



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 364 588**

51 Int. Cl.:  
**F04D 17/12** (2006.01)  
**F04D 25/06** (2006.01)  
**F04D 29/58** (2006.01)  
**H02K 9/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07704626 .6**  
96 Fecha de presentación : **19.02.2007**  
97 Número de publicación de la solicitud: **1999375**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **10.12.2008**

54 Título: **Unidad de compresor.**

30 Prioridad: **24.03.2006 EP 06006066**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**07.09.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**07.09.2011**

73 Titular/es: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**  
**Wittelsbacherplatz 2**  
**80333 München, DE**

72 Inventor/es: **Nijhuis, Theo**

74 Agente: **Carvajal y Urquijo, Isabel**

ES 2 364 588 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

## Unidad de compresor

La invención se refiere a una unidad de compresor para la compresión de un medio de transporte, en particular para funcionamiento submarino, que comprende un compresor y un motor eléctrico, que comprende un estator y un rotor.

5 Los desarrollos más recientes en el campo de la construcción de compresores se concentran también en disposiciones submarinas de compresores grandes, que deben servir para el transporte de gas natural. En virtud de las condiciones especiales de funcionamiento, en particular debido a la accesibilidad muy limitada tanto para fines de mantenimiento como también por medio de conductos de abastecimiento, el mundo técnico se encuentra antes grandes requerimientos. Las disposiciones estrictas de conservación del medio ambiente prohíben cualquier intercambio de sustancias entre los equipos de la instalación y el agua del mar circundante. A ello hay que añadir que el agua del mar es un medio agresivo y en las diferentes profundidades del mar se pueden encontrar condiciones extremas de presión y temperatura. Otro requerimiento consiste en que los equipos, por una parte, deben presentar un tiempo de actividad extraordinariamente alto y, por otra parte, deben estar configurados casi sin mantenimiento. Adicionalmente es agravante una contaminación no insignificante del medio a transportar en parte agresivo químicamente.

10 Ya se conoce una unidad de compresor del tipo mencionado anteriormente a partir de la solicitud de patente internacional WO 02/099286 A1, La unidad de compresor descrita allí prevé para la refrigeración que a partir del medio de transporte, la mayoría de las veces gas natural, se derive en la zona de una sobrecirculación de las fases radiales del compresor una cantidad parcial y por medio de la cual se bañen los componentes a refrigerar, de manera que el calor perdido, que presenta un orden de magnitud de 100 – 200 kW, es disipado con el medio frío a transportar.

15 Ya se conoce a partir del documento EP 1 069 313 A2 una unidad de compresor del tipo mencionado al principio, cuyo motor eléctrico presenta una refrigeración separada, que es accionada con nitrógeno como medio de refrigeración, que es transportado en forma de gas en el circuito por medio de un dispositivo de accionamiento adicional.

20 Ya se conoce a partir del documento DE 196 23 553 A1, que se considera como el estado más próximo de la técnica, una máquina de energía fluida, en la que un medio de refrigeraciones transportado por medio de una bomba en circulación forzada.

25 Por lo tanto, este concepto para la refrigeración de la unidad de compresor es especialmente ventajoso, puesto que para la disipación del valor perdido se utiliza el medio de transporte que debe transportarse de todos modos y no debe realizarse ningún intercambio adicional de medios entre la unidad de compresor y otros componentes del entorno. Sin embargo, este modo de proceder implica dificultades especiales en virtud de las propiedades químicas agresivas de los medios a transportar. Aunque una refrigeración circundante del rotor es suficiente, para el estator son necesarias otras medidas de refrigeración, para disipar el calor perdido.

30 Otro riesgo reside en el aislamiento regularmente poroso del estator, que en la zona de un baño circundante a través del medio de transporte que entra en contacto como medio de refrigeración con el estator, lo absorbe parcialmente, de manera que en el caso de una caída repentina de la presión, por ejemplo en el caso de una interrupción del funcionamiento, se pueden producir expansiones del tipo de explosión del medio absorbido en los poros del aislamiento, que se destruye como consecuencia de ello.

35 Los inconvenientes descritos con sus altos riesgos para la disponibilidad de una unidad de compresor son especialmente inaceptables para el funcionamiento submarino, por ejemplo en el transporte de gas natural.

40 Por lo tanto, la invención se ha planteado el cometido de crear una refrigeración para el estator de un motor eléctrico de una unidad de compresor accionada con motor, en particular para el funcionamiento submarino, que ofrece, por una parte, una seguridad funcional excelente y, por otra parte, no requiere un intercambio de sustancias con el medio ambiente durante el funcionamiento.

45 Para la solución se propone una unidad de compresor de acuerdo con la reivindicación 1. Las reivindicaciones dependientes contienen en cada caso desarrollos ventajosos de la invención.

Una ventaja decisiva de la unidad de compresor de acuerdo con la invención consiste en que la refrigeración especial del estator se puede adaptar exactamente a las condiciones de funcionamiento del mismo y en particular, se pueden tener en cuenta, por una parte, la alta potencia de pérdida y, por otra parte, la sensibilidad de este componente.

50 En particular, se tiene en cuenta la sensibilidad del estator contra contaminación, cuando la refrigeración presenta un circuito cerrado, en el que circula un medio de refrigeración. Un desarrollo conveniente de la invención prevé que el

estator esté provisto con canales de refrigeración y el medio de transporte circule para la refrigeración a través de estos canales. Esta configuración implica en el caso de una refrigeración con la ayuda del medio de transporte el riesgo de que las contaminaciones del medio de transporte perjudiquen en el transcurso del funcionamiento la circulación a través de los canales y, dado el caso, también los obstruyan. En virtud del circuito separado de acuerdo con la invención, la refrigeración del estator funciona con seguridad.

Es conveniente que la refrigeración presente un condensador, que está en comunicación con el estator refrigerado por medio de un conducto de avance y un conducto de retorno, estando configurada la refrigeración de tal forma que el medio de refrigeración circula entre el condensador, el conducto de retorno, el estator y el conducto de avance. La circulación puede ser impulsada de forma especialmente ventajosa por medio de confección natural, de manera que resulta una circulación natural entre los componentes mencionados anteriormente del medio de refrigeración. De esta manera, se pueden ahorrar medidas de prevención de transporte adicionales para el medio de circulación, lo que reduce la complejidad de la unidad de compresor y de esta manera contribuye a una alta disponibilidad. Para garantizar un campo de aplicación térmica especialmente amplio, la circulación de la refrigeración puede estar impulsada también por medio de una bomba, de manera que se obtiene siempre una circulación forzada.

De manera especialmente ventajosa, el medio de refrigeración está configurado de tal forma que en el circuito de la refrigeración se lleva a cabo un cambio de fases al menos de una parte del medio de refrigeración. De esta manera, la potencia de refrigeración es especialmente alta. En el circuito cerrado, la presión de relleno del medio de refrigeración se puede ajustar de tal forma que en condiciones de funcionamiento durante la absorción de calor en el estator, al menos una parte del medio de refrigeración pasa a la fase de gas y durante la cesión de calor en el condensador esta parte cambia de nuevo a la fase líquida.

El amoníaco, el dióxido de carbono y los hidrocarburos presentan buena idoneidad como medio de refrigeración. Los hidrocarburos pueden ser tanto halogenados como también no halogenados, siendo ventajosos los hidrocarburos no halogenados lo mismo que el amoníaco, dióxido de carbono por razones de compatibilidad con el medio ambiente frente a los hidrocarburos halogenados.

Especialmente ventajosos en el sentido de la invención son, por una parte, una refrigeración separada para el estator del motor eléctrico de la unidad de compresor y, por otra parte, un sistema de refrigeración para los otros elementos de la unidad de compresor. La separación de la refrigeración del sistema de refrigeración tiene en cuenta los requerimientos especiales planteados a la disipación del calor desde el estator de una unidad de compresor del tipo indicado al principio.

El sistema de refrigeración, que refrigera, entre otros, el compresor y también el rotor del motor, prevé como medio de refrigeración de manera especialmente ventajosa el medio de transporte, de manera que el calor perdido es disipado con el medio de transporte a comprimir. Esto es especialmente conveniente en el transporte submarino de gas natural, puesto que éste es, en general, relativamente frío.

En particular, el rotor puede ser bañado de manera conveniente por el medio de transporte en el circuito abierto.

Con frecuencia, el medio de transporte está fuertemente contaminado y puede perjudicar los componentes sensibles en su función en virtud del baño circundante. Por lo tanto, es conveniente configurar los cojinetes del rotor, a saber, los cojinetes axiales y los cojinetes radiales de forma encapsulada, para que no tenga lugar ningún intercambio de sustancia entre el medio ambiente y estos componentes. Condicionado por ello, deben emplearse cojinetes magnéticos. Lo mismo se aplica para el rotor y el estator, que pueden ser protegidos de manera similar por medio de un encapsulamiento contra los medios de transporte agresivos.

Para que no deba diseñarse de manera intensiva de costes la refrigeración del estator para una presión diferencial máxima –que resulta, por una parte, de la presión existente en el exterior del medio de transporte a refrigerar, que se utiliza en la zona del entorno del estator para la refrigeración de los restantes componentes de la unidad de compresor por medio del sistema de refrigeración y, por otra parte, de la presión interior de la refrigeración- es conveniente prever para diferentes presiones del medio de transporte diferentes presiones funcionales de la refrigeración y, en función de la presión funcional, cambiar el medio de refrigeración. En la aplicación concreta en el transporte de gas natural, esto significa que la presión del medio de transporte en la entrada puede variar entre 40 bares y 140 bares de acuerdo con el tamaño y el rendimiento del yacimiento y, por lo tanto, la refrigeración debería diseñarse para una presión diferencial de hasta 200 bares, cuando solamente con el mismo medio de refrigeración se impulsa la refrigeración durante todo el periodo de tiempo del transporte del gas natural. De manera ventajosa, es posible el diseño para una presión diferencial sólo reducida, cuando en función de la presión del medio de transporte se cambia el medio de refrigeración, por ejemplo en la secuencia propano, butano, freón. El cambio del medio de refrigeración se puede realizar con ventaja de forma sincronizada con otros trabajos de mantenimiento.

A continuación se explica en detalle la invención con la ayuda de un ejemplo de realización especial con referencia a los dibujos. En este caso:

La figura 1 muestra una representación esquemática de una sección longitudinal a través de una unidad de

compresor de acuerdo con la invención, y

La figura 2 muestra una representación esquemática del motor de la unidad de compresor con la refrigeración separada como termosifón.

- 5 La figura 1 muestra de forma esquemática una sección a lo largo de una unidad de compresor 1 de acuerdo con la invención, que presenta como componentes esenciales un motor 2 y un compresor 3 en una carcasa 4 configurada de forma hermética al gas. La carcasa 4 contiene el motor 2 y el compresor 3. En la zona de la transición desde el motor 2 hacia el compresor 3, la carcasa 4 está provista con una entrada 6 y una salida 7, siendo aspirado a través de la entrada 6 por medio de un racor de aspiración 8 el fluido a comprimir y siendo descargada a través de la salida 7 el fluido comprimido.
- 10 La unidad de compresor 1 está dispuesta vertical en el funcionamiento, de manera que un rotor de motor 15 del motor 2 se combina a través de un rotor de compresor 8 del compresor 3 en un árbol 19 común, que gira alrededor de un eje de giro vertical 60 común.
- El rotor de motor 15 está alojado en un primer cojinete radial 21 en el extremo superior del rotor de motor 15.
- El rotor de compresor 9 está alojado por medio de un segundo cojinete radial 22 en posición inferior.
- 15 En el extremo superior del árbol 19 común —es decir, en el extremo superior del rotor del motor 15— está previsto un cojinete axial 25. Los cojinetes radiales y el cojinete axial trabajan electromagnéticamente y están realizados en cada caso encapsulados. Los cojinetes radiales se extienden en este caso en la dirección circunferencial alrededor del puesto de cojinete respectivo del árbol 19 y en este caso están configurados giratorios alrededor de 360° y no divididos.
- 20 El compresor 3 configurado como compresor centrífugo presenta tres fases de compresor 11, que están en conexión, respectivamente, por medio de una sobrecirculación 33. Las presiones diferenciales que resultan en las fases del compresor 11 proporcionan un empuje en el rotor del compresor 9, que se transmite sobre el rotor del motor 15 y está dirigido en contra de la fuerza de peso del rotor general que resulta a partir del rotor del compresor 9 y del rotor del motor 15, de manera que resulta una compensación del empuje lo más amplio posible en el funcionamiento nominal. De esta manera, el cojinete axial 25 puede estar dimensionado con preferencia más pequeño que en el caso de una disposición horizontal del eje de giro 60.
- 25 Los cojinetes electromagnéticos 21, 22, 25 están refrigerados por medio de un sistema de refrigeración 31 a temperatura de funcionamiento, previendo el sistema de refrigeración 31 una toma 32 en una sobrecirculación del compresor 3. Desde la toma 32 se conduce por medio de tuberías una parte del medio de transporte, que es con preferencia gas natural, a través de un filtro 35 y a continuación se conduce a través de dos tuberías separadas hacia los puestos de cojinetes exteriores respectivos (primer cojinete radial 21 y segundo cojinete radial 22 así como cojinete axial 5). Esta refrigeración a través del medio de transporte frío ahorra conductos de abastecimiento adicionales.
- 30 El rotor del motor 15 está rodeado por un estator 16, que presenta un encapsulamiento 39, de manera que el medio de transporte agresivo no dañe los arrollamientos del estator 16. El encapsulamiento está diseñado en este caso con preferencia de tal forma que puede soportar toda la presión de funcionamiento. Esto es debido también a que está prevista una refrigeración 40 separada del estator, en la que circula un medio de refrigeración propio. Una bomba 42 se ocupa en este caso de la circulación natural que sirve de apoyo para una circulación a través de un intercambiador de calor 43.
- 35 Al menos el encapsulamiento 39 está diseñado de tal forma que la sección, que se extiende entre el estator 16 y el rotor del motor 15, presenta, en efecto, un espesor de pared fino, pero en el caso de un relleno completo de la refrigeración del estator 40 a través del medio de refrigeración está en condiciones de resistir la presión de diseño. De esta manera, se evitan en esta zona pérdidas mayores de corrientes parásitas y se mejora el rendimiento de toda la disposición.
- 40 En función de la presión del medio de transporte, se puede adaptar el relleno o bien el medio de refrigeración de estator 40 en la presión, para que el encapsulamiento sea accionado siempre en la zona de diseño de la presión diferencial. De manera correspondiente, en trabajos de mantenimiento se puede sustituir el medio de refrigeración, por ejemplo en la secuencia de presión descendente desde propano hacia butano hacia freón.
- 45 El rotor del compresor 9 presenta de manera conveniente un árbol de compresor 10, sobre el que están montadas las fases del compresor 11. Esto se puede realizar con preferencia por medio de un ajuste de retracción térmica. De la misma manera es posible una unión positiva, por ejemplo por medio de polígonos. Otra forma de realización prevé una soldadura de diferentes fases del compresor 11 entre sí, a partir de la cual resulta un rotor de compresor 9 de una sola pieza.
- 50

La figura 2 muestra el rotor del motor 15, el estator 16 y la refrigeración 40. La refrigeración 40 presenta un circuito de refrigeración 50, que se extiende a través de canales de refrigeración 51, a través de espacios colectores 52, que están dispuestos a ambos lados de los canales de refrigeración 51, a través de conductor que se conectan en estos espacios colectores, a saber, un conducto de avance 53 y un conducto de retorno 54 así como un condensador 55 que está dispuesto entre el conducto de avance 53 y el conducto de retorno 54. El medio de refrigeración, por ejemplo un hidrocarburo, circula comenzando en canales de refrigeración 51 del estator 16, a través del conducto de avance 53 hasta el condensador 55, donde el medio de refrigeración se condensa y a continuación afluye como líquido a través del conducto de retorno 54 a un espacio colector 52 que se encuentra en el extremo de retorno de los canales de refrigeración 51. El circuito está cerrado y la presión o bien la cantidad de llenado está seleccionada de tal manera que se lleva a cabo un cambio de fases entre avance y retorno. Con preferencia, la diferencia de temperatura entre el avance y el retorno es 10 K. El condensador se encuentra geodésicamente en el punto más alto (diferencia de altura  $\Delta H$ ), de manera que es posible una circulación natural. Como apoyo, una bomba 42 puede estar dispuesta en el retorno. El estator está encapsulado y en un intersticio entre el rotor 15 y el estator 16 se lleva a cabo una refrigeración a través del medio de transporte 80, que baña el rotor 15.

## REIVINDICACIONES

- 5 1.- Unidad para el funcionamiento submarino que comprende un motor eléctrico (2), que comprende un estator (16) y un rotor (15), en la que el estator (16) del motor (2) está en conexión con una refrigeración separada (40) y es refrigerado por medio de la refrigeración separada (40), en la que la refrigeración (40) está configurada de tal forma que en condiciones de funcionamiento se lleva a cabo una circulación natural de un medio de refrigeración en la refrigeración (40) del estator (16), caracterizada porque la unidad es una unidad de compresor (1) para la compresión de un medio de transporte, que comprende un compresor (3), en la que la refrigeración (40) presenta un condensador (55) que está en conexión con el estator (16) refrigerado por medio de al menos un conducto de avance (53) y al menos un conducto de retorno (54), en la que la refrigeración (40) está diseñada de tal forma que el medio de refrigeración circula entre el condensador (55), el conducto de retorno (54), el estator (16) y el conducto de avance (53).
- 10 2.- Unidad de compresor (1) de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizada porque la refrigeración (40) presenta un circuito cerrado, en el que circula el medio de refrigeración.
- 15 3.- Unidad de compresor (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque en el conducto de retorno (54) está prevista una bomba (42) que transporta el medio de refrigeración, de manera que se lleva a cabo una circulación forzada.
- 20 4.- Unidad de compresor (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el medio de refrigeración está configurado de tal forma que especialmente en el circuito cerrado en condiciones de funcionamiento a presión funcional se lleva a cabo en el circuito, al menos parcialmente, un cambio de fases del medio de refrigeración, a saber, durante la absorción de calor en el estator (16) el medio de refrigeración pasa a la fase de gas y durante la cesión de calor en el condensador (55), el medio de refrigeración pasa a la fase líquida.
- 25 5.- Unidad de compresor (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el medio de refrigeración es un hidrocarburo.
- 6.- Unidad de compresor (1) de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque el compresor (3), los cojinetes de la unidad de compresor (19) y el rotor (15) del motor (2) están en conexión con otro sistema de refrigeración y son refrigerados por medio de este sistema de refrigeración.
- 30 7.- Unidad de compresor (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el sistema de refrigeración (31) presenta un medio de refrigeración, que es el medio de transporte.
- 8.- Unidad de compresor (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el medio de transporte es gas natural.
- 9.- Unidad de compresor (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el sistema de refrigeración (31) está configurado de tal forma que el rotor del motor (15) es bañado por el medio de refrigeración.
- 35 10.- Unidad de compresor (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones 7 a 9, caracterizado porque paredes de la refrigeración (40) están adyacentes al medio de transporte de refrigeración y está diseñada para una presión diferencial máxima entre la presión del medio de transporte y la presión del medio de refrigeración (41) en todos los estados de funcionamiento.
- 40 11.- Unidad de compresor (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones 7 a 9, caracterizado porque paredes de la refrigeración (40) están adyacentes al medio de transporte de refrigeración y no está diseñada para una presión diferencial máxima entre la presión del medio de transporte y la presión del medio de refrigeración en todos los estados de funcionamiento y en función de la presión del medio de transporte se eleva o se reduce la presión del medio de refrigeración.
- 45 12.- Procedimiento para el funcionamiento de una unidad de compresor (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque en el caso de una modificación de la presión del medio de transporte en la entrada (6) se cambia el medio de refrigeración (40) y en el caso de caída de la presión del medio de transporte en la entrada (6) se reduce también la presión de funcionamiento del medio de refrigeración (40).
- 13.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 12, caracterizado porque en el caso de cambio de la presión de funcionamiento del medio de refrigeración, se sustituye el medio de refrigeración por otro.

FIG 1

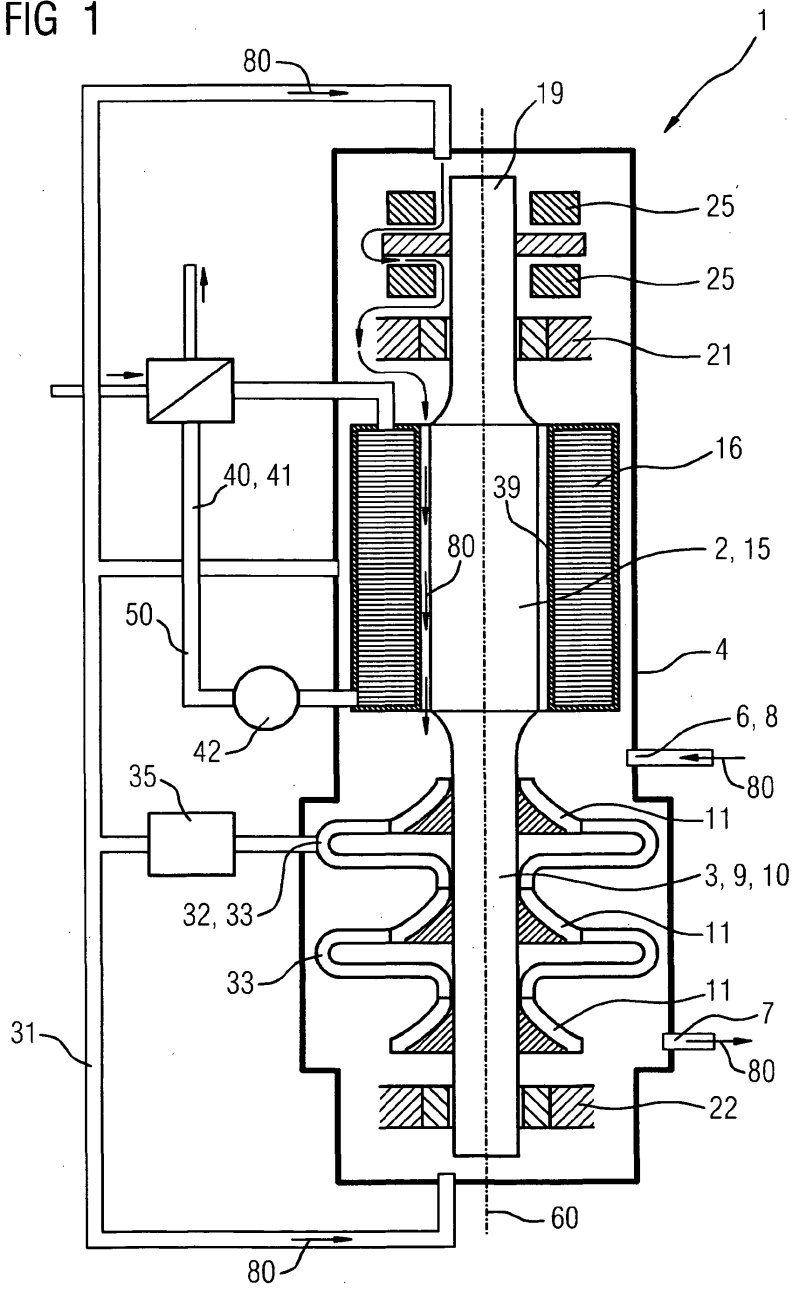


FIG 2

