

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 395 934**

51 Int. Cl.:

G01F 23/296 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.08.2005 E 05016711 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.10.2012 EP 1624291**

54 Título: **Autodiagnóstico de un indicador de nivel vibrante**

30 Prioridad:

02.08.2004 US 598193 P

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

18.02.2013

73 Titular/es:

**VEGA GRIESHABER KG (100.0%)
HAUPTSTRASSE 1 - 5
77709 WOLFACH, DE**

72 Inventor/es:

**GRIESSBAUM, KARL;
FEHRENBACH, JOSEF y
MELLERT, MARTIN**

74 Agente/Representante:

ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María

ES 2 395 934 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

Autodiagnóstico de un indicador de nivel vibrante.

5 Campo técnico de la invención

La presente invención se refiere a un procedimiento para detectar y/o para controlar el nivel de un medio almacenado en un recipiente. En particular, la presente invención se refiere a un procedimiento para diagnosticar la funcionalidad de la unidad de oscilación electromecánica de un indicador de nivel de vibración. Además, la invención se refiere a un indicador de nivel de vibración que está adaptado para realizar un autodiagnóstico.

Antecedentes de la invención

Generalmente, para detectar el nivel de un material almacenado en un recipiente se emplean indicadores vibrantes que funcionan en base a porciones oscilantes, como por ejemplo, osciladores de tubo coaxial o diapasones. Para detectar si se alcanza o no un nivel de conmutación predeterminado, estos sistemas analizan la atenuación y/o el desplazamiento de frecuencia de la frecuencia de resonancia del sistema de oscilación electromecánica una vez que la porción oscilante del indicador de nivel de vibración se sumerge en el material de llenado.

Por ejemplo, se conoce un indicador de nivel de vibración a partir del documento DE 33 48 119 C2 que está adaptado para detectar un nivel de llenado predeterminado y que comprende porciones oscilantes, como por ejemplo, una sonda de varilla o un diapasón que sobresalen en un recipiente y que se excitan por medio de una unidad de actuación eléctrica. Ya que la sonda de varilla o el diapasón son parte de un circuito de realimentación, la frecuencia de la sonda de varilla o del diapasón depende del nivel de llenado del recipiente. Por tanto, mediante la amplificación, y debido a la realimentación de la señal de oscilación detectada eléctricamente en la entrada de actuación, un sistema oscilante es aquel que se conoce generalmente como un oscilador.

En contraste con dicho procedimiento, que usa una porción mecánica oscilante como parte de un oscilador electromecánico, se conoce a partir del documento DE102 03 461 la detección de un nivel de llenado predeterminado mediante la actuación externa de un sistema oscilante en su frecuencia de resonancia por medio de un oscilador eléctrico, midiendo al menos una característica de la respuesta del sistema en dicha actuación, y analizando estas características. Sin embargo, este procedimiento sólo está adaptado para detectar un nivel de llenado si el sistema funciona en su frecuencia de resonancia o al menos en una banda de frecuencia que esté muy cerca de dicha frecuencia de resonancia.

Sin embargo, ya que un fallo en la funcionalidad de un indicador de nivel de vibración de este tipo puede causar graves daños, como, por ejemplo, el derrame de un recipiente o el funcionamiento en seco de una bomba, se conoce suministrar un indicador de nivel vibrante de este tipo con diversas opciones de prueba internas con el fin de detectar un fallo en el funcionamiento y generar un aviso de fallo apropiado.

Por lo tanto, se conoce, por ejemplo, a partir del documento DE 198 40 796 D1, el ajuste de la ganancia de un amplificador de realimentación con fines de autoprueba, por lo que es posible forzar un aviso de que se ha alcanzado un nivel de llenado predeterminado de un recipiente a modo de prueba.

Se desvela otro procedimiento de prueba en el documento DE 100 23 305 A1, en el que la capacidad o inductividad entre los cables de alimentación a un elemento piezoeléctrico se detectan durante la agitación vibracional. Una vez que el valor detectado de la capacidad o la inductividad difieren de un punto de referencia predeterminado, tiene lugar un aviso de fallo.

Finalmente, el documento DE 44 02 234 describe la interrupción temporal de la conexión entre un amplificador y un transductor de actuación y el análisis de fallos del sistema de un desfase detectado debido a la interrupción de la conexión.

El documento EP 1 333 256 A2 describe un detector de vibración que se alimenta con una señal de atascamiento alrededor de la frecuencia de resonancia.

Sin embargo, los procedimientos que se han ilustrado anteriormente tienen la desventaja de que el resultado de la autoprueba no es totalmente independiente del nivel que prevalece en el momento de la autoprueba o de que no todo el elemento de actuación requerido para la agitación vibracional está implicado en la autoprueba. Por lo tanto,

la fiabilidad de dicho autodiagnóstico es limitada. Además, los procedimientos que se han ilustrado anteriormente están meramente adaptados para detectar y señalar un fallo total de un indicador, mientras que pasan sin ser detectados los fallos en los subconjuntos del indicador. Además, los resultados de estos procedimientos de diagnóstico se obtienen únicamente a partir de una característica física del indicador, que normalmente es al mismo tiempo la cantidad medida a partir de la cual puede obtenerse un aviso de que se ha alcanzado un nivel de llenado predeterminado.

Resumen de la invención

10 Partiendo de las deficiencias que se han ilustrado anteriormente, junto con los procedimientos de diagnóstico que se han ilustrado anteriormente, es un objeto de la presente invención proporcionar un procedimiento para el diagnóstico que permite probar de forma fiable un indicador de nivel vibrante con respecto a su funcionalidad de al menos su unidad de oscilación electromecánica. Cuando se produce un error grave, es preferible que el indicador de nivel edite un aviso de fallo y que el indicador en cualquier caso genere una cierta información de diagnóstico que sea
15 ilustrativa del estado del indicador de nivel. En particular, dicha información de diagnóstico dará una pista sobre hasta qué punto la funcionalidad del indicador de nivel se ha alejado cualitativamente de su idealización.

Por lo tanto, de acuerdo con un primer aspecto de la presente invención, se proporciona un procedimiento para diagnosticar la funcionalidad de la unidad de oscilación electromecánica de un indicador de nivel de vibración que
20 proporciona en una primera etapa al menos el transductor electromecánico de la unidad de oscilación electromecánica de un indicador de nivel de vibración con una señal de onda eléctrica, en el que cuya frecuencia está más allá del intervalo de frecuencia de resonancia de la unidad de oscilación electromecánica y, por lo tanto, no está adaptado para accionar la porción oscilante como, por ejemplo, una sonda de varilla oscilante o un diapasón de la unidad de oscilación electromecánica, de manera que la señal de onda eléctrica se convierta en oscilaciones
25 mecánicas sin provocar la resonancia de la porción oscilante. En una segunda etapa del procedimiento, las oscilaciones mecánicas convertidas se registrarán usando el al menos un transductor electromecánico de la unidad de oscilación electromecánica, que reconvierte las oscilaciones mecánicas en una señal de onda eléctrica. En una etapa más del procedimiento, estas señales de ondas eléctricas registradas se analizarán para obtener a partir de las mismas cualquier característica de transmisión del transductor electromecánico comparando al menos una de las
30 características de señal de la señal de onda eléctrica reconvertida con características de señal típicas que se han determinado previamente. Finalmente, en una etapa de procedimiento final se editará una información de estado sometida al análisis de las características de transmisión.

Ya que el autodiagnóstico de la invención funciona en al menos una frecuencia que está más allá del intervalo de
35 frecuencia de resonancia de la unidad de oscilación electromecánica del indicador de nivel, la presente invención demuestra ser ventajosa, ya que más allá del intervalo de frecuencia de resonancia de la unidad de oscilación electromecánica, el impacto de la sonda de oscilación o el diapasón y su entorno se vuelve inapreciable, de ahí que la dependencia del resultado del autodiagnóstico del nivel de llenado del recipiente controlado pueda excluirse sustancialmente. Una ventaja adicional en comparación con las técnicas conocidas, es que cuando el transductor
40 electromecánico está diseñado de una manera habitual a partir de al menos un elemento de actuación como, por ejemplo, un elemento piezoeléctrico que está separado de otro elemento de actuación como, por ejemplo, otro elemento piezoeléctrico, ambos elementos electromecánicos, de los cuales puede consistir el transductor electromecánico, pueden comprobarse al mismo tiempo.

45 De acuerdo con un aspecto adicional de la presente invención, el al menos un transductor electromecánico puede estar compuesto por una pila que comprende, por ejemplo, varios elementos piezoeléctricos acoplados mecánicamente entre sí para formar el transductor electromecánico. Aquí, uno de los elementos piezoeléctricos de la pila puede acoplarse mecánicamente con una membrana de accionamiento que está adaptada para excitar el diapasón. La conversión de la señal de onda eléctrica en oscilaciones mecánicas puede realizarse por al menos un
50 transductor de transmisión piezoeléctrico de dicho diapasón que sirve como un accionador. De forma similar, la reconversión de las oscilaciones mecánicas en una señal de onda eléctrica puede realizarse por al menos un transductor de recepción piezoeléctrico de dicha pila que forma el transductor electromecánico. Naturalmente, ambos transductores piezoeléctricos, el transductor de transmisión que sirve como un accionador, y el transductor de recepción, que sirve como un receptor, pueden ser sólo un componente común que cumpla ambas funciones.
55 Para aumentar el efecto electromecánico de los elementos piezoeléctricos conectados en serie, varios elementos piezoeléctricos, apilados y acoplados mecánicamente entre sí, pueden derivarse y suministrarse con una señal de onda eléctrica.

Como será evidente para los expertos en la técnica, el procedimiento diagnóstico de la invención está adaptado para

- probar de forma similar tanto los transductores de transmisión como los transductores de recepción, ya que las características de transmisión analizadas más allá del intervalo de frecuencia de resonancia de la unidad de oscilación electromecánica se determinan principalmente por la capacidad del transductor de actuación de transformar una señal eléctrica en una deformación mecánica, y la capacidad del transductor de recepción de
- 5 transformar de nuevo la deformación mecánica en una señal eléctrica. Por tanto, es posible gracias al uso del procedimiento diagnóstico de la invención detectar al mismo tiempo un comportamiento erróneo de los transductores de transmisión, del transductor de recepción, de un acoplamiento mecánico insuficiente en la pila que comprende varios elementos piezoeléctricos, y de los fallos en los cables al transductor de transmisión y de recepción.
- 10 De acuerdo aún con un aspecto más de la invención, en la etapa de análisis, al menos la amplitud de la señal de onda eléctrica se compara con un valor típico. Sin embargo, naturalmente, pueden analizarse características adicionales como, por ejemplo, el desfase de la señal de onda eléctrica, y compararse con valores típicos. Además de estos valores que caracterizan la señal de onda eléctrica, es posible registrar adicionalmente al menos una característica de detector como, por ejemplo, la temperatura dentro del alojamiento para la electrónica del indicador
- 15 de nivel u otras características que no son necesarias para la función de conmutación. Por ejemplo, pueden identificarse la temperatura en el entorno del transductor electromecánico, las capacidades del transductor de actuación y/o el transductor de detección, las impedancias de los transductores, las inductancias de los transductores, la presión en el alojamiento, el tiempo de funcionamiento del indicador de nivel, o la humedad en el recipiente, o otras características que no son necesarias para las funciones de conmutación.
- 20 De acuerdo aún con un aspecto adicional de la invención, al menos dos características registradas, por ejemplo, al menos dos características de señal o al menos una característica de señal y una o más características de detector, pueden combinarse y procesarse para formar un valor diagnóstico global que es representativo para el estado cualitativo del indicador de nivel vibrante. Por medio de una combinación de este tipo, es posible obtener información
- 25 acerca del estado de todo el indicador de nivel y no sólo de la unidad de oscilación electromecánica. Así, las características medidas reales pueden combinarse entre sí, o combinar las características medidas reales con valores almacenados en una memoria que se ilustrará más adelante. Además, dos valores o una pluralidad de valores pueden combinarse entre sí, en los que la combinación de más de dos valores puede realizarse directamente o en varias etapas, generando varios resultados intermedios. Una combinación de las características
- 30 identificadas puede realizarse usando procedimientos matemáticos. Entonces, el resultado es un nuevo valor característico. En lugar de usar funciones matemáticas, es naturalmente posible realizar la combinación de las características identificadas mediante el uso de procedimientos estadísticos, tablas, algoritmos difusos o redes neuronales.
- 35 Como se ha ilustrado anteriormente, la invención pretende almacenar ciertas características identificadas con el fin de recuperarlas y usarlas posteriormente, por lo que puede mejorar la fiabilidad del autodiagnóstico. Por ejemplo, pueden almacenarse valores típicos que pueden generarse durante una rutina de calibración y que pueden representar la funcionalidad original del indicador de nivel. Por otro lado, pueden almacenarse valores extremos que se han detectado durante el uso del indicador de nivel y recuperarse para ser procesados posteriormente.
- 40 Ya que existe una cierta posibilidad de que la funcionalidad del indicador de nivel se vea afectada cuando una de las características identificadas y/o el valor diagnóstico global sobrepasa un valor típico, las características registradas individuales y/o el valor diagnóstico global que se consigue por medio de la rutina de combinación que se ha ilustrado anteriormente, se comprobarán con respecto a tal rebasamiento, a fin de que la información de estado que
- 45 representa el estado real del indicador de nivel pueda crearse y editarse. Naturalmente, es posible recuperar las características individuales o el valor diagnóstico global a través de una unidad de entrada-salida del indicador de nivel vibrante.
- Finalmente, se ha de apreciar que es posible suministrar el transductor electromecánico de la unidad de oscilación
- 50 electromecánica no sólo con una señal de onda eléctrica que tiene únicamente una frecuencia más allá del intervalo de frecuencia de la unidad de oscilación electromecánica, sino suministrar el transductor electromecánico con una pluralidad de señales de ondas eléctricas que tienen diferentes frecuencias, respectivamente, en las que todas las frecuencias están más allá del intervalo de frecuencia de resonancia de la unidad de oscilación electromecánica, y procesar las características de señal recibidas de estas señales de ondas eléctricas de diferentes frecuencias para
- 55 formar una característica de señal común que es representativa de la pluralidad de señales de ondas eléctricas. Después, este valor de la característica de señal común puede procesarse adicionalmente para recibir una información aún más fiable del estado del indicador del nivel y, en particular, del transductor electromecánico del mismo.

Breve descripción de los dibujos

Para una explicación adicional y un mejor entendimiento, a continuación se describirán en más detalle varias realizaciones ejemplares de la presente invención con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

5

La figura 1 es un diagrama de bloques de una primera realización de la presente invención;

la figura 2 es un diagrama de bloques de una segunda realización de la presente invención;

10 la figura 3 es un diagrama de flujo que ilustra de forma ejemplar el modo de funcionamiento de un indicador de nivel vibrante en el modo operativo; y

la figura 4 es un diagrama de flujo adicional que ilustra de forma ejemplar el modo de funcionamiento de un indicador de nivel vibrante en el modo de prueba de la invención.

15

Descripción de las realizaciones ejemplares de la invención

La figura 1 ilustra un diagrama de bloques de un indicador de nivel vibrante como se especifica, por ejemplo, en el documento DE 102 03 461. Se ilustra en el mismo que accionando un sistema oscilante en su frecuencia de resonancia y midiendo al menos un valor característico del sistema pueden detectarse ciertos niveles de llenado predeterminados.

20 El conjunto oscilante de la figura 1 comprende un diapasón 1 que está conectado a una membrana 2. Una pila 3 que comprende una pluralidad de elementos piezoeléctricos 3a-3e que están apilados y acoplados mecánicamente entre sí, sirve como transductor electromecánico 3. Los elementos piezoeléctricos 3a-3e muestran respectivamente un agujero centrado a través del cual pasa un perno 4 y tiene los elementos piezoeléctricos 3a-3e frente a la membrana 2.

30 El indicador de nivel vibrante 46 comprende un oscilador eléctrico 4, que es variable con respecto a su frecuencia, que genera una señal de onda eléctrica que se transfiere a través de cables de alimentación 5 al transductor electromecánico 3. El transductor electromecánico 3 comprende un transductor de transmisión que incluye elementos piezoeléctricos derivados 3a-3d que cubren la señal de onda eléctrica en oscilaciones mecánicas, por lo que se accionará la membrana 2. A su vez, la membrana 2 excita el diapasón 1. Además de los transductores de transmisión 3a-3d, el transductor electromecánico 3 comprende adicionalmente un transductor de recepción 3e que reconvierte las oscilaciones mecánicas de nuevo en una señal de onda eléctrica que se transmite a través de cables de alimentación 6 a un amplificador de recepción 7. El amplificador 7 amplifica dicha señal de onda eléctrica recibida que después se transfiere al rectificador 8 y al comparador de fases 9. El rectificador 8 genera una señal que es proporcionar a la amplitud de la señal de onda eléctrica amplificada, que después se detecta por una unidad de control 10. En contraste al mismo, el comparador de fases 9 genera una señal que es proporcionar al desfase entre la señal de actuación eléctrica generada por el oscilador 4 y la señal de onda eléctrica recibida que se recibe por el transductor de recepción 3e. Esta señal de fase proporcional también se entregará a la unidad de control 10.

45 Por ejemplo, la unidad de control 10 puede comprender un microcontrolador que tiene una periferia apropiada que está adaptada para controlar el proceso de medición del indicador de nivel vibrante 46. La unidad de control 10 está adaptada al mismo para ajustar la frecuencia del oscilador 4 a través de un cable de control 11 y para detectar la amplitud de la señal de actuación a través del rectificador 12. Además, como se ha ilustrado anteriormente, la unidad de control 10 está adaptada para detectar la amplitud amplificada de la señal eléctrica recibida y para analizar el desfase entre la señal de actuación y la señal recibida. Para estos fines, la unidad de control 10, o el microcontrolador, pueden incluir un convertidor analógico-digital.

50

Para detectar un nivel de llenado predeterminado de un producto en un recipiente la unidad de control 10 varía la frecuencia del oscilador 4 en un determinado intervalo y analiza el comportamiento de la amplitud y la fase en dicho intervalo de frecuencia. Así, el intervalo de frecuencia se selecciona a fin de que ciertamente contenga la frecuencia de resonancia de la unidad de oscilación que comprende el diapasón 1, la membrana 2 y el transductor electromecánico 3. La frecuencia de resonancia de la unidad de oscilación 1, 2, 3 tiene que ser parte de dicho intervalo de frecuencia, ya que únicamente el comportamiento de la frecuencia de resonancia permite detectar un nivel de llenado predeterminado mediante comparaciones de la frecuencia de resonancia, la amplitud de resonancia y/o la característica de la fase con un umbral predeterminado.

55

- Sin embargo, el comportamiento del sistema oscilante en su frecuencia de resonancia no permite la detección de la funcionalidad correcta del indicador de nivel vibrante. Por lo tanto, de acuerdo con la presente invención, las características de transmisión del transductor electromecánico 3 se analizan en un intervalo de frecuencia que está muy lejos de la frecuencia de resonancia de la unidad de oscilación electromecánica 1, 2, 3. Con esto, la unidad de control 10 escoge a través del cable de control 11 una frecuencia del oscilador 4 que no está cerca de la frecuencia de resonancia del sistema oscilante y, por lo tanto, no está adaptado para accionar la porción oscilante 1 de la unidad de oscilación electromecánica 1, 2, 3 como, por ejemplo, una sonda de varilla oscilante o un diapasón 1. Por ejemplo, la frecuencia de resonancia puede estar en el intervalo de entre 900 y 1100 Hz, y la frecuencia de diagnóstico puede estar en el intervalo de entre 1500 y 1800 Hz o múltiplos de los mismos.
- El transductor de transmisión 3a-3d transforma esta señal de diagnóstico en una oscilación mecánica que no está adaptada para accionar la membrana 2 o el diapasón 2 para realizar oscilaciones. Sin embargo, el transductor de recepción 3e reconvierte dicha deformación de nuevo en una señal de onda eléctrica. Por consiguiente, la unidad de control 10 está en la posición de ser capaz de analizar las características de transmisión de todo el transductor electromecánico 3 con respecto a la amplitud y el desfase en la frecuencia escogida. Cuando tiene lugar un fallo, por ejemplo, en los elementos piezoeléctricos 3a-3e en el acoplamiento mecánico entre los elementos piezoeléctricos 3a-3e, o en los cables de alimentación 5, 6, las características de transmisión del transductor electromecánico 3 diferirán de un valor típico detectado previamente de las características de transmisión en un estado imperturbable.
- De hecho, la medición y el análisis del desfase se adapta para entregar información adicional, por lo que el procedimiento de diagnóstico se vuelve más fiable. Sin embargo, también es posible hacer una declaración fiable acerca de la funcionalidad del transductor electromecánico 3 únicamente en base al análisis de la amplitud. Como se ha mencionado anteriormente, el procedimiento de diagnóstico de la invención no ha de funcionar necesariamente únicamente en una frecuencia más allá del intervalo de frecuencia de resonancia de la unidad de oscilación electromecánica 1, 2, 3. Por el contrario, el procedimiento de la invención puede funcionar en una pluralidad de frecuencias, ya sea secuencialmente o simultáneamente, para obtener un resultado más fiable. Por ejemplo, los resultados del análisis de las características de transmisión en cada frecuencia pueden usarse para calcular el promedio con el fin de obtener un resultado más exacto. Naturalmente, la frecuencia de diagnóstico puede ser modularse en un determinado intervalo de frecuencia que no comprenda ninguna frecuencia de resonancia.
- Se ha de apreciar que el procedimiento de diagnóstico de la invención para comprobar la funcionalidad de la unidad de oscilación electromecánica no se limita a la disposición ilustrada que tiene transductores de recepción y de transmisión que están separados entre sí. Por el contrario, el procedimiento de la invención también puede aplicarse en el caso del transductor electromecánico 3 que consiste en al menos un elemento piezoeléctrico que transmite y recibe al mismo tiempo.
- El indicador de nivel vibrante 46 comprende, además, una unidad de entrada-salida 14 que está adaptada para editar la información detectada sobre el nivel de llenado. La unidad de entrada-salida 14 comprende, por ejemplo, una interfaz que está adaptada para leer el nivel de llenado detectado a través de un bucle de dos cables 15 en forma de una señal de corriente impresa en el intervalo de 4 a 20 mA. Además de la lectura de la señal de 4 a 20 mA a través del bucle de dos cables 15 que suministra el indicador de nivel vibrante 46 con potencia, puede superponerse una señal digital en el bucle de dos cables 15 a fin de que los datos digitales puedan intercambiarse con una localización externa como, por ejemplo, una habitación de control.
- Por tanto, el bucle de dos cables 15 permite, además de la provisión de la información del nivel de llenado, la posibilidad de leer la información de diagnóstico, así como la posibilidad de leer los valores de ajuste y de calibración o de introducir señales para hacer funcionar manualmente el autodiagnóstico de prueba de la invención.
- Con el fin de almacenar ciertos parámetros como, por ejemplo, valores típicos de la característica de transmisión o desfases típicos, el indicador de nivel vibrante 46 comprende una memoria no volátil 16. Como se ilustrará en más detalle a continuación, la memoria 16 está adaptada para almacenar parámetros típicos o extremos del indicador de nivel para su uso posterior.
- Finalmente, el indicador de nivel 46 puede comprender componentes adicionales que están adaptados para detectar parámetros adicionales que pueden usarse con fines de mejorar el autodiagnóstico. En la realización ilustrada, el indicador de nivel 46 comprende un detector de temperatura 13 que puede comprender una resistencia termosensible que está dispuesta cerca del elemento oscilante electromecánico 3. Además, el indicador de nivel vibrante 46 puede comprender, por ejemplo, una unidad 17 que está adaptada para detectar el tiempo de funcionamiento del indicador 46. Dicha unidad de detección 17 puede comprender, por ejemplo, un reloj de tiempo

real o un temporizador que está adaptado para añadir todo el tiempo de funcionamiento en el que el indicador de nivel 46 estuvo en uso.

Con referencia a la figura 2, se ilustrará una segunda realización de la presente invención en la que, a diferencia de la figura 1, el elemento oscilante electromecánico está integrado en un oscilador auto-oscilante. En esta realización, la señal de salida del transductor electromecánico 3 se amplifica por un amplificador 21, y un filtro de onda fundamental 22 elimina las frecuencias de resonancia de mayor frecuencia. Esta señal de salida se regenerará al amplificador final 23 que suministra los elementos electromecánicos 3a-3d con dicha señal de realimentación. En caso de una ganancia de bucle suficiente, se accionará de este modo una oscilación, cuya frecuencia y amplitud dependen de las características de la unidad oscilante electromecánica que comprende el diapasón 1, la membrana 2 y el transductor 3.

Cuando el nivel de llenado de un material de llenado alcanza un determinado nivel a fin de que el diapasón 1 se sumerja en dicho material, la oscilación de dicho circuito resonante y en particular la amplitud se atenuarán, y la frecuencia de posiblemente se desplazará. Ambos efectos, la atenuación y el desplazamiento de frecuencia de resonancia pueden usarse para la determinación de un nivel de llenado predeterminado. Por lo tanto, la unidad de control 10 detecta a partir de la señal de salida del filtro 22, la frecuencia de la señal de salida, o determina la amplitud de la señal de salida que se ha rectificado en el rectificador 24. Después de una comparación de los valores detectados con umbrales predeterminados, la señal de conmutación deseada puede obtenerse a partir de los mismos y puede editarse a través de una unidad de entrada-salida 14. Así, la unidad de control 10 puede diseñarse analógica o digitalmente usando un microcontrolador adecuado como se ilustra con referencia a la primera realización de la figura 1.

Para fines del autodiagnóstico de prueba de la invención, la unidad de control 10 abre el bucle de realimentación descrito por medio del conmutador 25 a fin de que la auto-oscilación termine. Posteriormente, se suministrará una señal de diagnóstico al amplificador final 23 a través del oscilador eléctrico 26 y a través del conmutador 25. De acuerdo con la presente invención, la señal de diagnóstico tiene una frecuencia que está más allá del intervalo de frecuencia de resonancia del circuito oscilante (por ejemplo, de 900 a 1100 Hz). Después, dicha señal de diagnóstico se transmite desde el amplificador final 23 a través del transductor de transmisión 3a-3d, a través del traductor de recepción 3e, a través del amplificador de entrada 21 y a través del filtro 22 hasta la unidad de control 10. Por tanto, como se ilustra con referencia a la primera realización de la figura 1, mediante la detección de la característica de transmisión de dicho circuito oscilante puede realizarse un diagnóstico fiable de la funcionalidad del transductor electromecánico. En caso de que la característica de transmisión se detecte en más de una sola frecuencia más allá de la frecuencia de resonancia, la frecuencia operativa del oscilador 26 debe ser adecuada para variarse por la unidad de control 10. Finalmente, como se ilustra con referencia a la figura 1, el indicador de nivel de la figura 2 también puede comprender componentes adicionales como, por ejemplo, un detector de temperatura 13 o un componente 17 para detectar el tiempo de funcionamiento del detector, a fin de que puedan detectarse parámetros adicionales con el fin de obtener a partir de los mismos, junto con la característica de transmisión detectada, un valor diagnóstico global.

Con referencia a la figura 3, se muestra un diagrama de flujo que ilustra el procedimiento del procedimiento de diagnóstico de la invención. En este diagrama de flujo, el bloque 30 indica el estado del indicador de nivel en el que el indicador realiza tareas que son necesarias para detectar un nivel de llenado predeterminado. Así, la unidad de control 10 detecta, en una primera etapa 31, al menos un parámetro como, por ejemplo, la frecuencia de resonancia del sistema oscilante y/o la amplitud de resonancia y/o el desfase a partir del cual puede obtenerse una información acerca del nivel de llenado. En la etapa 32 posterior, los parámetros detectados se compararán con umbrales predeterminados y la información acerca del nivel de llenado se editará en base a dicha comparación. En la etapa 33 o la etapa 34, respectivamente, se comprobará si el autodiagnóstico de la invención se inicia manualmente o si un temporizador indica que debe realizarse un autodiagnóstico. Por ejemplo, un temporizador puede iniciar el autodiagnóstico de la invención en ciertos intervalos de tiempo. En el caso de una autopueba, el procedimiento se deriva al modo de prueba 35 que se ilustra en más detalle con referencia a la figura 4. Por el contrario, el modo operativo se iniciará de nuevo, comenzando con una nueva medición de los parámetros operativos.

A continuación, se ilustrará el procedimiento del modo de prueba 35 con referencia a la figura 4. El modo de prueba 35 comienza con una medición 36 de la característica de transmisión del transductor electromecánico más allá de cualquier resonancia. Así, se detectará y se analizará al menos una característica de amplitud-transmisión $A(f_1)$ de al menos una frecuencia f_1 . Posteriormente, en la etapa 37 se determinarán parámetros adicionales del indicador de nivel vibrante como, por ejemplo, la temperatura actual T_{act} en el entorno del elemento oscilante o el tiempo de funcionamiento actual B_{act} .

En la etapa 38, los diferentes parámetros se combinarán y se procesarán para formar nuevos valores diagnósticos. Estas combinaciones pueden ser ventajosas, ya que algunos de los parámetros detectados pueden interactuar entre sí a fin de que pueda obtenerse una información de estado más fiable al examinar una combinación de estos parámetros. Además, puede ser ventajoso comparar los parámetros detectados actuales con valores típicos que se han identificado previamente, con el fin de detectar cambios con respecto a la funcionalidad del indicador de nivel vibrante.

Los siguientes ejemplos, que no limitan el alcance de la presente invención, pretenden ilustrar la combinación de parámetros para formar nuevos y más significativos valores con respecto a la funcionalidad de un indicador de nivel vibrante.

Como se conocerá por los expertos en la técnica, la característica de amplitud y transmisión de la unidad de oscilación electromecánica 1, 2, 3 es normalmente termosensible, en la que, con fines de simplificación, se asumirá que dicha dependencia es lineal. Debido a que la temperatura actual T_{act} se detectará en el momento de la detección de la característica de la amplitud y la transmisión $A(f1)$, puede obtenerse una característica de amplitud y transmisión normalizada por medio de una sencilla operación matemática que normaliza la característica de transmisión $A(f1)$ a una temperatura normal T_n . Asumiendo que la dependencia de la temperatura es lineal, una ecuación ejemplar para calcular una característica de amplitud y transmisión normalizada A_n puede leerse como se indica a continuación:

$$A_n = k * (T_{act} - T_n) + A(f1),$$

en la que k es una constante de proporcionalidad que expresa el nivel de la dependencia de la temperatura. Posteriormente, la característica de amplitud y transmisión normalizada A_n se comparará con un valor típico de la característica de transmisión que se suministra durante un modo de calibración. La diferencia entre dicho valor típico A_{tip} y dicho valor normalizado actual A_n o el valor absoluto de los mismos, respectivamente, representa un nuevo valor diagnóstico A_d que caracteriza la funcionalidad del transductor electromecánico. Cuando más difiere el valor diagnóstico mencionado A_d de cero, más se ha eliminado la característica de transmisión de su valor típico A_{tip} .

Naturalmente, pueden realizarse combinaciones y operaciones adicionales en una etapa opcional posterior para obtener una información de estado aún más fiable y más interpretable D . Por ejemplo, el tiempo de funcionamiento actual B , la temperatura máxima nunca producida y la característica de transmisión A_d pueden combinarse multiplicándose con una constante de proporcionalidad correspondiente k_i , respectivamente, como se indica a continuación:

$$D = k_1 * B_{act} + k_2 * T_{m\acute{a}x} + k_3 * A_d,$$

en la que

$$A_d = |A_n - A_{tip}|,$$

y

D = valor diagnóstico global

B_{act} = tiempo operativo actual

$T_{m\acute{a}x}$ = temperatura máxima

k_i = constantes de proporcionalidad con $i = 1...n$

Por medio de valores empíricos obtenidos estadísticamente, puede obtenerse un mensaje de información de estado a partir de dicho valor diagnóstico numérico global D por comparación, en el que dicho mensaje de información de estado describe el estado total del indicador de nivel vibrante. Por ejemplo, estos mensajes pueden leerse como se indica a continuación: "Indicador como nuevo", "presenta un envejecimiento reducido", "envejecimiento avanzado, reemplazar a la siguiente oportunidad", o "sigue funcionando, pero ha de reemplazarse urgentemente".

Las ecuaciones matemáticas que se han ilustrado anteriormente son únicamente ejemplares, a fin de que, en lugar de estas funciones, puedan aplicarse operaciones más complejas como, por ejemplo, algoritmos difusos,

procedimientos estadísticos, tablas o redes neuronales.

Además, se aprecia el almacenamiento de los valores y parámetros determinados en una memoria recuperables sin la necesidad de ejecutar un autodiagnóstico.

5

En el transcurso adicional del procedimiento de la invención, puede comprobarse en el bloque 39 si el modo de prueba se inició, o no, en el transcurso de un procedimiento de calibración. Generalmente, un procedimiento de calibración de este tipo únicamente se iniciará durante la fabricación de un indicador de nivel de la invención. Sin embargo, el procedimiento de calibración 39 naturalmente también puede iniciarse de forma manual para ajustar el

10

indicador de nivel vibrante durante el uso normal. En el caso de que se haya iniciado un procedimiento de calibración 39, los valores y parámetros detectados pueden almacenarse como valores típicos en una memoria (bloque 40). Posteriormente, los parámetros detectados actualmente se compararán con los valores extremos almacenados en una consulta adicional 41. En el caso de que un parámetro actual sobrepase un extremo anterior, el extremo anterior se reemplazará por dicho parámetro actual. Por ejemplo, puede apreciarse el reemplazo de un

15

valor de temperatura máximo o mínimo almacenado en el entorno del elemento oscilante por un valor actual cuando dicho valor sobrepasa estos valores de temperatura extremos. En el caso de que el valor diagnóstico A_d esté, por ejemplo, más allá de un umbral predeterminado, el transductor electromecánico está definitivamente fuera de servicio de manera que en el bloque 44 se editará un aviso de fallo. Se aprecia el almacenamiento de un caso de fallo de este tipo en el bloque 45 junto la fecha y la hora en caso de que se facilite un reloj de tiempo real.

20

Posteriormente, el modo de prueba se atravesará de nuevo. En el caso de que no exista fallo, la unidad de control 10 regresará al modo de operación después de que se haya completado el modo de prueba.

Finalmente, se reconocerá que la mayor parte de los aspectos de la invención del procedimiento diagnóstico pueden transferirse a otros indicadores de nivel como, por ejemplo, indicadores de nivel de medición continua. En particular,

25

la medición de parámetros que no son necesarios para la función de medición pero que proporcionan información útil para el autodiagnóstico de la invención, el almacenamiento de parámetros típicos y extremos y la combinación y procesamiento de parámetros para generar un valor diagnóstico más fiable, es aplicable aparentemente a otros indicadores de nivel, como, por ejemplo, indicadores de nivel de medición continua.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para diagnosticar la funcionalidad de la unidad de oscilación electromecánica (1, 2, 3) de un indicador de nivel vibrante (46) que comprende las etapas de:
- 5 - suministrar al menos un transductor electromecánico (3) de la unidad de oscilación electromecánica (1, 2, 3) con una señal de onda eléctrica, cuya frecuencia está más allá del intervalo de frecuencia de resonancia de la unidad de oscilación electromecánica (1, 2, 3) y, por lo tanto, no está adaptada para provocar la resonancia de una porción oscilante (1) de la unidad de oscilación mecánica (1, 2, 3), a fin de que la señal de onda eléctrica se convierta en
- 10 oscilaciones mecánicas y de tal forma que un impacto de la porción oscilante (1) de la unidad de oscilación electromecánica (1, 2, 3) y su entorno se vuelva insignificante,
- registrar las oscilaciones mecánicas convertidas usando al menos un transductor electromecánico (3) de la unidad de oscilación electromecánica (1, 2, 3), que reconvierte las oscilaciones mecánicas en una señal de onda eléctrica,
- 15 - analizar las características de transmisión del transductor electromecánico (3) comparando al menos una de las características de señal de la señal de onda eléctrica reconvertida con características de señal típicas que se han determinado previamente,
- 20 - editar una información de estado sometida al análisis de las características de transmisión.
2. El procedimiento de diagnóstico según la reivindicación 1,
- en el que en la etapa de análisis, al menos la amplitud de la señal de onda eléctrica se compara con un valor típico.
- 25 3. El procedimiento de diagnóstico según la reivindicación 2,
- en el que en la etapa de análisis, el desfase de la señal de onda eléctrica se compara adicionalmente con un valor típico.
- 30 4. El procedimiento de diagnóstico según la reivindicación 1,
- en el que la conversión de la señal de onda eléctrica en oscilaciones mecánicas se realiza por al menos un transductor de transmisión piezoeléctrico (3a-3d) del transductor electromecánico (3).
- 35 5. El procedimiento de diagnóstico según la reivindicación 4,
- en el que la reconversión de las oscilaciones mecánicas en una señal de onda eléctrica se realiza por al menos un transductor de recepción piezoeléctrico (3d) del transductor electromecánico (3).
- 40 6. El procedimiento de diagnóstico según la reivindicación 5,
- en el que los transductores de transmisión piezoeléctricos (3a-3d) y los transductores de recepción piezoeléctricos (3d) se apilan y se acoplan mecánicamente entre sí para formar el transductor electromecánico (3).
- 45 7. El procedimiento de diagnóstico según la reivindicación 5,
- en el que el transductor de transmisión piezoeléctrico (3a-3d) y el transductor de recepción piezoeléctrico (3d) son un componente común.
- 50 8. El procedimiento de diagnóstico según la reivindicación 1,
- en el que se suministra una pluralidad de transductores electromecánicos derivados (3) con una señal de onda eléctrica.
- 55 9. El procedimiento de diagnóstico según la reivindicación 1,
- en el que el análisis de la señal de onda eléctrica reconvertida se realiza por una unidad de control (10) del indicador de nivel vibrante (46).

10. El procedimiento de diagnóstico según la reivindicación 1,
en el que el diagnóstico se realiza de manera continua durante el funcionamiento del indicador de nivel vibrante (46).
5
11. El procedimiento de diagnóstico según la reivindicación 1,
en el que el diagnóstico se realiza después del inicio de un intervalo de prueba.
- 10 12. El procedimiento de diagnóstico según la reivindicación 1,
en el que se registra al menos una característica de detector del indicador de nivel vibrante (46), que no es
necesariamente para detectar si se alcanza un nivel de conmutación predeterminado.
- 15 13. El procedimiento de diagnóstico según la reivindicación 12,
en el que al menos una característica de detector es una característica del grupo de características de detector que
consisten en temperatura, capacidad, impedancia, inductancia, presión, tiempo de funcionamiento y humedad.
- 20 14. El procedimiento de diagnóstico según la reivindicación 13,
en el que al menos una característica de señal registrada y al menos una característica de detector se combinan y
se procesan para formar un valor diagnóstico global, que es representativo para el estado cualitativo del indicador de
nivel vibrante (46).
25
15. El procedimiento de diagnóstico según la reivindicación 14,
en el que al menos una característica de señal registrada y la al menos una característica de detector se procesan
para derivar un valor diagnóstico global mediante el uso de al menos un medio de procesamiento del grupo de
30 medios de procesamiento que consiste en procedimientos matemáticos, procedimientos estadísticos, tablas,
algoritmos difusos y redes neuronales.
16. El procedimiento de diagnóstico según la reivindicación 12,
35 en el que se almacena al menos un tipo de las características registradas.
17. El procedimiento de diagnóstico según la reivindicación 12,
en el que las características registradas y/o el valor diagnóstico global se analizan con respecto a un rebasamiento
40 de los umbrales típicos.
18. El procedimiento de diagnóstico según la reivindicación 9,
en el que el análisis de las características de transmisión se realiza suministrando el transductor electromecánico (3)
45 de la unidad de oscilación electromecánica (1, 2, 3) con una pluralidad de señales de ondas eléctricas que tienen
diferentes frecuencias respectivamente, cada una de las cuales está más allá del intervalo de frecuencia de
resonancia de la unidad de oscilación electromecánica (1, 2, 3) y, por lo tanto, no están adaptadas para excitar la
porción oscilante (1) de la unidad de oscilación electromecánica (1, 2, 3), y mediante el procesamiento de las
características de señales recibidas de estas señales de ondas eléctricas para formar una característica de señal
50 común que sea representativa para la pluralidad de señales de ondas eléctricas.
19. El procedimiento de diagnóstico según la reivindicación 12,
en el que al menos las características de señal de las señales de ondas eléctricas reconvertidas y/o el valor
55 diagnóstico global se leen digitalmente a través de un bucle de dos cables.
20. El procedimiento de diagnóstico según la reivindicación 12,
en el que características de señal extremas y/o de detector y los valores típicos se almacenan en una memoria no

volátil.

21. Un indicador de nivel vibrante que está adaptado para realizar un autodiagnóstico, en el que el indicador de nivel vibrante (46) comprende:

5

- una unidad de oscilación electromecánica (1, 2, 3) que tiene una porción oscilante (1) y al menos un transductor de transmisión electromecánico o un transductor de transmisión y recepción (3a-3d, 3e) que está adaptado para suministrarse con una señal de onda eléctrica que tiene una frecuencia que está más allá del intervalo de frecuencia de resonancia de la unidad de oscilación electromecánica (1, 2, 3) y, por lo tanto, no está adaptada para excitar la

10

porción oscilante (1), a fin de que la señal de onda eléctrica se convierta en oscilaciones mecánicas por medio del transductor electromecánico de transmisión o de transmisión y recepción y a fin de que un impacto de la porción oscilante (1) de la unidad de oscilación electromecánica (1, 2, 3) y su entorno no se vuelva insignificante,

15

- un transductor de recepción o de transmisión y de recepción (3e, 3a-3d), que reconvierte las oscilaciones mecánicas en una señal de onda eléctrica,

- una unidad de control, que analiza las características de transmisión del transductor de transmisión y de recepción electromecánico (3a-3d, 3e) comparando al menos una de las características de la señal de onda eléctrica reconvertida con las características típicas que se han determinado previamente.

20

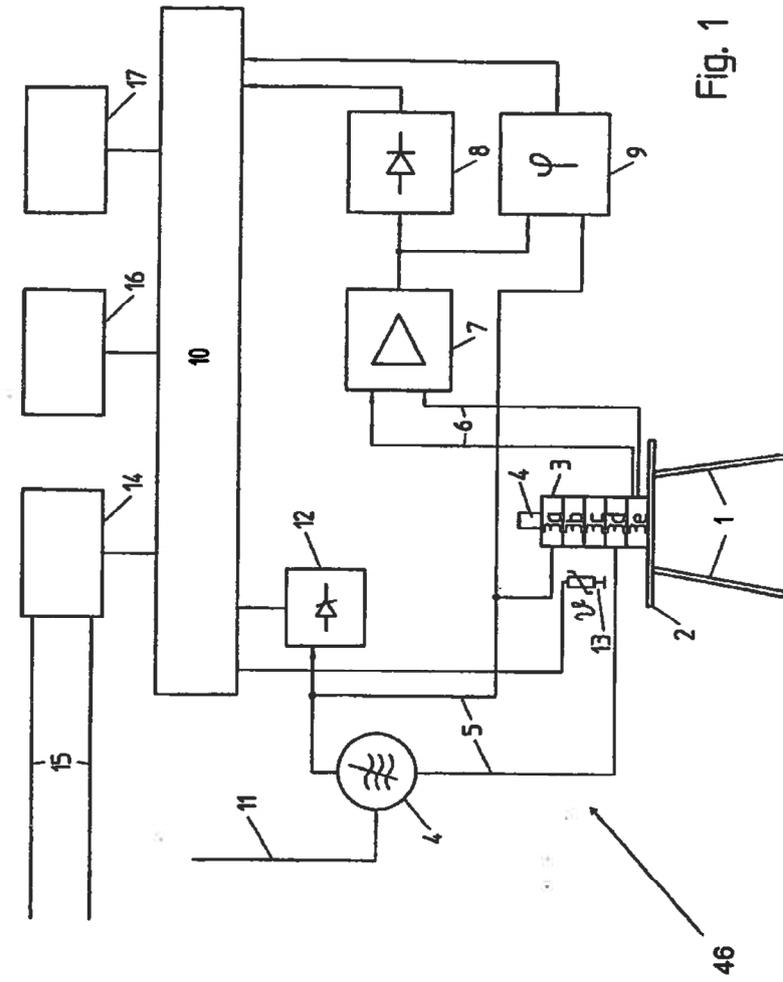


Fig. 1

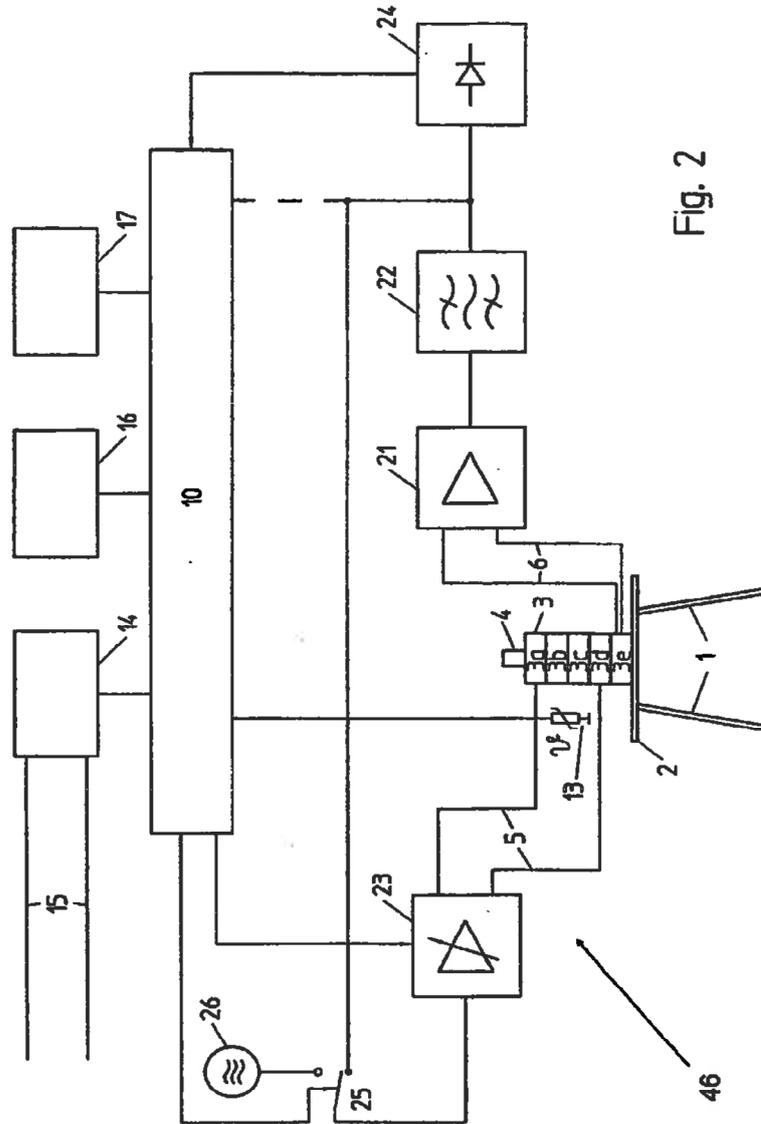


Fig. 2

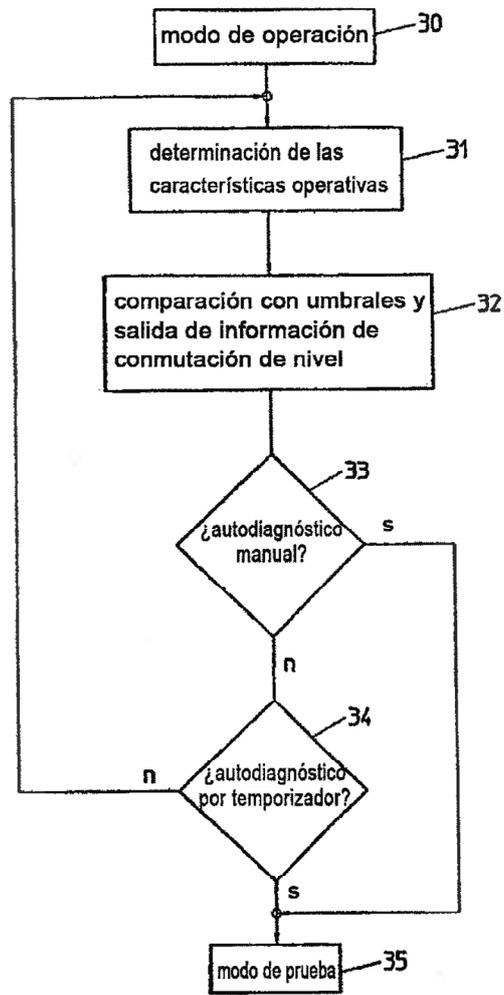


Fig. 3

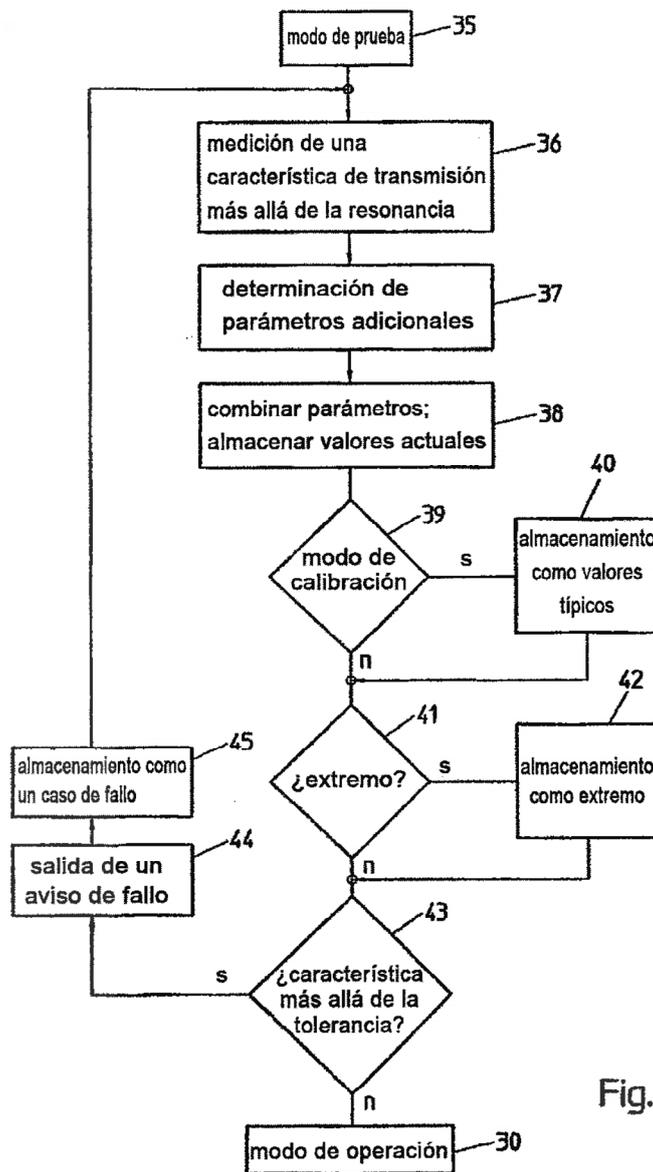


Fig. 4