

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 755 839**

51 Int. Cl.:

**H02K 1/24** (2006.01)

**H02K 1/28** (2006.01)

**F16D 1/093** (2006.01)

**H02K 15/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.11.2016 PCT/EP2016/077047**

87 Fecha y número de publicación internacional: **22.06.2017 WO17102182**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.11.2016 E 16797800 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.08.2019 EP 3391510**

54 Título: **Fijación de una rueda polar en el árbol de una máquina eléctrica rotativa**

30 Prioridad:

**18.12.2015 EP 15201191**

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

**23.04.2020**

73 Titular/es:

**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)  
Werner-von-Siemens-Straße 1  
80333 München, DE**

72 Inventor/es:

**SCHÖNBERG, THOMAS y  
TEFERT, PETER**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

ES 2 755 839 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**

Fijación de una rueda polar en el árbol de una máquina eléctrica rotativa

La invención se refiere a una máquina eléctrica rotativa con un rotor que puede rotar en torno a un eje de rotación que presenta un árbol, una rueda polar que rodea el árbol y al menos un set de sujeción.

5 Además, la invención se refiere a un procedimiento para la fabricación de una máquina eléctrica rotativa de este tipo.

Además, la invención se refiere a un barco con al menos una máquina eléctrica rotativa de este tipo.

Una máquina eléctrica rotativa de este tipo, por ejemplo, un motor o un generador, se utiliza en particular en la construcción naval y está realizada preferentemente como accionamiento *booster* para barco con una potencia de al menos un megavatio. Una máquina eléctrica rotativa de este tipo presenta un rotor que puede girar en torno a un eje  
10 de rotación. El eje de rotación define una dirección axial, una dirección radial y una dirección tangencial.

Un problema de tales grandes accionamientos eléctricos que se presenta en la práctica consiste en que, para el montaje del rotor en el árbol de hélice, generalmente largo y pesado, es necesario un elevado esfuerzo económico y logístico. Los componentes individuales del rotor se fabrican muchas veces en diferentes lugares de fabricación, entre los que se encuentra, por ejemplo, una fábrica de motores eléctricos, y luego se transportan a otro lugar en el  
15 que se efectúa un ensamblaje. A este respecto, se generan elevados costes para el transporte de los componentes individuales. Además, en el lugar del ensamblaje de los componentes, por ejemplo, en un astillero, se requiere personal cualificado para un acabado especializado de este tipo, lo que también causa elevados costes. Hasta ahora, se embutía una construcción de rueda polar-buje sobre el árbol liso, largo y pesado y, a continuación, se montaban los polos.

El documento de patente US 2,579,629 A describe una disposición para la medición de una potencia transmitida de un árbol a una hélice de barco con un rotor. Un rotor presenta una pareja de bobinas anulares que están dispuestas sobre un componente de apoyo redondo, estando unidos los componentes de apoyo redondos sobre pernos con anillos de apriete. Los anillos de apriete, que está fabricados preferentemente de un material no magnético, están  
20 unidos con el árbol por medio de barras redondas.

El documento de divulgación EP 1 530 278 A2 describe un rotor para una máquina de reluctancia conmutada, presentando el rotor un paquete de chapa que, en un estado comprimido, es sujetado por una placa final fija y una placa final móvil, siendo presionada la placa final móvil mediante un resorte de carga permanente en dirección de la placa final fija.

El documento de divulgación DE 92 16 139 U1 describe un rotor que presenta un paquete de enrollado y un árbol que soporta el paquete de enrollado y que están dispuestos entre sí rodeándose o envolviéndose coaxialmente. Delimitada entre el árbol y el paquete de enrollado, está dispuesta una cavidad anular que se amplía de manera cónica hacia un borde final del lado frontal o hacia la superficie frontal del paquete de enrollado y/o del árbol. Un casquillo presenta una sección transversal complementaria con respecto a la cavidad anular de tal modo que se  
30 puede insertar en la cavidad anular y fijar en ella por arrastre de fuerza.

El documento de divulgación WO 2014/048750 A2 describe un rotor para un gran accionamiento eléctrico que presenta un árbol que presenta en uno de sus extremos axiales un reborde de árbol que sobresale radialmente hacia fuera sobre el revestimiento exterior del árbol. Además, el rotor presenta un adaptador, un elemento de soporte y un elemento de apoyo que están dispuestos en cada caso de manera radialmente exterior en el árbol, estando unido el adaptador con el reborde de árbol, estando unido el elemento de soporte al menos con el  
40 adaptador y estando unido el elemento de apoyo con el elemento de soporte y el árbol.

El documento de divulgación DE 1 993 748 U describe un set de sujeción para la unión de bujes con un árbol. El set de sujeción presenta un anillo de sujeción exterior, un anillo de sujeción interior y un anillo de empuje de doble cono que está dividido en segmentos de cono con forma anular.

45 La invención es una máquina eléctrica rotativa de acuerdo con la reivindicación 1 y un procedimiento para la fabricación de esta máquina eléctrica de acuerdo con la reivindicación 12. Otras formas de diseño de la invención se definen en las reivindicaciones dependientes 2 - 11 y 13 - 16.

La invención se basa en el objetivo de indicar una máquina eléctrica rotativa en la que, para ahorrar en la fabricación tiempo y costes, el árbol y la rueda polar estén unidos con un dispositivo de fijación alternativo por arrastre de  
50 fuerza.

Este objetivo se resuelve mediante una máquina eléctrica rotativa con un rotor que puede rotar en torno a un eje de

- rotación y que presenta un árbol, una rueda polar que rodea el árbol y al menos un set de sujeción, estando previsto el set de sujeción para establecer una unión con arrastre de fuerza entre el árbol y la rueda polar, presentando el set de sujeción un anillo de sujeción exterior, un anillo de sujeción interior y un equipo de sujeción que está previsto para la sujeción del set de sujeción, estando introducido el anillo de sujeción interior en el anillo de sujeción exterior, pudiéndose desplazar uno contra otro axialmente el anillo de sujeción exterior y el anillo de sujeción interior con el equipo de sujeción axial, presentando el anillo de sujeción exterior al menos dos segmentos de anillo de sujeción exterior separados y presentando el anillo de sujeción interior al menos dos segmentos separados de anillo de sujeción interior.
- La unión con ayuda de un set de sujeción que esté previsto, por ejemplo, para una máquina eléctrica rotativa, tiene la ventaja, en comparación con la unión con un procedimiento de retractilado, de que la rueda polar completamente terminada con sus polos se puede unir de manera sencilla, económica y rápida con el árbol por arrastre de fuerza. Esto es particularmente ventajoso porque, con una unión de este tipo, se pueden ahorrar costes en la fabricación de la máquina eléctrica rotativa, en particular un accionamiento de barco, en comparación con el estado de la técnica y la máquina puede entregarse más rápido.
- El set de sujeción presenta un anillo de sujeción exterior, un anillo de sujeción interior y un equipo de sujeción que está previsto para la sujeción del set de sujeción, estando introducido el anillo de sujeción interior en el anillo de sujeción exterior y pudiéndose desplazar uno contra otro axialmente el anillo de sujeción exterior y el anillo de sujeción interior con el equipo de sujeción. Esto es ventajoso porque así la rueda polar con sus polos puede ser unida de manera sencilla y rápida con el árbol.
- El anillo de sujeción exterior presenta al menos dos segmentos separados de anillo de sujeción exterior y el anillo de sujeción interior presenta al menos dos segmentos separados de anillo de sujeción interior. Mediante la segmentación del set de sujeción en varios segmentos separados, es decir, no unidos entre sí mecánicamente de manera fija, que presentan en la vista superior geoméricamente la forma de segmentos de anillo circular, el set de sujeción se puede dividir, por ejemplo, de tal modo que ya no tenga que ser deslizado en dirección axial sobre el árbol, sino que se pueda montar en piezas individuales desde una dirección radial alrededor del árbol. Esto es en particular ventajoso cuando el árbol presenta en los extremos axiales en cada caso un reborde que está unido de manera no desmontable con el árbol o está fabricado de una pieza con el árbol.
- Además, el objetivo se resuelve mediante un procedimiento para la fabricación de una máquina eléctrica rotativa de este tipo con un árbol, una rueda polar y un set de sujeción, fabricándose en primer lugar el árbol y la rueda polar, montándose durante la fabricación de la rueda polar polos sobre la superficie exterior de la rueda polar, montándose en una subsiguiente etapa la rueda polar con los polos con ayuda del set de sujeción en el árbol.
- Mediante un procedimiento de fabricación de este tipo es posible que se pueda efectuar el montaje de la rueda polar completamente terminada en el árbol completamente terminado en un lugar diferente, por ejemplo, a cargo del cliente final, que la fabricación del árbol y la rueda polar.
- Además, el objetivo se resuelve mediante un barco con al menos una máquina eléctrica rotativa de este tipo, estando prevista la máquina eléctrica rotativa para funcionar como motor y/o generador. De este modo, la máquina eléctrica rotativa, por ejemplo, puede elevar en caso necesario la potencia de un accionamiento principal o generar corriente a partir de una parte de la potencia de accionamiento. Mediante una máquina eléctrica rotativa con una unión de este tipo entre árbol y rueda polar, se puede fabricar un barco de manera más económica que en el estado de la técnica, y el barco puede fabricarse más deprisa.
- Preferentemente, el árbol presenta un diámetro exterior de al menos 500 mm. Un árbol con un gran diámetro de este tipo se necesita para transmitir una potencia de al menos un megavatio.
- En una forma de realización preferente, el árbol presenta en sus extremos axiales en cada caso un reborde, siendo el diámetro de reborde mayor que el diámetro exterior del árbol. El diámetro de reborde es, por ejemplo, de 1,2 a 1,4 veces mayor que el diámetro exterior del árbol. Esto es particularmente ventajoso porque de este modo se puede establecer una unión que soporte carga entre el árbol y un objeto unido con el árbol por medio del reborde, por ejemplo, el árbol para una hélice y/o un accionamiento principal que funcione con diésel, preferentemente por medio de tornillos. Los rebordes dispuestos a ambos lados son ventajosos porque de este modo la máquina eléctrica rotativa se puede introducir de manera flexible, por ejemplo, en la cadena de propulsión de un barco. De este modo, se puede evitar el montaje de los componentes de rotor en un árbol largo y pesado.
- En otro diseño ventajoso, el árbol y los rebordes están fabricados de una pieza o los rebordes están unidos de manera fija no desmontable con el árbol. Por ejemplo, el árbol es torneado con los rebordes de una pieza y, a continuación, se mecaniza. Alternativamente, los rebordes están unidos, por ejemplo, con un procedimiento de retractilado con el árbol, de tal modo que se establezca una unión fija no desmontable entre el árbol y los rebordes. Tales uniones son particularmente ventajosas porque el árbol también es muy estable en caso de una sollicitación

muy elevada, por ejemplo, en caso de elevados pares de torsión y/o cambios rápidos de pares de torsión.

5 En otro diseño ventajoso, el anillo de sujeción exterior está previsto para generar una fuerza que actúe radialmente hacia fuera, estando prevista la fuerza que actúa radialmente hacia fuera para unir el anillo de sujeción exterior por arrastre de fuerza con la rueda polar y estando previsto el anillo de sujeción interior para generar una fuerza que actúe radialmente hacia dentro, estando prevista la fuerza que actúa radialmente hacia dentro para unir el anillo de sujeción interior por arrastre de fuerza con el árbol. Correspondientemente, el anillo de sujeción exterior presiona radialmente hacia fuera contra la rueda polar, mientras que el anillo de sujeción interior radial que se sitúa en el anillo de sujeción exterior presiona hacia dentro contra el árbol. De este modo es posible establecer una unión con arrastre de fuerza con el set de sujeción por medio de su superficie exterior y su superficie interior al mismo tiempo.

10 De manera particularmente ventajosa, el anillo de sujeción exterior presenta una superficie interior cónica y el anillo de sujeción interior, una superficie exterior cónica, estando previsto el equipo de sujeción para modificar mínimamente, mediante desplazamiento axial de la superficie interior cónica con la superficie exterior cónica, el diámetro interior y el diámetro exterior del set de sujeción. Si se mueven, por ejemplo, el anillo de sujeción exterior con su superficie interior cónica y el anillo de sujeción interior con su superficie exterior cónica en dirección axial uno  
15 hacia el otro, encontrándose el anillo de sujeción interior al menos parcialmente con la superficie exterior cónica en la superficie interior cónica del anillo de sujeción exterior, se generan por la tensión que se genera por la presión provocada por el equipo de sujeción de la superficie interior cónica y de la superficie exterior cónica entre sí, un aumento mínimo del diámetro exterior y del diámetro interior del set de sujeción. Mientras que el diámetro interior del set de sujeción, por ejemplo, es de mínimo 500 mm y el diámetro exterior del set de sujeción, por ejemplo, se sitúa  
20 entre 600 mm y 700 mm, se pueden modificar el diámetro exterior y el diámetro interior del set de sujeción por la tensión en un máximo de 2 mm. Esto es ventajoso porque así tanto el diámetro exterior como el diámetro interior del set de sujeción se pueden modificar simultáneamente con solo un ajuste del equipo de sujeción.

25 Ventajosamente, los al menos dos segmentos de anillo de sujeción exterior están separados entre sí por al menos dos ranuras radiales de anillo de sujeción exterior y los al menos dos segmentos de anillo de sujeción interior están separados entre sí por al menos dos ranuras radiales de anillo de sujeción interior. Mediante la segmentación con ayuda de al menos dos ranuras se obtienen en la vista superior preferentemente segmentos de anillo de sujeción exterior y segmentos de anillo de sujeción interior con forma de segmento de anillo circular que se pueden dividir de tal modo que, por ejemplo, los segmentos de anillo de sujeción exterior con forma de segmento de anillo circular y los segmentos de anillo de sujeción interior se montan lateralmente, preferentemente viniendo de su dirección  
30 esencialmente radial, y luego en la siguiente etapa se pueden ensamblar en un set de sujeción. Esto es ventajoso porque de este modo se puede montar un set de sujeción se manera sencilla, económica y rápida en un árbol que, en sus extremos axiales presenta en cada caso un engrosamiento, por ejemplo, un reborde.

35 En otro diseño ventajoso, las ranuras radiales de anillo de sujeción exterior y las ranuras radiales de anillo de sujeción interior están configuradas con superficie recta en dirección axial. Esto quiere decir que el anillo de sujeción exterior con forma de anillo circular y el anillo de sujeción interior con forma de anillo circular se segmentan mediante ranuras planas de anillo de sujeción exterior y ranuras de anillo de sujeción interior. Esto es particularmente ventajoso porque de este modo los componentes del set de sujeción se pueden fabricar de manera económica y sencilla.

40 En una forma de realización preferente, los ángulos de desplazamiento entre cada una de las ranuras radiales de anillo de sujeción exterior y sus dos ranuras adyacentes de anillo de sujeción interior son aproximadamente iguales. Por un ángulo de desplazamiento se entiende en este caso el ángulo en el que se sitúa, por ejemplo, una ranura radial de anillo de sujeción interior con respecto a una ranura radial de anillo de sujeción exterior. Si el ángulo de desplazamiento fuera, por ejemplo, de 0°, la ranura radial de anillo de sujeción exterior y la ranura radial de anillo de sujeción interior estarían situadas axialmente una sobre otra. Si los ángulos de desplazamiento entre las ranuras de  
45 anillo de sujeción exterior y sus dos ranuras adyacentes de anillo de sujeción interior son aproximadamente iguales, las ranuras de anillo de sujeción interior se sitúan en la bisectriz de las dos ranuras adyacentes de anillo de sujeción exterior. Esto es particularmente ventajoso porque se garantiza una unión sin holgura del anillo de sujeción con el árbol y con la rueda polar.

50 En otro diseño ventajoso, el número de los segmentos de anillo de sujeción interior y de los segmentos de anillo de sujeción exterior de un set de sujeción es igual. Esto es ventajoso porque se garantiza una unión resistente al giro y uniforme del anillo de sujeción con el árbol y con la rueda polar.

De manera particularmente ventajosa, al menos partes del árbol presentan un acabado de superficie. El acabado de superficie puede ser, por ejemplo, una rugosidad para que se pueda establecer una unión con arrastre de fuerza más firme entre el anillo de sujeción y el árbol.

55 Preferentemente, el árbol presenta en los dos extremos axiales en cada caso un reborde, introduciéndose en la siguiente etapa en primer lugar el árbol en la rueda polar, ensamblándose a continuación el set de sujeción completamente desensamblado entre el árbol y la rueda polar de tal modo que se establezca una unión con arrastre

de fuerza entre el árbol y la rueda polar. Esto es ventajoso porque de este modo se puede montar un set de sujeción se manera sencilla, económica y rápida en un árbol que, en sus extremos axiales presenta en cada caso un engrosamiento, por ejemplo, un reborde.

5 En una forma de realización preferente, la unión con arrastre de fuerza entre el árbol y la rueda polar se establece por medio de una fuerza que actúa radialmente hacia fuera por parte del anillo de sujeción exterior del set de sujeción sobre la rueda polar y por medio de una fuerza que actúa radialmente hacia dentro por parte del anillo de sujeción interior sobre el árbol. De este modo es posible establecer una unión con arrastre de fuerza con el set de sujeción por medio de su superficie exterior y su superficie interior simultáneamente.

10 En otro diseño ventajoso, el barco presenta una hélice con un árbol de hélice y una máquina principal con un árbol de máquina principal, estando unida la máquina eléctrica rotativa en un primer extremo axial por medio de un reborde con el árbol de hélice de la hélice y en un segundo extremo axial por medio de un reborde con el árbol de máquina principal de la máquina principal. Los rebordes dispuestos a ambos lados de la máquina eléctrica rotativa son ventajosos porque estos se pueden introducir de manera flexible en la cadena de propulsión del barco.

15 A continuación, se describe y explica con más detalle la invención con referencia a los ejemplos de realización representados en las figuras.

Muestran:

- la Figura 1 una representación tridimensional de un rotor,
- la Figura 2 una sección longitudinal de un rotor,
- la Figura 3 una representación tridimensional de un set de sujeción segmentado en dos,
- 20 la Figura 4 una vista superior del set de sujeción segmentado en dos de la figura 3,
- la Figura 5 una vista superior de un set de sujeción segmentado en tres,
- la Figura 6 una vista superior de un set de sujeción segmentado en cuatro,
- la Figura 7 una sección transversal del set de sujeción segmentado en dos de la figura 4,
- la Figura 8 una sección longitudinal de un rotor con un set de sujeción segmentado,
- 25 la Figura 9 una sección longitudinal de una máquina eléctrica rotativa y
- la Figura 10 un barco con una máquina eléctrica rotativa.

30 La figura 1 muestra una representación tridimensional de un rotor 3 que presenta un árbol 5, una rueda polar 6, que también se designa como tubo rotor, y un set de sujeción 7 y que puede rotar en torno a un eje de rotación 4. El árbol 5 presenta en sus extremos axiales en cada caso un reborde 5a con el que se puede montar de manera solicitable con carga el árbol 5 en otros objetos, por ejemplo, un árbol para una hélice.

35 Para garantizar una gran estabilidad del árbol 5, el árbol 5 y el reborde 5a están fabricados de una pieza. Por ejemplo, el árbol 5 se tornea con los rebordes 5a y después de mecaniza. Un árbol 5 fabricado de una pieza con rebordes 5a en sus extremos axiales es muy estable en caso de una sollicitación muy elevada, por ejemplo, en caso de elevados pares de torsión y/o cambios rápidos de pares de torsión. Alternativamente, el reborde 5a puede estar unido con el árbol 5 a ambos lados de manera fija prácticamente no desmontable por medio de una unión de retráctilado o una unión soldada.

40 El árbol 5 de la figura 1, que preferentemente está compuesto de acero, está realizado a modo de ejemplo como árbol hueco, lo que ahorra peso y costes. Además, en caso de que el rotor 3 esté previsto para una máquina síncrona excitada exteriormente, se guían los cables para las bobinas de rotor, por ejemplo, desde una máquina de excitación situada sobre el árbol 5 a través de la cavidad interior del árbol 5 realizado como árbol hueco, ya que el par de torsión cerca del eje de rotación 4 es muy reducido.

45 La rueda polar 6 está unida con el árbol 5 por medio de un set de sujeción 7 por arrastre de fuerza. Mediante presión y fricción del set de sujeción 7 radialmente hacia dentro contra el árbol 5 y radialmente hacia fuera contra la rueda polar 6, se genera también en caso de elevados pares de torsión y/o cambios rápidos de par de torsión una unión mecánica resistente al giro entre la rueda polar 6 y el árbol 5.

- El árbol 5 presenta en partes que están unidas con el set de sujeción 7, un acabado de superficie 5b. Este acabado de superficie 5b es preferentemente una rugosidad que aumenta la fricción y, por tanto, proporciona una optimización de la resistencia a la torsión de la unión con arrastre de fuerza entre el árbol 5 y el set de sujeción 7. Una protección anticorrosiva del árbol 5, por el contrario, es algo secundario en este caso. Mediante la rugosidad se puede transmitir un mayor par de torsión con la unión entre rueda polar 6 y árbol 5. Al contrario que los requisitos del set de sujeción con respecto al acabado de superficie del árbol 5, los requisitos de la unión de retráctilado con respecto al acabado de superficie, en particular las tolerancias, son claramente mayores. Para tolerancias de componentes en el uso de un set de sujeción 7, se cumplen para el árbol 5 los requisitos de mecanización habituales.
- El montaje de los polos 21 de una máquina eléctrica de barco en el árbol 5 hasta ahora era efectuado por el cliente, por ejemplo, en un astillero. Esta manera de proceder requiere personal cualificado del fabricante de la máquina eléctrica en el astillero.
- Hasta ahora, se embutía una construcción de rueda polar-buje sobre el árbol liso 5 y, a continuación, se montaban los polos 21 en la rueda polar 6. Alternativamente, los polos 21 se montaban directamente sobre un árbol 5 realizado como árbol de bola 5. Un árbol de bola de este tipo es una pieza forjada mecanizada laboriosamente con mecanización de torno y fresa que presenta un mayor diámetro en la zona de los polos 21.
- Mediante el montaje de los polos 21 en una rueda polar 6 en la sede del fabricante o de un socio especializado, el rotor 3 prefabricado puede enviarse y ser fijado por parte del cliente, por ejemplo, en el astillero, mediante anillos de sujeción 7 en el árbol 5. El laborioso montaje de los polos 21 se elimina de la unión por medio de buje. Una unión sencilla de este tipo del rotor 3 puede ser llevada a cabo por el propio cliente en el astillero. De este modo, es posible un montaje sencillo y rápido por parte del cliente final.
- La figura 2 muestra una sección longitudinal de un rotor 3. Este rotor se corresponde en su diseño con el rotor 3 mostrado en la figura 1. El diámetro exterior mínimo 24 del árbol 5 es de 500 mm. El diámetro de reborde 23 de los rebordes 5a que se encuentran en los extremos axiales del árbol 5 es de 1,2 a 1,4 veces mayor que el diámetro exterior 24 del árbol 5. Por ello, dado que el reborde 5a y el árbol 5 están fabricados de una pieza o el árbol 5 y el reborde 5a están montados a ambos lados de manera fija no desmontable, es necesario que el set de sujeción 7, para establecer una unión con arrastre de fuerza del árbol 5 con la rueda polar 6 que rodea el árbol 5, se pueda desensamblar y montar lateralmente en el árbol 5.
- La figura 3 muestra una representación tridimensional de un set de sujeción 7 segmentado en dos que está previsto para establecer una unión con arrastre de fuerza de un árbol 5 con una rueda polar 6. El set de sujeción 7 presenta un anillo de sujeción exterior 8 y un anillo de sujeción interior 9. El anillo de sujeción exterior 8 se divide por medio de dos ranuras radiales de anillo de sujeción exterior 20 de manera axialmente simétrica en dos segmentos de anillo de sujeción exterior 19 idénticos, y el anillo de sujeción interior 9 se divide por medio de dos ranuras radiales de anillo de sujeción interior 18 de manera axialmente simétrica en dos segmentos de anillo de sujeción interior 17 idénticos, discurrendo las ranuras de anillo de sujeción exterior 20 y las ranuras de anillo de sujeción interior 18 ortogonalmente entre sí. Los segmentos de anillo de sujeción exterior 19 y los segmentos de anillo de sujeción interior 17 tienen la forma de segmentos de anillo de circular.
- El anillo de sujeción exterior 8 y el anillo de sujeción interior 9 están unidos mecánicamente entre sí por medio de equipos de sujeción 10, que, por ejemplo, están realizados como tornillos de sujeción. Modificando la posición de los equipos de sujeción 10, por ejemplo, mediante atornillado y desatornillado de tornillos de sujeción, se modifica el diámetro exterior del anillo de sujeción exterior 8 y el diámetro interior del anillo de sujeción interior 9 en el rango de algunas centenas de micrómetros. La desviación máxima del diámetro exterior 15 y del diámetro interior 14 del set de sujeción 7 es de dos milímetros.
- La figura 4 muestra una vista superior del set de sujeción segmentado en dos de la figura 3. Los ángulos de desplazamiento 22 entre cada una de las dos ranuras radiales de anillo de sujeción exterior 20 y sus ranuras adyacentes de anillo de sujeción interior 18 son de aproximadamente 90°, de tal modo que las dos ranuras de anillo de sujeción exterior 20 se sitúan en la bisectriz de las dos ranuras de anillo de sujeción interior 18. De este modo, el set de sujeción 7 es simétrico, lo que permite una unión uniforme y precisa del anillo de sujeción 7 con el árbol 5 y la rueda polar 6.
- La figura 5 muestra una vista superior de un set de sujeción segmentado en tres. El set de sujeción 7 se corresponde en su diseño con el set de sujeción 7 de la figura 3 y la figura 4, con la diferencia de que el anillo de sujeción exterior 8 se divide mediante tres ranuras radiales de anillo de sujeción exterior 20 de manera uniforme en tres segmentos de anillo de sujeción exterior 19 idénticos, y el anillo de sujeción interior 9 se divide mediante tres ranuras radiales de anillo de sujeción interior 18 de manera uniforme en tres segmentos de anillo de sujeción interior 17 idénticos. Los ángulos de desplazamiento 22 entre cada una de las tres ranuras radiales de anillo de sujeción exterior 20 y sus ranuras adyacentes de anillo de sujeción interior 18 son de aproximadamente 60°, de tal modo que las dos ranuras de anillo de sujeción exterior 20 se sitúan sobre la bisectriz de las dos ranuras de anillo de sujeción

interior 18.

La figura 6 muestra una vista superior de un set de sujeción segmentado en cuatro. El set de sujeción 7 se corresponde en su diseño con los sets de sujeción 7 de la figura 3, la figura 4 y la figura 5, con la diferencia de que el anillo de sujeción exterior 8 se divide por medio de cuatro ranuras radiales de anillo de sujeción exterior 20 de manera uniforme en cuatro segmentos de anillo de sujeción exterior 19 idénticos, y el anillo de sujeción interior 9 se divide por medio de cuatro ranuras radiales de anillo de sujeción interior 18 de manera uniforme en cuatro segmentos de anillo de sujeción interior 17 idénticos. Los ángulos de desplazamiento 22 entre cada una de las cuatro ranuras radiales de anillo de sujeción exterior 20 y sus ranuras adyacentes de anillo de sujeción interior 18 son de aproximadamente 45°, de tal modo que las dos ranuras de anillo de sujeción exterior 20 se sitúan en la bisectriz de las dos ranuras de anillo de sujeción interior 18.

La figura 7 muestra una sección transversal del set de sujeción 7 segmentado en dos de la figura 4. El anillo de sujeción exterior 8 presenta una superficie interior cónica 12, mientras que el anillo de sujeción interior 9 presenta una superficie exterior cónica 13. El ángulo de cono 11 de la superficie interior cónica 12 del anillo de sujeción exterior 8 y el ángulo de cono 11 de la superficie exterior cónica 13 del anillo de sujeción interior 9 son aproximadamente iguales, situándose el anillo de sujeción interior 9 en el anillo de sujeción exterior 8 y estando unido el anillo de sujeción exterior 8 por medio de su superficie interior cónica 12 con la superficie exterior cónica del anillo de sujeción interior 9. Mediante desplazamiento axial de la superficie interior cónica 12 con respecto a la superficie exterior cónica 13 por medio del equipo de sujeción 10, se modifican el diámetro exterior 15 y el diámetro interior 14 del set de sujeción 7 en el rango de algunas centenas de micrómetro hasta un máximo de dos milímetros.

Los equipos de sujeción 10 de la figura 7 realizados como tornillos de sujeción discurren a través de perforaciones 16 en el anillo de sujeción interior 9 en dirección axial paralelamente al eje de rotación 4 y están atornillados con el anillo de sujeción exterior 8. Mediante el atornillado de los tornillos de sujeción, el anillo de sujeción interior 9 es empujado más profundamente en dirección axial en el anillo de sujeción exterior 8. De este modo, se produce una tensión entre la superficie interior cónica 12 del anillo de sujeción exterior 8 y la superficie exterior cónica 13 del anillo de sujeción interior 9, por medio de lo cual aumenta el diámetro exterior 15 del set de sujeción 7 y al mismo tiempo se reduce el diámetro interior 14 del set de sujeción 7. Si se aflojan de nuevo los tornillos de sujeción, cede la tensión entre la superficie interior cónica 12 del anillo de sujeción exterior 8 y la superficie exterior cónica 13 del anillo de sujeción interior 9 y el diámetro exterior 15 del set de sujeción 7 se reduce de nuevo, mientras que al mismo tiempo aumenta de nuevo el diámetro interior 14 del set de sujeción 7.

Son posibles formas de realización alternativas en las que el equipo de sujeción 10, por ejemplo, está realizado como resortes o un set de sujeción 7 hidráulico o neumático, y también son objeto de la invención.

La figura 8 muestra una sección longitudinal de un rotor 3 con un set de sujeción segmentado 7. El set de sujeción 7 segmentado está realizado como en una de las figuras 3 a 7. Mediante atornillado de los tornillos de sujeción se produce una tensión entre la superficie interior cónica 12 del anillo de sujeción exterior 8 y la superficie exterior cónica 13 del anillo de sujeción interior 9, por medio de lo cual aumenta el diámetro exterior 15 del set de sujeción 7 y al mismo tiempo se reduce el diámetro interior 14 del set de sujeción 7. Mediante el aumento del diámetro exterior 15, que se corresponde de manera aproximada con el diámetro interior 25 de la rueda polar 6, se genera por medio del anillo de sujeción exterior 8 una fuerza que actúa radialmente hacia fuera 26 y que hace que el anillo de sujeción exterior 8 se una por arrastre de fuerza con la rueda polar 6. Mediante la reducción del diámetro interior 14, que se corresponde de manera aproximada con el diámetro exterior 24 del árbol 5, se genera por medio del anillo de sujeción interior 9 una fuerza que actúa radialmente hacia dentro 27 y que hace que el anillo de sujeción interior 9 se una por arrastre de fuerza con el árbol 5. De este modo, se establece por medio del set de sujeción 7 una unión con arrastre de fuerza del árbol 5 con la rueda polar 6.

La figura 9 muestra una sección longitudinal de una máquina eléctrica rotativa 1 con un estator 2 y un rotor 3, estando realizado el rotor 3 como en la figura 8. Sobre la rueda polar 6 se encuentran los polos 21 de la máquina eléctrica rotativa 1, que, en la figura 9, están realizados a modo de ejemplo como imanes permanentes para una máquina síncrona excitada permanentemente. Los imanes permanentes están compuestos, por ejemplo, de neodimio, hierro y boro. La rueda polar 6, también denominada como tubo de rotor, puede soportar alternativamente también los bobinados de excitador de una máquina síncrona excitada exteriormente o la jaula de cortocircuito de una máquina asíncrona.

La figura 10 muestra un barco 30 con una máquina eléctrica rotativa 1. La máquina eléctrica rotativa 1 está realizada como accionamiento *booster* 35 con una potencia de al menos un megavatio y puede utilizarse como motor o también como generador. El árbol 5 del accionamiento *booster* 35 está unido en el primer extremo axial 33 por medio de un reborde 5a, que está realizado como se ha mostrado y descrito en la figura 1, con el árbol de hélice 29a de la hélice 29 que genera el empuje para el barco 30. En el segundo extremo axial 34, el accionamiento *booster* 35 está unido por medio de un reborde 5a con el árbol de máquina principal 31a de la máquina principal 31. De este modo, en caso necesario, el accionamiento *booster* 35 puede elevar la potencia de la máquina principal 31 o generar en el funcionamiento como generador corriente a partir de una parte de la potencia de accionamiento. El árbol 5 del

accionamiento *booster* 35 es pequeño en comparación con el árbol de hélice 29a y el árbol de máquina principal 31a. Por ello, el accionamiento *booster* 35 puede introducirse a través de los dos rebordes 5a dispuestos a ambos lados de su árbol 5 de manera flexible entre la hélice 29 y la máquina principal 31 del barco 31.

5 Además de la hélice 29, también se encuentran bajo la superficie del agua 32 el accionamiento *booster* 35 y la máquina principal 31.

En resumen, la invención se refiere a una máquina eléctrica rotativa de acuerdo con la reivindicación 1 y un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 12. Para ahorrar tiempo y costes en la fabricación, se propone establecer con el set de sujeción 7 una unión con arrastre de fuerza entre el árbol 5 y la rueda polar 6.

REIVINDICACIONES

1. Máquina rotativa eléctrica (1) con un rotor (3) que puede rotar en torno a un eje de rotación (4) (3) que presenta un árbol (5) una rueda polar (6) que rodea el árbol (5) y al menos un set de sujeción (7), estando previsto el set de sujeción (7) para establecer una unión con arrastre de fuerza entre el árbol (5) y la rueda polar (6), **caracterizado por que** el set de sujeción (7) presenta un anillo de sujeción exterior (8), un anillo de sujeción interior (9) y un equipo de sujeción (10) que está previsto para la sujeción del set de sujeción (7), estando introducido el anillo de sujeción interior (9) en el anillo de sujeción exterior (8), pudiendo desplazarse axialmente uno en contra del otro el anillo de sujeción exterior (8) y el anillo de sujeción interior (9) con el equipo de sujeción (10), presentando el anillo de sujeción exterior (8) al menos dos segmentos separados de anillo de sujeción exterior (19) y presentando el anillo de sujeción interior (9) al menos dos segmentos separados de anillo de sujeción interior (17).
2. Máquina rotativa eléctrica (1) según la reivindicación 1, presentando el árbol un diámetro exterior (24) de al menos 500 mm.
3. Máquina rotativa eléctrica (1) según una de las reivindicaciones 1 o 2, presentando el árbol (5) en sus extremos axiales en cada caso un reborde (5a), siendo el diámetro de reborde (23) mayor que el diámetro exterior (24) del árbol (5).
4. Máquina rotativa eléctrica (1) según la reivindicación 3, estando fabricados el árbol (5) y el reborde (5a) de una pieza o estando unido el reborde (5a) de manera fija no desmontable con el árbol (5).
5. Máquina rotativa eléctrica (1) según una de las reivindicaciones anteriores, estando previsto el anillo de sujeción exterior (8) para generar una fuerza (26) que actúe radialmente hacia fuera, estando prevista la fuerza que actúa radialmente hacia fuera (26) para unir el anillo de sujeción exterior (8) por arrastre de fuerza con la rueda polar (6) y estando previsto el anillo de sujeción interior (9) para generar una fuerza que actúe radialmente hacia dentro (27), estando prevista la fuerza que actúa radialmente hacia dentro (27) para unir el anillo de sujeción interior (9) por arrastre de fuerza con el árbol (5).
6. Máquina rotativa eléctrica (1) según una de las reivindicaciones anteriores, presentando el anillo de sujeción exterior (8) un superficie interior cónica (12) y el anillo de sujeción interior (9), una superficie exterior cónica (13), estando previsto el equipo de sujeción (10) para cambiar mínimamente, mediante desplazamiento axial de la superficie interior cónica (12) con la superficie exterior cónica (13), el diámetro interior (14) y el diámetro exterior (15) del set de sujeción (7).
7. Máquina rotativa eléctrica (1) según una de las reivindicaciones anteriores, estando separados entre sí los al menos dos segmentos de anillo de sujeción exterior (19) por al menos dos ranuras radiales de anillo de sujeción exterior (20) y estando separados entre sí los al menos dos segmentos de anillo de sujeción interior (17) por al menos dos ranuras radiales de anillo de sujeción interior (18).
8. Máquina rotativa eléctrica (1) según la reivindicación 7, estando configuradas las ranuras radiales de anillo de sujeción exterior (20) y las ranuras radiales de anillo de sujeción interior (18) con superficie recta en dirección axial.
9. Máquina rotativa eléctrica (1) según una de las reivindicaciones 7 u 8, siendo los ángulos de desplazamiento (22) entre cada una de las ranuras radiales de anillo de sujeción exterior (20) y sus dos ranuras adyacentes de anillo de sujeción interior (18) aproximadamente iguales.
10. Máquina rotativa eléctrica (1) según una de las reivindicaciones anteriores, siendo igual el número de los segmentos de anillo de sujeción interior (17) y de los segmentos de anillo de sujeción exterior (19) de un set de sujeción (7).
11. Máquina rotativa eléctrica (1) según una de las reivindicaciones anteriores, presentando al menos parte del árbol (5) un acabado de superficie (5b).
12. Procedimiento para la fabricación de una máquina eléctrica rotativa (1) según una de las reivindicaciones 1 a 11 con un árbol (5), una rueda polar (6) y un set de sujeción (7) que presenta un anillo de sujeción exterior (8), un anillo de sujeción interior (9) y un equipo de sujeción (10) que está previsto para la sujeción del set de sujeción (7), estando introducido el anillo de sujeción interior (9) en el anillo de sujeción exterior (8), pudiendo desplazarse axialmente uno contra otro el anillo de sujeción exterior (8) y el anillo de sujeción interior (9) con el equipo de sujeción (10), presentando el anillo de sujeción exterior (8) al menos dos segmentos separados de anillo de sujeción exterior (19) y presentando el anillo de sujeción interior (9) al menos dos segmentos separados de anillo de sujeción interior (17), estando fabricado en primer lugar el árbol (5) y la rueda polar (6), montándose durante la fabricación de la rueda polar (6) polos (21) en la superficie exterior de la rueda polar (6), montándose en la siguiente etapa la rueda polar (6) con los polos (21) con ayuda del set de sujeción (7) en el árbol (5).

13. Procedimiento según la reivindicación 12, presentando el árbol (5) en los dos extremos axiales en cada caso un reborde (5a), introduciéndose en la siguiente etapa en primer lugar el árbol (5) en la rueda polar (6), ensamblándose a continuación el set de sujeción (7) completamente desensamblado entre el árbol (5) y la rueda polar (6) de tal modo que se establezca una unión con arrastre de fuerza entre el árbol (5) y la rueda polar (6).
- 5 14. Procedimiento según la reivindicación 13, estableciéndose la unión con arrastre de fuerza entre el árbol (5) y la rueda polar (6) mediante una fuerza que actúa radialmente hacia fuera (26) por parte del anillo de sujeción exterior (8) del set de sujeción sobre la rueda polar (6) y mediante una fuerza que actúa radialmente hacia dentro (27) por parte del anillo de sujeción interior (9) sobre el árbol (5).
- 10 15. Barco (30) con al menos una máquina eléctrica rotativa (1) según una de las reivindicaciones 1 a 11, estando prevista la máquina eléctrica rotativa (1) para funcionar como motor y/o generador.
- 15 16. Barco (30) según la reivindicación 15, presentando una hélice (29) con un árbol de hélice (29a) y una máquina principal (31) con un árbol de máquina principal (31a), estando unida la máquina eléctrica rotativa (1) en un primer extremo axial (33) por medio de un reborde (5a) con el árbol de hélice (29a) de la hélice (29) y estando unida en un segundo extremo axial (34) por medio de un reborde (5a) con el árbol de máquina principal (31a) de la máquina principal (31).

FIG 1

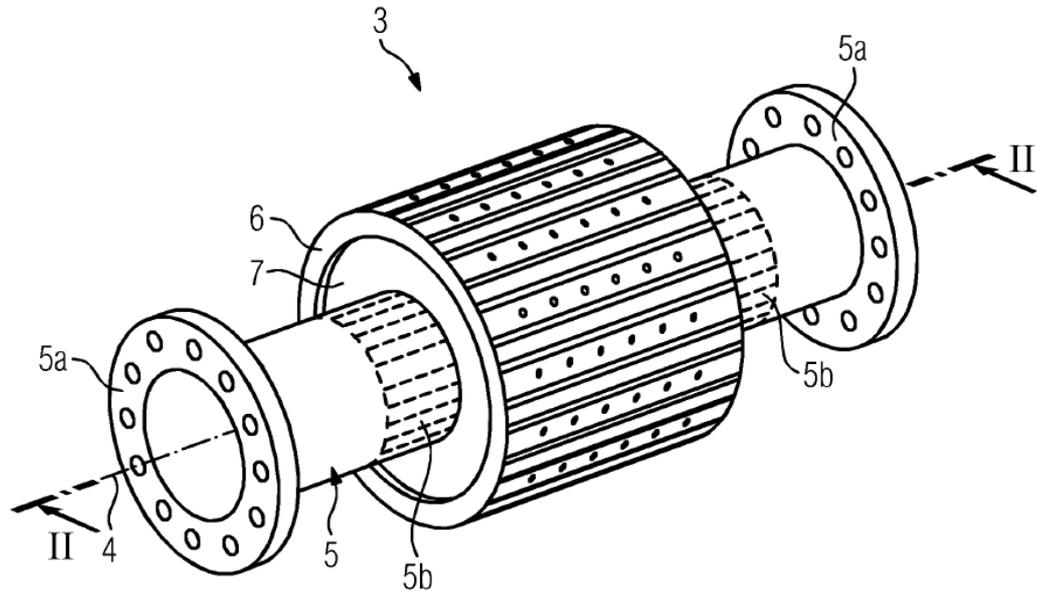


FIG 2

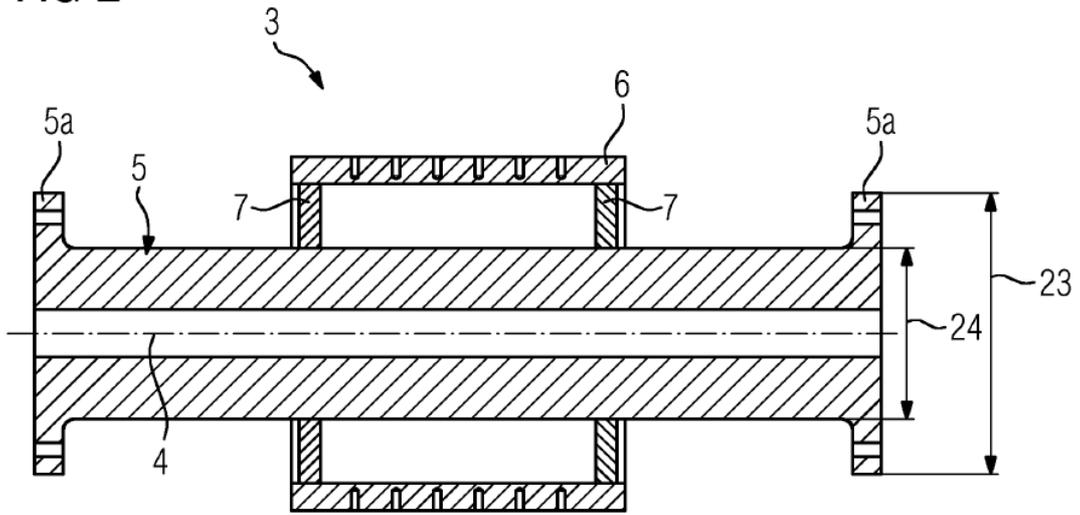


FIG 3

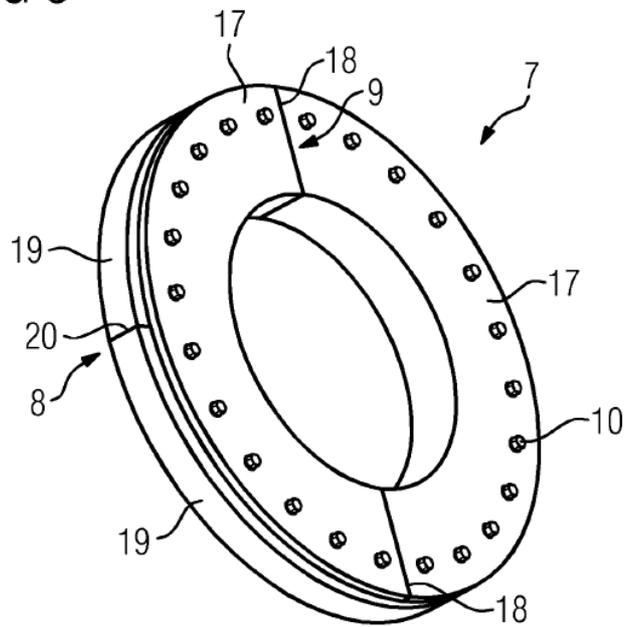


FIG 4

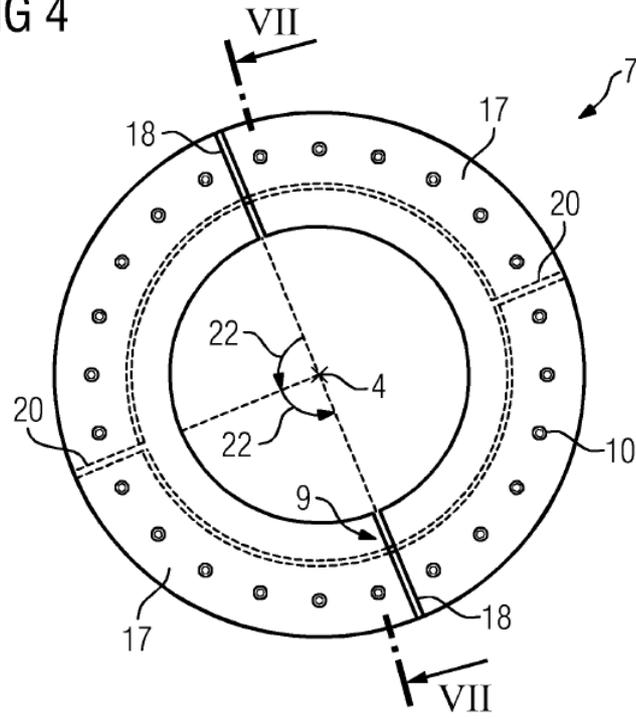


FIG 5

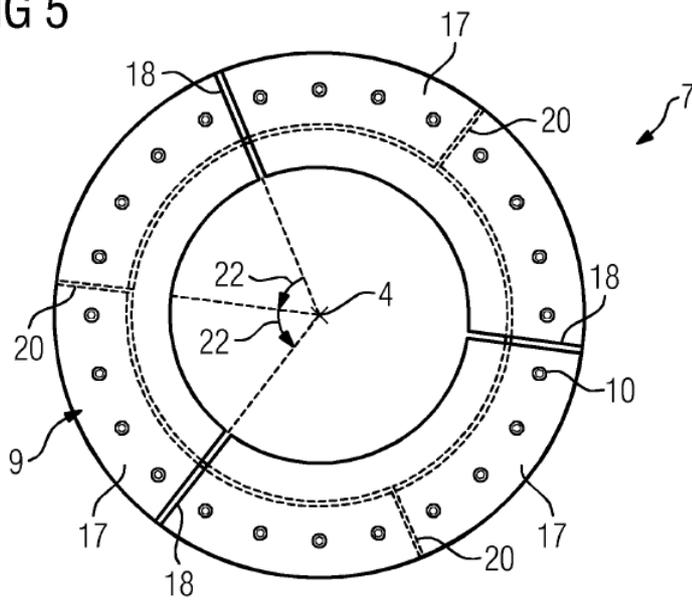


FIG 6

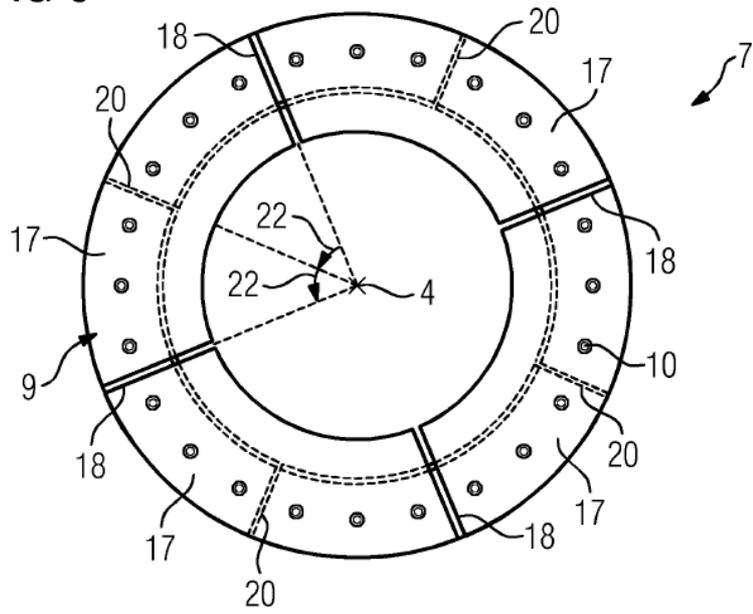


FIG 7

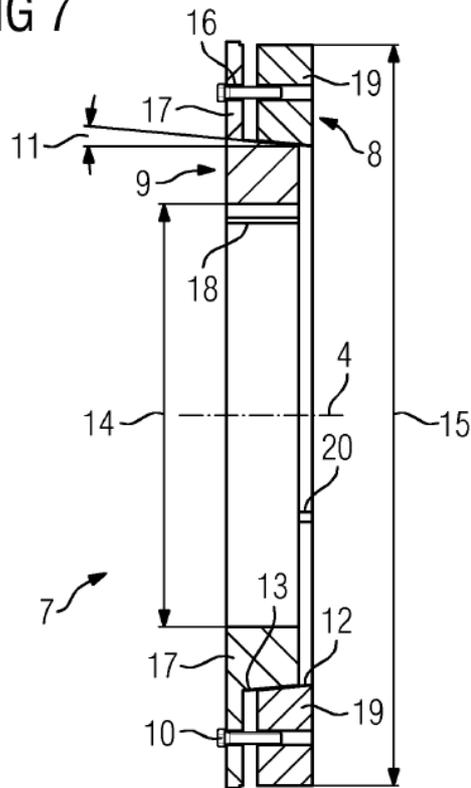


FIG 8

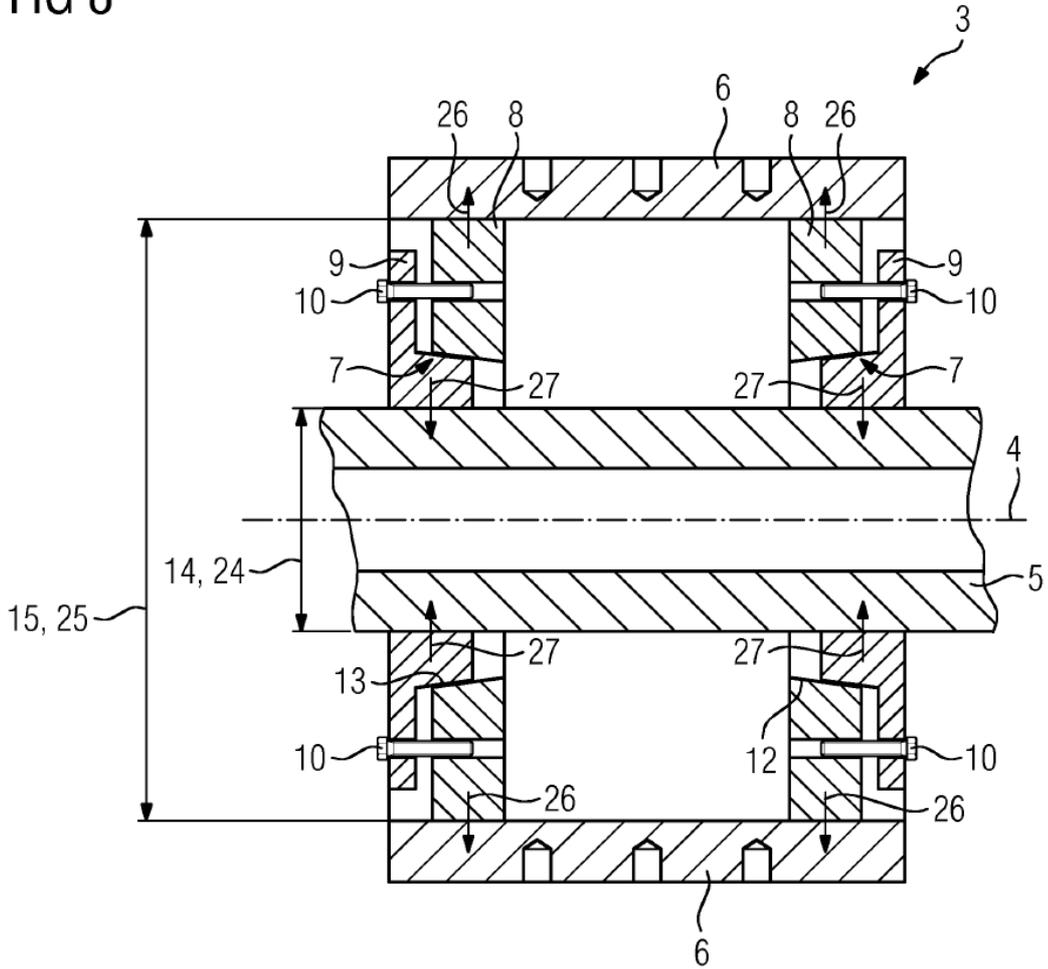


FIG 9

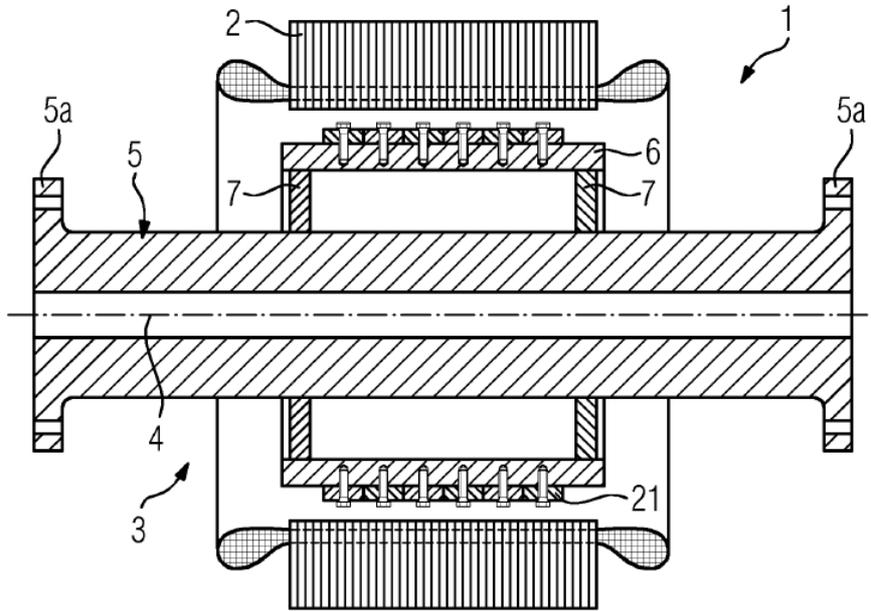


FIG 10

