

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 613 086**

51 Int. Cl.:

**H02K 55/04** (2006.01)

**H02K 9/20** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.02.2012 PCT/EP2012/053007**

87 Fecha y número de publicación internacional: **13.09.2012 WO12119858**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.02.2012 E 12706534 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.11.2016 EP 2668714**

54 Título: **Máquina síncrona superconductora, que comprende un rotor que puede rotar con relación a un estator, con al menos un devanado superconductor**

30 Prioridad:  
**04.03.2011 DE 102011005091**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**22.05.2017**

73 Titular/es:  
**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)  
Wittelsbacherplatz 2  
80333 München , DE**

72 Inventor/es:  
**FRANK, MICHAEL y  
VAN HASSELT, PETER**

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

ES 2 613 086 T3

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

**DESCRIPCIÓN**

Máquina síncrona superconductora, que comprende un rotor que puede rotar con relación a un estator, con al menos un devanado superconductor

5 Máquina síncrona superconductora, que comprende un rotor que puede rotar con relación a un estator, con al menos un devanado superconductor

La invención hace referencia a una máquina síncrona superconductora, que comprende un rotor que puede rotar con relación a un estator, con al menos un devanado superconductor, que se refrigera a través de un dispositivo de refrigeración, en donde las zonas refrigeradas del rotor están rodeadas al menos parcialmente por una cámara de vacío que rota con el rotor.

10 Las máquinas síncronas superconductoras, es decir las máquinas síncronas, que presentan al menos un devanado superconductor, ya son conocidas básicamente en el estado de la técnica. Una máquina de este tipo se describe por ejemplo en el documento US 6,657,333 B2.

15 A este respecto el devanado superconductor puede ser un devanado de rotor, que tiene que refrigerarse a través de una instalación de refrigeración, para mantener la temperatura de funcionamiento. Es por ejemplo conocido equipar el rotor con una cámara interior hueca, en la que se vaporiza un refrigerante introducido en esta cámara interior sobre un soporte de devanado conductor de calor, para refrigerar los devanados. La cámara interior actúa por lo tanto como cámara de vaporización.

20 Para aislar las zonas refrigeradas del rotor, la "parte fría" está rodeada habitualmente por un vacío aislante, es decir, que está prevista una cámara de vacío que rota con el rotor como parte del rotor. A este respecto se ha propuesto vaciar por bombeo y cerrar la posterior cámara de vacío, durante el montaje del rotor, para producir un vacío estático.

25 En la práctica, sin embargo, un vacío estático absoluto sólo puede conseguirse con mucha dificultad. A causa de las tasas de fugas en la zona de las uniones abridadas, costuras de soldadura y parcialmente en los propios componentes empleados, es necesario partir de la base de que mientras dura el funcionamiento de la máquina síncrona pueden entrar gases procedentes de la cámara exterior, en mayor o menor medida, en la cámara de vacío.

30 Aquí se conocen en el estado de la técnica varias propuestas de mejora. Por un lado se ha propuesto congelar el gas entrante mediante el empleo de las llamadas criobombas y, de este modo, mantener el vacío. En el caso de unas fugas suficientemente pequeñas este procedimiento es muy exitoso y garantiza el funcionamiento de la máquina incluso durante largos periodos de tiempo. Sin embargo, en el caso de que la criobomba se caliente junto con la máquina síncrona, el gas congelado se evapora de nuevo y destruye el vacío aislante. Un nuevo enfriamiento sólo es después posible con una evacuación posterior del rotor instalado. Para gases que no pueden congelarse a la temperatura de funcionamiento de la parte fría del rotor, por ejemplo hidrógeno, helio o neón, deben buscarse otras vías. Para hidrógeno se ha propuesto por ejemplo el uso de unos llamados materiales getter, que enlazan los gases por adsorción, absorción o químicamente.

35 Asimismo se ha propuesto prescindir de la utilización de un vacío estático y bombear permanentemente en la cámara de vacío rotatoria, por medio de que una bomba abridada al rotor rote junto con el rotor. En particular en el caso de unos números de revoluciones elevados, sin embargo, esta solución no es en último término realizable, ya que las fuerzas centrífugas que actúan sobre la bomba se hacen excesivamente grandes con los modos constructivos de bomba existentes.

40 Por ello el objeto de la invención consiste en conformar de tal manera una máquina síncrona, que pueda mantenerse de forma fiable un vacío aislante existente en una cámara de vacío del rotor.

45 La solución de este objeto se realiza conforme a la invención con una máquina síncrona según la reivindicación 1. A este respecto está previsto que en una zona de conexión, producida mediante al menos dos juntas giratorias, estacionaria respecto al rotor y que limita la cámara de vacío, esté previsto un conducto de bombeo que una la cámara de vacío a una bomba de vacío.

50 Conforme a la invención se propone por lo tanto utilizar juntas giratorias, en donde se utilizan de forma particularmente preferida juntas de ferrofluido, para obtener una zona de conexión estacionaria como parte de la cámara de vacío, de tal manera que allí pueda conectarse por ejemplo un tubo de gas estacionario, el conducto de bombeo. De este modo se obtiene una unión fija con una bomba estacionaria, que por lo tanto no tiene que rotar con el propio rotor.

Está previsto por lo tanto asimismo que la cámara de vacío rotatoria esté separada del cámara exterior y del resto del rotor, en particular de una cámara de refrigerante existente en el rotor, por ejemplo mediante unas uniones abridadas y paredes crioestáticas. Además de esto, sin embargo, con relación a la cámara exterior también existe una separación mediante una junta giratoria, en donde se utilizan dos juntas giratorias que abrazan la zona de conexión. De esta manera está obturada asimismo la cámara de vacío, si bien se hace también posible conectar la cámara de vacío rotatoria a través de un conducto de bombeo estacionario.

La cámara de vacío del vacío aislante rotatorio, separada hasta ahora por ejemplo mediante paredes crioestáticas y uniones abridadas de los restantes espacios, se modifica por lo tanto topológicamente con la finalidad de que presente una limitación estacionaria, no rotatoria con el rotor, en la que pueda alojarse un conducto de bombeo hacia una bomba estacionaria. De esta manera es por lo tanto posible hacer funcionar la bomba también durante el funcionamiento y, de este modo, asegurar el mantenimiento del vacío. A este respecto puede estar previsto que la bomba de vacío se haga funcionar continuamente, aunque también es concebible prever un funcionamiento temporal, por ejemplo controlado, si existe una suficiente estanqueidad.

Mediante la utilización conforme a la invención de juntas giratorias usadas específicamente se obtiene por lo tanto, por primera vez, un concepto fiable sobre una evacuación sencilla y posible en cualquier momento de la cámara de vacío.

Conforme a la invención está previsto que como parte de la instalación de refrigeración se implante un tramo de conducto estacionario para un refrigerante en el rotor, cuyo tramo de conducto estacionario esté rodeado por un componente que presente una pared exterior cilíndrica, en particular un morro de tobera de refrigeración, en donde las juntas giratorias axialmente consecutivas estén dispuestas de tal manera, que una parte de la pared exterior estacionaria y/o una parte estacionaria de una unidad constructiva que comprenda las dos juntas giratorias forme una limitación de la cámara de vacío. Las instalaciones de refrigeración, que alimentan al rotor un refrigerante a usar desde una parte estacionaria de la instalación de refrigeración, ya se conocen básicamente en el estado de la técnica. Son por ejemplo concebibles unas conformaciones, en las que está prevista una instalación de refrigeración que usa una cámara interior del rotor como cámara de vaporización. Después el tramo de conducto puede penetrar por ejemplo como un tubo en esta cámara interior, de tal manera que un refrigerante líquido gotee desde el mismo sobre la pared de la cámara interior, formada por el soporte de devanado. En el caso de una conformación de este tipo o similar es ahora habitual utilizar de todos modos un distribuidor giratorio/una junta giratoria, para introducir en el rotor el componente estacionario que abraza el tramo de conducto. Conforme a la invención puede estar previsto a continuación en esta primera conformación, complementar la junta giratoria ya existente de todos modos con otra junta giratoria, que haga posible la unión de la cámara de vacío a un tramo estacionario del conducto de bombeo. Por ejemplo es por lo tanto concebible que la junta giratoria colocada hacia el rotor obture la cámara de vacío con respecto a la cámara interior del rotor usada por ejemplo como cámara de refrigerante, mientras que al mismo tiempo mediante la junta giratoria, colocada hacia fuera del centro del rotor, se obtura la cámara de vacío respecto al cámara exterior. A este respecto son concebibles a continuación dos posibilidades.

Por un lado la pared exterior del componente, en particular del morro de tobera de refrigeración, puede formar por sí misma una limitación de la cámara de vacío, a la que se conecta por ejemplo como abertura o a modo de una pieza de conexión el conducto de bomba. A este respecto es por lo tanto posible que el conducto de bombeo sea guiado a través del componente. El componente puede presentar por ejemplo, de forma adyacente a la pared exterior, su propia zona de vacío que está asociada al tramo de conducto, a través de la cual puede guiarse el conducto de bombeo. Sin embargo, conforme a la invención se prefiere que el conducto de bombeo sea guiado a través de una junta giratoria. Si la junta giratoria se compone por consiguiente de dos cilindros huecos que pueden girar uno respecto al otro, en donde la rendija entre los cilindros huecos esta obturada de forma correspondiente, por ejemplo mediante un ferrofluido, el conducto de bombeo puede guiarse por ejemplo a través del cilindro hueco estacionario. Entonces sólo es necesaria por lo tanto una modificación de la junta giratoria.

Es particularmente conveniente que las dos juntas giratorias estén realizadas como una única unidad constructiva. Por ejemplo un cilindro hueco, que forma la parte estacionaria de ambas juntas giratorias, puede estar situado enfrente de otros dos cilindros huecos que, distanciados uno del otro, forman las dos juntas giratoria. La parte de la unidad constructiva que cubre ambas juntas giratorias forma entonces en último término una limitación de la cámara de vacío junto con la zona de conexión. Después es particularmente preferible que la derivación sea guiada a través de la unidad constructiva. Esto significa que los distribuidores giratorios/las juntas giratorias están combinadas después en una unidad constructiva común con conducto de bombeo integrado, de tal manera que el conducto de bombeo pueda guiarse por ejemplo a través del cilindro hueco estacionario, que se solapa con ambas juntas giratorias, por tanto por piezas también a través de una junta giratoria.

De forma especialmente ventajosa, la presente invención puede aplicarse si el rotor está rodeado por un gas de hidrógeno previsto para refrigerar el estator. Esto puede ser por ejemplo el caso con grandes generadores. El gas de hidrógeno necesario para refrigerar el estator produce una situación particularmente crítica para la cámara de vacío del rotor, ya que existe una mayor presión exterior (algunos bares), el hidrógeno es muy difuso y el punto de ebullición del hidrógeno es muy bajo. Debido a que en estos grandes generadores se requieren largos periodos de

funcionamiento, la conformación conforme a la invención ofrece una posibilidad particularmente ventajosa y conveniente de mantener el vacío, mediante un vaciado por bombeo continuo del hidrógeno entrante.

Se deducen ventajas y detalles adicionales de la presente invención de los ejemplos de realización descritos a continuación, así como en base al dibujo. Aquí muestran:

5 la fig. 1 componentes relevantes de una máquina síncrona conforme a la invención de una primera forma de realización,

la fig. 2 componentes relevantes de una máquina síncrona conforme a la invención en una segunda forma de realización,

10 la fig. 3 7 componentes relevantes de una máquina síncrona conforme a la invención en una tercera forma de realización,

la fig. 4 componentes relevantes de una máquina síncrona a modo de ejemplo.

La fig. 1 muestra un esquema de principio de componentes y zonas relevantes de una máquina síncrona 1 superconductor conforme la invención. La misma comprende un rotor 3 que puede rotar respecto a un estator 2 con unos devanados de estator no mostrados con más detalle, en el que están previstos unos devanados superconductores no mostrados con más detalle. El rotor puede girar a este respecto alrededor de un eje de giro 4.

Para mantener los devanados superconductores a su temperatura de funcionamiento, la máquina síncrona 1 comprende además una instalación de refrigeración indicada con 5, que conduce un refrigerante líquido hasta una cámara interior 8 hueca del rotor a través de un tramo de conducto 7, integrado en un componente 6 y que es estacionario con respecto al rotor 3, en donde se evapora bajo la refrigeración de los devanados y se alimenta de nuevo, a través de otra zona del tramo de conducto 7, de nuevo a un conductor de la instalación de refrigeración 5. Para el transporte del refrigerante se usa por ejemplo el efecto de termosifón, y la cámara interior 8 actúa como cámara de vaporización.

Al igual que para aislar el tramo de conducto en el componente 6 está prevista una zona de vacío 9 aislante, también las zonas refrigeradas del rotor 3 están rodeadas por una cámara de vacío 10. La cámara de vacío 10 se separa de la cámara interior 8 y de la cámara exterior 12 mediante paredes crioestáticas 11 y uniones abridadas, en donde la cámara exterior 12 puede estar llena de gas de hidrógeno por ejemplo para refrigerar el estator 2, concretamente los devanados de estator.

Para hacer posible ahora una evacuación de la cámara de vacío 10, continua o tan siquiera todavía posible con el rotor 3 montado, la misma presenta una topología modificada respecto al estado de la técnica. De este modo están previstas dos juntas giratorias 13a, 13b (llamadas a menudo también distribuidores giratorios), que están configuradas como juntas de ferrofluido. Estas comprenden dos cilindros huecos 14a, 14b, 15a, 15b que pueden girar uno respecto al otro, que están obturados mutuamente mediante un ferrofluido 16 sólo indicado aquí. Los cilindros huecos 14a, 14b, 15a, 15b rotan a este respecto con el rotor 3 y están unidos al mismo a través de un anillo de obturación 18, concretamente a su pared exterior 19.

35 De este modo la junta giratoria 13a obtura de forma visible la cámara interior 8 con respecto a la cámara de vacío 10, mientras que la junta giratoria 13b obtura la cámara de vacío 10 con respecto a la cámara exterior 12. De este modo se obtiene una disposición, en la que un segmento 20 de la pared exterior 19 del componente 6 forma una limitación de la cámara de vacío 10, que sin embargo no es arrastrada en rotación, sino que es estacionaria. Esto hace posible conectar a la cámara de vacío un conducto de bombeo 21 guiado a través del componente 6, concretamente de la zona de vacío 9, en la zona de conexión 22 formada. El conducto de bombeo 21 une la cámara de vacío 10 a una bomba 23, que puede funcionar continuamente o controlada en el tiempo, para mantener un vacío aislante suficiente en la cámara de vacío 10. A este respecto no se requiere un acoplamiento complejo en la cámara de vacío 10 rotatoria; el conducto de bombeo 21 y la bomba 23 son estacionarios.

45 Las figs. 2 y 3 muestran a continuación unas formas de realización modificadas respecto a la fig. 1, en donde aquí y también con relación a la tercera forma de realización todavía por analizar conforme a la fig. 4, para una mayor sencillez, los componentes iguales poseen los mismos símbolos de referencia.

La fig. 2 muestra una forma de realización modificada de una máquina síncrona 1', en la que el conducto de bombeo 21 no es guiado a través del componente 6, sino a través del cilindro hueco 15b estacionario de la junta giratoria 13b, que está modificado de forma correspondiente. En este caso sólo es necesaria por lo tanto una modificación del cilindro hueco 15b; el componente 6 y en particular el segmento de pared 20 de la pared exterior 19 permanecen invariables. De esta forma se hace posible una estructura simplificada.

5 La fig. 3 muestra una tercera forma de realización de una máquina síncrona 1" conforme a la invención, en la que las dos juntas giratorias 13a, 13b así como el conducto de bombeo 21 están reunidos formando una unidad constructiva común 24. A este respecto el cilindro hueco 15 fijado a la pared exterior 19 del componente 6 se hace pasar en último término a través de ambas juntas giratorias 13a, 13b y forma con un segmento 25 una limitación de la cámara de vacío 10, junto con la zona de conexión 22, en donde el segmento 25 está situado entre los cilindros huecos 14a y 14b. De este modo puede realizarse toda la disposición con las juntas giratorias 13a, 13b y el conducto de bombeo 21 como una única unidad constructiva 24 común.

10 La fig. 4 muestra una máquina síncrona 1'" a modo de ejemplo. En la misma la zona de conexión 22 no está prevista en el componente 6, el morro de tobera de refrigeración, que es guiado a través de un distribuidor giratorio 26 habitual, no modificado respecto al estado de la técnica, sino que está prevista una disposición con juntas giratorias 13a, 13b sobre una pared exterior 27 del rotor 3 por fuera de la zona del estator 2, en donde las juntas giratorias 13a, 13b, que están realizadas asimismo como juntas de ferrofluido, están dispuestas respectivamente de forma adyacente a una abertura 28 en la pared exterior 27, de tal manera que la cámara de vacío 10 está ampliada hasta la zona de una cubierta 29 estacionaria. Allí se empalma a continuación el conducto de bombeo 21 con la bomba 23.

15 En este caso las dos juntas giratorias 13a, 13b obturan por lo tanto la cámara exterior 12, que puede estar llena de aire, en donde sin embargo, como ya se ha citado, las máquinas síncronas 1, 1', 1", 1'" conforme a la invención pueden emplearse de forma particularmente ventajosa en un entorno de hidrógeno.

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Máquina síncrona superconductor (1, 1', 1'', 1'''), que comprende un rotor (3) que puede rotar con relación a un estator (2), con al menos un devanado superconductor, que se refrigera a través de un dispositivo de refrigeración (5), en donde las zonas refrigeradas del rotor (3) están rodeadas al menos parcialmente por una cámara de vacío (10) que rota con el rotor (3), caracterizada porque está previsto en una zona de conexión (22), producida mediante al menos dos juntas giratorias (13a, 13b), estacionaria respecto al rotor (3) y que limita la cámara de vacío (10), un conducto de bombeo (21) que une la cámara de vacío (10) a una bomba de vacío (23), en donde como parte de la instalación de refrigeración (5) se implanta un tramo de conducto estacionario (7) para un refrigerante en el rotor (3), cuyo tramo de conducto estacionario (7) está rodeado por un componente (6) que presenta una pared exterior (19) cilíndrica, en donde las juntas giratorias (13a, 13b) axialmente consecutivas están dispuestas de tal manera, que una parte (20) de la pared exterior (19) estacionaria y/o una parte estacionaria (25) de una unidad constructiva (24) que comprende las dos juntas giratorias (13a, 13b) forma una limitación de la cámara de vacío (10), en donde el conducto de bombeo (21) es guiado a través de la parte estacionaria de una junta giratoria (13a, 13b) y/o el conducto de bombeo (21) es guiado a través de la unidad constructiva (24).
- 10
- 15 2. Máquina síncrona según la reivindicación 1, caracterizada porque la junta giratoria (13a, 13b) es una junta de ferrofluido.
3. Máquina síncrona según la reivindicación 1 ó 2, caracterizada porque el rotor (3) está rodeado por un gas de hidrógeno previsto para refrigerar el estator (2).
- 20 4. Máquina síncrona según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque está prevista una instalación de refrigeración (5) que usa una cámara interior (8) del rotor (3) como cámara de vaporización.

FIG 1

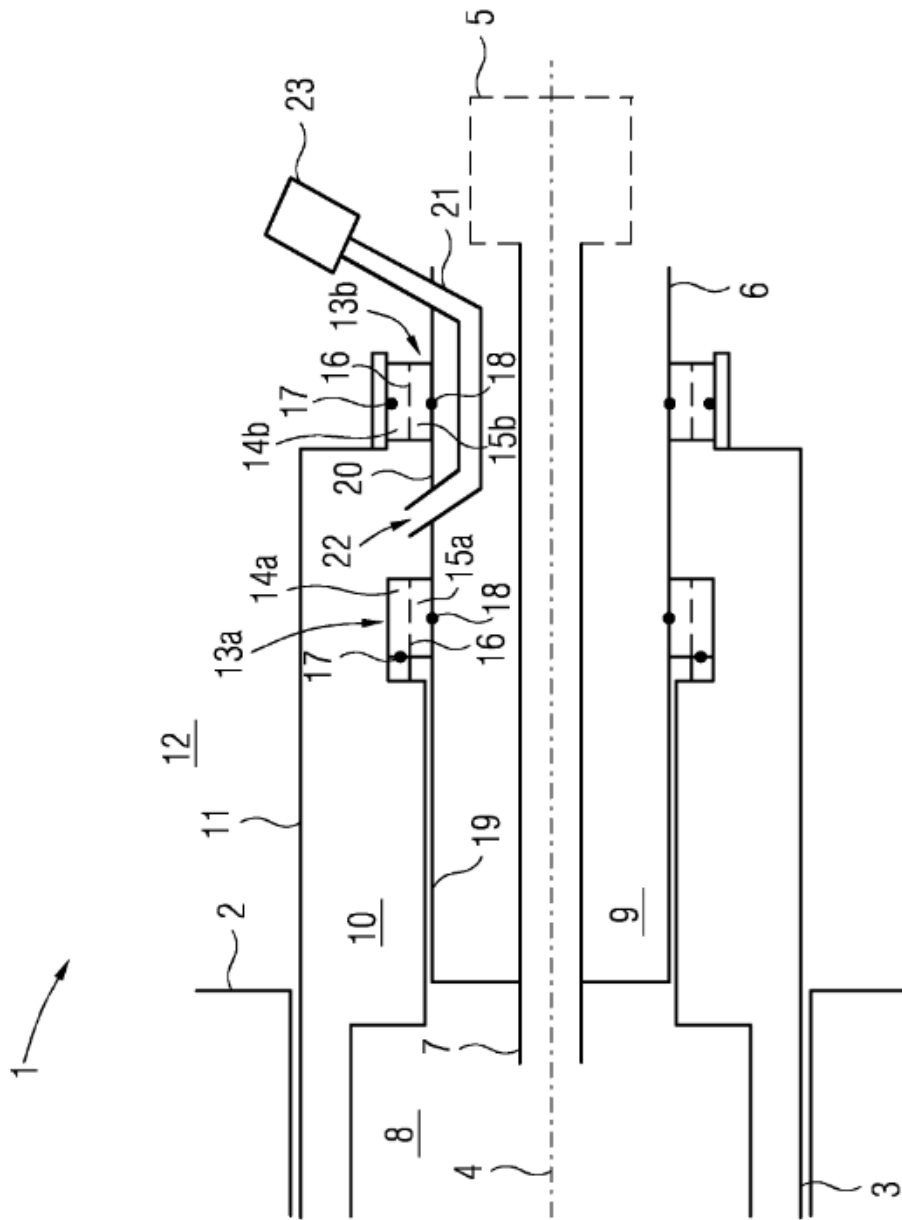


FIG 2

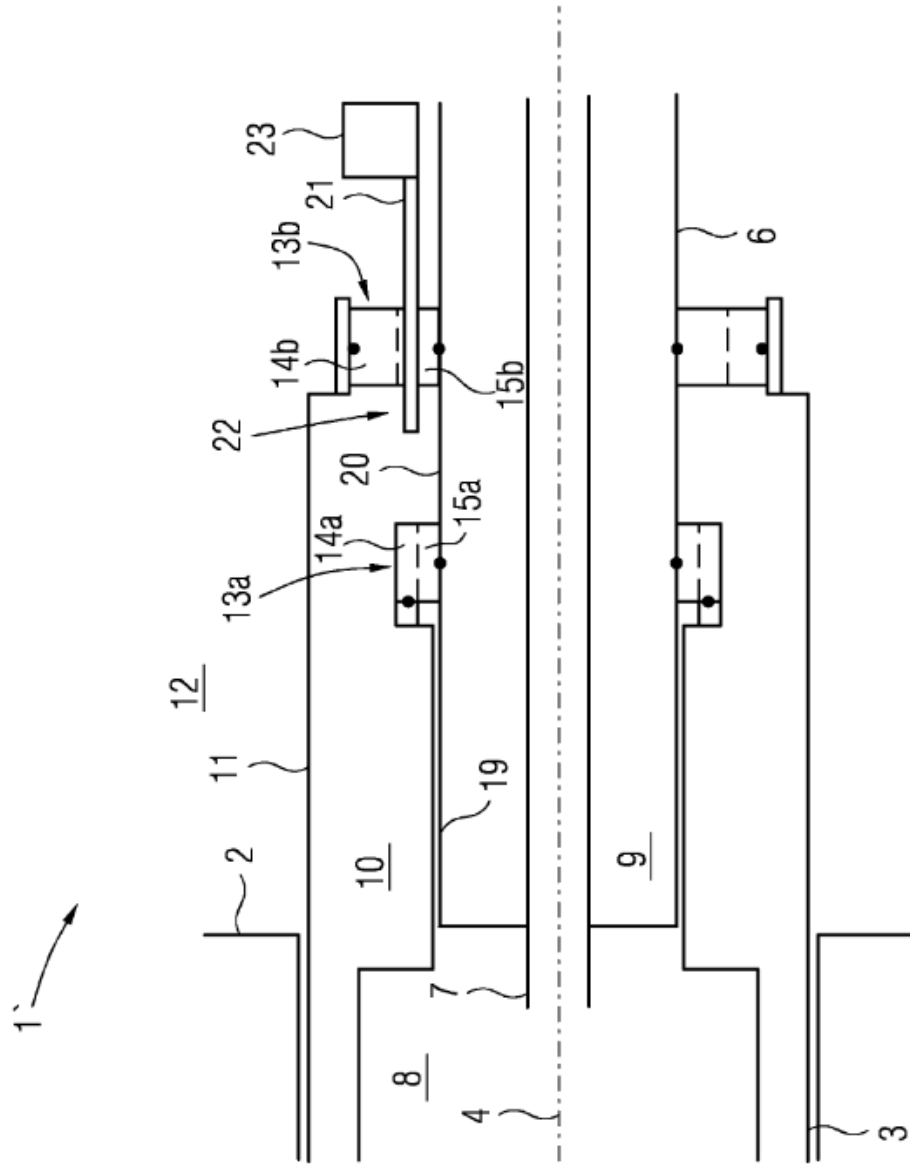




FIG 3

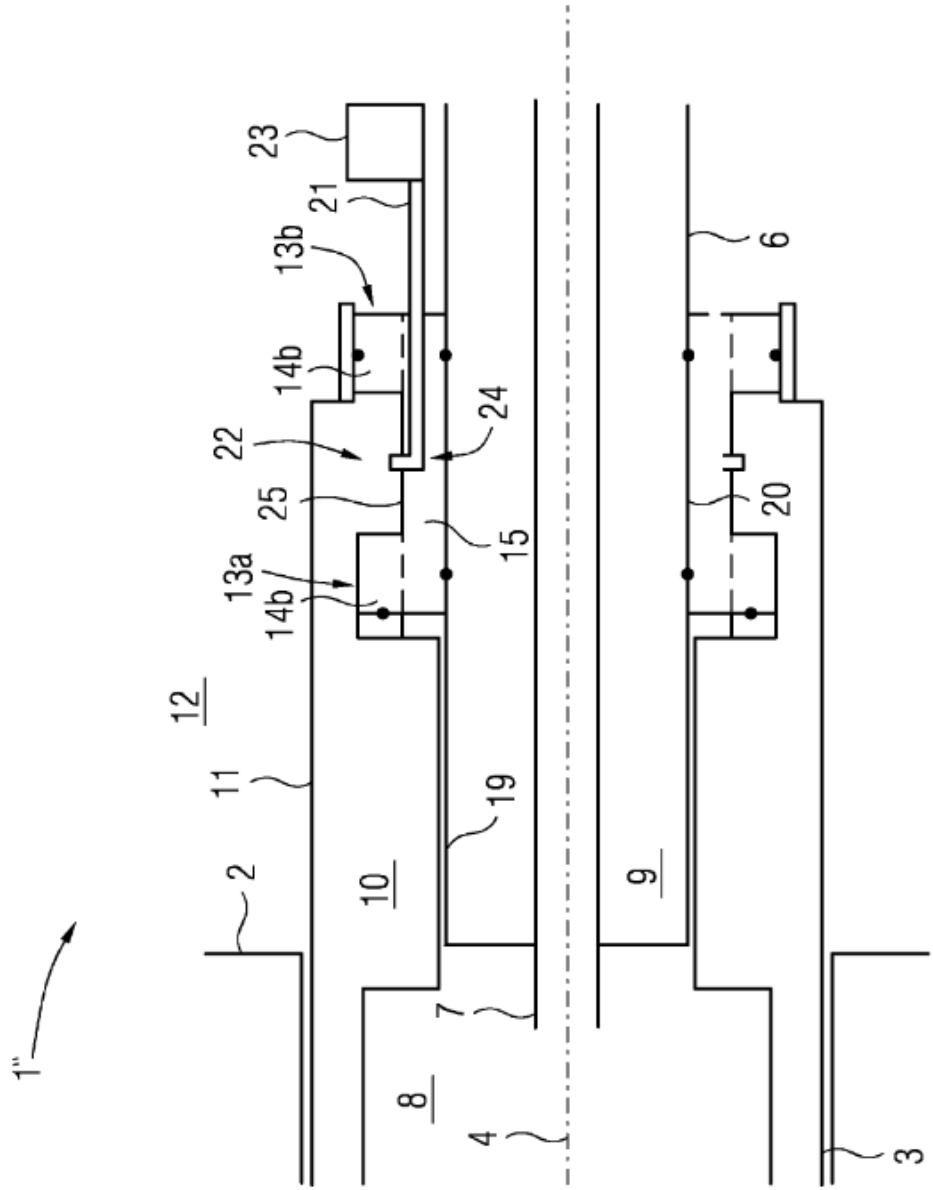


FIG 4

