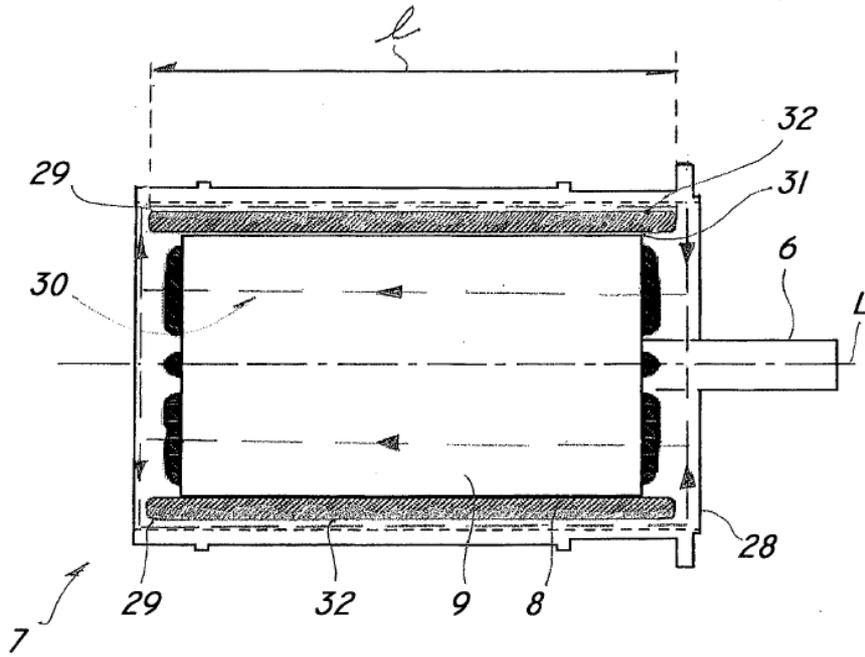


FIG. 5

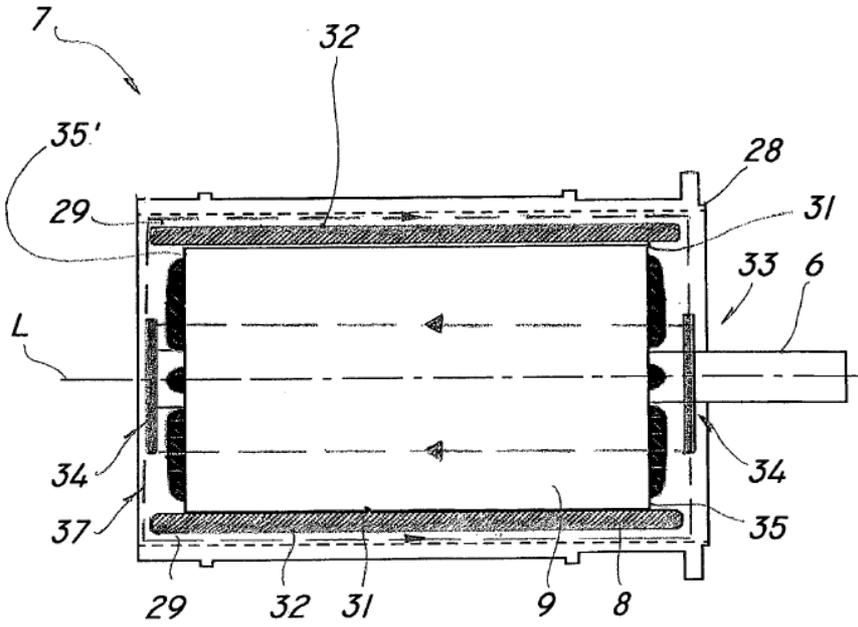


FIG. 6

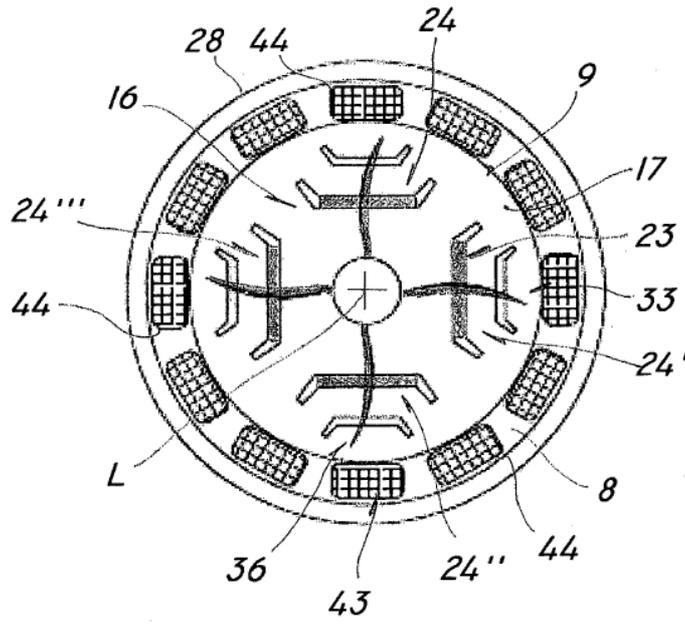


FIG. 7

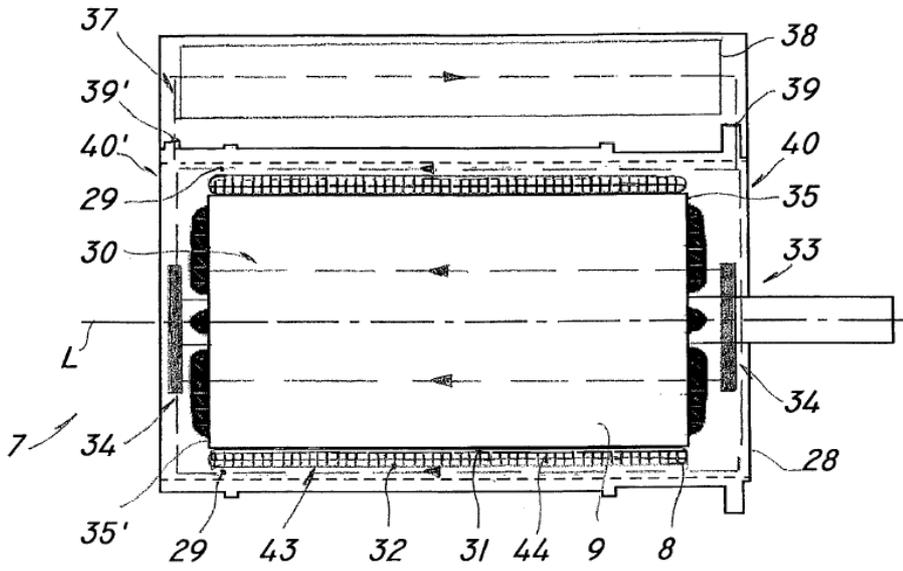


FIG. 8

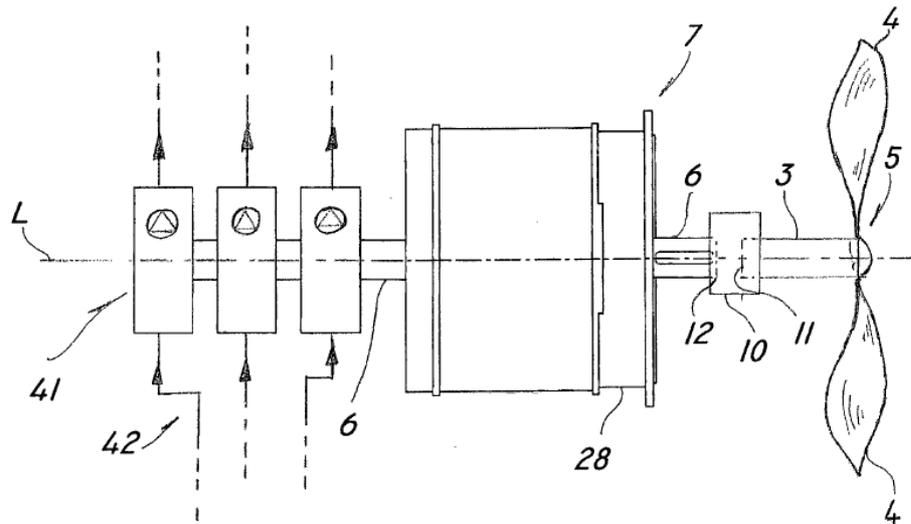


FIG. 9