

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 810 005**

51 Int. Cl.:

**G01N 29/46** (2006.01)

**G01M 3/24** (2006.01)

**F25B 49/00** (2006.01)

**G01N 29/036** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.09.2018 E 18194224 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.06.2020 EP 3477274**

54 Título: **Detección de fugas**

30 Prioridad:

**25.09.2017 DE 102017122126**

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

**08.03.2021**

73 Titular/es:

**VAILLANT GMBH (100.0%)  
Berghauser Strasse 40  
42859 Remscheid, DE**

72 Inventor/es:

**KRAMPE-ZADLER, CHRISTOF;  
LINGK, TOBIAS y  
SPAHN, HANS-JOSEF**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 810 005 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

## Detección de fugas

La invención se refiere a un procedimiento para detectar fugas en circuitos de fluido cerrados, en los que el fluido de trabajo recorre una mezcla bifásica. Desde la perspectiva termodinámica, esto se refiere sobre todo al proceso Clausius Rankine y sus variantes, proceso de máquinas frigoríficas, proceso de bombas de calor, proceso de bombas de calor por compresión y proceso de turbinas de vapor, si bien esta no es enumeración completa y los procesos cíclicos se han dado a conocer también bajo las más diferentes designaciones.

La dificultad consiste en mantener seguro en el proceso el respectivo fluido de trabajo e impedir fugas tanto como sea posible. Las dificultades se explican con más detalle a continuación con ayuda del proceso de bombas de calor o del proceso de máquinas frigoríficas diseñado de manera análoga, pero también se aplican conforme al sentido a todos los demás procesos cíclicos anteriormente mencionados. En el pasado, se han utilizado principalmente como fluidos de trabajo agentes frigoríficos de seguridad, en los que las fugas producidas y su evitación parecerían contraponerse a criterios predominantemente económicos referentes a que los fluidos de trabajo son caros. Según las estimaciones hasta el 70 por ciento de la producción de tales agentes frigoríficos de seguridad ha surgido de la necesidad de rellenado de instalaciones no herméticas. En ese momento, las bombas de calor, los frigoríficos y las instalaciones de climatización se consideraban hasta este momento prácticamente exentos de mantenimiento exceptuada incluso esta demanda de recarga.

Esta situación se ha modificado desde que los agentes frigoríficos de seguridad se han percibido como gas de efecto invernadero y como perjudiciales para la capa de ozono. Mientras tanto, todos los agentes frigoríficos de seguridad, que contienen hidrocarburos fluorados, están prohibidos, salvo excepciones, y deben ser reemplazados por otros agentes frigoríficos. Estos agentes frigoríficos de reemplazo son caros, corrosivos, inflamables o tóxicos, y a menudo requieren altas presiones de trabajo. Por tanto, las exigencias en materia hermeticidad que se imponen a los equipos de los aparatos han aumentado considerablemente. Al mismo tiempo, también han aumentado la necesidad de mecanismos de control y aviso, así como la necesidad de diagnóstico y documentación. Sin embargo, se ha mantenido el deseo de sistemas exentos mantenimiento y baratos.

Las razones de las faltas de hermeticidad o fugas y las pérdidas asociadas a ello de agentes frigoríficos son vibraciones, fluctuaciones de temperatura y presión, que conducen a la dilatación y contracción, y puntos de unión de diferentes componentes. Las fugas se encuentran principalmente en los sitios de soldadura, la mayoría de las fugas son débiles y pueden ocurrir tan solo temporalmente, lo que dificulta su localización.

Se conocen diferentes métodos para la búsqueda de fugas, su vigilancia y también su prevención. Según el estado de la técnica, es habitual una prueba de presión, en la que el sistema sin agente frigorífico se somete a presión con un gas inerte y las partes sospechosas se rocían con una solución jabonosa. Las fugas se muestran entonces por la formación de espuma. Es posible también agregar materiales fluorescentes al gas inerte o también al fluido frío posterior y las fugas pueden localizarse entonces con iluminación UV. Cuando los equipos están encapsulados o ubicados en espacios cerrados, se utilizan sensores de gas que pueden funcionar incluso a mínimas concentraciones. En este caso, se usan células infrarrojas. Sin embargo, estas son bastante caras y también deben realizarse eventualmente con protección contra explosiones.

Cuanto más precisos se hayan ajustado estos detectores, tanto más a menudo se pueden observar falsas alarmas, en el caso de los sensores de gas, especialmente cuando los agentes frigoríficos son materiales naturales como hidrocarburos, dióxido de carbono o amoníaco. Además, pueden producirse mechas en caso de fugas y no se garantiza que los detectores estén colocados de tal manera que detecten las fugas en todos los casos. Siempre que la instalación deba vaciarse para una búsqueda de fugas y llenarse con gas de prueba, puede ser que la fuga ya no se muestre porque solo ocurre a ciertas temperaturas, presiones o vibraciones.

Un procedimiento de vigilancia adicional se describe por el documento DE 10 2013 100 410 A1. En este caso, una magnitud de medida sensible a la cantidad de llenado se capta durante un período de tiempo predeterminado y, por tanto, se crea una distribución de frecuencia real de las magnitudes de medida. Esta frecuencia real dentro del período de tiempo predeterminado se compara con una distribución de frecuencia de referencia y se determina y evalúa el decalaje. No se forman series temporales, sino que se excluyen. Dicha magnitud de medida sensible a la cantidad de llenado puede ser el nivel de llenado de un depósito de agente frigorífico, la temperatura de salida en el licuador o la frecuencia de burbujas de gas y su espectro de tamaño. Las fugas pequeñas parecen ser difíciles de detectar con este método, y el método además no indica el lugar de la fuga.

El método de vigilancia descrito por el documento US 5.174.125 A muestra un brazo de prolongación que se dispone en un conducto de agente frigorífico que está pospuesto a la válvula de expansión. El brazo de prolongación amplifica las vibraciones del agente frigorífico cuando disminuye la cantidad de este. Un sensor de aceleración que envía una señal está montado en el brazo de prolongación. De esta manera, puede emitirse un aviso temprano antes de una pérdida significativa de agente frigorífico para indicar que la función de refrigeración está en riesgo. Sin embargo, este método no es adecuado para detectar fugas pequeñas.

El método de vigilancia descrito por el documento DE 102 14 519 A1 utiliza la radiación de calor del lado del licuador y la diferencia entre la radiación de calor calculada y la medida por un sensor de temperatura. Esta diferencia sirve como señal.

5 Asimismo, se ha dado a conocer constructivamente una serie de tecnologías para evitar fugas. El documento EP 2 207 962 B1 describe así un compresor de agente frigorífico que presenta una carcasa de compresor herméticamente estanca. Dado que las vibraciones originadas por el funcionamiento de la unidad de pistón-cilindro y su motor de accionamiento cargan todas las partes del compresor de agente frigorífico y estas vibraciones se producen sobre el tubo de presión, se proponen medios para reducir o al menos desacoplar estas vibraciones perjudiciales que son el origen de la mayoría de las fugas. Se ha consolidado en este caso la idea técnica  
10 preconcebida de que las vibraciones no son útiles y, por tanto, deberían evitarse.

Por tanto, la presente invención tiene el objetivo de detectar también de manera segura pequeñas fugas y delimitar el lugar de la fuga. En caso de fugas críticas, el procedimiento debe trasladar la instalación a un estado seguro y poder emitir una alarma. Asimismo, el procedimiento debe poder detectar otros fallos del aparato.

15 Se han dado a conocer también los documentos JP 2005 241 089 A, WO 2008/144864 A1 y EP 697 586 A2. El documento JP 2005 241 089 A describe una instalación de congelación con un circuito de refrigeración en el que se adquieren magnitudes de estado en torno a un compresor, incluyendo presión acústica, vibraciones y demanda de corriente. La fuga se deduce de comportamientos anormales por medio de análisis estadísticos, especialmente determinando la distancia de Mahalanobis. El documento WO 2008/144864 A1 describe un sistema de diagnóstico en instalaciones de congelación en el que se deduce un funcionamiento incorrecto por medio de ondas mecánicas  
20 que se distribuyen en dos categorías. En las dos categorías se distingue entre las vibraciones que se generan por el sistema, como, por ejemplo, por el compresor, y aquellas que no se generan por el sistema. El documento EP 697 586 A2 generalmente describe un sistema de detección de fugas, que es adecuado principalmente para instalaciones de generación de energía nuclear, en el que se registra y analiza el comportamiento de las vibraciones. Una red neuronal y una lógica difusa se utilizan para detectar comportamientos anormales.

25 La invención resuelve este problema de detectar pérdidas de fluido de trabajo en un proceso cíclico termodinámico cerrado, en el que se presenta un estado de dos fases, en el que

- se miden vibraciones en al menos dos direcciones espaciales por medio de una multiplicidad de sensores de aceleración que detectan las vibraciones de al menos un componente del sistema en las que el fluido de trabajo se presenta en dos fases,
- 30 • se registran estos datos medidos,
- se forman series temporales a partir de ellos,
- se transforman estas series temporales en el dominio de frecuencia, generándose espectros de frecuencia,
- se enumeran según el tiempo los espectros de frecuencia y se registran en diferentes estados de funcionamiento,
- 35 • se correlacionan entre sí los espectros de frecuencia según diferentes tiempos de funcionamiento,
- se detectan desviaciones de los espectros de frecuencia en los mismos estados de funcionamiento,
- y, en presencia de un desplazamiento de los espectros de frecuencia, se emite una señal de aviso, y
- los sensores de aceleración detectan las vibraciones inducidas por el sistema y al menos un emisor de vibraciones amortigua estas vibraciones inducidas por el sistema mediante vibraciones en contrafase.

40 Los procesos cíclicos termodinámicos usuales en los que aparecen sistemas de dos fases requieren un paso de compresión, que se materializa mediante un compresor en aplicaciones prácticas. Este compresor, que a veces se denomina también compresor, también es en la mayoría de los casos la principal fuente de ruido y vibraciones. Estos deben ser medirse. Los patrones de vibración de los equipos y tubos a través de los cuales fluye el gas son claramente diferentes de aquellos en los que fluye un líquido. Esto se aplica especialmente en áreas de dos fases.  
45 En el caso de pérdidas de fluido que puedan indicar fugas, fluye en general menos líquido a través de los equipos y los tubos y la masa total del sistema también se reducirá, lo que también se refleja en el patrón de vibración.

Por tanto, estos patrones de vibración se registran mediante sensores de aceleración, se convierten en señales eléctricas, se registran como datos, se registran y se ponen en una forma automáticamente evaluable. La evaluación automática se lleva a cabo mediante una comparación de patrones, para la cual se ponen a disposición diferentes procedimientos. En todos los casos, se forman inicialmente series temporales a partir de las cuales se generan espectros de frecuencia. Esto puede suceder de modo que las evoluciones de amplitud temporales obtenidas se registren en función de las frecuencias y el tiempo y obteniendo así una evolución de curva que se puede comparar periódicamente mediante superposición. También es posible realizar una descomposición rápida de Fourier y

comparar los respectivos valores numéricos obtenidos. En este caso, también se pueden determinar las frecuencias propias del sistema.

5 Este proceso debe llevarse a cabo para cada estado de funcionamiento de modo que se conozcan los estados nominales. Las curvas de medida respectivas se comparan con estos estados nominales. En el caso de que el patrón arroje en la correlación que las frecuencias se han desplazado hacia arriba, hay que partir de una pérdida de agente de trabajo, de lo que se puede deducir una fuga.

10 El desplazamiento de los espectros de frecuencia puede realizarse hacia arriba o hacia abajo. En este caso, también es posible que una parte de los espectros de frecuencia se mueva hacia arriba y otra parte se mueva hacia abajo. Por tanto, en las configuraciones de la invención, está previsto que se emita una señal de aviso de fuga cuando hay un desplazamiento significativo hacia arriba de los espectros de frecuencia y se emita una señal de aviso de aparato cuando hay un desplazamiento significativo hacia abajo de los espectros de frecuencia. Una señal de aviso de aparato significa aquí, por ejemplo, un presunto daño en el cojinete o una presunta suelta de una unión; en ambos casos esto puede conducir en paralelo a una pérdida por fuga o una amenaza de fuga.

15 Asimismo, está previsto que los emisores de vibración exciten el sistema con bandas de vibración en un amplio rango de frecuencias. Como se describe en el documento EP 2 207 962 B1, el compresor usualmente instalado excita las instalaciones a través de su tubo de presión. Sin embargo, por un lado, puede desearse que estas vibraciones del compresor no se transmitan a los siguientes intercambiadores de calor, lo que significaría una transferencia al circuito de calefacción conectado en el caso de una bomba de calor; por otro lado, los desplazamientos muy finos del espectro de frecuencia son solo difícilmente detectables y se correría el riesgo de falsas alarmas si cada cambio muy pequeño llevara inmediatamente a una alarma.

20 Por tanto, en lugar de utilizar para el análisis la excitación ajena por el compresor y los armónicos superiores, se puede prever que los sensores de aceleración detecten las vibraciones inducidas por el sistema y al menos un emisor de vibraciones amortigüe estas vibraciones inducidas por el sistema por vibraciones en contrafase. Por un lado, esto tiene la ventaja de que la transmisión de sonido a los intercambiadores de calor conectados resulta ser menor; por otro lado, el mismo emisor de vibraciones puede emitir una señal de vibración en un amplio rango de frecuencias, por ejemplo, un aumento en un tono desde frecuencias muy bajas, por ejemplo de 25 Hz, hasta frecuencias altas de 4 kHz, dentro de un período de tiempo de, por ejemplo, un segundo, y seguidamente llevar a cabo análisis similares en alta resolución en las proximidades de las vibraciones propias detectadas. Por supuesto, esto se puede hacer en varios puntos, en casos especiales se pueden usar también frecuencias más altas hasta el ultrasonido.

Por tanto, en una configuración adicional del procedimiento está previsto que cada uno de los sensores de aceleración mida las aceleraciones en tres ejes espaciales, siendo estos preferiblemente perpendiculares entre sí.

35 Otras configuraciones tratan de la obtención de valores de referencia con los que se realiza la correlación de los espectros de frecuencia determinados y las frecuencias propias. Se prevé aquí que para obtener valores de desplazamiento de frecuencias propias debido a pérdidas de fluido, el llenado del dispositivo con fluido de trabajo se realice en etapas, determinándose al menos después de cada paso de llenado un ciclo de funcionamiento mediante el establecimiento de las frecuencias propias respectivas para el estado de llenado parcial respectivo, y correlacionándose los espectros de frecuencia medidos con estos valores de medida para el llenado parcial.

40 Alternativamente, se prevé que para obtener curvas de desplazamiento de frecuencias propias, debido a pérdidas de fluido, el llenado del dispositivo con fluido de trabajo se realice continuamente, conectándose la instalación después de alcanzar una cantidad mínima de llenado y determinándose las respectivas frecuencias propias durante el proceso de llenado adicional en función de la cantidad de llenado, y correlacionándose los espectros de frecuencia medidos con estos valores de medida para el llenado parcial. Ambas alternativas también se pueden combinar, utilizándose las pausas entre las etapas de llenado para que los actuadores generen vibraciones dentro un amplio rango de frecuencias.

El objetivo de la invención se logra también mediante un dispositivo para detectar una fuga en una instalación, en el que un fluido se presenta en un estado de dos fases, en el que el dispositivo:

- presenta un circuito cerrado en el que circula este fluido,
- presenta al menos un compresor y al menos un dispositivo de expansión,
- 50 • presenta al menos una bomba de circuito,
- presenta al menos dos intercambiadores de calor, de los cuales uno introduce calor en el fluido y el otro extrae calor del fluido, en el que
- una multiplicidad de sensores de aceleración están instalados en al menos una parte del dispositivo, en la que se presenta un sistema de dos fases del fluido durante el funcionamiento estipulado,

- en el que estos sensores de aceleración pueden captar vibraciones en al menos dos ejes espaciales,
  - los sensores de aceleración están conectados con un dispositivo de cálculo para fines de almacenamiento y evaluación, que forma datos de series temporales a partir de ellos y transforma estas series temporales en el dominio de frecuencia,
- 5
- enumera los espectros de frecuencia obtenidos en una representación espectrográfica según el tiempo y los registra en diferentes estados de funcionamiento,
  - correlaciona entre sí estos espectros de frecuencia según diferentes tiempos de funcionamiento,
  - y emite una señal de aviso en caso de un desplazamiento de los espectros de frecuencia, y
- 10
- está instalado al menos un emisor de vibraciones que puede excitar el sistema con bandas de vibración en un amplio rango de frecuencias y genera una vibración en contrafase a las vibraciones inducidas ajenas.

En configuraciones del dispositivo, está previsto que emita una señal de aviso de fuga en el caso de un desplazamiento de los espectros de frecuencia hacia arriba y emite una señal de aviso de aparato en el caso de un desplazamiento de los espectros de frecuencia hacia abajo.

15 En una configuración del dispositivo está previsto que al menos un emisor de vibraciones esté montado en una parte del dispositivo en el que está presente un sistema de dos fases del fluido durante el funcionamiento normal, y que puede excitar el sistema con bandas de vibración en un amplio rango de frecuencias.

La invención se explicará ahora de forma detallada con ayuda de las figuras, eligiéndose como ejemplo una bomba de calor. En este caso, muestran:

- 20 la figura 1: una vista general de una instalación de bomba de calor con sensores de aceleración y emisores de vibración,
- la figura 2a: una evolución de señal temporal medida para una determinada frecuencia,
- la figura 2b: un espectro de frecuencia en una masa de agente frigorífico 1,
- la figura 2c: un espectro de frecuencia en una masa de agente frigorífico 2 después de una pérdida de agente frigorífico,
- 25 la figura 3: un diagrama de flujo para detección de fugas.

La figura 1 muestra un sencillo sistema de bomba de calor de aire/agua que en este ejemplo comprende un circuito de refrigeración 1 con un compresor de frío 2, un condensador 3, una válvula de regulación de expansión 4 y un evaporador 5. En este caso, el agente frigorífico compactado 6 fluye hacia el condensador 3, donde emite su calor a la corriente portadora de calor 7, que es transportada desde la bomba de recirculación 8 como corriente de calor 9 hasta el consumidor. Por tanto, el agente frigorífico refrigerado y condensado 10 llega a la válvula de regulación de expansión 4, refrigerándose aún más y guiándose como una corriente de frío 11 hacia el evaporador 5. Allí absorbe calor del aire ambiente 12 que se aspira por el ventilador 13 a través del evaporador 5. El agente frigorífico calentado 14 se comprime nuevamente por el compresor de frío 2, por lo que se cierra el circuito de frío 1.

30

El área de dos fases comprende en este caso el condensador 3, el agente frigorífico condensado 10, la válvula de regulación de expansión 4 y el evaporador 5. Un recipiente colector 15 está dispuesto detrás del condensador 3. Los sensores de aceleración 16, 17 y 18 se disponen en este tramo de tubo, registrando las respectivas aceleraciones en 3 ejes espaciales. Con el actuador 19 como emisor de vibraciones, se pueden aplicar vibraciones al sistema. Por tanto, es posible, por ejemplo, imprimir una banda de frecuencia de 0 a 4000 Hz en el sistema dentro de un corto intervalo de tiempo y determinar la característica de vibración en función del grado de llenado. Esto puede llevarse a cabo varias veces durante el proceso de llenado inicial, incluso mientras la instalación ya está funcionando en modo de prueba, para poder asignar un patrón de vibración correspondiente a cada estado de llenado, lo que sirve para la correlación en un funcionamiento posterior.

35

40

El actuador 20 sirve para compensar vibraciones del compresor de frío 2 y está convenientemente dispuesto directamente delante del condensador 3 para que el condensador 3 no pueda transmitir al circuito de calefacción las vibraciones del compresor de frío. De esta forma, se logra una reducción significativa del ruido. Al mismo tiempo, este actuador 20, al igual que el actuador 19, puede introducir en el sistema vibraciones definidas para fines de prueba.

45

Como sensores de aceleración 16, 17 y 18 sirven en este caso sensores usuales en el mercado, como los que también se encuentran en teléfonos inteligentes. Estos son sustancialmente más baratos que los sensores de gas utilizados hasta ahora, y generan además un flujo constante de datos a partir del cual se detecta fácil y rápidamente si los sensores continúan funcionando debidamente. Por lo tanto, no deben ser probados ni revisados regularmente, sino que estas operaciones pueden limitarse a situaciones en las que los datos indican un funcionamiento irregular.

50

En el funcionamiento regular, la excitación de las vibraciones se realiza principalmente a través del compresor de frío 2. Además de la vibración básica que se genera por el funcionamiento del pistón, también surge una multiplicidad de ondas armónicas que es característica. Los actuadores solo son necesarios en estado parado, durante el llenado o durante exámenes más detallados; de lo contrario, son opcionales. Asimismo, con ellos se pueden detectar las fugas más pequeñas. Como actuadores 19 sirven en este caso fuentes piezoacústicas usuales en el mercado, tales como las que se encuentran en altavoces o auriculares pequeños y que también son muy económicos.

La figura 2a muestra una curva de vibración, que emite como amplitudes uno de los sensores en uno de los ejes para una frecuencia específica, aquí 50 Hz, durante un segmento de tiempo, que aquí es de 150 milisegundos. Con tres sensores con 3 ejes cada uno, resultan así 9 curvas de vibración. Estas curvas de vibración se transforman en el dominio de frecuencia y se obtiene un espectro, realizándose esto usualmente mediante la transformada rápida de Fourier. A partir de esto se obtiene un patrón repetitivo típico, que depende del estado de llenado. En caso de fugas, este patrón se desplaza hacia frecuencias más altas.

La figura 2b muestra un espectro en una banda de frecuencia de 0 a 4000 Hz, registrándose durante un período de tiempo de 30 segundos. Este espectro permite detectar en qué frecuencias se produce resonancia en estado llenado. Con respecto a estas frecuencias de resonancia, también tiene lugar un desplazamiento detectable a frecuencias más altas cuando se producen pérdidas de agente frigorífico. La figura 2c muestra dicho espectro desplazado después de una pérdida de agente frigorífico, registrándose los espectros mostrados en las figuras 2b y 2c en el mismo punto de funcionamiento. Para el análisis de precisión, se pueden usar aquí los actuadores, con cuya ayuda se pueden determinar con precisión las frecuencias de resonancia.

La figura 3 muestra un diagrama de flujo para el procesamiento de señales. Al principio, la obtención de los datos de referencia tiene lugar en la inicialización 100; esto se refiere a los diferentes estados de funcionamiento y sus campos de tolerancia. Posteriormente, los datos de referencia se transfieren en la adaptación 101 y se adaptan a la instalación, de modo que se definen y, eventualmente, se adaptan con posterioridad los datos de configuración, la deriva temporal y otros factores. La inicialización 100 y la adaptación 101 son unidades que son realizadas por el personal de servicio o en la fábrica.

Seguidamente, se reenvía al "procesamiento y adquisición de señales" 102, que es un componente fijo del dispositivo. En esta unidad están previstos dos ramales: el primer ramal consta de la captura de la señal de vibración 103, en la que se registra la amplitud de la vibración en múltiples ejes, el procesamiento previo de la señal 104, en el que se calcula el espectro de frecuencia en todos los canales, y el análisis de la señal 105, en el que se delimita el espectro de frecuencia. Están disponibles varias alternativas para el análisis de señal 105: se determinan los picos en el espectro de frecuencia, definiéndose una ventana de búsqueda en el rango de frecuencias o teniendo lugar una evaluación de patrón. Eventualmente sigue todavía una normalización. Como métodos se utilizan un algoritmo evolutivo, lógica difusa, redes neuronales y algoritmos basados en procesamiento de imágenes (BV/IP) para el reconocimiento de patrones. En resumen, el primer ramal se refiere al tratamiento de las señales entrantes.

Por el contrario, el segundo ramal se refiere a los datos que se suministran por la bomba de calor. En el sistema WP 106 de registro de señales, las magnitudes de estado se registran como valores de medida intrínsecos, como presión, temperatura, etc. de la bomba de calor. En el procesamiento de señal 107, tiene lugar una interpolación o una agrupación de los estados de funcionamiento de referencia, que se derivan de las magnitudes de estado. Los datos de referencia espectrales se determinan en el posterior procesamiento de señal 108.

Ambos ramales convergen en la correlación de datos 109, donde, de forma alternativa o acumulativa, se lleva a cabo una comparación de picos entre los datos de referencia y los datos de vibración reales o una comparación de patrones. Además, tiene lugar un análisis de tolerancia.

Normalmente, en la unidad de "decisión sobre fugas" 110, se decide a continuación con ayuda de un valor umbral o una tabla de valores umbral multidimensional y en función del estado de funcionamiento, si existe o no una fuga.

En caso de que no haya ninguna fuga, el registro de señal de vibración 103 y el sistema WP de registro de señal 106 recorren de nuevo los dos ramales.

En caso de que haya una fuga, se activan las medidas de seguridad apropiadas en el aviso de fuga 111.

De vez en cuando, para realizar una adaptación, se devuelven datos de la adquisición y procesamiento de señal 102 a la adaptación 101, por ejemplo, como un paquete de datos en el servicio de fábrica y así un sistema de aprendizaje se entrena en el reconocimiento de patrones, pudiendo entrar también datos de varias instalaciones de la misma construcción.

**Lista de símbolos de referencia**

	1	Circuito de agente frigorífico
	2	Compresor de frío
	3	Condensador
5	4	Válvula de regulación de expansión
	5	Evaporador
	6	Agente frigorífico compactado
	7	Corriente portadora de calor
	8	Bomba de recirculación
10	9	Corriente de calor
	10	Agente frigorífico condensado
	11	Corriente de frío
	12	Aire ambiente
	13	Ventilador
15	14	Agente frigorífico calentado
	15	Recipiente colector de agente frigorífico
	16	Sensor de aceleración A
	17	Sensor de aceleración B
	18	Sensor de aceleración C
20	19	Actuador
	20	Actuador con compensación de vibración
	100	Inicialización
	101	Adaptación
	102	Adquisición y procesamiento de señal
25	103	Registro de señal de vibración
	104	Procesamiento previo de señal
	105	Análisis de señal
	106	Sistema WP de registro de señal
	107	Procesamiento de señal
30	108	Procesamiento posterior de señal
	109	Correlación de datos
	110	Decisión sobre fugas
	111	Aviso de fuga

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento para detectar pérdidas de fluido de trabajo en un proceso cíclico termodinámico cerrado (1) en el que se presenta un estado de dos fases, en el que
  - 5 • se miden (103) vibraciones en al menos dos direcciones espaciales por medio de una multiplicidad de sensores de aceleración (16, 17, 18) que detectan las vibraciones de al menos un componente del sistema en las que el fluido de trabajo se presenta en dos fases,
  - se registran estos datos medidos,
  - se forman series temporales a partir de ellos,
  - 10 • se transforman estas series temporales en el dominio de frecuencia, generándose (104) espectros de frecuencia,
  - se enumeran según el tiempo los espectros de frecuencia y se registran (105) en diferentes estados de funcionamiento,
  - se correlacionan (109) entre sí los espectros de frecuencia según diferentes tiempos de funcionamiento,
  - se detectan desviaciones de los espectros de frecuencia en los mismos estados de funcionamiento,
  - 15 • y en presencia de un desplazamiento de los espectros de frecuencia se emite una señal de aviso,
  - los sensores de aceleración (16, 17, 18) detectan las vibraciones inducidas por el sistema y caracterizado por que al menos un emisor de vibraciones (19, 20) amortigua estas vibraciones inducidas por el sistema mediante vibraciones en contrafase.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que se emite una señal de aviso de fuga (111) en el caso de un desplazamiento de la frecuencia hacia arriba.
3. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que se emite una señal de aviso de aparato en el caso de un desplazamiento de la frecuencia hacia abajo.
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que los emisores de vibraciones (19, 20) excitan el sistema con bandas de vibración en un amplio rango de frecuencias.
- 25 5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por que cada uno de los sensores de aceleración (16, 17, 18) mide las aceleraciones en tres ejes.
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por que, para obtener valores de desplazamiento de frecuencia propia debido a pérdidas de fluido, el llenado del dispositivo con fluido de trabajo se efectúa en etapas, determinándose después de cada paso de llenado al menos un ciclo de funcionamiento mediante la determinación de las respectivas frecuencias propias para el estado de llenado parcial respectivo y correlacionándose los espectros de frecuencia medidos con estos valores de medida para el llenado parcial.
- 30 7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por que, para obtener curvas de desplazamiento de frecuencia propia debido a pérdidas de fluido, el llenado del dispositivo se realiza continuamente con fluido de trabajo, conectándose la instalación tras alcanzar una cantidad de llenado mínima y determinándose las respectivas frecuencias propias durante el proceso de llenado adicional en función de la cantidad de llenado, y correlacionándose los espectros de frecuencia medidos con estos valores de medida para el llenado parcial
- 35 8. Dispositivo para detectar una fuga en una instalación en la que un fluido se presenta en un estado de dos fases, en el que el dispositivo:
  - presenta un circuito cerrado (1) en el que circula este fluido,
  - 40 • presenta al menos un compresor (2) y al menos un dispositivo de expansión (4),
  - presenta al menos dos intercambiadores de calor (3, 5), de los cuales uno introduce calor en el fluido y el otro extrae calor del fluido,
  - una multiplicidad de sensores de aceleración (16, 17, 18) están instalados en al menos una parte del dispositivo, en la que se presenta un sistema de dos fases (10, 11) del fluido durante el funcionamiento estipulado,
  - 45 • en el que estos sensores de aceleración (16, 17, 18) pueden captar vibraciones en al menos dos ejes espaciales,

## ES 2 810 005 T3

- los sensores de aceleración (16, 17, 18) están conectados con un dispositivo de cálculo para fines de almacenamiento y evaluación,
  - que forma datos de series temporales a partir de ellos,
  - transforma estas series temporales en el dominio de frecuencia,
- 5
- enumera los espectros de frecuencia obtenidos en una representación espectrográfica según el tiempo y los registra en diferentes estados de funcionamiento,
  - correlaciona entre sí estos espectros de frecuencia según diferentes tiempos de funcionamiento,
  - y emite una señal de aviso en caso de un desplazamiento de los espectros de frecuencia,
- 10
- caracterizado por que está instalado al menos un emisor de vibraciones (19, 20), que puede excitar el sistema con bandas de vibración en un amplio rango de frecuencias y genera una vibración en contrafase respecto de las vibraciones inducidas ajenas.
9. Dispositivo según la reivindicación 8, caracterizado por que emite una señal de aviso de fuga (111) en el caso de un desplazamiento de los espectros de frecuencia hacia arriba
- 15
10. Dispositivo según la reivindicación 8, caracterizado por que emite una señal de aviso de aparato en el caso de un desplazamiento de los espectros de frecuencia hacia abajo.
11. Dispositivo según una de las reivindicaciones 8 a 10, caracterizado por que en una parte del dispositivo en la que se presenta un sistema de dos fases del fluido durante el funcionamiento estipulado, está instalado al menos un emisor de vibraciones (19) que puede excitar el sistema con bandas de vibración en un amplio rango de frecuencias.
- 20
12. Dispositivo según una de las reivindicaciones 8 a 11, caracterizado por que al menos un emisor de vibraciones (20) está instalado entre el compresor (2) y el primer intercambiador de calor siguiente (3).

Fig. 1

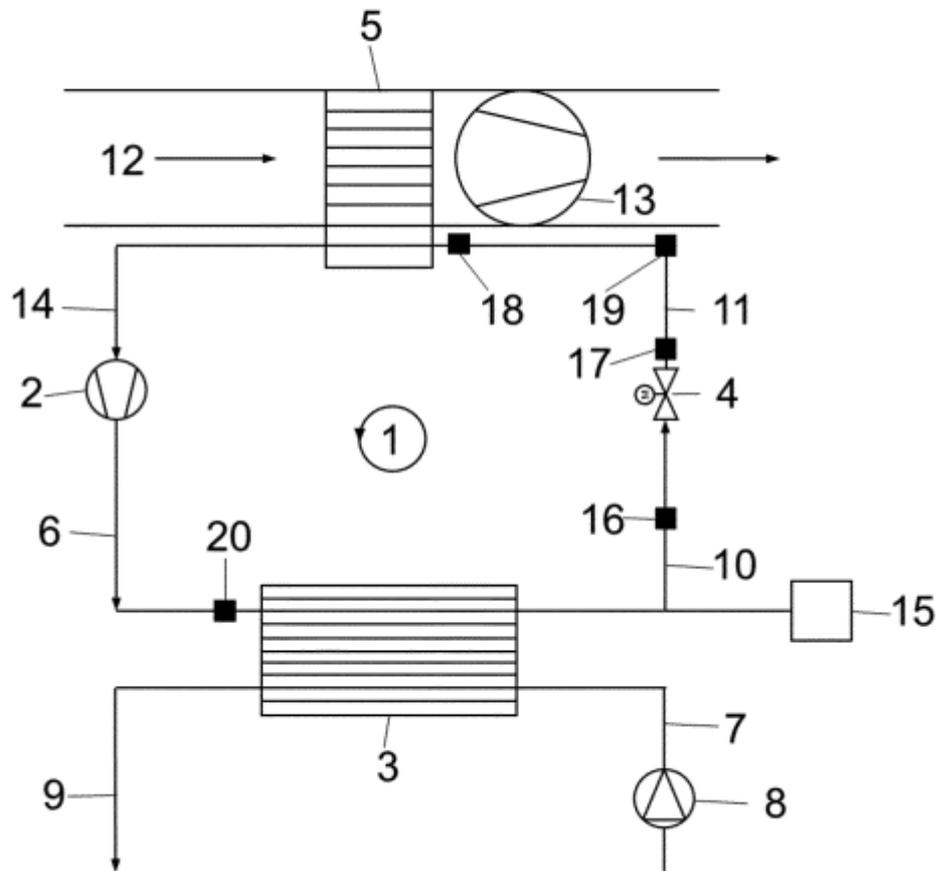


Fig. 2a



Fig. 2b

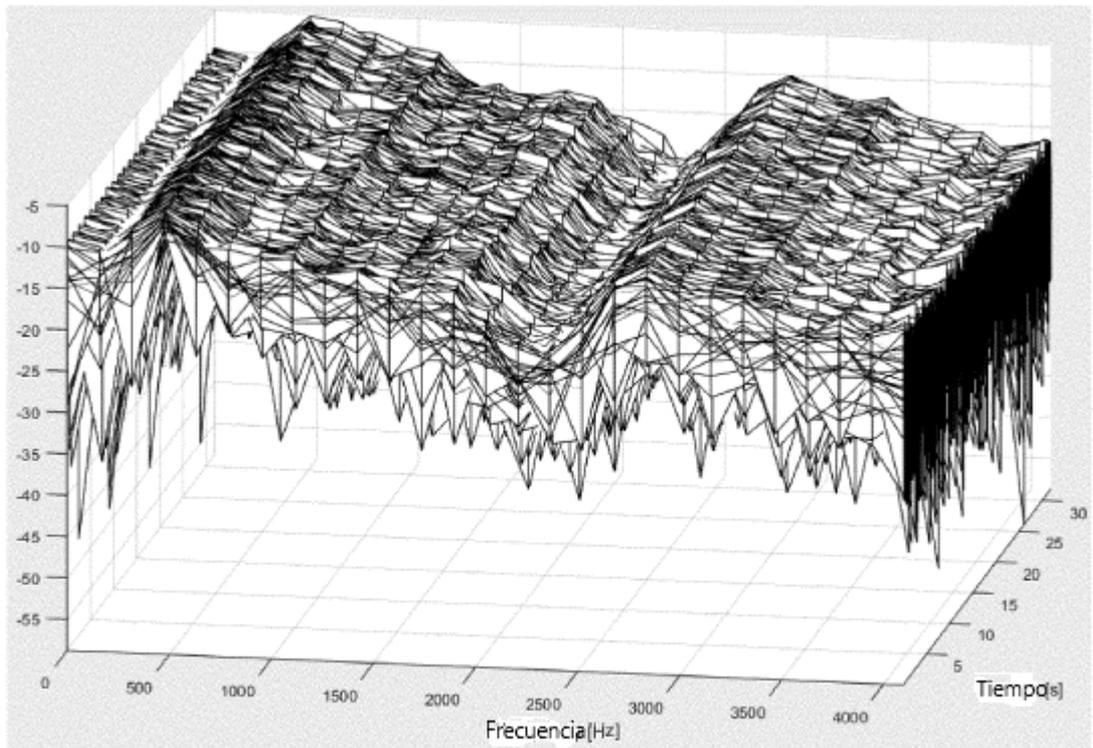


Fig. 2c

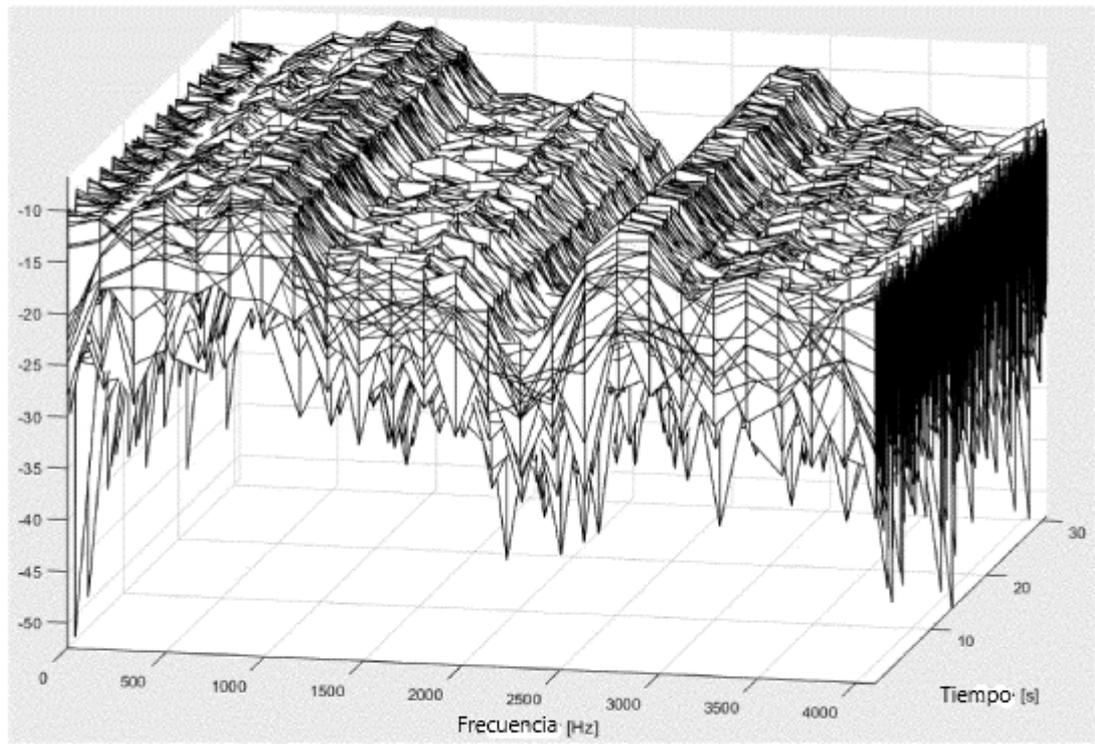


Fig. 3

