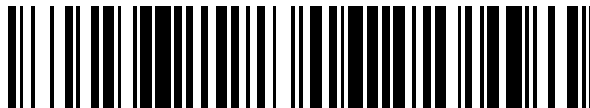


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 761 175**

51 Int. Cl.:

**H02K 3/51**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.04.2011 PCT/EP2011/002111**

87 Fecha y número de publicación internacional: **17.11.2011 WO11141128**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.04.2011 E 11717950 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.10.2019 EP 2569853**

54 Título: **Rotor para una máquina dinamoeléctrica**

30 Prioridad:

**12.05.2010 DE 102010020415**

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

**19.05.2020**

73 Titular/es:

**VOITH PATENT GMBH (100.0%)  
St. Pöltener Straße 43  
89522 Heidenheim, DE**

72 Inventor/es:

**HENNING, HOLGER;  
EILEBRECHT, PHILIPP;  
VESER, STEFAN y  
HILDINGER, THOMAS**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

**ES 2 761 175 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

Rotor para una máquina dinamoeléctrica

5 La invención se refiere a un rotor para una máquina dinamoeléctrica, por ejemplo, un generador eléctrico, tal como se define con mayor detalle en el preámbulo de la reivindicación 1.

10 Para fijar los cabezales de bobinado de los devanados de los rotores se acostumbra, entre otras cosas, apoyar los cabezales de bobinado en el interior por medio de un soporte de cabezales de bobinado anular y fijar los cabezales de bobinado en este porta-cabezales de bobinado con la ayuda de bandajes. Especialmente en máquinas de mayor tamaño, se puede utilizar, en lugar de un bandaje, un anillo dividido varias veces, que se ajusta con capas intermedias aislantes a los cabezales de bobinado y se fija al portabobinas con la ayuda de tornillos. En caso de fuerzas centrífugas especialmente elevadas, también se pueden colocar en los cabezales de bobinado. Estas caperuzas son especialmente comunes para la fijación de los cabezales de bobinado del rotor de turbogeneradores (Libro "Leitfaden der Elektrotechnik" - Volumen 3 - "Konstruktions- und Festigkeitsberechnungen elektrischer Maschinen" [Guía de la Electrotécnica – Tomo 3 – Cálculo de construcción y de resistencia de máquinas eléctricas], autor: Dr. C. von Dobbeler, 1962, B.G. Teubner Verlagsgesellschaft Stuttgart, páginas 25 a 29 y 58 a 62; DE 26 29 15 574 B2; DE-PS 7 01 612). También es sabido que las fuerzas centrífugas que emanan de la bobina de excitación giratoria de una máquina síncrona son absorbidas con la ayuda de puentes de sujeción adyacentes a la cara exterior de la bobina de excitación y retenidos a su vez por pernos sometidos a tracción en el cuerpo de rodadura de la máquina. (DE-PS 9 50 659).

20 La tarea de fijar los cabezales de bobinado de un rotor es particularmente importante en máquinas de anillos colectores alimentadas por el rotor, como las utilizadas para los generadores de motores hidroeléctricos de velocidad variable para el funcionamiento de almacenamiento por bombeo. Una característica de estos motores de generador es que el rotor puede presentar un diámetro de 3 a 8 m. Para la fijación de los cabezales de bobinado de un rotor de este tipo, se conoce el método de disponer los anillos de retención en el cuerpo del rotor mediante soportes en los que se fijan los extremos de los pernos tensores en forma de U. Un perno de tensión se superpone a un cabezal de bobinado con su zona en forma de U (Informe 11 - 104 "Desarrollo y operación comercial realizada para una central de almacenamiento por bombeo", Reunión del CIGRE 1992, 30 de agosto al 5 de septiembre, JP 08-0908444 A). Un cabezal de bobinado de este tipo resulta muy complejo desde el punto de vista constructivo y de montaje.

30 El documento DE 195 19 127 C1 describe una máquina dinamoeléctrica del tipo mencionado. El dispositivo de seguridad comprende, contra las fuerzas centrífugas, unas barras de tracción que actúan con sus extremos radiales interiores sobre el anillo de apoyo y con sus extremos radiales exteriores sobre los cuerpos de apoyo que se ajustan radialmente al exterior de los cabezales de bobinado.

35 Por los cabezales de bobinado pasa corriente. Por lo tanto, se calientan a temperaturas más altas y se expanden. El anillo de soporte, por otro lado, no transporta corriente y se mantiene frío. Para evitar las tensiones mecánicas resultantes, se introduce aire de refrigeración en el espacio de aire entre el anillo de soporte y los cabezales de bobinado, normalmente desde la parte frontal de la máquina. El aire de refrigeración entra en el espacio radial entre los cabezales de bobinado, fluye a través de ellos en dirección radial y vuelve a salir por el exterior de los cabezales de bobinado. La práctica demuestra que este tipo de refrigeración no es suficiente si los cuerpos de apoyo son comparativamente grandes y cubren en gran medida la superficie circunferencial del cabezal de bobinado.

40 Por el documento DE 195 13 457 A1 y el documento paralelo EP 0736 953 A2 se conoce una estructura que, en la zona del soporte de cabezales de bobinado, que es adyacente al cuerpo de rotor, presenta orificios radiales con el fin de permitir que el aire de refrigeración entre en la zona del cabezal de bobinado. Para procurar un flujo suficiente, los cuerpos de apoyo se conectan mediante tirantes a un anillo de soporte en la zona del soporte de cabezales de bobinado para proteger el cabezal de bobinado frente a las fuerzas centrífugas. Estos cuerpos de apoyo son en comparación pequeños y se distribuyen a través de los elementos de devanado fundamentalmente en ángulo respecto a la dirección axial en la zona del cabezal de bobinado.

45 Este diseño descrito permite un mejor enfriamiento de los elementos de devanado en la zona del cabezal de bobinado, pero resulta extraordinariamente grande, dado que entre los distintos elementos de devanado tiene que haber espacio suficiente para el paso radial de los pernos tensores, y presenta además inconvenientes decisivos en lo que se refiere a la resistencia del aire. Los numerosos cuerpos de apoyo repartidos por el cabezal del bobinado a gran distancia entre sí generan una turbulencia muy fuerte del aire y, por consiguiente, una resistencia del aire elevada, especialmente en máquinas de alta velocidad.

55 En cuanto al segundo estado de la técnica, se hace referencia a los documentos DE 195 35 700 A1, DE 196 35 295 A1 y CH 592 380 A5.

El objetivo de la invención consiste en diseñar un rotor para una máquina dinamoeléctrica según el preámbulo de la reivindicación 1 de manera que, por un lado, se garantice una protección fiable de los cabezales de bobinado contra la expansión radial debida a las fuerzas centrífugas y, por otro lado, se pueda realizar un diseño compacto y económico y conseguir a la vez una refrigeración suficiente.

Esta tarea se resuelve con las características de la reivindicación 1. Otras formas de realización ventajosas resultan de las reivindicaciones dependientes.

La solución según la invención prevé que cuerpos de apoyo con pernos tensores se dispongan alrededor del cabezal de bobinado de manera que los anclajes de tensión pueden pasar a través de espacios huecos de por sí existentes entre los distintos elementos de devanado. Los pernos tensores se disponen de modo que pasen entre los elementos de devanado, concretamente en zonas del devanado en las que éstos se desarrollan axialmente o en zonas de flexión de los elementos de devanado desde la dirección axial hacia la dirección que se desarrolla en ángulo respecto a la dirección axial. Así se puede conseguir un cabezal de bobinado muy compacto en dirección axial, ya que los elementos de devanado se pueden disponer muy cerca los unos de los otros en la zona en la que se desarrollan en ángulo respecto a la dirección axial. Como resultado se obtiene un cabezal de bobinado muy corto en dirección axial, que sólo presenta recorridos libres comparativamente cortos de los elementos de devanado en sus partes inclinadas. En la zona de sus extremos axiales, los elementos de devanado vuelven a desarrollarse en dirección axial, con lo que se ajusta de nuevo la distancia entre los distintos elementos de devanado, como ocurre cuando salen del cuerpo del rotor o de las ranuras. Así se crea también aquí espacio suficiente para otros pernos tensores y cuerpos de apoyo asignados en las zonas axiales o en las zonas de la curvatura. La estructura se realiza en este caso de manera que los cuerpos de apoyo formen al menos dos conjuntos anulares segmentados perimetrales distanciados entre sí en dirección axial, a saber, especialmente en las zonas en las que se pueden acoplar al soporte de cabezales de bobinado sin necesidad de espacio adicional.

Por lo tanto, el rotor construido de acuerdo con la invención presenta, además de un cabezal de bobinado muy corto en dirección axial, dos conjuntos anulares segmentados distanciados en dirección axial de los cuerpos de apoyo entre los cuales existe una zona libre, por lo que el aire de refrigeración puede circular perfectamente entre estos dos conjuntos anulares y enfriar los elementos de devanado. Gracias a los conjuntos anulares, que se forman a partir de los distintos cuerpos de apoyo, se obtiene además una estructura que presenta un coeficiente de resistencia en comparación favorable que, incluso en caso de un funcionamiento muy rápido del rotor, causa una resistencia al aire significativamente menor que la estructura descrita en el estado actual de la técnica antes mencionado provista de numerosos cuerpos de apoyo dispuestos a una distancia entre sí.

El rotor según la invención permite un diseño sencillo y compacto, que en la zona del cabezal de bobinado ahorra, además de espacio y de material de soporte de cabezales de bobinado, material en los elementos de devanado. Dado que este material es normalmente un material conductor de electricidad muy bueno, como el cobre, se puede lograr una ventaja de coste considerable. La estructura más corta y pequeña del cabezal de bobinado, así como del soporte de cabezales de bobinado que sostiene al cabezal de bobinado permite además un ahorro de peso en una zona situada radialmente en el exterior del rotor.

Se prevé que los pernos tensores se fijen en la zona del soporte de cabezales de bobinado de manera que garanticen una movilidad de los cuerpos de apoyo en dirección axial. Para ello, el par de apriete de los pernos tensores se selecciona de modo que sea posible un ligero movimiento de los cuerpos perfilados en las ranuras perfiladas o en las secciones de las ranuras perfiladas en dirección axial. Esto permite también un ligero movimiento en dirección axial de los cuerpos de apoyo que sostienen los elementos de devanado frente al soporte de cabezales de bobinado. Este movimiento de los cuerpos de apoyo en dirección axial tiene sentido, puesto que los elementos de devanado transportan corriente y, por lo tanto, se calientan. El propio soporte de cabezales de bobinado no se calienta o al menos no se calienta tanto. Debido a este diferente grado de calentamiento y a los diferentes materiales, se puede producir un movimiento relativo entre los componentes, especialmente en dirección de la expansión más larga de los elementos de devanado, es decir, esencialmente en la dirección axial del rotor. Para poder compensar esta dilatación longitudinal, que a menudo es inevitable incluso con un buen enfriamiento, los pernos tensores se pueden fijar en la zona del soporte de cabezales de bobinado de manera que sea posible un movimiento axial de los cuerpos de apoyo. De este modo se pueden evitar tensiones innecesarias y elevadas cargas mecánicas en los cuerpos de apoyo y en los pernos tensores.

Para garantizar la movilidad axial de los cuerpos de apoyo se prevé que los pernos tensores se enrosquen en los cuerpos perfilados dispuestos en la zona del soporte de cabezales del bobinado en las correspondientes ranuras perfiladas axiales o secciones de ranura. Estos cuerpos perfilados se pueden disponer, por ejemplo, en ranuras perfiladas en forma de cola de milano, sujetándose los cuerpos de apoyo en el soporte de cabezales de bobinado sólo en la medida necesaria para garantizar todavía una movilidad axial. En este caso, los cuerpos perfilados se pueden deslizar en las ranuras perfiladas. Es concebible utilizar para cada dos pernos tensores dispuestos alineados en dirección axial un único cuerpo perfilado, que se dispone en una ranura perfilada o en varias secciones de ranura perfilada alineadas axialmente. También es posible prever para cada perno tensor un cuerpo perfilado propio en una ranura perfilada propia. Por otra parte, se podrían prever ranuras perfiladas que se extendieran en dirección circunferencial de tal forma que fueran capaces de recibir varios pernos tensores situados unos al lado de otros.

El cabezal de bobinado, muy compacto, también tiene la ventaja de que se puede reducir la distancia de apoyo respecto al rodamiento del rotor. Una distancia de apoyo más reducida respecto al rodamiento del rotor permite velocidades de flexión críticas más altas y representa una clara ventaja constructiva.

En una forma de realización ventajosamente perfeccionada del rotor según la invención se prevé además que respectivamente dos elementos de devanado salgan en dirección axial de cada una de las ranuras, de modo que, después de un recorrido en dirección axial, uno de los elementos de devanado se desarrolle en un ángulo hacia la

- derecha respecto a la dirección axial y el otro elemento de devanado se desarrolle en un ángulo hacia la izquierda respecto a la dirección axial. Por el otro extremo del cabezal de bobinado, visto en la dirección axial, los elementos de devanado se desarrollan durante un tramo corto en dirección axial, antes de que se conecten entre sí. De este modo, los pernos tensores se disponen entre el cuerpo del rotor y el primer cruce de los elementos de devanado por uno de los lados y, entre el último cruce de los elementos de devanado y la conexión de los elementos de devanado, por el otro lado. Por consiguiente, esta estructura también dispone los pernos tensores en las zonas libres, especialmente en la zona de flexión de los distintos elementos de devanado. Los pernos tensores se pueden deslizar en dirección de los puntos de cruce de los elementos de devanado que se cruzan hasta tal punto que queden prácticamente rodeados por los dos elementos de devanado que se cruzan y por el material del cuerpo de rotor que se encuentra entre las ranuras en una especie de triángulo y que, por lo tanto, se pueden colocar de manera que permita un ahorro de espacio especial. La estructura del rotor se puede reducir aún más gracias a esta disposición en poco espacio. Los cuerpos de apoyo pueden ser de diferentes tamaños, de modo que normalmente se ajusten a dos o más elementos de devanado y los protejan en dirección radial frente a las fuerzas centrífugas. En una forma de realización especialmente favorable y preferida se prevé que respectivamente uno de los cuerpos de apoyo se asigne a respectivamente un perno tensor. Esto resulta especialmente ventajoso y sencillo para poder sustituir, por ejemplo, cuerpos de apoyo y/o pernos tensores defectuosos. La división en un mayor número de cuerpos de apoyo, que se fijan respectivamente con un perno tensor, permite además que, en caso de una sustitución eventualmente necesaria de un elemento de devanado, sólo se retiren específicamente unos pocos cuerpos de apoyo y pernos tensores, a fin de poder cambiar el devanado afectado.
- En otra variante muy ventajosa del rotor según la invención se prevé que los cuerpos de apoyo sean de un material reforzado con fibras. Estos materiales reforzados con fibras, que pueden presentar, por ejemplo, fibras ordenadas o desordenadas en un material matricial de plástico, permiten, con una estructura muy económica y un peso en comparación ligero, una resistencia correspondientemente alta, de modo que se pueda conseguir el apoyo necesario de los elementos de devanado en la zona del cabezal del bobinado frente a las fuerzas centrífugas, al tiempo que se ahorran costes y peso. En la mayoría de las máquinas, una estructura en forma de plástico reforzado con fibra de vidrio será suficiente para absorber las fuerzas centrífugas que se producen. En caso de máquinas de funcionamiento muy rápido, los cuerpos de apoyo también pueden ser de plástico reforzado con fibra de carbono. De este modo, el peso se reduce todavía más al tiempo que aumenta la resistencia, pero a un coste ligeramente más elevado.
- La estructura de los cuerpos de soporte de material reforzado con fibras tiene también la ventaja de que pueden fabricarse de manera fácil y eficiente con una forma relativamente libre. Así, los cuerpos de soporte se pueden diseñar de modo que no se configuren como placas en forma de paralelepípedo, sino que presenten un cierto redondeo y formen, después del montaje, un anillo segmentado pero muy homogéneo que se puede optimizar por medio de cantos redondeados en dirección axial con respecto a la resistencia al aire.
- Los pernos tensores se pueden configurar prácticamente de forma arbitraria. En particular, se pueden emplear pernos tensores que disponen por ambos lados de roscas y que normalmente se fijan con arandelas y tuercas en la zona de los cuerpos de apoyo y con una rosca, por ejemplo, en la zona de un elemento perfilado en la ranura perfilada. Esta estructura o también todas las demás estructuras conocidas de pernos tensores presentan en comparación muchos componentes y pueden tener efectos negativos en la resistencia del aire causada por el rotor. Por esta razón, en una variante muy ventajosamente perfeccionada de la invención se prevé que los pernos tensores se diseñen en una sola pieza con cabezas de tornillo con un perfil interior, encontrándose las cabezas de tornillo en estado montado en cavidades de los cuerpos de apoyo. Una estructura de este tipo con cabezas de tornillo con un perfil interior (accionamiento interno), por ejemplo, un hexágono interior, un torx o similar, es sencilla y eficiente en cuanto al montaje. Las cabezas de los tornillos, por ejemplo, se pueden achafanar y ajustarse, a su vez, a los bordes achafanados configurados alrededor de los orificios para los pernos tensores en la zona de los cuerpos de apoyo. Durante el montaje, las cabezas de los tornillos desaparecen en el cuerpo de apoyo de manera que se forme una superficie comparativamente plana del cuerpo de apoyo hacia el exterior, que tiene una resistencia al aire en comparación baja. A diferencia de los pernos tensores, que se tienen que fijar con arandelas y tuercas, también se produce además una estructura que sólo necesita un número reducido de piezas y que, por lo tanto, se puede manejar con mayor facilidad en el montaje. Como consecuencia, se consigue también una ventaja, tanto en términos de peso como de costes de material y montaje.
- En otra forma de realización del rotor según la invención se puede prever adicionalmente que en la zona del soporte de cabezales de bobinado se dispongan orificios radiales para el paso de aire de refrigeración. Estos orificios configurados en la zona del soporte de cabezales de bobinado, por ejemplo, en forma de interrupciones anulares del soporte de cabezales de bobinado o de los canales radiales, mejoran igualmente la ventilación del cabezal de bobinado. Junto con la zona que queda libre entre los conjuntos anulares segmentados de los cuerpos de apoyo, se consigue un flujo muy bueno de aire de refrigeración a través de los elementos de devanado en la zona del cabezal de bobinado, de modo que éstos se puedan enfriar perfectamente. Con una buena refrigeración también se puede reducir el movimiento axial relativo de los elementos de devanado en relación con el soporte de cabezales de bobinado, de modo que con las medidas antes descritas sólo conviene procurar que, en caso de necesidad, se consigan recorridos en comparación reducidos en los movimientos relativos axiales de los componentes entre sí.

Otras formas de realización ventajosas del rotor según la invención resultan de las restantes reivindicaciones dependientes y además del ejemplo de realización, que se explica más detalladamente a continuación con referencia a las figuras.

Se muestra en la:

- 5 Figura 1 esquemáticamente, un corte de una sección parcial del rotor según la invención;
- Figura 2 una vista tridimensional de una sección de un cabezal de bobinado del rotor según la invención y
- Figura 3 esquemáticamente, un corte según la línea III - III de la figura 2.

En la representación de la figura 1 se aprecia, en un dibujo esquemático, una sección de un rotor 1 de una máquina dinamoeléctrica. Este rotor 1 puede presentar un diámetro exterior del orden de tres a ocho metros, por ejemplo. El rotor 1 normalmente consta normalmente de un cuerpo de rotor 2 construido generalmente de chapa, es decir, que se compone de múltiples chapas apiladas unas encima de otras en la dirección axial. El cuerpo de rotor 2 se puede apoyar, por ejemplo, en un cubo 3 insinuado aquí a modo de ejemplo. En el caso de la típica estructura de chapa del cuerpo del rotor 2, éste se sujeta axialmente por medio de una placa de compresión 4. En el cuerpo de rotor 2 se prevén numerosas ranuras 11 distribuidas por todo el perímetro, en las que se disponen de manera en sí conocida los elementos de devanado 5. En la representación de la figura 1 se ha prescindido de la estructura de chapa del cuerpo de rotor 2. Las ranuras 11 tampoco son visibles, sólo se indican mediante líneas ocultas los elementos de devanado 5 que se encuentran en las mismas. Los elementos de devanado 5 configurados normalmente en forma de barras 5, una así llamada barra superior y una así llamada barra inferior, entre las que se encuentra una capa aislante, sobresalen del cuerpo del rotor 2 en el extremo axial y forman en esta zona el cabezal de bobinado 6.

En la zona de este cabezal de bobinado 6, los fines de los elementos de bobinado 5 se acoplan entre sí de forma predeterminada, uniéndose respectivamente los extremos de los elementos de devanado 5 de una primera ranura a los extremos fines de los elementos de devanado 5 de una ranura dispuesta en un número de n ranuras al lado de la primera ranura mencionada. En general, la barra superior se acopla a una ranura contigua por la derecha a distancia de n ranuras o a la barra inferior situada en ella, mientras que la barra inferior se acopla a una ranura contigua por la izquierda a distancia de n ranuras o a la barra superior situada en ella, o viceversa. En la figura 1, esta conexión sólo se indica en principio. La misma puede consistir en elementos de unión adecuados o en elementos de devanado 5 unidos entre sí en una sola pieza. Para ello, es necesario y usual que los distintos elementos de devanado 5 sigan desplazándose axialmente en un tramo corto, después de haber salido del cuerpo de rotor 2 o de la ranura 11, y que después se doblen en un ángulo respecto al eje para llegar a la zona de los elementos de devanado 5 a la que se acoplan con su extremo.

Los elementos de devanado 5 se estructuran normalmente de un material electroconductor, por ejemplo, cobre. Dado que este material es relativamente blando, los elementos de devanado 5 se deforman muy fácilmente a causa de las fuerzas centrífugas que se producen en la zona del cabezal de bobinado 6 durante la rotación del rotor 1 y se doblan hacia el exterior si no se protegen. En el caso del rotor 1 aquí representado, el apoyo de los elementos de devanado 5 en la zona del cabezal de bobinado 6 se ha diseñado de forma que el soporte de cabezal de bobinado 7 se disponga radialmente dentro del cabezal de bobinado 6 y, coaxialmente respecto a éste, un soporte de cabezal de bobinado 7, que también se apoye en el cubo 3 o en un apéndice del cubo 3 y que gire con el cubo 3 o el cuerpo de rotor 2. Este soporte de cabezal de bobinado 7 también puede ser de chapa, o alternativamente de un material sólido o de un cuerpo hueco, por ejemplo, en forma de una construcción soldada de elementos individuales.

Los elementos de devanado 5 se dotan en la zona del cabezal de bobinador 6 de cuerpos de apoyo 8 ajustados externamente a los elementos de devanado 5, que a su vez se acoplan a través de pernos tensores 9 a la zona del soporte de cabezales de bobinador 7. Los cuerpos de apoyo 8 se configuran preferiblemente como placas individuales o bloques de material no magnético. Los cuerpos de apoyo 8 pueden ser especialmente de un material eléctricamente aislante, por ejemplo, de un plástico reforzado con fibras de vidrio o, en el caso de máquinas de alta velocidad, también de un plástico reforzado con fibras de carbono. Las fibras se pueden disponer especialmente como fibras cortas de forma desordenada en el material del cuerpo de apoyo 8 o, en caso de que tengan que absorber fuerzas muy elevadas, también en forma de madejas de fibras depositados, mallas de fibras tejidas o similares, en una disposición ordenada, preferiblemente siguiendo el flujo de fuerzas. Los distintos cuerpos de apoyo 8 se acoplan así por medio de los pernos tensores 9 al soporte de cabezales de bobinado 7 para proteger los elementos de devanado 5 contra las fuerzas centrífugas. Como ya indica el nombre, los pernos tensores 9 están sometidos a tensión. Entre los elementos de devanado 5 y/o el soporte de cabezales de bobinado 7 se puede prever además elementos de apoyo 16 opcionales, que se pueden ver en la representación de la figura 1.

La estructura del perno tensor 9 no juega un papel decisivo. Sin embargo, se puede prever que los pernos tensores 9 se configuren en una sola pieza con una cabeza de tornillo 10, que forma un perfil interior (accionamiento interno). Esta cabeza de tornillo 10 con el perfil interior tiene la ventaja de que se puede insertar casi por completo en una cavidad adecuada del cuerpo de apoyo 8, de modo que la estructura de perno tensor 9 y cuerpo de apoyo 8 presente después del montaje una superficie en comparación lisa y tenga, por lo tanto, la menor resistencia al aire posible. Sin embargo, también son posibles todas las alternativas y estructuras conocidas de pernos tensores 9.

En la ilustración de la figura 2, esta estructura se puede ver nuevamente como en una vista tridimensional. También en este caso, el cuerpo de rotor 2 y el soporte de cabezales de bobinado 7 se pueden ver en la representación

simplificada como un único componente de una sola pieza. Sin embargo, el mismo se realizará normalmente de chapa, especialmente en la zona del cuerpo de rotor 2. En la sección parcial de la representación tridimensional se pueden ver varios elementos de devanado 5 en forma de barras superiores y barras inferiores, que sobresalen de las ranuras 11 del cuerpo de rotor 2 y que después de cierto recorrido en dirección axial se biselan en un ángulo respecto al eje y se acoplan después por sus extremos, que se encuentran en otras ranuras, a los elementos de devanado 5. Después de salir de la ranura y después de un cierto recorrido, la barra superior se dobla hacia la derecha en dirección axial y la barra inferior dispuesta en la respectiva ranura 11 se dobla correspondientemente hacia la izquierda.

Además, en la representación de la figura 2 se puede apreciar que a cada cuerpo de apoyo 8 se asigna un perno tensor 9 y que los pernos tensores 9 se disponen de un modo, que se reconoce en el marco de la figura 3 con una facilidad todavía mayor, que atraviesen los elementos de devanado 5 radialmente en las zonas de extensión axial o en las zonas de la curva. Dado que las ranuras 11 se tienen que disponer en el cuerpo de rotor 2 a distancia las unas de las otras, se produce en la zona en la que los elementos de devanado 5 se siguen desarrollando en dirección axial y se doblan, un espacio libre entre los distintos elementos de devanado 5. El espacio libre se encuentra especialmente entre el cuerpo de rotor 2 y el primer cruce de los elementos de devanado 5 de la barra superior y de la barra inferior de la ranura 11 contigua por el lado que orientado hacia el cuerpo de rotor 2. Por el lado orientado hacia las conexiones 12, el espacio libre se encuentra especialmente en la zona entre el último cruce de los elementos de devanado 5 de la barra superior, de la barra inferior y de la conexión 12, como se muestra en la figura 1. Los pernos tensores 9 se pueden empujar a través del espacio libre en la estructura del rotor 1 aquí representado. Por consiguiente, los pernos tensores 9 se colocan en zonas en las que existe espacio para ellos, sin que fuera necesaria una adaptación constructiva del cabezal de bobinador 6. Esto permite configurar el cabezal de bobinado 6 de forma muy compacta en la zona en la que los elementos de devanado se desarrollan oblicuamente respecto al eje, dado que los elementos de devanado 5 se pueden guiar muy cerca unos de otros. De este modo, el cabezal de bobinado 6 puede ser extremadamente compacto en la dirección axial. Se ahorra espacio y peso y, en particular, se necesita menos material conductor, normalmente cobre, para los elementos de devanado 5, que en comparación resulta caro. Por lo tanto, la estructura es extraordinariamente compacta, ligera y se puede realizar de manera económica.

Puesto que las zonas, en las que se ubican los espacios libres entre los elementos de devanado 5, se encuentran habitualmente en la zona en la que los elementos de devanado 5 salen de las ranuras 11 y en la zona en la que los elementos de devanado 5 se conectan por sus extremos, se consigue mediante la disposición de los pernos tensores 9 y de los cuerpos de apoyo 8, siendo posible que respectivamente uno de los cuerpos de apoyo 8 se asigne a uno de los pernos tensores 9, una estructura en la que los cuerpos de apoyo 8 forman dos conjuntos anulares segmentados y axialmente distanciados alrededor del perímetro del cabezal de bobinado 6. Debido al distanciamiento axial de los cuerpos de apoyo 8, los elementos de devanados 5 tienen que estar en condiciones, debido a sus características de material, de soportar ellos mismos las fuerzas centrífugas en esta sección, lo que con el dimensionamiento tradicional de las barras superiores e inferiores 5 no es crítico, ya que especialmente la estructura según la invención permite un cabezal de bobinado 6 muy compacto en dirección axial y la distancia resulta así relativamente pequeña.

Sin embargo, la distancia entre los conjuntos anulares distanciados axialmente respecto a los cuerpos de apoyo 8 sigue siendo suficiente para permitir que el aire de refrigeración fluya a través de la zona del cabezal de bobinado 6 con el fin de enfriar muy bien los elementos de devanado 5 en la zona de la cabeza del devanado 6. En la figura 1 se pueden ver orificios radiales adicionales 13 que atraviesan el cubo 3 o el apéndice del cubo 3 y el soporte de cabezal de bobinado 7, permitiendo así normalmente un flujo de aire de refrigeración desde el interior hacia el exterior a través del cabezal de bobinado 6, de acuerdo con las flechas dibujadas. De este modo, la estructura se puede realizar de forma extraordinariamente compacta y económica y permite además una refrigeración excelente de los elementos de devanado 5 en la zona del cabezal de bobinado 6.

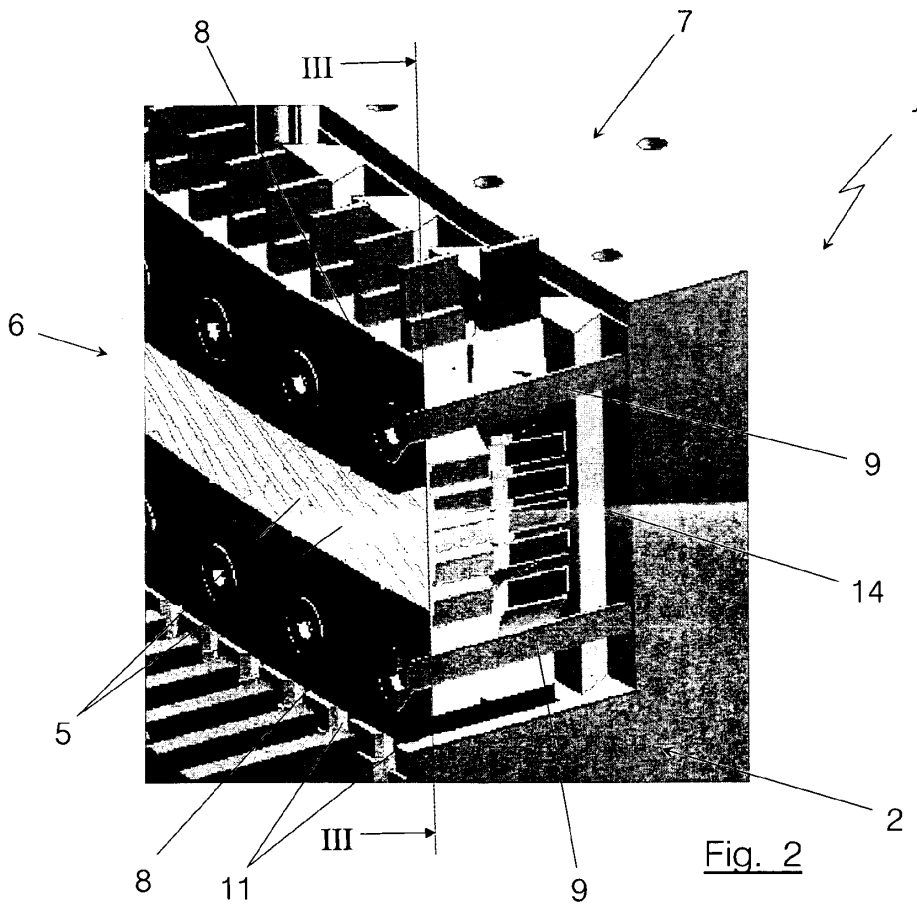
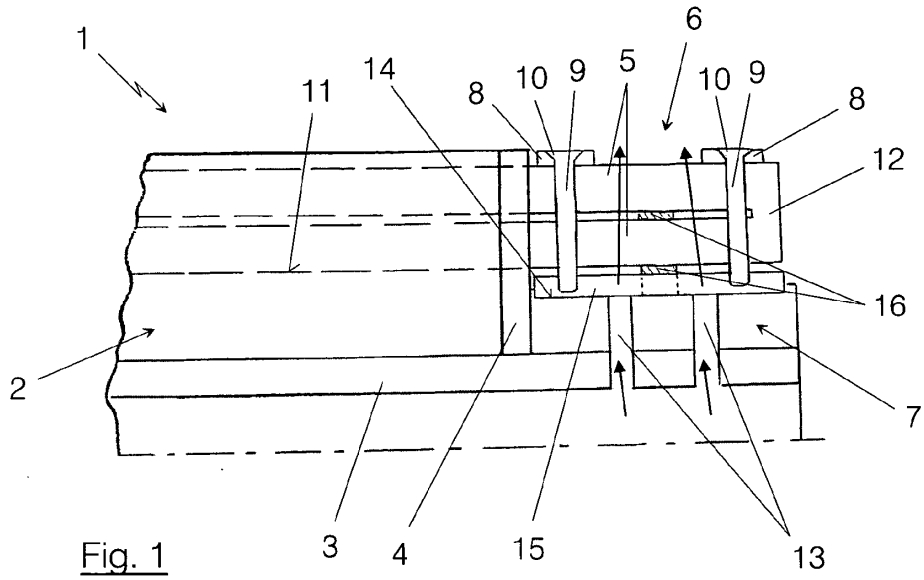
A pesar del enfriamiento relativamente bueno del cabezal de bobinado 6 en la estructura aquí mostrada, se producen, a causa de los distintos materiales del soporte de cabezales de bobinado 7 y de los elementos de devanado 5 y debido al hecho de que la corriente eléctrica fluye a través de los elementos de devanado 5, temperaturas diferentes en los elementos de devanado 5, por un lado, y en el soporte de cabezales de bobinado 7, por otro lado. Como consecuencia se pueden producir durante el funcionamiento movimientos relativos inducidos térmicamente entre los elementos de devanado 5 y el soporte de cabezales de bobinado 7, que podrían causar fuertes tensiones mecánicas, que deberían evitarse en la medida de lo posible. Por lo tanto, la conexión de los cuerpos de apoyo 8 o de los pernos tensores 9 en la zona del soporte de cabezales de bobinado 7 debe diseñarse convenientemente de manera que permita al menos un ligero movimiento en dirección axial. En la variante preferida del rotor 1 representado, esto se realiza disponiendo en la zona del soporte de cabezales de bobinado 7 unas ranuras 14 que se desarrollan en dirección axial. Estas ranuras 14 se pueden ver especialmente en la figura 2. Además de las ranuras continuas 14, que se extienden a lo largo de toda la longitud axial del soporte de cabezales de bobinado 7, también sería posible disponer secciones de ranura axialmente alineadas, por ejemplo, en la zona del soporte de cabezales de bobinado 7 orientada axialmente hacia el cuerpo de rotor 2 y en la zona del soporte de cabezales de bobinado 7 axialmente opuesta al cuerpo de rotor 2. Una estructura como ésta podría beneficiar aún más la circulación del aire de enfriamiento, pero su fabricación resulta algo más compleja.

En las ranuras 14 se disponen cuerpos perfilados adecuados 15, que no se pueden ver en la representación tridimensional de la figura 2. En la representación de la figura 1 se muestra un cuerpo perfilado de este tipo 15 como cuerpo perfilado continuo 15. Éste se puede disponer, por ejemplo, en una ranura 14 que presenta especialmente el perfil de cola de milano que se reconoce en la figura 2. El cuerpo perfilado 15, tal como se muestra en la figura 1, debe tener el mismo perfil. En lugar de la ranura axialmente continua 14 también serían posibles dos o más secciones de ranura alineadas en dirección axial, como ya se ha explicado antes. Por lo tanto, el cuerpo perfilado 15 también se puede dividir en caso necesario, de modo que sólo en la zona del perno tensor 9 exista un cuerpo perfilado 15 como contra-pieza en la que se pueda alojar el perno tensor 9, especialmente a través de una rosca. Si el par de apriete del perno tensor 9 se selecciona debidamente, esta estructura permite, en caso de necesidad, un ligero movimiento en dirección axial del cuerpo perfilado 15 con respecto a la ranura 14 y, en definitiva, de los cuerpos de apoyo 8 que sostienen los elementos de devanado 5 frente al soporte de cabezales de bobinado 7.

**REIVINDICACIONES**

1. Rotor (1) para una máquina dinamoeléctrica, con
- 5 1.1 elementos de devanado (5) dispuestos en las ranuras axiales (11) del cuerpo de rotor (2),  
 1.2 un cabezal de bobinado (6) dispuesto axialmente al lado del cuerpo de rotor (2), saliendo los elementos de devanado (5) en la zona del cabezal de bobinado (6) de las ranuras (11) en dirección axial, desarrollándose los mismos después en ángulo con respecto a la dirección axial y después, en la zona de sus extremos axiales, nuevamente en dirección axial y acoplándose los elementos a otros elementos de devanado (5),  
 1.3 un soporte de cabezales de bobinado (7) dispuesto radialmente dentro del cabezal de bobinado (6),  
 10 1.4 uniéndose el cabezal de bobinado (6), a través de pernos tensores (9) que actúan por sus extremos radialmente exteriores sobre los cuerpos de apoyo (8), que se apoyan a su vez en los elementos de devanado (5) en la zona del cabezal de bobinado (6), al soporte de cabezales de bobinado (7),  
 1.5 atravesando los pernos tensores (9) el cabezal de bobinado (6) en dirección radial en las zonas axiales o en las zonas de flexión desde la dirección axial a la dirección de los elementos de devanado (5) que se extienden en  
 15 ángulo con respecto a la dirección axial,  
 1.6 formando los cuerpos de apoyo (8) al menos dos conjuntos anulares segmentados circunferenciales axialmente distanciados,  
 1.7 enrosándose los pernos tensores (9) en cuerpos perfilados (15) dispuestos en la zona del soporte de cabezales de bobinado (7) en ranuras perfiladas axiales correspondientes (14) o en secciones de las ranuras perfiladas,  
 20 caracterizado por que  
 1.8 los pernos tensores (9) se fijan en la zona del soporte de cabezales de bobinado (7) de manera que los cuerpos de apoyo (8) se puedan desplazar en dirección axial, para lo que  
 1.9 el par de apriete de los pernos tensores (9) se elige de forma que sea posible un ligero movimiento de los cuerpos perfilados (15) en las ranuras perfiladas (14) o de las secciones de las ranuras perfiladas en dirección axial  
 25 para compensar un movimiento relativo de los cuerpos de apoyo (8) en relación con el soporte de cabezales de bobinado (7).
2. Rotor según la reivindicación 1, caracterizado por que
- 30 2.1 respectivamente dos elementos de devanado (5) salen en dirección axial de cada una de las ranuras (11), desarrollándose uno de los elementos de devanado (5), después de un recorrido en dirección axial, en un ángulo hacia la derecha respecto a la dirección axial y el otro de los elementos de devanado (5) en un ángulo hacia la izquierda respecto a la dirección axial, desarrollándose después los elementos de devanado (5) en la zona de sus extremos axiales nuevamente en dirección axial y presentando los mismos una conexión (12) a otros elementos de devanado (5),  
 35 2.2 disponiéndose los pernos tensores (9) entre el cuerpo de rotor (2) y el primer cruce de los elementos de devanado (5) y entre el último cruce de los elementos de devanado (5) y la conexión (12), vista desde la dirección del cuerpo de rotor (2).
3. Rotor según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que respectivamente uno de los cuerpos de apoyo (8) se  
 40 asigna a un perno tensor (9).
4. Rotor según una de las reivindicaciones 1, 2 o 3, caracterizado por que los cuerpos de apoyo (8) se fabrican de un material no magnético, en especial de un material eléctricamente aislante.
- 45 5. Rotor según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por que los cuerpos de apoyo (8) se fabrican de un material reforzado con fibras.
6. Rotor según la reivindicación 5, caracterizado por que el material de los cuerpos de apoyo (8) presenta fibras ordenadas o desordenadas, en particular fibras de vidrio o de carbono, en una matriz de material de plástico.
- 50 7. Rotor según una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado por que los pernos tensores (9) se configuran en una sola pieza con cabezas de tornillo (10) con un perfil interior, encontrándose las cabezas de tornillo (10) en estado montado en cavidades de los cuerpos de apoyo (8).
- 55 8. Rotor según una de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizada por que en la zona del soporte de cabezales de bobinado (7) se prevén orificios radiales (13) para el paso del aire de refrigeración.





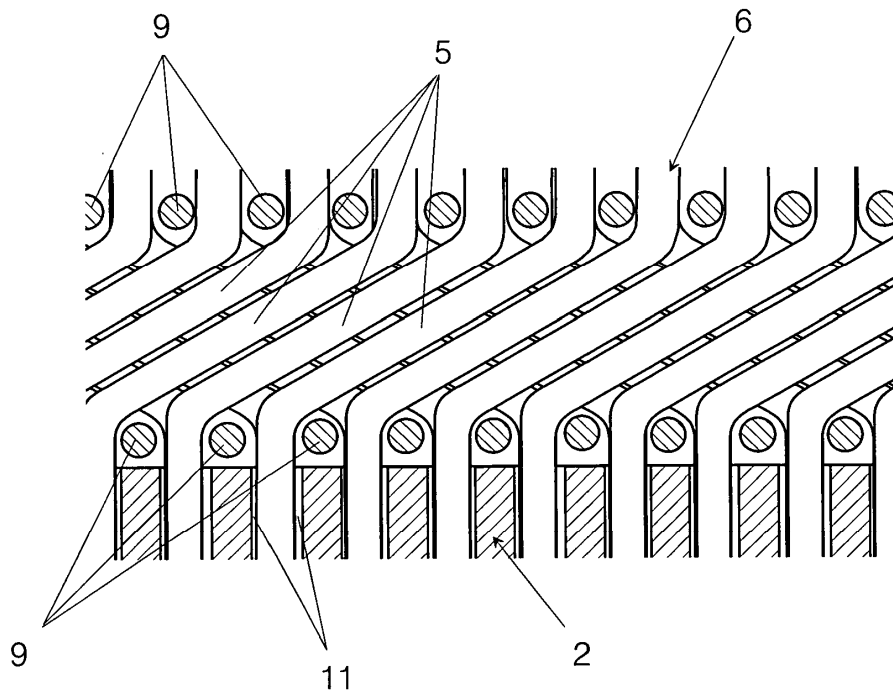


Fig. 3