

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 683 522**

51 Int. Cl.:

**H02K 7/18** (2006.01)  
**H02K 15/00** (2006.01)  
**H02K 3/51** (2006.01)  
**H02K 3/52** (2006.01)  
**H02K 5/22** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.05.2015 PCT/DK2015/050125**  
87 Fecha y número de publicación internacional: **23.12.2015 WO15192850**  
96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.05.2015 E 15723640 (7)**  
97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.07.2018 EP 3158625**

54 Título: **Método para reparar un generador eléctrico**

30 Prioridad:

**18.06.2014 DK 201470364**

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

**26.09.2018**

73 Titular/es:

**VESTAS WIND SYSTEMS A/S (100.0%)  
Hedeager 42  
8200 Aarhus N, DK**

72 Inventor/es:

**SØRENSEN, KIM SVEINSSON**

74 Agente/Representante:

**ARIAS SANZ, Juan**

ES 2 683 522 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

Método para reparar un generador eléctrico

### Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a un método para reparar un generador eléctrico, la invención también se refiere a un generador eléctrico, preferiblemente para su uso en un generador de turbina eólica (WTG). La invención se refiere además a un generador de turbina eólica correspondiente.

### Antecedentes de la invención

10 Con frecuencia se sugiere la energía eólica como fuente de energía limpia y abundante como una de las fuentes de energía más prometedoras y ha adquirido un gran impulso a nivel mundial. En las últimas décadas, se han desarrollado turbinas eólicas con diferentes generadores para aumentar la captación de energía máxima, minimizar el coste y expandir el uso de las turbinas eólicas en aplicaciones tanto en tierra como en alta mar.

15 Por tanto, a lo largo de las últimas décadas las turbinas eólicas, o generadores de turbina eólica (WTG), han experimentado una importancia creciente en la producción de energía eléctrica, y se espera que este crecimiento de energía generada a partir de WTG continúe debido a la transición a nivel mundial de combustibles fósiles, es decir carbón, petróleo y gas, a la producción de electricidad climáticamente más neutra.

20 Una turbina eólica convierte energía eólica en energía eléctrica a través de un generador eléctrico accionado por las palas de la turbina eólica en condiciones de viento. En algunas turbinas eólicas, el generador eléctrico comprende un estátor y un rotor que tienen ambos bobinas de múltiples fases, tales como un generador de inducción de alimentación doble (DFIG), un generador regulado por cascada, un generador de inducción o uno sincrónico, o un generador de CC.

25 Cuando se tiene un rotor que rota con respecto a un estátor de un generador, tiene que transferirse electricidad hasta o desde el rotor. Puede transferirse electricidad por medio de un conjunto de anillo colector también denominado superficie de contacto eléctrica rotatoria, conector eléctrico rotatorio, colector, o junta rotatoria eléctrica o giratoria, permitiendo que el rotor reciba o devuelva electricidad mientras rota con respecto al estátor. Cuando se tiene un rotor con una bobina de múltiples fases, un sistema de control dentro de la turbina eólica puede regular la frecuencia, de modo que la turbina eólica produce a una frecuencia predeterminada, por ejemplo de aproximadamente 50 Hz.

30 Para una turbina eólica con un generador de inducción de alimentación doble (DFIG), los cables de rotor desde la parte central del árbol rotatorio deben conectarse eléctricamente a las bobinas de rotor (normalmente 3 fases) en la periferia del rotor. Debido al calentamiento del rotor, los cables de alta corriente y la alta velocidad de rotación del rotor, se necesitan precauciones especiales.

35 Los cables de rotor se fijan normalmente mediante pernos y medios similares, pero la experiencia muestra que esta configuración no es lo suficientemente estable con el funcionamiento prolongado y de hecho se han producido fallos críticos a partir de esto dando como resultado una parada completa de algunos WTG. Debido al crecimiento en los últimos años en el número de WTG instalados y la importancia correspondiente para la producción de energía, tal parada durante un periodo de tiempo prolongado es altamente indeseable.

El documento de patente US 2003/0042810 A1 da a conocer un generador que comprende un conjunto de conector para conectar las bobinas de rotor con los circuitos de rectificador.

40 Por tanto, sería ventajoso un método mejorado para reparar un generador eléctrico, y en particular sería ventajoso un método más eficaz y/o fiable.

### Objeto de la invención

Un objeto adicional de la presente invención es proporcionar una alternativa a la técnica anterior.

45 En particular, puede considerarse que un objeto de la presente invención es proporcionar un método de reparación de generadores eléctricos que resuelve los problemas anteriormente mencionados de la técnica anterior con fallos críticos.

### Sumario de la invención

Por tanto, se pretende obtener el objeto anteriormente descrito y varios otros objetos, en un primer aspecto de la invención, proporcionando un método para reparar un generador eléctrico, preferiblemente en un generador de turbina eólica (WTG), comprendiendo el generador eléctrico:

50 - un estátor que tiene bobinas que forman múltiples fases de estátor (U, V, W), y

- un rotor que está montado de manera rotatoria con respecto al estátor en el generador eléctrico, teniendo el rotor bobinas que forman múltiples fases de rotor (K, L, M) en la parte exterior del rotor orientada hacia el estátor, teniendo el rotor trayectorias eléctricas a través de un árbol central y hacia fuera hacia las múltiples fases (K, L, M),

comprendiendo el método de reparación del generador eléctrico:

5 1) proporcionar un anillo de conexión de rotor, el anillo de conexión de rotor comprende un primer conjunto de conductor y un segundo conjunto de conductor en dos planos diferentes, teniendo el primer conjunto de conductor y el segundo conjunto de conductor una primera pluralidad y una segunda pluralidad, respectivamente, de segmentos de arco conductores, formando cada una de las pluralidades primera y segunda de segmentos de arco conductores una forma de tipo anillo en su plano respectivo, siendo ambas formas de tipo anillo concéntricas al árbol central cuando se monta el anillo de conexión de rotor,

10 2) proporcionar primeras conexiones eléctricas desde el árbol central del rotor hasta el anillo de conexión de rotor para las múltiples fases (K, L, M), y

3) proporcionar segundas conexiones eléctricas adicionalmente desde el anillo de conexión de rotor hasta las bobinas respectivas de las múltiples fases (K, L, M) en la parte exterior del rotor orientada hacia el estátor,

15 en el que las primeras conexiones eléctricas, el anillo de conexión de rotor intermedio y las segundas conexiones eléctricas tras el montaje en el generador facilitan trayectorias eléctricas desde el árbol central del rotor hasta las múltiples fases (K, L, M) correspondientes en el rotor.

La invención es ventajosa particularmente, pero no exclusivamente, por proporcionar un método de reparación de generador eléctrico mejorado en el que va a transferirse electricidad a las bobinas del rotor. Debido al anillo de conexión de rotor según la presente invención, las conexiones eléctricas son significativamente más estables, y pruebas realizadas por el solicitante han demostrado que particularmente se mejora la estabilidad térmica en comparación con conexiones por hilo anteriormente aplicadas desde el árbol central hasta las múltiples bobinas. En algunas ubicaciones críticas en el generador eléctrico, el solicitante ha observado una disminución significativa en la temperatura, hasta 20 grados, usando la presente invención.

25 El término "segmento de arco" puede interpretarse de manera amplia como un segmento o trayecto curvo de material conductor con una anchura y altura adecuadas para transportar la electricidad hasta la fase conectada en el rotor. Puede ser particularmente un segmento de arco circular, pero también se contemplan otras formas dentro del contexto de la presente invención, por ejemplo polígonos (triángulos, cuadrados, etc.). Ventajosamente, los segmentos de arco conductores están eléctricamente aislados unos de otros para evitar cortocircuitos. Esto puede obtenerse si cada uno de los conjuntos de conductor primero y segundo están incorporados en un elemento de anillo aislante con rebajes correspondientes para recibir los segmentos de arco conductores. La forma de tipo anillo de los conjuntos de conductor está formada de manera global por la forma de los segmentos de arco. En algunas realizaciones, la forma de tipo anillo se asemeja a un círculo con una extensión radial.

35 La forma de tipo anillo de los conjuntos de conductor primero y/o segundo puede cubrir sustancialmente toda la circunferencia del anillo de conexión de rotor tal como se observa desde el árbol central. Más específicamente, cada conjunto puede cubrir una extensión angular del 90%, preferiblemente del 95, más preferiblemente del 98%, etc., teniendo la cobertura más alta un impacto positivo sobre la estabilidad rotacional del anillo.

En una realización, el número de segmentos de arco en cada uno de los conjuntos de conductor primero y segundo es igual al número de fases (K, L, M) en el rotor, preferiblemente siendo el número de fases de rotor y de segmentos de arco en cada conjunto de conductor igual a tres. Alternativamente, las fases de rotor pueden ser opcionalmente 2 ó 4, 5 ó 6, 7, 8, 9, 10 o más dependiendo de la aplicación y contexto. Normalmente, el número de fases de estátor es igual al número de fases de rotor.

45 Para un contacto eléctrico ventajoso, uno, o más, de los segmentos de arco conductores comprenden una placa de conexión dirigida radialmente hacia dentro (tal como se observa desde el árbol central) para la recepción y el montaje de la primera conexión eléctrica correspondiente desde el árbol central con el fin de transportar la alta corriente de la fase de rotor. Adicional o alternativamente, el uno, o más, de los segmentos de arco conductores pueden comprender una placa de conexión dirigida radialmente hacia fuera para la recepción y el montaje de la segunda conexión eléctrica para la fase de rotor (K, L, M) correspondiente, que puede soportar un contacto eléctrico estable. De manera beneficiosa, el uno, o más, segmentos de arco conductores pueden tener una placa de conexión dirigida radialmente hacia dentro colocada en una posición angularmente diferente, con respecto al árbol central, de una placa de conexión dirigida radialmente hacia fuera con el fin de alinearse con las trayectorias eléctricas del generador, proporcionando así estabilidad rotacional.

55 En una realización preferida, el número de segmentos de arco puede ser de tres, pero otro número de segmentos de arco puede ser de 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 y más, dependiendo del contexto y la aplicación, en particular el número de diferentes fases de rotor en las que va a suministrarse electricidad. El número de segmentos de arco en los conjuntos de conductor primero y segundo puede ser igual o diferente. Los segmentos de arco pueden fabricarse de un material conductor, tal como una aleación de cobre o similar. El material conductor puede ser igual o diferente

para los segmentos de arco.

5 Ventajosamente, la(s) posición/posiciones angular(es) de las placas de conexión dirigidas radialmente hacia fuera en el uno, o más, segmentos de arco conductores facilita(n) que la(s) segunda(s) conexión/conexiones eléctrica(s) correspondiente(s) pueda(n) montarse en una dirección sustancialmente radial hacia la fase respectiva en el rotor (K, L, M), lo cual es ventajoso, en particular si las conexiones eléctricas primera y/o segunda comprenden hilos eléctricamente conductores adecuados para fuerzas de rotación. Tales hilos pueden montarse durante la reparación en las placas de conexión correspondientes, o pueden estar ya presentes en el generador.

10 La fijación y el contacto eléctrico de las primeras y segundas conexiones eléctricas con el anillo de conexión de rotor durante la reparación son particularmente importantes. Si se usan hilos o cables, la fijación de los mismos puede realizarse con pernos y tuercas dedicados, por ejemplo de las primeras y/o segundas conexiones eléctricas. Alternativa o adicionalmente, puede aplicarse otro método de fijación tal como soldadura por inducción, soldadura con plata, soldadura de tipo MIG, dentro del principio y las enseñanzas de la presente invención. Específicamente, la clase de aislamiento de tal fijación puede ser de un nivel superior a la del propio generador, que tiene normalmente una clase de aislamiento H (clasificada hasta 180 grados centígrados). Ventajosamente, según realizaciones de la presente invención, al menos la segunda conexión eléctrica se realiza sin hilos/cables.

15 En varias realizaciones, el método puede comprender una etapa inicial de retirar primeras y segundas conexiones eléctricas anteriormente cableadas desde el árbol central hasta las fases de rotor (K, L, M), entre otras cosas, para proporcionar una posibilidad de realizar el método de reparación según la presente invención.

20 En algunas realizaciones, el árbol central del rotor puede comprender una superficie de contacto eléctrica rotatoria que proporciona una transición para las trayectorias eléctricas desde el exterior del rotor hasta el rotor rotatorio, teniendo las trayectorias eléctricas en el árbol central rotatorio posiciones de salida en el árbol cerca de las fases de rotor, algunas veces denominadas anillo colector. Diversas superficies de contacto eléctricas rotatorias están disponibles, por ejemplo, rotores conectados con escobillas, etc. Dichas posiciones de salida de las trayectorias eléctricas en el árbol central y las placas de conexión dirigidas radialmente hacia dentro correspondientes pueden tener posiciones angulares similares, con respecto al árbol central, para facilitar que las primeras conexiones eléctricas puedan montarse en una dirección sustancialmente radial hacia la placa de conexión dirigida radialmente hacia dentro para mejorar la estabilidad rotacional.

25 La superficie de contacto eléctrica rotatoria puede comprender trayectorias eléctricas a lo largo del eje de rotación, que son, por ejemplo, cables eléctricamente conductores. Alternativamente, partes de las trayectorias eléctricas pueden ser las denominadas barras conductoras, que son más estables con respecto a la rotación.

30 Preferiblemente, la extensión radial de los conjuntos de conductor primero y segundo, según se mide desde el centro del árbol rotatorio, puede ser inferior al 10%, preferiblemente inferior al 5%, de un diámetro promedio del rotor medido en las múltiples fases (K, L, M), siendo la extensión radial limitada suficiente para una buena conductividad eléctrica a través del anillo al tiempo que no añade demasiado peso al rotor.

35 En alguna realización, puede haber más de dos planos, o niveles, de conjuntos de conductor. Por tanto, los conjuntos pueden apilarse en varios planos, los planos pueden solaparse radial y/o angularmente. Los conjuntos pueden ser idénticos pero estar desplazados axialmente a lo largo del árbol central. Los conjuntos, y la forma de tipo anillo correspondiente, pueden tener diámetros iguales, similares o bastante diferentes unos de otros.

40 En realizaciones preferidas, el anillo de conexión de rotor es una única entidad ya ensamblada antes de iniciarse la operación de reparación para reducir el tiempo de reparación global.

#### ALGUNAS DEFINICIONES:

##### Reparar

45 Debe interpretarse que la acción de "reparar" en el contexto de la presente invención incluye, pero no se limita a, restaurar sustituyendo una(s) pieza(s) por otra(s) pieza(s) para poner el generador eléctrico en un estado de funcionamiento. No se necesita que esté en un estado inicial de avería para repararse, sino que puede mejorarse realizando el método de reparación según la presente invención. Por tanto, la acción de reparar puede usarse de manera intercambiable con, o como sinónimo de, actualizar, perfeccionar, realizar mantenimiento, realizar puesta a punto, etc.

##### Generador de turbina eólica (WTG)

50 En el contexto de la presente invención, debe considerarse que el término "generador de turbina eólica", o algunas veces simplemente "turbina eólica" para abreviar, incluye, pero no se limita a, un generador de turbina eólica (WTG) que comprende una o más palas (de rotor) que pueden rotar, por la acción del viento, alrededor de un eje horizontal montado en una góndola montada en la parte más superior de una torre alargada. La propia góndola puede pivotar alrededor de un eje vertical con el fin de girar la pala de rotor en una posición alineada adecuada con la dirección del viento. La una o más palas de rotor se hacen rotar a una velocidad que depende del viento y la aerodinámica de las

palas de rotor con el fin de accionar un generador eléctrico para convertir energía eólica en energía eléctrica. En resumen, una turbina eólica o generador de turbina eólica o generador eólico o aerogenerador puede definirse como unos medios para convertir la energía cinética del viento en energía mecánica y, posteriormente, en energía eléctrica.

5 Generador eléctrico

Un generador eléctrico convierte energía cinética en energía eléctrica. Hay diversos generadores disponibles dependiendo del intervalo de velocidad, colocación, coste, peso, tamaño y calidad de potencia en la conexión a la red. Normalmente, los generadores eléctricos se clasifican según el principio de funcionamiento, posiblemente también el nivel de potencia. Generalmente, las máquinas de CA, máquinas universales y máquinas de CC son los modos de funcionamiento disponibles en general, pero dentro de la industria de WTG principalmente se usan de manera amplia máquinas de CA, preferiblemente del tipo polifásico, es decir con múltiples fases. Dentro del tipo polifásico, los generadores pueden dividirse adicionalmente en generadores de inducción y generadores síncronos. Para los generadores de tipo de inducción, la jaula de ardilla (velocidad completa, velocidad fija o de múltiples fases) y el rotor bobinado (Opti-speed o de alimentación doble) son opciones. Para los generadores de tipo síncrono, generalmente hay tres opciones 1) campo bobinado, 2) imán permanente (PM) y 3) superconductor de alta temperatura (HTS).

La presente invención es particularmente, pero no exclusivamente, relevante para generadores de inducción de rotor bobinado, más particularmente generador de inducción de alimentación doble (DFIG). Para DFIG, se conocen tres subtipos: el DFIG convencional, el generador de inducción de alimentación doble sin escobillas (BDFIM), y el generador síncrono de alimentación doble sin escobillas (BDFSM), siendo los tres relevantes dentro del contexto de la presente invención. La presente invención también es particularmente, pero no exclusivamente, relevante para generadores síncronos del tipo de campo bobinado.

En general, la presente invención es particularmente relevante para un generador eléctrico en el que conexiones eléctricas desde el exterior del rotor van a conectarse eléctricamente con las bobinas del rotor.

25 En un segundo aspecto, la invención se refiere a un generador eléctrico para convertir energía mecánica en energía eléctrica, preferiblemente en un generador de turbina eólica (WTG), comprendiendo el generador eléctrico:

- un estátor que tiene bobinas que forman múltiples fases de estátor (U, V, W), y
- un rotor que está montado de manera rotatoria con respecto al estátor en el generador eléctrico, teniendo el rotor bobinas que forman múltiples fases de rotor (K, L, M) en la parte exterior del rotor orientada hacia el estátor, teniendo el rotor trayectorias eléctricas a través de un árbol central y hacia fuera hacia las múltiples fases (K, L, M),
- un anillo de conexión de rotor, el anillo de conexión de rotor comprende un primer conjunto de conductor y un segundo conjunto de conductor en dos planos diferentes, teniendo el primer conjunto de conductor y el segundo conjunto de conductor una primera pluralidad y una segunda pluralidad, respectivamente, de segmentos de arco conductores, formando cada una de las pluralidades primera y segunda de segmentos de arco conductores una forma de tipo anillo en su plano respectivo, siendo ambas formas de tipo anillo concéntricas al árbol central,
- primeras conexiones eléctricas desde el árbol central del rotor hasta el anillo de conexión de rotor para las múltiples fases (K, L, M), y
- segundas conexiones eléctricas desde el anillo de conexión de rotor hasta las bobinas respectivas de las múltiples fases (K, L, M) en la parte exterior del rotor orientada hacia el estátor,

40 en el que las primeras conexiones eléctricas, el anillo de conexión de rotor intermedio y las segundas conexiones eléctricas facilitan trayectorias eléctricas desde el árbol central del rotor hasta las múltiples fases (K, L, M) correspondientes en el rotor.

En un tercer aspecto, la invención se refiere a un generador de turbina eólica (WTG) que comprende un generador eléctrico, comprendiendo el generador eléctrico:

- 45 - un estátor que tiene bobinas que forman múltiples fases de estátor (U, V, W), y
- un rotor que está montado de manera rotatoria con respecto al estátor en el generador eléctrico, teniendo el rotor bobinas que forman múltiples fases de rotor (K, L, M) en la parte exterior del rotor orientada hacia el estátor, teniendo el rotor trayectorias eléctricas a través de un árbol central y hacia fuera hacia las múltiples fases (K, L, M),
- un anillo de conexión de rotor, el anillo de conexión de rotor comprende un primer conjunto de conductor y un segundo conjunto de conductor en dos planos diferentes, teniendo el primer conjunto de conductor y el segundo conjunto de conductor una primera pluralidad y una segunda pluralidad, respectivamente, de segmentos de arco conductores, formando cada una de las pluralidades primera y segunda de segmentos de arco conductores una forma de tipo anillo en su plano respectivo, siendo ambas formas de tipo anillo concéntricas al árbol central,

- primeras conexiones eléctricas desde el árbol central del rotor hasta el anillo de conexión de rotor para las múltiples fases (K, L, M), y

- segundas conexiones eléctricas desde el anillo de conexión de rotor hasta las bobinas respectivas de las múltiples fases (K, L, M) en la parte exterior del rotor orientada hacia el estátor,

- 5 en el que las primeras conexiones eléctricas, el anillo de conexión de rotor intermedio y las segundas conexiones eléctricas facilitan trayectorias eléctricas desde el árbol central del rotor hasta las múltiples fases (K, L, M) correspondientes en el rotor.

Los aspectos primero, segundo y tercero de la presente invención pueden combinarse cada uno con cualquiera de los otros aspectos. Estos y otros aspectos de la invención resultarán evidentes a partir de, y se esclarecerán con  
10 referencia a, las realizaciones descritas a continuación en el presente documento.

### Breve descripción de las figuras

Ahora se describirá el método según la invención en más detalle con respecto a las figuras adjuntas. Las figuras muestran una manera de implementar la presente invención y no deben interpretarse como limitativas de otras posibles realizaciones que se encuentran dentro del alcance del juego de reivindicaciones adjunto.

- 15 La figura 1 es un dibujo esquemático de un generador de turbina eólica (WTG) según la presente invención,

la figura 2 es una vista lateral de la góndola del WGT mostrado en la figura 1,

la figura 3 es un dibujo esquemático del tren de accionamiento mecánico del WTG con una caja de engranajes y un generador eléctrico según la presente invención,

la figura 4 es una vista en sección transversal esquemática de un generador eléctrico según la presente invención,

- 20 la figura 5 es una vista en sección transversal esquemática de un rotor de un generador eléctrico según la presente invención,

la figura 6 es un dibujo en perspectiva en despiece ordenado de un anillo de conexión de rotor según la presente invención,

- 25 la figura 7 muestra un dibujo en perspectiva esquemático de un anillo de conexión de rotor cuando se monta según la presente invención,

la figura 8 es una vista lateral en sección transversal esquemática de un rotor de un generador eléctrico según la presente invención,

la figura 9 es un dibujo esquemático que muestra las trayectorias eléctricas de una fase K,

- 30 la figura 10 es un gráfico que muestra el efecto sobre la temperatura del anillo de conexión de rotor según la presente invención, y

la figura 11 es un diagrama de flujo de un método según la invención.

### Descripción detallada de una realización

- 35 La figura 1 es un dibujo esquemático de un generador de turbina eólica (WTG) 100, tal como se observa en una vista frontal, según la presente invención. El WTG 100 comprende una o más palas montadas de manera rotatoria 110, por ejemplo tres palas tal como se muestra en la figura 1, conectadas a la góndola 104 a través de un buje 106. La góndola 104 está montada de manera pivotante en una parte superior de una torre 108. Las palas de rotor se hacen rotar a una velocidad que depende del viento y la aerodinámica de las palas de rotor con el fin de accionar un generador eléctrico (no mostrado en la figura 1) para convertir energía eólica en energía eléctrica.

- 40 La figura 2 es una vista lateral de la góndola del WGT de la figura 1 que muestra la conexión mecánica de la pala 110 (en este caso sólo se muestra parcialmente una pala) a través del buje 106 en la góndola 104. Para más detalles sobre el diseño y aplicaciones de WTG, se remite al lector experto, por ejemplo, a Wind Turbines - Fundamentals, Technologies, Application, Economics de Erich Hau (Springer Verlag, 2006). Las palas 110 se denominan generalmente máquina motriz en el campo de los generadores.

- 45 La figura 3 es un dibujo esquemático del tren de accionamiento mecánico del WTG 100 mostrado en las figuras 1-2 con una caja de engranajes intermedia 130 "ENGRANAJES", y un generador eléctrico 10 "GEN" según la presente invención. El tren de accionamiento mecánico comprende normalmente las partes rotatorias desde el buje 106 hasta el generador eléctrico 10. Un primer árbol rotatorio 131 conectado al buje 106 está conectado adicionalmente, a su vez, a una caja de engranajes 130 que aumenta significativamente la velocidad de rotación baja de las palas 110 y transmite la velocidad de rotación superior a través de un segundo árbol 132 al generador 10 en el que la energía de  
50 rotación se convierte de manera electromagnética en energía eléctrica, por ejemplo mediante un generador de

inducción de alimentación doble (DFIG), u otras clases de generadores eléctricos adecuados para su aplicación en turbinas eólicas teniendo en cuenta la naturaleza variable intrínseca del viento que actúa normalmente sobre la máquina motriz. Velocidades de rotación típicas del primer árbol 131 son de 10-20 revoluciones por minuto (RPM) y de 1000-1600 RPM para el segundo árbol 132. El conjunto de tren de accionamiento mostrado en el que los árboles rotatorios primero 131 y segundo 132 están alineados (aunque también es posible una configuración en paralelo) es una configuración común para trenes de accionamiento de WTG, pero la presente invención no se limita a esta configuración particular del tren de accionamiento mecánico, por ejemplo el generador 10 puede montarse alternativamente en vertical mediante un engranaje que dirige el movimiento de rotación a una dirección ortogonal, el generador y opcionalmente la caja de engranajes pueden montarse alternativamente en la base de la torre, etc. La presente invención también puede aplicarse para un tren de accionamiento mecánico sin caja de engranajes.

La figura 4 es una vista en sección transversal esquemática (tal como se observa desde el buje 106) de un generador eléctrico 10 GEN según la presente invención, particularmente del tipo de generador de inducción de alimentación doble, aunque las enseñanzas y el principio de la invención pueden aplicarse a cualquier generador en el que va a suministrarse electricidad al rotor 30 mediante conexiones o trayectorias eléctricas a las partes de rotor apropiadas, tal como apreciará el experto. El generador eléctrico 10 está colocado en el generador de turbina eólica (WTG) dentro de la góndola 104 tal como se explicó en relación con las figuras 1-3 anteriormente. El generador eléctrico 10 comprende un estátor 20 que tiene bobinas que forman múltiples fases de estátor, denominadas convencionalmente U, V y W tal como se indica. Por motivos de simplicidad, no se muestra la separación entre las fases de estátor, sino que las tres fases tienen una parte igual de la circunferencia del estátor, es decir aproximadamente 120 grados, y cada una puede disponerse en pares de polos con un polo norte y uno sur (no mostrado) dispuestos de manera opuesta con 180 grados entre ellos en la circunferencia del estátor.

El rotor 30 está montado de manera rotatoria con respecto al estátor 20 en el generador eléctrico 10, tal como se indica por la flecha A, el rotor tiene bobinas que forman múltiples fases de rotor tal como se indica en este caso con tres fases convencionalmente denominadas K, L y M en la parte exterior del rotor 30 orientada hacia el estátor 20. De manera similar a las fases de estátor, las tres fases de rotor pueden disponerse en pares de polos con un polo norte y uno sur (no mostrado), dispuestos de manera opuesta con 180 grados entre ellos en la circunferencia del rotor. De esta manera, la distancia angular entre los polos en el rotor será de 60 grados (6 polos en total).

Aunque no influye directamente en la presente invención, puede mencionarse que la configuración de rotor puede ser una conexión en estrella o en delta (también conocido como conexión en Y o en delta). Dentro del contexto de la presente invención se contemplan diversas conexiones de rotor, por ejemplo conexión en paralelo o en serie.

Para más detalles sobre las configuraciones de fase de rotor y de estátor y posibles variaciones de las mismas, se remite al lector experto, por ejemplo, a las secciones relevantes de Electrical Machines, Drives, and Power Systems de Theodore Wildi (2002, Prentice Hall).

El rotor 30 tiene trayectorias eléctricas a través del árbol central 132, por ejemplo a través de un anillo colector (no mostrado), y hacia fuera hacia las múltiples fases K, L y M, tal como conocerá fácilmente y apreciará el experto en generadores eléctricos.

La figura 5 es una vista en sección transversal esquemática de un rotor 30 de un generador eléctrico 10 según la presente invención. El anillo de conexión de rotor 40 se muestra entre el árbol de rotación 132 y las tres fases K, L y M. También se muestran esquemáticamente primeras conexiones eléctricas 50, por ejemplo hilos eléctricamente conductores, por ejemplo, de una aleación de cobre, más particular desde el árbol central 132 del rotor 30 hasta el anillo de conexión de rotor 40 para las tres fases K, L y M. Dos de las primeras conexiones eléctricas 50 se denominan más particularmente K1' y K2' para indicar su relación con la fase de rotor K en la periferia del rotor 30. Las dos conexiones eléctricas K1' y K2' están ambas conectadas al anillo 40 pero están eléctricamente aisladas una de otra en el anillo 40 tal como se explicará en relación con la figura 6 a continuación. De manera similar, las otras primeras conexiones eléctricas 50 están eléctricamente aisladas unas de otras en el anillo de conexión de rotor 40.

La figura 5 también muestra segundas conexiones eléctricas 60 desde el anillo de conexión de rotor 40 hasta las bobinas respectivas de las múltiples fases K, L y M en la parte exterior del rotor 30. De nuevo, dos de las segundas conexiones eléctricas 60 se denominan más particularmente K1'' y K2'' para indicar su relación con la fase de rotor K en la periferia del rotor 30.

En esta realización, cada una de las fases, K, L y M, está por tanto conectada eléctricamente con dos conexiones eléctricas para formar trayectorias eléctricas a través del árbol 132 hasta el exterior del rotor, más particularmente hasta electrónica de control apropiada (no mostrada) del generador eléctrico dispuesta para controlar la electricidad en las fases de rotor individuales. Por consiguiente, las primeras conexiones eléctricas 50, el anillo de conexión de rotor intermedio 40 y las segundas conexiones eléctricas facilitarán trayectorias eléctricas desde el árbol central 132 del rotor hasta las múltiples fases correspondientes, K, L y M, en el rotor tras el montaje en el generador 30.

La figura 6 es un dibujo en perspectiva en despiece ordenado de un anillo de conexión de rotor 40 según la presente invención. El anillo de conexión de rotor comprende un primer conjunto de conductor 44 y un segundo conjunto de conductor 46 en dos planos diferentes, tal como se indica esquemáticamente mediante los planos parciales P1 y P2.

Los planos P1 y P2 son paralelos entre sí para ganar estabilidad durante la rotación y para facilidad de montaje del anillo 40.

El primer conjunto de conductor y el segundo conjunto de conductor tienen una primera pluralidad y una segunda pluralidad, respectivamente, de segmentos de arco conductores 44a, 44b y 44c, y 46a, 46b y 46c. Cada una de las pluralidades primera y segunda de segmentos de arco conductores está formando una forma de tipo anillo en su plano P1 y P2 respectivo. Ambas formas de tipo anillo son concéntricas al árbol central 132 (no mostrado en la figura 6, pero véanse las figuras anteriores 4 y 5) cuando se monta el anillo de conexión de rotor 40 potenciando la estabilidad rotacional del anillo 40 y las primeras 50 y segundas 60 conexiones eléctricas. En particular, debe observarse que los segmentos de arco proporcionan un círculo casi completo de un material homogéneo, por ejemplo una aleación de cobre, proporcionando gracias al diseño un anillo equilibrado durante la rotación.

El número de segmentos de arco, 44a, 44b y 44c, y 46a, 46b y 46c, en cada uno de los conjuntos de conductor primero 44 y segundo 46, respectivamente, es en este caso igual al número de fases, K, L, M, en el rotor, es decir, siendo el número de fases de rotor y de segmentos de arco en cada conjunto de conductor igual a tres.

Los conjuntos de conductor primero 44 y segundo 46 van a incorporarse en elementos de anillo aislantes 48 y 49 con rebajes correspondientes para recibir los segmentos de arco conductores tal como se observa en la figura 6. El elemento de anillo aislante 48 ó 49 puede fabricarse, por ejemplo, de un material compuesto reforzado con fibra de vidrio (por ejemplo Petimax o similar), preferiblemente con material de inhibición de llamas tal como se usa convencionalmente para generadores eléctricos.

El segmento de arco conductor 44a comprende una placa de conexión dirigida radialmente hacia dentro 44d para la recepción y el montaje de la primera conexión eléctrica 50 correspondiente desde el árbol central 132, teniendo la placa un orificio para la conexión y fijación con pernos correspondiente. De manera similar, el segmento de arco conductor 44a comprende una placa de conexión dirigida radialmente hacia fuera 44e para la recepción y el montaje de la segunda conexión eléctrica 50 para la fase de rotor correspondiente. Los otros segmentos de arco conductores 44b y 44c, y 46a, 46b y 46c, tienen placas dirigidas radialmente hacia dentro y hacia fuera similares tal como se observa en la figura 6, aunque no se numeran por motivos de claridad en la figura.

También merece la pena destacar que, desde un punto de vista eléctrico, las placas de conexión dirigidas radialmente hacia dentro y hacia fuera, por ejemplo las placas 44d y 44e, están colocadas en posiciones angulares diferenciadas (tal como se observa desde el árbol central), pero no están colocadas en el extremo final del segmento de arco 44a, lo cual apunta al hecho de que estas partes finales del segmento de arco, es decir no colocadas entre las placas, pueden ser superfluas. Sin embargo, desde un punto de vista de estabilidad rotacional, no son superfluas porque de ese modo se estabiliza el anillo 40. También se contempla que el material adicional de material conductor del segmento de arco contribuye a la estabilidad térmica porque puede actuar como foco térmico en caso de calentamiento.

En la parte superior de la vista en despiece ordenado en la figura 6 se muestra un anillo de cierre 70, que está destinado al montaje y aislamiento finales del anillo 40. Al igual que los elementos de aislamiento de anillo 48 y 49, el anillo de cierre 70 debe fabricarse de un material de inhibición de llamas y aislante apropiado.

Antes del montaje del anillo de conexión de rotor 40, el anillo 40 está en una condición ensamblada, es decir, los conjuntos de conductor primero y segundo se insertan en los elementos de anillo aislantes 48 y 49 correspondientes con el anillo superior 70 de la figura 6 montado. El método comprende una etapa inicial de retirar primeras y segundas conexiones eléctricas anteriormente cableadas desde el árbol central hasta las fases de rotor K, L y M.

Obsérvese que los segmentos de arco 46a, 46b y 46c están eléctricamente aislados uno de otro mediante el elemento de anillo aislante 49. Aunque los segmentos de arco están aislados uno de otro, juntos cubren sustancialmente toda la circunferencia del anillo de conexión de rotor 40 tal como se observa desde una posición central en la que se coloca el árbol central tras el montaje del anillo. Para un sistema de coordenadas polares cilíndricas en el centro con el eje z en paralelo y coincidente con el centro del árbol central 132, los segmentos de arco de cada conjunto de conductor pueden cubrir una coordenada angular ( $\theta$ ) de aproximadamente más del 90%, el 95% o el 98% de los 360 grados.

La figura 7 muestra un dibujo en perspectiva esquemático de un anillo de conexión de rotor 40 cuando se monta en un rotor 30 según la presente invención. El anillo 40 se fija en disposiciones de montaje 81 y 82 específicamente instaladas en el rotor durante la operación de reparación con el fin de mantener el anillo en posición durante la rotación a alta velocidad del rotor. Se ve que la primera conexión eléctrica 50 se dirige radialmente, en gran medida, desde el árbol central 132 hacia el anillo 40 en el que los hilos eléctricos se sujetan con pernos a una placa de conexión dirigida hacia dentro 44d. También se muestran segundas conexiones eléctricas 60 a través de placas de conexión radialmente hacia fuera hasta el rotor. Obsérvese cómo estas placas de conexión están curvadas para proporcionar el mejor solapamiento con respecto a las segundas conexiones eléctricas 60 que tienen superficies planas opuestas para su conexión eléctrica.

El rotor en la figura 7 puede tener un diámetro exterior de aproximadamente 700 mm, siendo el diámetro interior y exterior del anillo 40 de aproximadamente 300 mm y aproximadamente 270 mm, respectivamente. La primera

- conexión eléctrica 50, es decir los hilos conductores desde el árbol central, debe ser lo suficientemente grande como para transportar una alta corriente hasta las fases de rotor (por ejemplo 1-2 kA) y por consiguiente pueden necesitarse secciones transversales de aproximadamente 50-200 mm<sup>2</sup>, normalmente 90-120 mm<sup>2</sup>. Deben considerarse dimensiones correspondientes de los segmentos de arco de conducción para evitar pérdida resistiva y calentamiento en los segmentos.
- El anillo 40 puede cubrirse con tela para proporcionar fijación adicional. La segunda conexión eléctrica 60 también puede cubrirse con una tela para mantener un elemento de soporte en su posición para contrarrestar la acción de las fuerzas centrífugas durante la rotación.
- La figura 8 es una vista lateral en sección transversal esquemática de un rotor 30 de un generador eléctrico según la presente invención similar a la figura 5.
- Por motivos de claridad, las placas de conexión dirigidas radialmente hacia dentro y hacia fuera no se muestran directamente en este caso, pero, haciendo referencia a las figuras 5-7, están colocadas en posiciones adecuadas para las conexiones eléctricas primera 50 y segunda 60.
- Debe entenderse que pueden colocarse placas de conexión dirigidas hacia dentro en una posición angularmente diferente, tal como se observa en un sistema de coordenadas polares cilíndricas en el árbol central 132, de una placa de conexión dirigida radialmente hacia fuera, es decir la segunda conexión eléctrica 60 K1" está colocada a  $\theta_2$  que es diferente de la posición angular de la primera conexión eléctrica 50 K1'  $\theta_1$ . Por tanto, la posición angular de las placas de conexión dirigidas radialmente hacia fuera en el segmento de arco conductor correspondiente de la fase K facilita que la segunda conexión eléctrica 60 K1" correspondiente pueda montarse en una dirección sustancialmente radial hacia la fase K respectiva en el rotor 30 tal como se indica esquemáticamente.
- El árbol central 132 del rotor comprende una superficie de contacto eléctrica rotatoria que proporciona una transición para las trayectorias eléctricas desde el exterior del rotor hasta el rotor rotatorio 30, teniendo las trayectorias eléctricas en el árbol central rotatorio posiciones de salida en el árbol cerca de las fases de rotor. Estas posiciones de salida de las trayectorias eléctricas en el árbol central 132 y las placas de conexión dirigidas radialmente hacia dentro correspondientes tienen posiciones angulares similares, es decir  $\theta_1$  y  $\theta_3$  en la figura 8, tal como se observa en un sistema de coordenadas polares cilíndricas en el árbol central 132, para facilitar que las primeras conexiones eléctricas 50 puedan montarse en una dirección sustancialmente radial hacia la placa de conexión dirigida radialmente hacia dentro. Por tanto, cuando se realizan reparaciones el anillo de conector es preferiblemente adecuado específicamente para la configuración de rotor y sus conexiones eléctricas con las fases de rotor.
- La figura 9 es un dibujo esquemático que muestra las trayectorias eléctricas de una fase K. No se muestra que las dos trayectorias K1 y K2 estén conectadas con la fase de rotor en el extremo distal por motivos de claridad, pero se muestran las conexiones eléctricas primera 50 y segunda 60 a través del anillo de conexión intermedio 40. Obsérvese cómo la trayectoria K1 está eléctricamente conectada mediante el anillo 40 a través del segmento de arco 44a en el plano P1, mientras que la trayectoria K2 está eléctricamente conectada mediante el anillo 40 a través del segmento de arco 46a en el plano P2. También se muestra esquemáticamente la superficie de contacto eléctrica rotatoria 93 a través del árbol rotatorio 132 desde el convertidor 95, por ejemplo el denominado anillo colector. Los puntos marcados dentro del trayecto K1 y K2 seguidos por .1, .2, .3 etc. indican puntos de mediciones de temperatura realizadas por el solicitante para demostrar el efecto de la presente invención.
- La figura 10 es un gráfico que muestra el efecto sobre la temperatura (grados centígrados) del anillo de conexión de rotor según la presente invención en diversas posiciones en el generador. El término de la leyenda "ANTIGUO" indica mediciones de temperatura sin la presente invención, y el término de la leyenda "NUEVO" indica mediciones de temperatura realizadas con la presente invención montada, es decir con un anillo de conexión de rotor tal como se explicó anteriormente. Se observa que la presente invención provoca una reducción significativa de la temperatura en particular en los puntos K1.6 y K1.7.
- La figura 11 es un diagrama de flujo de un método según la invención, es decir un método para reparar un generador eléctrico 10, preferiblemente en un generador de turbina eólica (WTG, 100) tal como se observa en la figura 1, comprendiendo el generador eléctrico:
- un estátor 20 que tiene bobinas que forman múltiples fases de estátor U, V y W, y
  - un rotor 30 que está montado de manera rotatoria con respecto al estátor en el generador eléctrico, teniendo el rotor bobinas que forman múltiples fases de rotor, K, L y M, en la parte exterior del rotor orientada hacia el estátor, teniendo el rotor trayectorias eléctricas a través de un árbol central 132 y hacia fuera hacia las múltiples fases, K, L y M,
- comprendiendo el método de reparación del generador eléctrico:
- S1 proporcionar un anillo de conexión de rotor 40, el anillo de conexión de rotor comprende un primer conjunto de conductor 44 y un segundo conjunto de conductor 46 en dos planos diferentes, P1 y P2, teniendo el primer conjunto de conductor y el segundo conjunto de conductor una primera pluralidad y una segunda pluralidad, respectivamente,

de segmentos de arco conductores, 44a, 44b y 44c, y 46a, 46b y 46c, formando cada una de las pluralidades primera y segunda de segmentos de arco conductores una forma de tipo anillo en su plano respectivo, P1 y P2, siendo ambas formas de tipo anillo concéntricas al árbol central cuando se monta el anillo de conexión de rotor,

5 S2 proporcionar primeras conexiones eléctricas 50 desde el árbol central del rotor hasta el anillo de conexión de rotor para las múltiples fases, K, L y M, y

S3 proporcionar segundas conexiones eléctricas 60 adicionalmente desde el anillo de conexión de rotor hasta las bobinas respectivas de las múltiples fases, K, L y M, en la parte exterior del rotor orientada hacia el estátor,

10 en el que las primeras conexiones eléctricas, el anillo de conexión de rotor intermedio y las segundas conexiones eléctricas, tras el montaje en el generador, facilitan trayectorias eléctricas, por ejemplo K1 y K2, desde el árbol central 132 del rotor hasta las múltiples fases correspondientes, K, L y M, en el rotor.

15 En resumen, la presente invención se refiere a un método para reparar un generador eléctrico, preferiblemente en un generador de turbina eólica WTG, teniendo el generador eléctrico 10 un estátor y un rotor 30 montado de manera rotatoria con respecto al estátor. El método de reparación del generador eléctrico proporciona un anillo de conexión de rotor 40 con un primer conjunto de conductor y un segundo conjunto de conductor en dos planos diferentes, cada  
20 conjunto con una pluralidad de segmentos de arco conductores. Cada una de las pluralidades primera y segunda de segmentos de arco conductores forma una forma de tipo anillo en su plano respectivo, siendo ambas formas de tipo anillo concéntricas al árbol central 132 cuando se monta el anillo de conexión de rotor. Las primeras conexiones eléctricas 50 desde el árbol central se conectan con el anillo de conexión de rotor para las múltiples fases, K, L y M. Las segundas conexiones eléctricas 60 conectan adicionalmente desde el anillo de conexión de rotor hasta las bobinas respectivas de las múltiples fases, K, L y M, en la parte exterior del rotor orientada hacia el estátor. El anillo de conexión de rotor potencia la estabilidad rotacional y térmica del generador eléctrico.

25 Aunque se ha descrito la presente invención en relación con las realizaciones especificadas, no debe interpretarse como que está limitada de ninguna manera a los ejemplos presentados. El alcance de la presente invención se expone por el juego de reivindicaciones adjunto. En el contexto de las reivindicaciones, los términos "que comprende" o "comprende" no excluyen otros posibles elementos o etapas. Además, no debe interpretarse que la mención de referencias tales como "un" o "una", etc., excluye una pluralidad. Tampoco debe interpretarse que el uso de signos de referencia en las reivindicaciones con respecto a elementos indicados en las figuras limita el alcance de la invención. Además, características individuales mencionadas en diferentes reivindicaciones pueden combinarse posiblemente de manera ventajosa, y la mención de estas características en reivindicaciones diferentes  
30 no excluye que una combinación de características sea posible y ventajosa.

**REIVINDICACIONES**

1. Método para reparar un generador eléctrico (10), preferiblemente en un generador de turbina eólica (WTG, 100), comprendiendo el generador eléctrico:
  - un estátor (20) que tiene bobinas que forman múltiples fases de estátor (U, V, W), y
  - 5 - un rotor (30) que está montado de manera rotatoria con respecto al estátor en el generador eléctrico, teniendo el rotor bobinas que forman múltiples fases de rotor (K, L, M) en la parte exterior del rotor orientada hacia el estátor, teniendo el rotor trayectorias eléctricas a través de un árbol central (132) y hacia fuera hacia las múltiples fases (K, L, M),  
comprendiendo el método de reparación del generador eléctrico:
  - 10 etapa 1)  
proporcionar un anillo de conexión de rotor (40), el anillo de conexión de rotor comprende un primer conjunto de conductor (44) y un segundo conjunto de conductor (46) en dos planos diferentes (P1, P2) paralelos entre sí,  
15 teniendo el primer conjunto de conductor y el segundo conjunto de conductor una primera pluralidad y una segunda pluralidad, respectivamente, de segmentos de arco conductores (44a, 44b, 44c, 46a, 46b, 46c), formando cada una de las pluralidades primera y segunda de segmentos de arco conductores una forma de tipo anillo en su plano (P1, P2) respectivo, siendo ambas formas de tipo anillo concéntricas al árbol central cuando se monta el anillo de conexión de rotor,  
etapa 2)  
20 proporcionar primeras conexiones eléctricas (50) desde el árbol central del rotor hasta el anillo de conexión de rotor para las múltiples fases (K, L, M), y  
etapa 3)  
proporcionar segundas conexiones eléctricas (60) adicionalmente desde el anillo de conexión de rotor hasta las bobinas respectivas de las múltiples fases (K, L, M) en la parte exterior del rotor orientada hacia el estátor,  
25 en el que las primeras conexiones eléctricas, el anillo de conexión de rotor intermedio y las segundas conexiones eléctricas tras el montaje en el generador facilitan trayectorias eléctricas desde el árbol central del rotor hasta las múltiples fases (K, L, M) correspondientes en el rotor.
- 30 2. Método según la reivindicación 1, en el que los segmentos de arco conductores están eléctricamente aislados uno de otro.
3. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que cada uno de los conjuntos de conductor primero (44) y segundo (46) están incorporados en un elemento de anillo aislante (48, 49) con rebajes correspondientes para recibir los segmentos de arco conductores.
- 35 4. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la forma de tipo anillo de los conjuntos de conductor primero y/o segundo cubre sustancialmente toda la circunferencia del anillo de conexión de rotor (40) tal como se observa desde el árbol central.
- 40 5. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el número de segmentos de arco en cada uno de los conjuntos de conductor primero y segundo es igual al número de fases (K, L, M) en el rotor, preferiblemente siendo el número de fases de rotor y de segmentos de arco en cada conjunto de conductor igual a tres.
- 45 6. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que uno, o más, de los segmentos de arco conductores (44a, 44b, 44c, 46a, 46b, 46c) comprenden una placa de conexión dirigida radialmente hacia dentro (44d) para la recepción y el montaje de la primera conexión eléctrica (50) correspondiente desde el árbol central, y/o comprenden una placa de conexión dirigida radialmente hacia fuera (44e) para la recepción y el montaje de la segunda conexión eléctrica para la fase de rotor (K, L, M) correspondiente.
7. Método según la reivindicación 6, en el que uno, o más, segmentos de arco conductores tienen una placa de conexión dirigida radialmente hacia dentro colocada en una posición angularmente diferente, con respecto al árbol central, de una placa de conexión dirigida radialmente hacia fuera.
- 50 8. Método según cualquiera de las reivindicaciones 6 ó 7, en el que las conexiones eléctricas primera y/o segunda comprenden hilos eléctricamente conductores, montándose los hilos durante la reparación en las

placas de conexión correspondientes.

9. Método según la reivindicación 7, y opcionalmente la reivindicación 8, en el que la(s) posición/posiciones angular(es) de las placas de conexión dirigidas radialmente hacia fuera en el uno, o más, segmentos de arco conductores facilita(n) que la(s) segunda(s) conexión/conexiones eléctrica(s) correspondiente(s) pueda(n) montarse en una dirección sustancialmente radial hacia la fase respectiva en el rotor (K, L, M).
10. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el árbol central del rotor comprende una superficie de contacto eléctrica rotatoria que proporciona una transición para las trayectorias eléctricas desde el exterior del rotor hasta el rotor rotatorio, teniendo las trayectorias eléctricas en el árbol central rotatorio posiciones de salida en el árbol cerca de las fases de rotor.
11. Método según las reivindicaciones 6 y 10, en el que dichas posiciones de salida de trayectorias eléctricas en el árbol central y las placas de conexión dirigidas radialmente hacia dentro correspondientes tienen posiciones angulares similares, con respecto al árbol central, de modo que se facilita que las primeras conexiones eléctricas puedan montarse en una dirección sustancialmente radial hacia la placa de conexión dirigida radialmente hacia dentro.
12. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la extensión radial de los conjuntos de conductor primero y segundo, según se mide desde el centro del árbol rotatorio, es inferior al 10%, preferiblemente inferior al 5%, de un diámetro promedio del rotor medido en las múltiples fases (K, L, M).
13. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el método comprende una etapa inicial de retirar primeras y segundas conexiones eléctricas anteriormente cableadas desde el árbol central hasta las fases de rotor (K, L, M).
14. Generador eléctrico (10) para convertir energía mecánica en energía eléctrica, preferiblemente en un generador de turbina eólica (WTG, 100), comprendiendo el generador eléctrico:
- un estátor (20) que tiene bobinas que forman múltiples fases de estátor (U, V, W), y
  - un rotor (30) que está montado de manera rotatoria con respecto al estátor en el generador eléctrico, teniendo el rotor bobinas que forman múltiples fases de rotor (K, L, M) en la parte exterior del rotor orientada hacia el estátor, teniendo el rotor trayectorias eléctricas a través de un árbol central (132) y hacia fuera hacia las múltiples fases (K, L, M),
  - un anillo de conexión de rotor (40), el anillo de conexión de rotor comprende un primer conjunto de conductor (44) y un segundo conjunto de conductor (46) en dos planos diferentes (P1, P2) paralelos entre sí,
- teniendo el primer conjunto de conductor y el segundo conjunto de conductor una primera pluralidad y una segunda pluralidad, respectivamente, de segmentos de arco conductores (44a, 44b, 44c, 46a, 46b, 46c), formando cada una de las pluralidades primera y segunda de segmentos de arco conductores una forma de tipo anillo en su plano (P1, P2) respectivo, siendo ambas formas de tipo anillo concéntricas al árbol central,
- primeras conexiones eléctricas (50) desde el árbol central del rotor hasta el anillo de conexión de rotor para las múltiples fases (K, L, M), y
  - segundas conexiones eléctricas (60) desde el anillo de conexión de rotor hasta las bobinas respectivas de las múltiples fases (K, L, M) en la parte exterior del rotor orientada hacia el estátor,
- en el que las primeras conexiones eléctricas, el anillo de conexión de rotor intermedio y las segundas conexiones eléctricas facilitan trayectorias eléctricas desde el árbol central del rotor hasta las múltiples fases (K, L, M) correspondientes en el rotor.
15. Generador de turbina eólica (WTG, 100) que comprende un generador eléctrico (10) según la reivindicación 14.

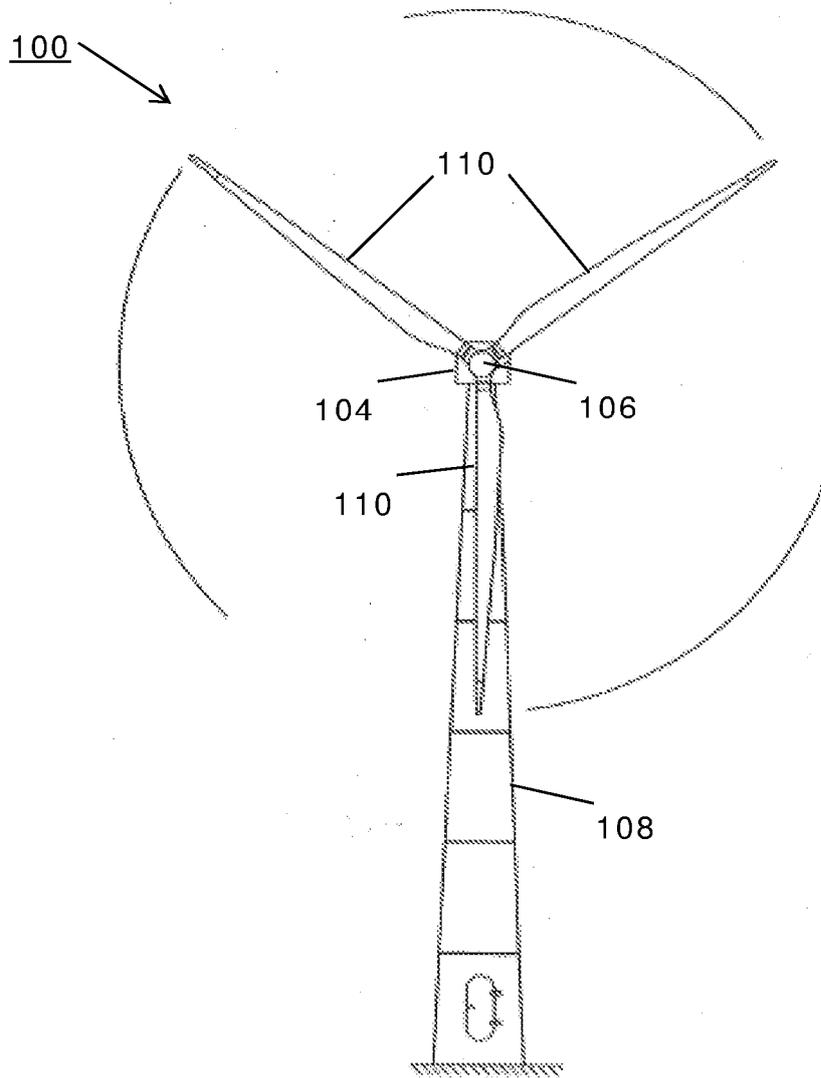


Fig. 1

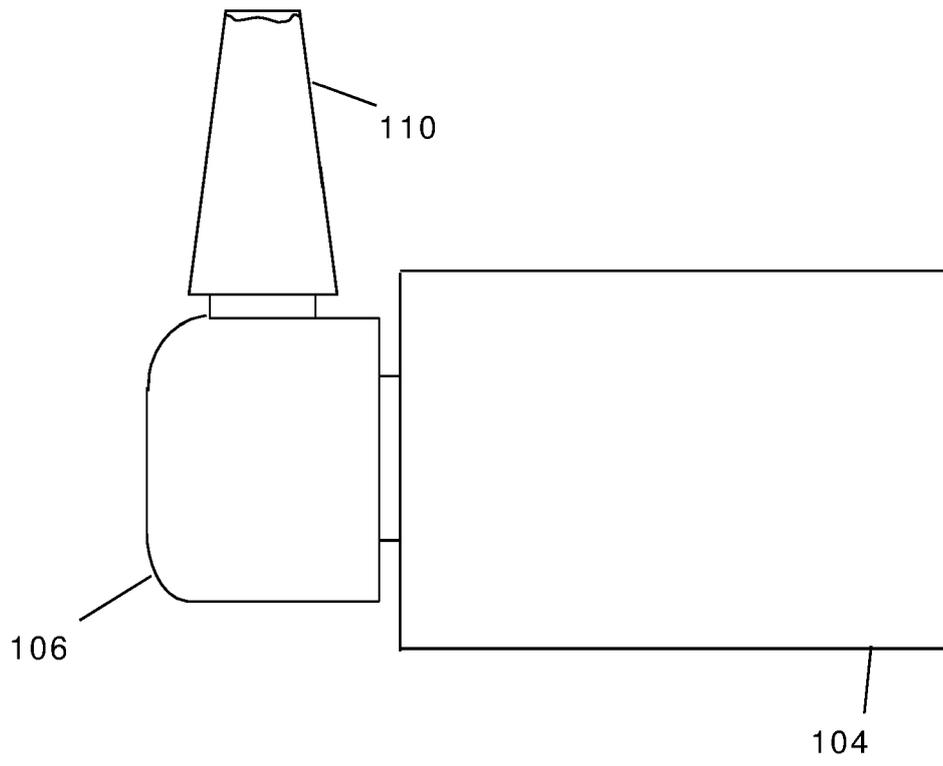


Fig. 2

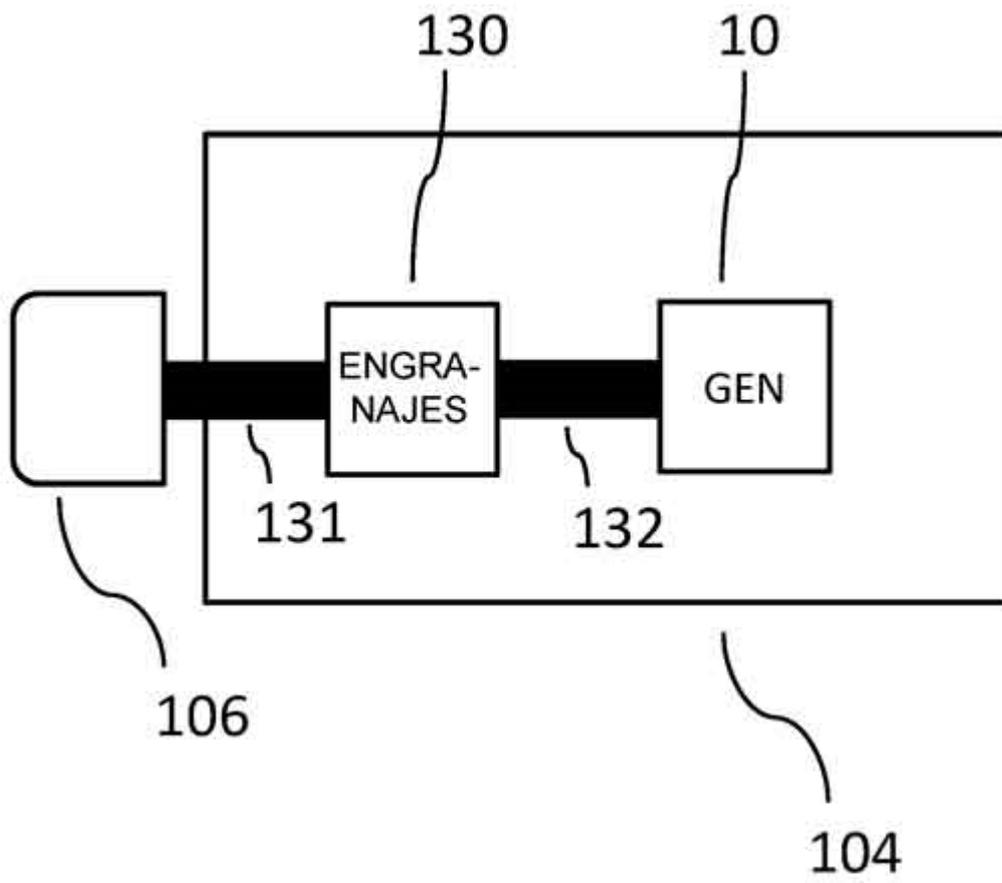


Fig. 3

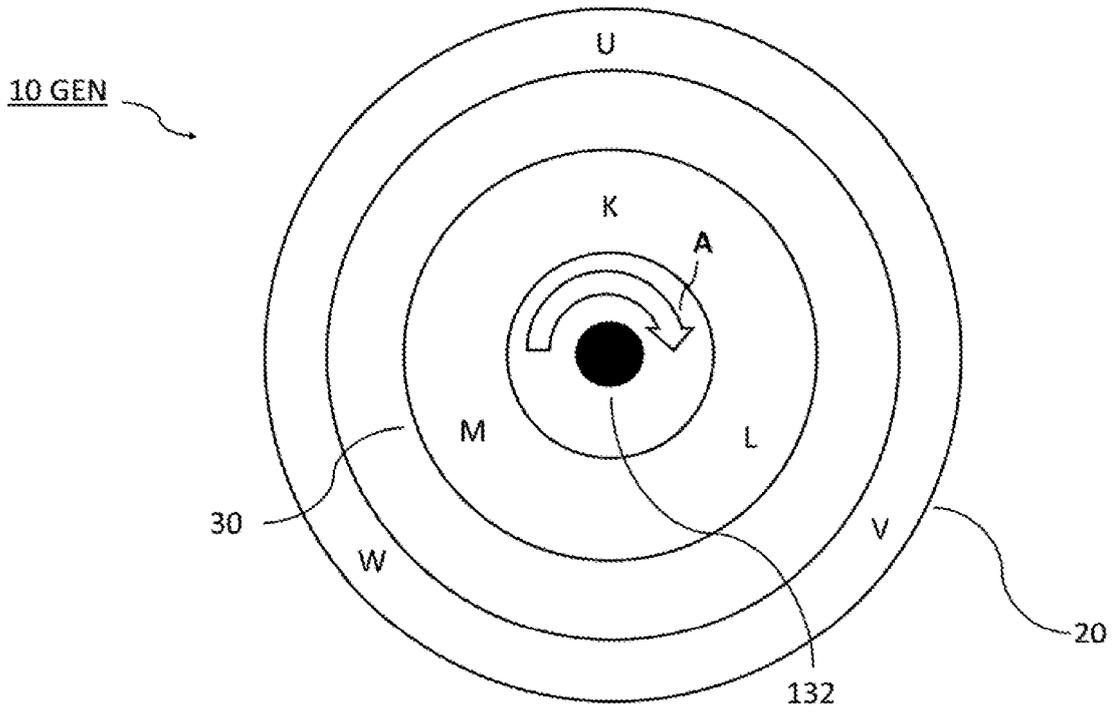


Fig. 4

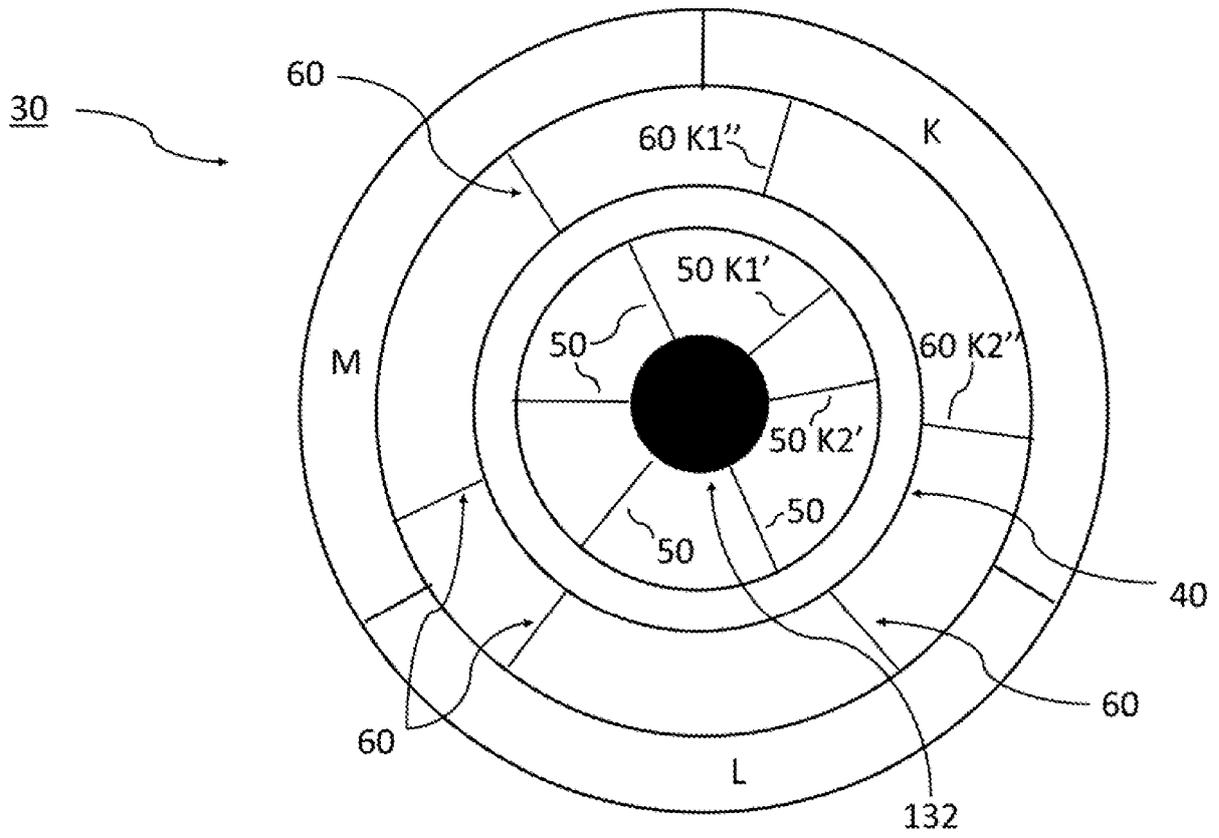


Fig. 5

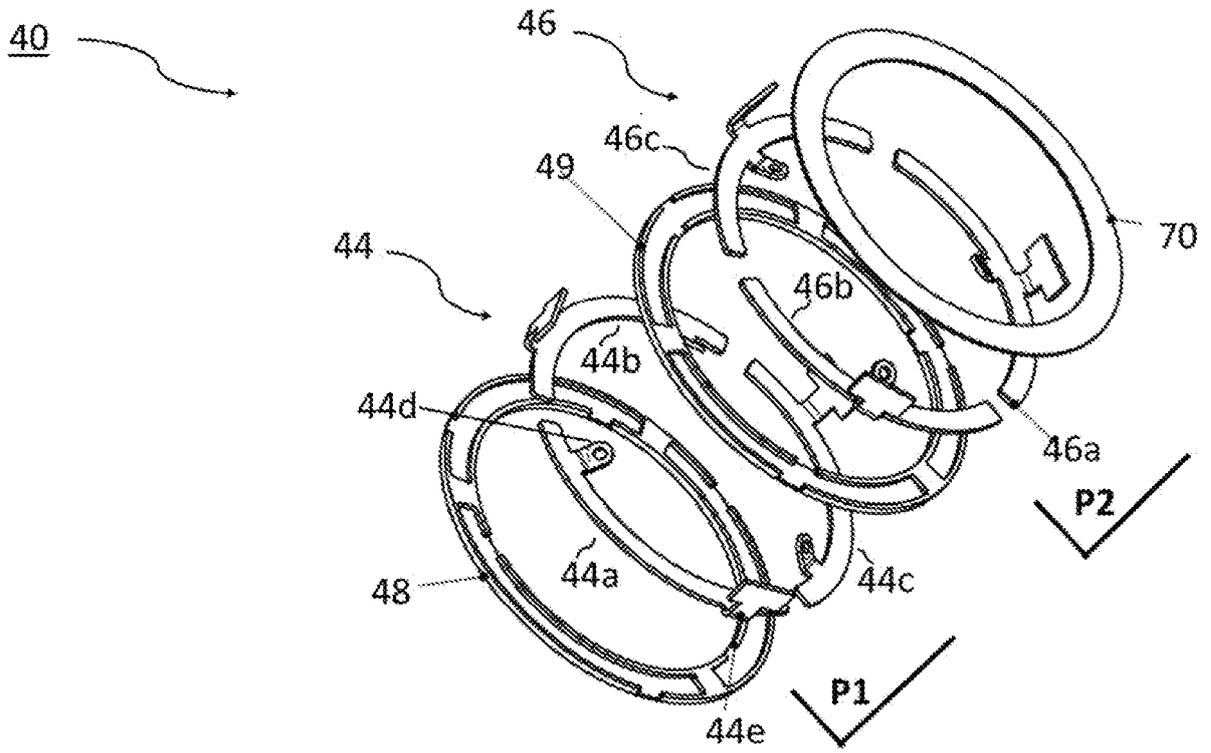


Fig. 6

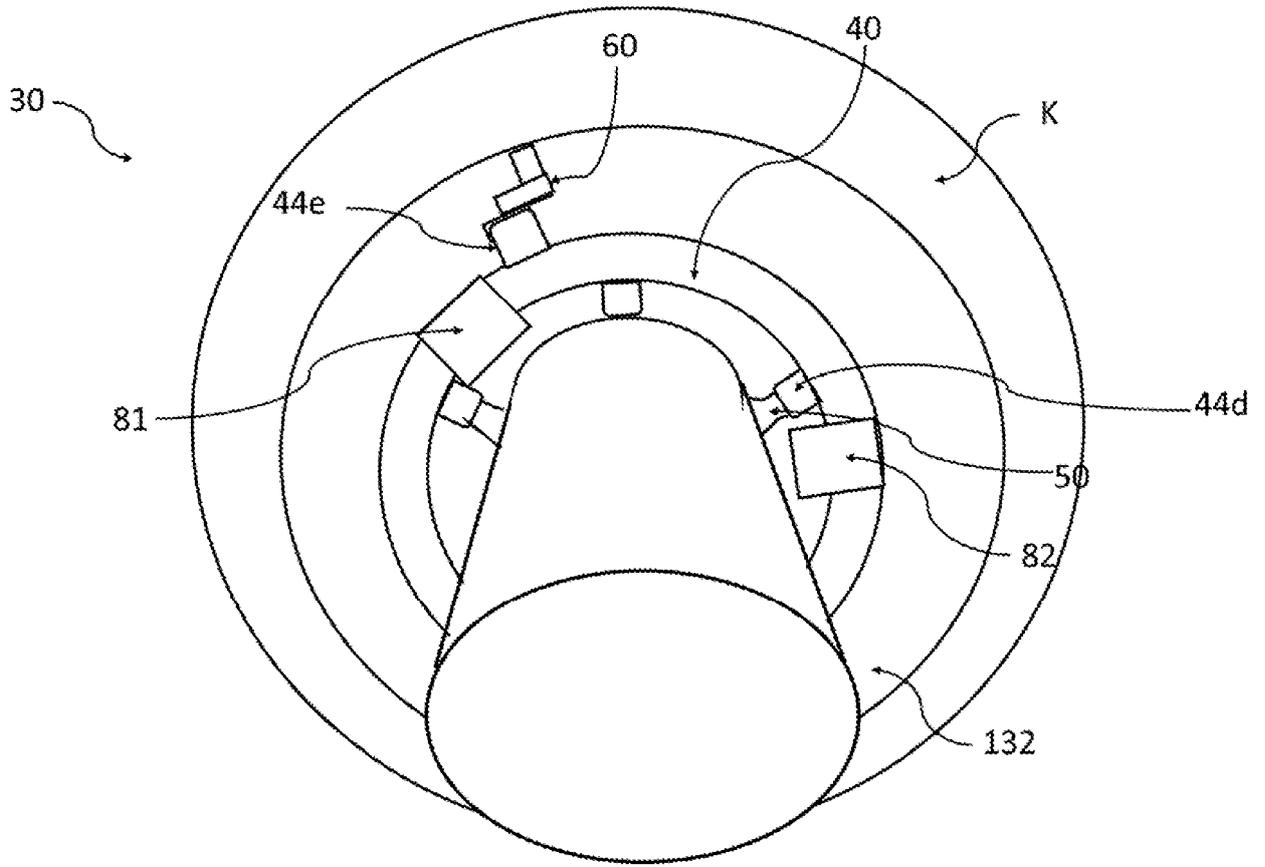


Fig. 7

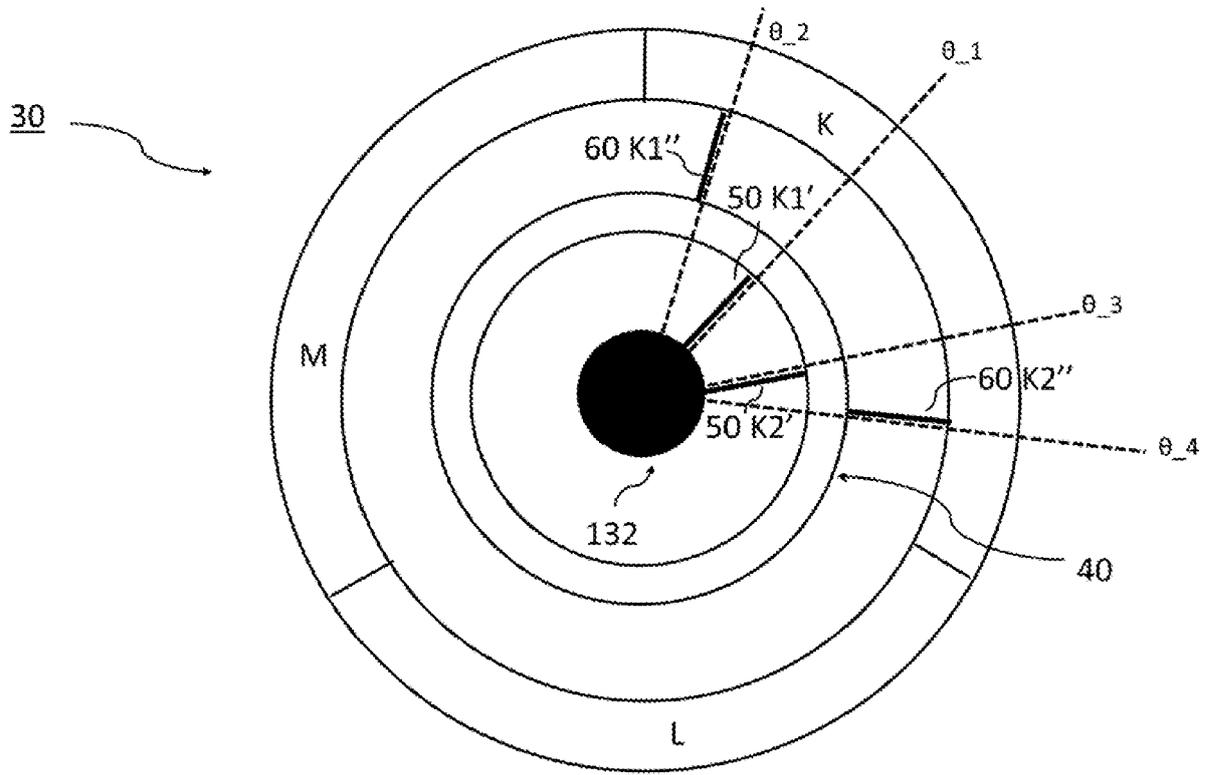


Fig. 8

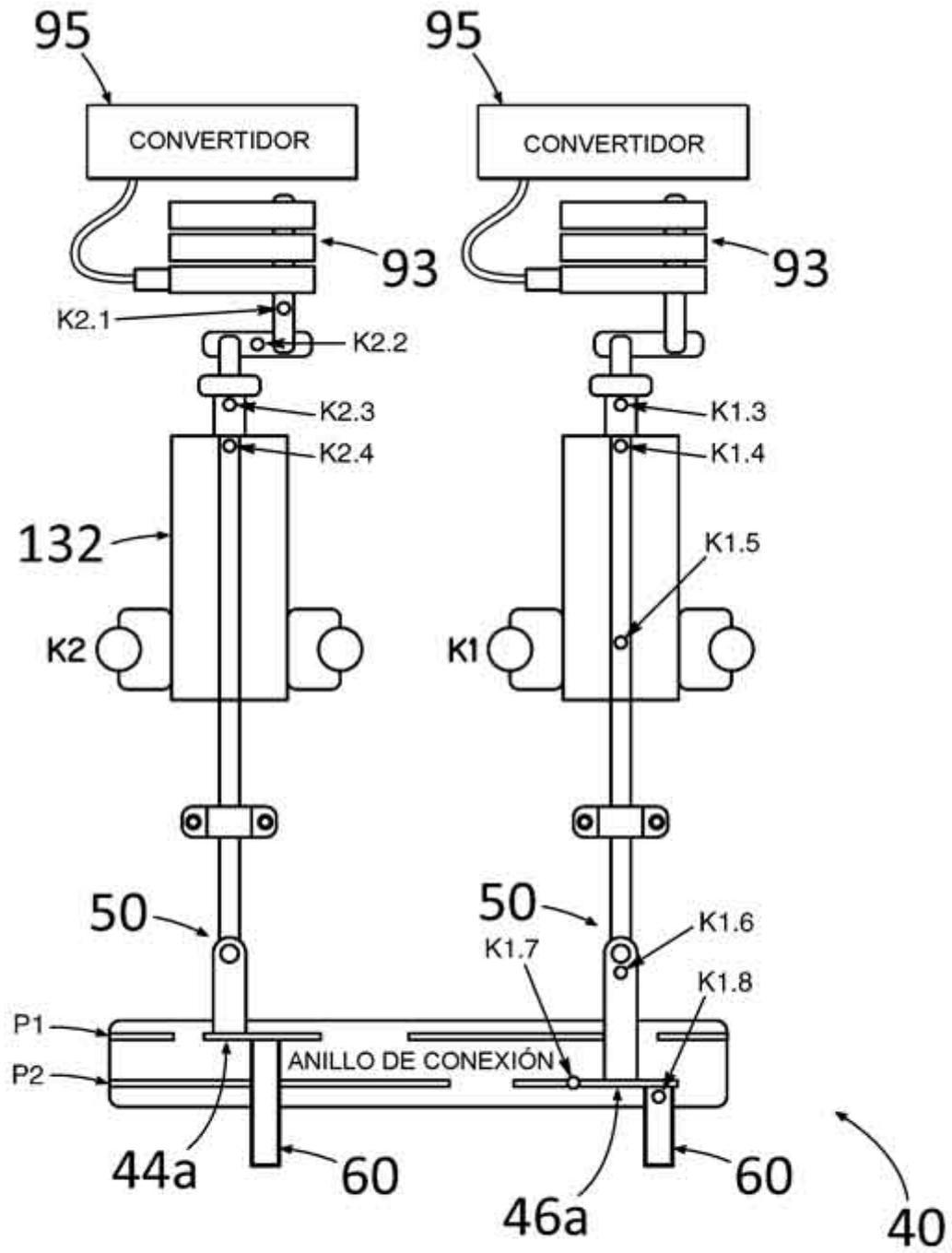


Fig. 9

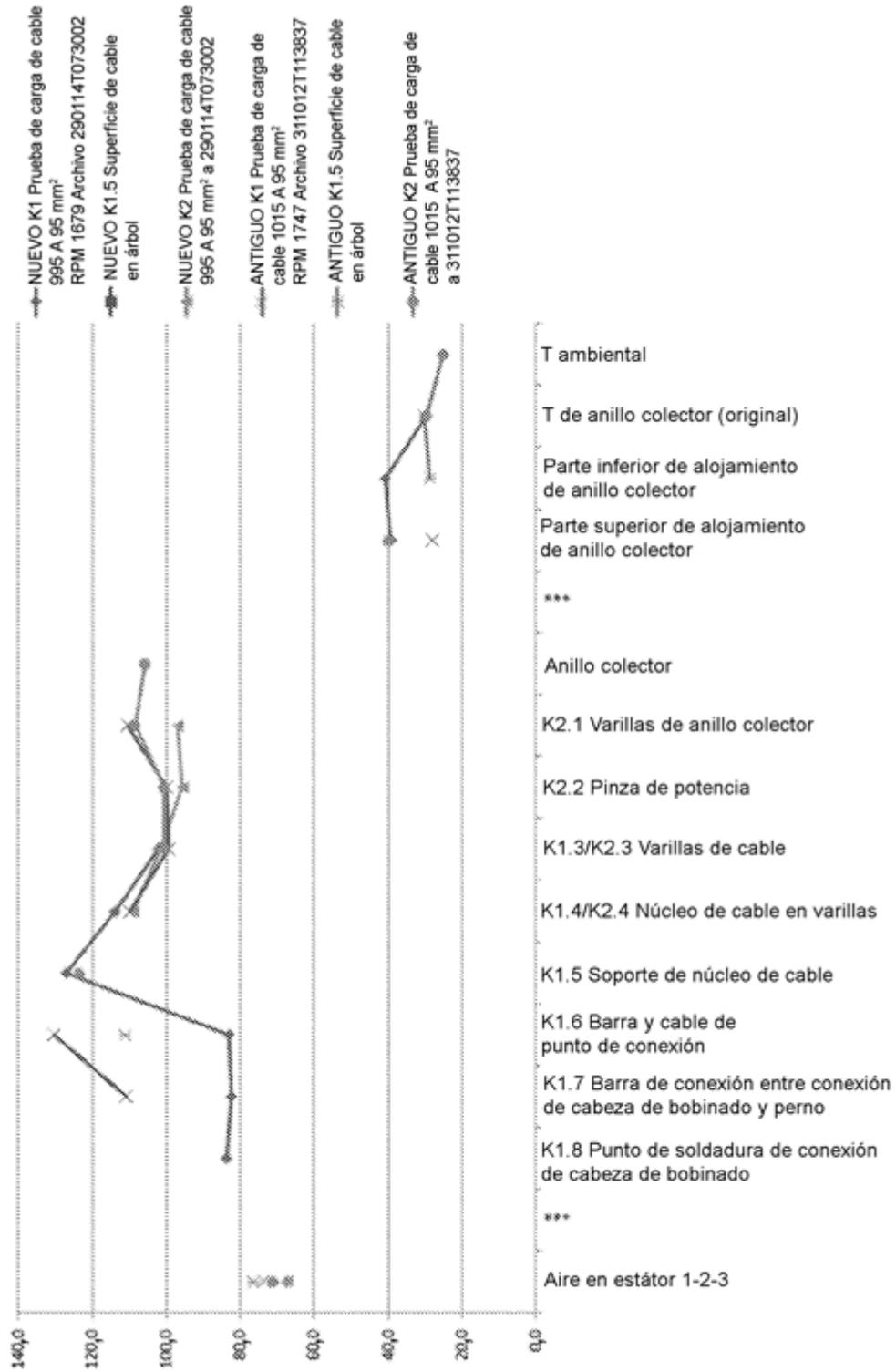


Fig. 10

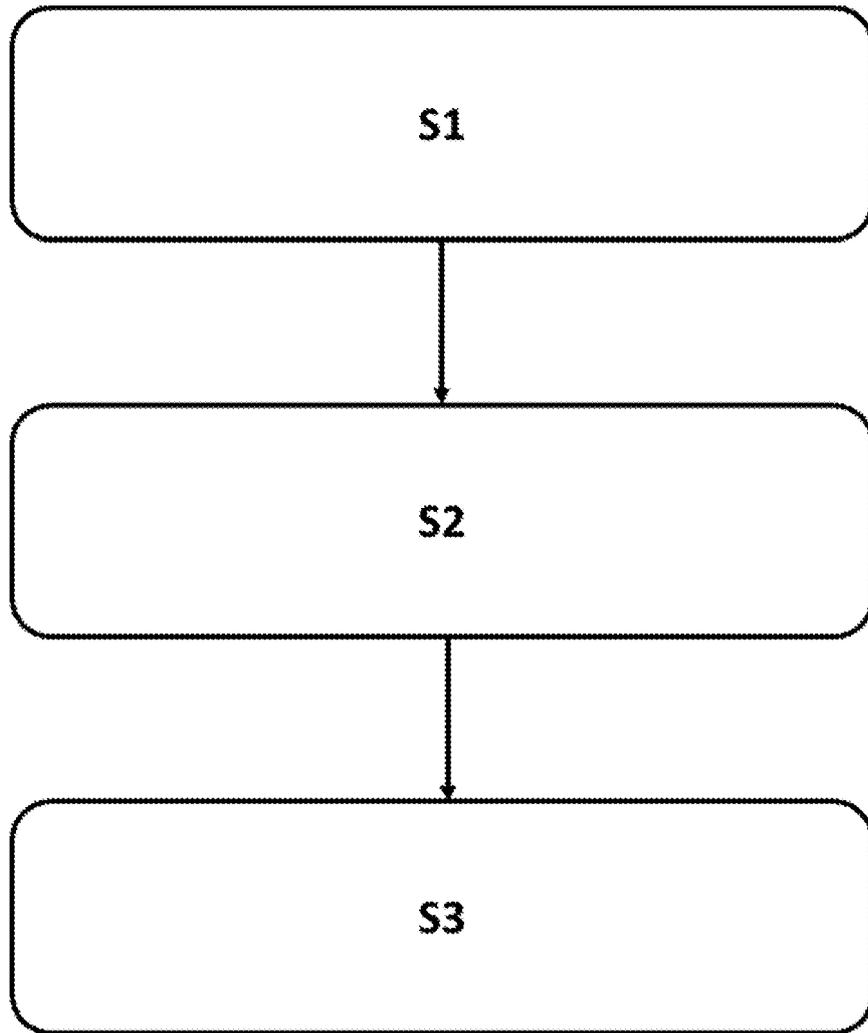


Fig. 11