

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 960 800**

51 Int. Cl.:

G01N 27/90 (2011.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.10.2010** **E 19000062 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.09.2023** **EP 3514528**

54 Título: **Procedimiento de inspección no destructiva para un intercambiador de calor que emplea umbral adaptativo de ruido**

30 Prioridad:

01.10.2010 US 89594210

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

06.03.2024

73 Titular/es:

**WESTINGHOUSE ELECTRIC COMPANY LLC
(100.0%)
1000 Westinghouse Drive, Suite 141
Cranberry Township, PA 16066, US**

72 Inventor/es:

**LE, QUI, V. y
BOWSER, CRAIG, G.**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 960 800 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

Procedimiento de inspección no destructiva para un intercambiador de calor que emplea umbral adaptativo de ruido

5 Antecedentes de la invención

1. Campo de la Invención

10 La presente invención se refiere a un procedimiento de inspección de un intercambiador de calor que comprende una pluralidad de tubos, y en particular a un procedimiento no destructivo de inspección de tubos de intercambiadores de calor que emplea umbral adaptativo basado en ruido.

2. Técnica relacionada

15 Los intercambiadores de calor, como por ejemplo los generadores de vapor utilizados en sistemas de generación eléctrica nuclear de agua a presión, generalmente incluyen miles de tubos de intercambio de calor en forma de U dispuestos dentro de un recipiente a presión generalmente cilíndrico. Los extremos de los tubos del intercambiador de calor están asegurados dentro de una placa transversal llamada tubosheet, que separa el generador de vapor en un lado primario y un lado secundario. El fluido primario calentado del reactor nuclear se pasa a través de los tubos para efectuar una transferencia de calor con el fluido de trabajo secundario que, a su vez, impulsa la turbomáquina utilizada para generar electricidad. El fluido primario puede ser radiactivo. Por lo tanto, para evitar la fuga del refrigerante del reactor hacia el lado secundario del generador, lo cual contaminaría el vapor, los tubos de transferencia de calor deben ser inspeccionados periódicamente en busca de desperfectos y degradación, como grietas, picaduras, abolladuras y adelgazamiento de la pared del tubo. Si se descubre un tubo degradado, generalmente se tapa en ambos extremos. En vista de los miles de tubos en el generador de vapor, el taponamiento de algunos tubos no afecta apreciablemente la eficiencia de la transferencia de calor.

30 La prueba de corrientes parásitas es un procedimiento bien conocido y ampliamente utilizado para la prueba no destructiva de tubos de generadores de vapor. Generalmente, al realizar una prueba de corrientes parásitas en tubos de generadores de vapor, se avanza un sensor o sonda a través del tubo mientras se generan y registran señales para su posterior análisis. Ver, por ejemplo, la Patente de EE.UU. Núm. 3,302,105 (ilustrando y describiendo las firmas de corrientes parásitas de varios tipos de desperfectos en tubos); ver también las Patentes de EE. UU. Números 3,693,075; 4,194,149; 4,207,520; y 4,631,688. Patente de EE. UU. La patente Núm. 4,763,274, presentada el 24 de junio de 1986 y emitida al titular de la presente, describe procesos de inspección por corrientes parásitas para tubos de generadores de vapor nucleares y análisis computarizado de los datos de corrientes parásitas para detectar automáticamente desperfectos en los tubos de transferencia de calor de un generador de vapor.

35 Se encuentra un arte anterior adicional en el documento US 2010/0185576 A1 que describe un sistema y un procedimiento para detectar de manera precisa desperfectos en tuberías utilizando una arquitectura informática que combina una potencia de procesamiento escalable con una extensible área de posibilidades de detección y clasificación que involucra el análisis de datos de corrientes parásitas, así como algoritmos de detección para localizar regiones exactas de las tuberías, y en el que estas regiones pueden ser divididas en segmentos manejables para el análisis de desperfectos. Se utilizan múltiples herramientas de clasificación para discriminar la detección y asignar de manera precisa códigos de informe adecuados a las fallas detectadas de manera repetida y precisa. Además, el documento WO 2009/083995 A2 describe un procedimiento para probar un componente utilizando una sonda de matriz de corrientes parásitas. El procedimiento incluye calibrar la sonda de matriz de corrientes parásitas, recopilar datos de la sonda de matriz de corrientes parásitas para su análisis y procesar los datos recopilados para al menos una de las siguientes acciones: compensar las variaciones de respuesta debido a una orientación detectada de una imperfección detectada y facilitar la minimización del ruido.

40 En el documento JP H03 239960, se describe un sensor magnético en las proximidades de una placa de acero en movimiento que detecta tensión positivos y negativos laterales con una bobina enrollada alrededor de un núcleo ferromagnético. Un detector magnético obtiene una diferencia en la tensión lateral y envía la intensidad del campo magnético a un primer comparador. Un segundo medio de cálculo de umbral recibe una señal de detección que no alcanza un primer umbral discriminado por el primer comparador, detecta un valor máximo de la señal en cada distancia de movimiento de la placa de acero y selecciona un valor representativo. Se determina un valor promedio de los valores representativos como un segundo umbral. Las señales que exceden el segundo umbral corresponden a desperfectos.

45 Los sistemas de análisis automático emplean lo que comúnmente se conoce como categorización de desperfectos, que es un proceso en el cual los datos de corrientes parásitas que se recopilan son analizados, se identifican los desperfectos en el tubo y se categorizan en base a un conjunto de reglas lógicas. Las reglas basadas en lógica típicamente emplean un conjunto de umbrales mínimos que son definidos por un analista. Un umbral fijo bajo puede generar un gran número de informes falsos positivos en tubos ruidosos, y un umbral fijo alto puede hacer que ciertas señales de defecto no sean abordadas o categorizadas correctamente.

60 Por lo tanto, existe la necesidad de un procedimiento no destructivo mejorado para inspeccionar los tubos de intercambiadores de calor que aborde los problemas asociados con los umbrales mínimos descritos anteriormente.

Sumario de la invención

En consecuencia, la presente invención proporciona un procedimiento de prueba de corrientes parásitas para desperfectos en un tubo, según se reclama en la reivindicación independiente 1, y un sistema de prueba de corrientes parásitas para desperfectos en un tubo, según se reclama en la reivindicación independiente 8.

La presente descripción también se refiere a un procedimiento de prueba de corrientes parásitas para detectar desperfectos en un tubo, que incluye pasar una sonda de corrientes parásitas a través del tubo y obtener datos de corrientes parásitas para varias posiciones a lo largo del tubo, analizar los datos de corrientes parásitas para generar datos de ruido de fondo para varias posiciones a lo largo del tubo, analizar los datos de corrientes parásitas para generar datos extraídos para varias posiciones a lo largo del tubo, y determinar si hay un defecto de una categoría particular en el tubo en función de un conjunto de una o más reglas aplicadas al menos a una parte de los datos extraídos, en el que al menos una de las reglas utiliza una parte particular de los datos extraídos y emplea un umbral que es una función de una parte particular de los datos de ruido de fondo que está asociada con la parte particular de los datos extraídos.

Además, se describe un sistema que incluye un mecanismo de sonda de corrientes parásitas estructurado para obtener datos de corrientes parásitas para un número de posiciones a lo largo del tubo, y un sistema informático que tiene una unidad de procesamiento que comprende un procesador y un dispositivo de memoria, en el que el dispositivo de memoria almacena una o más rutinas ejecutables por el procesador, las cuales incluyen instrucciones para implementar el procedimiento recién descrito.

Además, se divulga aquí un procedimiento de prueba de corrientes parásitas para desperfectos en un tubo que incluye pasar una sonda de corrientes parásitas a través del tubo y obtener datos de corrientes parásitas para varias posiciones a lo largo del tubo, analizar los datos de corrientes parásitas para generar datos extraídos para varias posiciones a lo largo del tubo, y determinar si hay un defecto de una categoría particular en el tubo basándose en un conjunto de una o más reglas aplicadas al menos a una parte de los datos extraídos, en el que al menos una de las reglas utiliza un umbral, en el que el valor del umbral se ajusta según un patrón repetitivo basado en una posición a lo largo del tubo.

Estos y otros objetos, características y características de la presente invención, así como los procedimientos de operación y funciones de los elementos de estructura relacionados y la combinación de partes y economías de fabricación, se harán más evidentes al considerar la siguiente descripción y las reivindicaciones adjuntas con referencia a los dibujos adjuntos, todos los cuales forman parte de esta especificación, en el que los números de referencia similares designan partes correspondientes en las diversas Figuras. Se entiende expresamente, sin embargo, que las Figuras son únicamente con fines ilustrativos y descriptivos y no pretenden ser una definición de los límites de la invención. Como se utiliza en la descripción y en las reivindicaciones, la forma singular de "un", "una" y "el" incluye referencias en plural a menos que el contexto indique claramente lo contrario.

Breve descripción de las Figuras

Un mayor entendimiento de la invención se puede obtener a partir de la siguiente descripción de las modalidades preferidas cuando se lee en conjunto con las Figuras adjuntas en las que:

- La Figura 1 es un diagrama esquemático de un generador de vapor típico que forma parte del sistema de suministro de vapor nuclear en una planta generadora de energía eléctrica de reactor de agua a presión;
- La Figura 2 es un diagrama esquemático de una sonda, instrumentación de prueba y sistema informático utilizados para obtener datos de corrientes parásitas de los tubos del generador de vapor mostrado en la Figura 1; y
- La Figura 3 es un diagrama de flujo que ilustra un procedimiento de inspección de un tubo de intercambiador de calor y la categorización de desperfectos en el mismo según una modalidad ejemplar de la presente invención.

Descripción de la modalidad preferida

Frases direccionales utilizadas en el presente documento, tales como, por ejemplo y sin limitación, arriba, abajo, izquierda, derecha, superior, inferior, frontal, posterior y sus derivados, se refieren a la orientación de los elementos mostrados en los dibujos y no limitan las reivindicaciones a menos que se indique expresamente en ellas.

Como se utiliza aquí, la afirmación de que dos o más partes o componentes están "acoplados" juntos significa que las partes están unidas o funcionan juntas ya sea directamente o a través de una o más partes o componentes intermedios.

Como se utiliza aquí, la afirmación de que dos o más partes o componentes "se enganchan" entre sí significa que las partes ejercen una fuerza una contra la otra ya sea directamente o a través de una o más partes o componentes intermedios.

Como se utiliza aquí, el término "número" se refiere a uno o a un entero mayor que uno (es decir, una pluralidad).

La invención se describirá aplicada al análisis de los datos de corrientes parásitas generados a partir de una inspección del generador de vapor 1 mostrado en la Figura 1, que es un generador de vapor típico que forma parte del sistema de suministro de vapor nuclear en una planta generadora de energía eléctrica de reactor de agua a presión. El generador de vapor 1 comprende una porción de cuerpo cilíndrico 3 que está equipada en su extremo inferior con una carcasa hemisférica 5. La placa de tubos 7 en el extremo inferior de la porción de cuerpo cilíndrico 3 divide el generador de vapor 1 en el lado primario 9 debajo de la placa de tubos 7 y el lado secundario 11 por encima de la placa de tubos 7. La parte primaria 9, también conocida como cabeza del canal, está dividida en dos mitades por la placa divisoria vertical 13 en una sección de entrada 15 y una sección de salida 17. Miles de tubos en forma de U 19 (solo se muestran partes de dos para mayor claridad) están montados en el lado secundario 11, con un extremo que se extiende a través de la placa de tubos 7 hacia la sección de entrada 15 y el otro hacia la sección de salida 17 de la cabeza del canal 9. Los tubos 19 son soportados en el lado secundario 11 del generador por una serie de placas de soporte metálicas 21 reforzadas por barras de amarre 23, y por barras antivibración 25. Se puede acceder a los tubos 19 a través de una escotilla 27. El agua del lado primario entra en el generador de vapor 1 a través de la boquilla de entrada 29 y viaja a través de los tubos 19 hasta el lado de salida 17.

Al realizar una inspección de los tubos 19 del generador de vapor 1, la sonda 31 en forma de un par de bobinas diferencialmente enrolladas 33 y 35, como se muestra esquemáticamente en la Figura 2, se monta en el extremo de una vara larga flexible no electromagnéticamente activa 37 que se inserta secuencialmente en cada uno de los tubos 19 a inspeccionar.

Como se muestra en la Figura 1, la varilla 37 que lleva la sonda 31 es alimentada dentro y fuera del tubo seleccionado 19 por el mecanismo de accionamiento 39. A medida que la varilla 37 se retira de un tubo 19, las bobinas 33 y 35 se multiplexan secuencialmente a múltiples frecuencias, típicamente 400 kHz, 200 kHz, 100 kHz y 10 kHz. Para las señales diferenciales, se toman medidas de las bobinas 33 y 35 enrolladas en sentido opuesto, medidas simultáneamente. Para las señales absolutas, se realiza una medición solo en una de las bobinas y esta señal se compara con la generada en una bobina de referencia externa (no mostrada). Los datos se toman varias veces por segundo (por ejemplo, 400 veces por segundo). Es decir, la secuencia de 4 señales diferenciales y 4 señales absolutas se repite cada cierto número de milisegundos (por ejemplo, cada 2,5 milisegundos). Además, la sonda 31 se retira del tubo 19 a una velocidad nominal determinada. Por ejemplo, la sonda 31 puede ser retirada a una velocidad nominal de 30,5 cm (1 pie) por segundo para que los puntos de datos estén separados aproximadamente 0,76 mm (0,03 pulgadas).

Como es bien conocido en el campo de las pruebas de corrientes parásitas, las variaciones en las características de los tubos 19, como abolladuras y desperfectos como picaduras, grietas y adelgazamiento en las paredes, así como la presencia de estructuras adyacentes como placas de soporte 21, placa de tubos 7 y barras antivibración 25, influyen en la impedancia efectiva de las bobinas de la sonda 33 y 35. Para calibrar el sistema, se conecta una sección de prueba del tubo 41 al extremo de un tubo seleccionado 19 de manera que la sonda debe pasar a través de la sección de prueba así como del tubo a ser probado. La sección de prueba 41 está provista de desperfectos estándares en forma de agujeros de pared completa del 20 %, 40 %, 60 % y 100 % de diámetro especificado, y un anillo estándar que rodea el tubo y genera una indicación similar a la de una placa de soporte 21. Las señales generadas por estas características de prueba también son registradas.

Las señales generadas por la sonda 31 a medida que la sonda 31 se mueve a lo largo de un tubo 19 se suministran a la instrumentación de prueba 43 (Figura 2). La instrumentación de prueba 43 digitaliza las señales generadas por la sonda 31 para crear múltiples canales de datos, en el que cada canal de datos puede proporcionar información de tensión (amplitud de la señal) o fase (ángulo de la señal con respecto a una referencia) para cualquiera de las múltiples frecuencias que se están utilizando. La sonda 31 está acoplada operativamente al sistema informático 45, que recibe los datos digitales de la instrumentación de prueba 43. El sistema informático 45 incluye una unidad de procesamiento con un procesador 47, que puede ser un microprocesador o un microcontrolador, y un dispositivo de memoria 49. La computadora 45 también incluye la pantalla 51, que en la modalidad ejemplar es una pantalla de computadora. El dispositivo de memoria ejemplar 49 incluye software de gestión de bases de datos para registrar los datos descritos aquí. El dispositivo de memoria ejemplar 49 también almacena una o más rutinas de software ejecutables por el procesador 47 para llevar a cabo los pasos del procedimiento descrito aquí y mostrado en la Figura 3.

Figura 3 es un diagrama de flujo que ilustra un procedimiento de inspección de un tubo de intercambiador de calor y categorización de desperfectos según una modalidad ejemplar de la presente invención. En una modalidad ilustrativa no limitante utilizada aquí para describir la presente invención, el procedimiento de la Figura 3 puede ser implementado en el generador de vapor 1 mostrado en la Figura 1 utilizando la sonda 31, los instrumentos de prueba 43 y el sistema informático 45 mostrados en la Figura 2. Sin embargo, debe entenderse que el procedimiento puede ser implementado en otros entornos de intercambiador de calor utilizando otras configuraciones de hardware sin apartarse del alcance de la presente invención.

Haciendo referencia a la Figura 3, el procedimiento comienza en el paso 50, en el que la sonda 31 se pasa a través y a lo largo de un tubo 19, durante el cual se generan señales de corriente parásita como se describe en otro lugar aquí. Esas señales se proporcionan a la instrumentación de prueba 43, que digitaliza las señales de corriente parásita y crea datos digitales basados en ellas en un número de canales de interés para cada una de un primer número de

posiciones a lo largo del tubo, dependiendo de la velocidad de muestreo de la sonda 31, la velocidad de muestreo del convertidor A/D de la instrumentación de prueba 43 y la velocidad a la que se mueve la sonda 31. Por ejemplo, los puntos de datos pueden estar separados por 0,76 mm (0,03 pulgadas). Como se describe en otro lugar aquí, cada uno de esos canales comprenderá datos de tensión o fase para una serie de frecuencias diferentes. Los datos del canal se proporcionan luego al sistema informático 45.

A continuación, en el paso 52, el sistema informático 45 analiza los canales recopilados para generar datos de ruido de fondo para cada uno de los números de canales de interés en un segundo número de posiciones a lo largo del tubo 19. Por ejemplo, los datos de ruido de fondo pueden medirse/generarse cada 12,7 mm (0,5 pulgadas) a lo largo de la longitud del tubo. En una modalidad ejemplar particular, no limitante, el tubo 19 se divide en varias regiones de interés diferentes, y la frecuencia a la que se mide/genera los datos de ruido de fondo es diferente para cada región de interés. En esta modalidad, las regiones de interés son la región de la placa de soporte, la región de tramo libre (que se encuentra entre las placas de soporte), la región de codo en U, la región de la placa de tubos y la región de la barra antivibración. En la región de tramo libre, se mide/genera datos de ruido de fondo para una ventana de 12,7 mm (0,5 pulgadas) del tubo 19 que se mueve en incrementos de 7,6 mm (0,3 pulgadas), aunque esos valores pueden ajustarse. La región de la curva en U, la región de la placa de tubos, la región de la placa de soporte y la región de la barra antivibración se denominan regiones de estructura de soporte, y el ruido de fondo en esas regiones puede medirse con respecto al centro, los bordes o la longitud completa de las estructuras de soporte correspondientes. Los datos de ruido medidos/generados en cada caso serán apropiados para el canal en cuestión (es decir, tensión o fase medidos según corresponda). Los datos de ruido de fondo, sin embargo, medidos/generados a partir de los datos recopilados en el número de canales de interés, son almacenados por el dispositivo de memoria 49 del sistema informático 45.

A continuación, en el paso 54, el sistema informático 45 extrae los datos de interés de los datos recopilados en cada uno de los canales de interés utilizando los datos de ruido de fondo como base para un número de umbrales de extracción, de modo que solo se extraerán los datos que superen estos umbrales de extracción para su uso posterior. Los umbrales de extracción pueden determinarse en función de la naturaleza/fuente de los componentes de ruido y su contribución al ruido total. En la modalidad ejemplar, el sistema informático 45 lo hace examinando cada sección de datos en el número de canales de interés y comparándolo con un valor umbral de extracción, en el que el valor umbral de extracción es algún valor predeterminado por encima de los datos de ruido de fondo que corresponden a la sección de datos que se está examinando (por ejemplo, datos de ruido de fondo + algún %). Los datos de ruido de fondo que corresponden a la sección de datos que se está examinando pueden ser un valor de ruido localizado (ruido en una pequeña ventana alrededor de la señal de interés, como 127 mm (5 pulgadas)). Alternativamente, los datos de ruido de fondo que corresponden a la sección de datos que se está examinando pueden ser un valor de ruido regional (ruido para esa región particular de interés) para ese tubo. Estos valores de ruido regional podrían provenir de cientos de pulgadas (1 pulgada = 25,4 mm) en una sección de tramo libre o de varios bordes de estructuras o centros de estructuras. Si corresponde, se podrían utilizar los valores de ruido de muestreo en tubos adyacentes para mejorar el proceso de entrada de ruido en la evaluación. Por lo general, el ruido de fondo consiste en el ruido de fabricación de tubos y el ruido de instrumentación. Mientras que el ruido de la instrumentación es consistente y esperado en ciertos valores, el ruido de fabricación del tubo no lo es, ya que un tubo puede tener varias veces el nivel de ruido en comparación con otro tubo. Parte del análisis de ruido consiste en determinar las fuentes de ruido y sus características para aplicar una extracción adecuada. También es importante entender la contribución de ruido de las condiciones de servicio (escala, depósitos, etc.) que deben separarse de los valores totales de ruido para que la extracción adecuada sea efectiva. El sistema puede referirse a la fabricación de datos de corrientes parásitas en bruto para determinar el ruido de fabricación si aún no está almacenado en la base de datos. Si la sección de datos que se está examinando supera el valor umbral de extracción calculado a partir del ruido de fondo de ese tubo, se considerará como datos extraídos de interés para su posterior consideración, como se describe a continuación.

En el paso 56, se aplican una o más técnicas de procesamiento de señales a los datos de interés extraídos en cada uno de los canales de interés para acondicionar los datos para su posterior procesamiento. Por ejemplo, como se sabe en el arte, ciertas señales pueden ser mezcladas (suprimidas) de manera que se eliminen las señales relacionadas con las placas de soporte 21 y se realcen las señales relacionadas con la degradación. Otros procesamientos de señal, como filtros, pueden ser utilizados.

En el paso 58, los datos de interés extraídos en cada uno de los canales de interés se analizan por la computadora 45 para categorizar desperfectos en el tubo 19 utilizando lógica basada en reglas que emplea umbrales adaptativos basados en ruido, como se describe a continuación. Más específicamente, el sistema informático 45 implementa un sistema automatizado de análisis y categorización de fallas (las rutinas de software se almacenan en el dispositivo de memoria 49 y se ejecutan por el procesador 47) en el que se establecerán previamente un número de diferentes categorías de fallas predeterminadas. Por ejemplo, las categorías de desperfectos pueden especificar desgaste, picaduras, grietas o lo que comúnmente se conoce como NQL (indicaciones no cuantificadas). Cada categoría de defecto está definida por un conjunto de reglas lógicas, y cada conjunto de reglas lógicas tendrá su propio número de reglas individuales que deben cumplirse para concluir que el defecto está presente. Además, cada regla en el conjunto especificará un tipo de dato (tensión o fase de un canal específico) y un umbral mínimo (por ejemplo, 0,15 V o 30 grados) y un umbral máximo (por ejemplo, 1.000,0 V o 150 grados) en el cual los datos deben cumplir para satisfacer la regla. Por lo general, si incluso una regla del conjunto no se cumple, se considera que el conjunto ha fallado y se

determinará que la falla no está presente. Así, los datos de interés extraídos en cada uno de los canales de interés pueden ser examinados utilizando el sistema de análisis y categorización de desperfectos y en particular la lógica de reglas en varias posiciones a lo largo del tubo para determinar si se deben identificar y reportar desperfectos.

5 Según la presente invención, en una o más de las reglas individuales, el umbral mínimo es una función del ruido de fondo medido/generado para ese canal y para esa posición del tubo 19, de modo que cambiará en lugar de ser estático. Los datos de ruido de fondo que se utilizan en las reglas en cualquier momento particular pueden ser un valor de ruido localizado (ruido en una pequeña ventana alrededor de la señal de interés, como 127 mm (5 pulgadas)). Alternativamente, los datos de ruido de fondo pueden ser un valor de ruido regional (ruido para esa región particular de interés) para ese tubo. Estos valores de ruido regional podrían provenir de cientos de pulgadas (1 pulgada = 25,4 mm) en una sección de tramo libre o de varios bordes de estructuras o centros de estructuras. Si corresponde, se podrían utilizar los valores de ruido de muestreo en tubos adyacentes para mejorar el proceso de entrada de ruido en la evaluación. Por ejemplo, el umbral mínimo para una regla podría especificarse como un rango de 0,15 V a (2 * Ruido de Fondo), por lo que si el Ruido de Fondo fuera de 0,01 V, entonces el umbral mínimo sería de 0,02 V (si los datos son ruidosos y (2 * Ruido de Fondo) es mayor a 0,15 V, entonces se utilizará 0,15 V según la regla; la regla está limitada por 0,15 V, de modo que una pequeña falla de 0,15 V no se perderá debido a un alto ruido de fondo). De manera similar, el umbral mínimo para una regla podría ser de 30 grados, y si el Ruido de Fondo fuera de 5 grados, entonces este ruido de fase de 5 grados podría ser utilizado para la transformación y medición de la señal en el proceso de evaluación/categorización. Alternativamente, los ángulos de fase pueden simplemente sumarse o restarse durante la umbralización adaptativa durante la categorización de desperfectos.

En un ejemplo que no forma parte de la presente invención, una regla para la categorización de desperfectos también puede especificar un patrón repetitivo particular que una tensión o fase debe seguir en un canal específico (ese patrón podría almacenarse en el dispositivo de memoria 49). El patrón se utilizará entonces para determinar si se puede utilizar la técnica de umbral adaptativo. Su nivel de umbral adaptativo dependerá de si y en qué medida la señal sigue cierto patrón de ruido. Por ejemplo, en el caso de un tubo pilgerado, se crearía un patrón de señales pilger que se repetiría a intervalos regulares (aproximadamente cada 50 a 75 mm (2 a 3 pulgadas)). Eso también presentaría un patrón regular y repetitivo de tensión y ruido de fase en todo el tubo, en el que el ruido solo estaría presente periódicamente. Por ejemplo, puede haber 0,5 – 2,0 V y 170 grados de ruido que se repite cada 50 a 75 mm (dos a tres pulgadas) durante cientos de pulgadas (1 pulgada = 25,4 mm) a lo largo del tubo. Así, en la lógica basada en reglas, el umbral solo necesitaría ajustarse periódicamente para ese ruido, es decir, cuando el ruido periódico esté presente, y no o menos cuando el ruido periódico no esté presente.

35 Siguiendo el paso 58, una vez que todos los datos de interés extraídos han sido analizados y todas las fallas han sido categorizadas, las fallas pueden ser reportadas como se muestra en el paso 60.

Si bien se han descrito en detalle modalidades específicas de la invención, aquellos expertos en la materia apreciarán que podrían desarrollarse diversas modificaciones y alternativas a esos detalles a la luz de las enseñanzas generales de la descripción. En consecuencia, las modalidades particulares descritas tienen únicamente carácter ilustrativo y no limitan el alcance de la invención, el cual se define por las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de prueba de corrientes parásitas para desperfectos en un tubo, que comprende:
 - 5 pasar una sonda de corrientes parásitas (31) a través del tubo (19) y obtener datos de corrientes parásitas en un número de canales para un primer número de posiciones a lo largo del tubo (19);
 - 10 analizar los datos de corrientes parásitas en el número de canales para generar datos de ruido de fondo para un segundo número de posiciones a lo largo del tubo (19), los datos de ruido de fondo comprenden una pluralidad de valores de datos de ruido, en el que cada uno de los valores de datos de ruido está asociado con una respectiva de las segundas posiciones;
 - 15 comparar cada sección de datos de corrientes parásitas en el número de canales con un valor umbral de extracción respectivo, en el que el valor umbral de extracción es un valor predeterminado por encima de los datos de ruido de fondo que corresponden a la sección de datos de corrientes parásitas que se está examinando;
 - 20 generar datos extraídos, en el que los datos extraídos corresponden a las secciones de datos de corrientes parásitas que exceden los respectivos valores umbrales de extracción; y
 - determinar si existe un desperfecto de una categoría particular en el tubo (19) basándose en un conjunto de una o más reglas aplicadas a al menos una porción de los datos extraídos, en el que al menos una de las reglas utiliza una parte particular de los datos extraídos y emplea un umbral mínimo que es una función de los datos de ruido de fondo que están asociados con la parte particular de los datos extraídos.

2. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que los datos de ruido de fondo que corresponden a la sección de datos de corrientes parásitas que se está examinando son
 - 25 un valor de ruido localizado asociado con una porción local predeterminada del tubo (19); o
 - un valor de ruido regional asociado con una región particular del tubo (19).

3. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que el número de canales comprende múltiples canales.

4. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que la sonda de corrientes parásitas (31) comprende un par de bobinas diferenciales (33, 35), y en el que la obtención de datos de corrientes parásitas comprende la multiplexación secuencial del par de bobinas diferenciales (33, 35) a múltiples frecuencias.

5. El procedimiento de la reivindicación 4, en el que cada uno de los números de canales comprende datos de tensión o fase para un número de frecuencias diferentes.

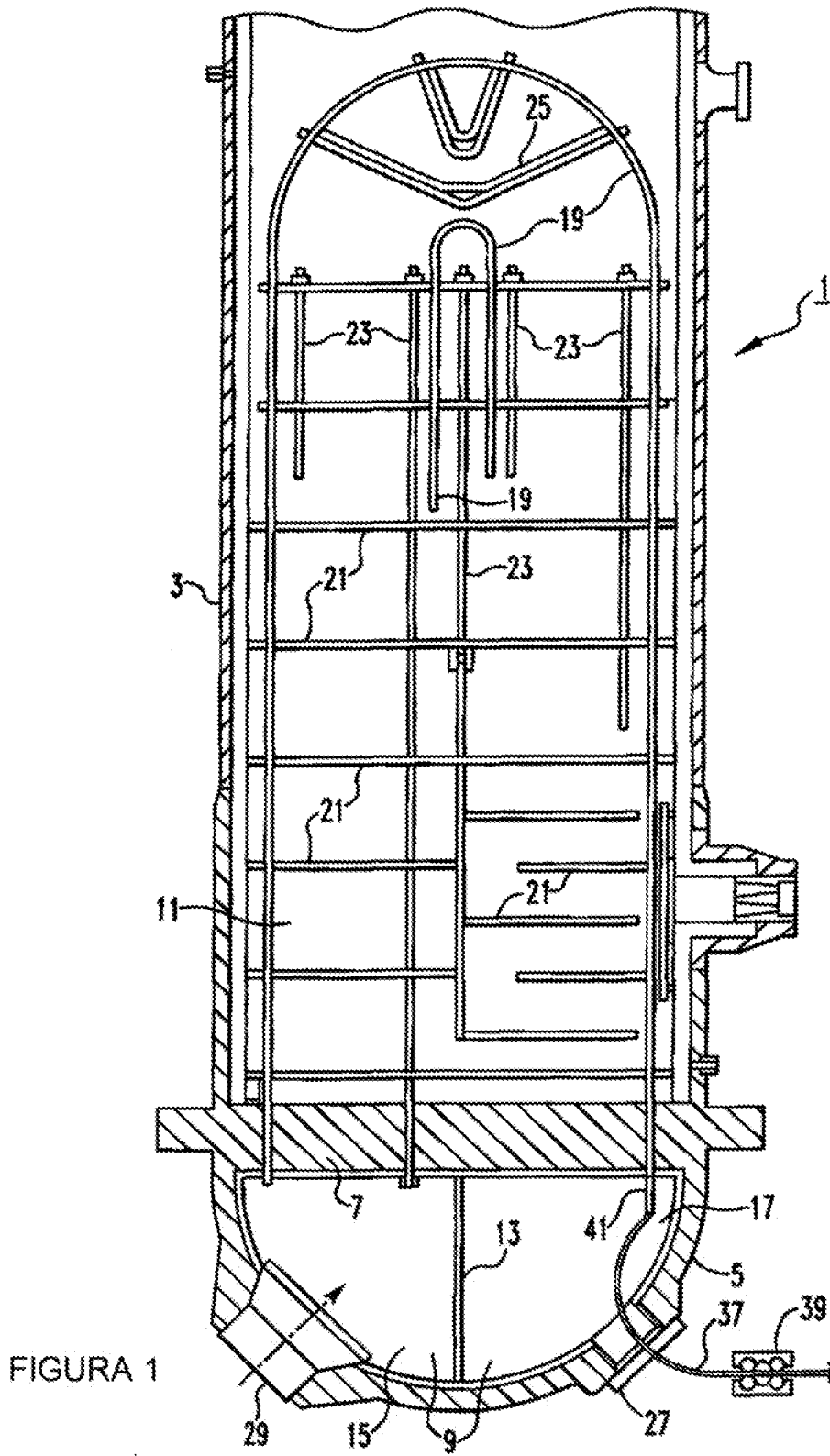
6. El procedimiento de la reivindicación 1, además comprende pasar la sonda de corrientes parásitas (31) a través de una sección de prueba del tubo (41) conectada al extremo del tubo (19), en el que la sección de prueba del tubo (41) está provista de desperfectos estándares y un anillo estándar que rodea el tubo (19).

7. El procedimiento de la reivindicación 6, en el que los desperfectos estándares son en forma de agujeros pasantes de pared de 20 %, 40 %, 60 % y 100 %, y el anillo estándar genera una indicación similar a la de una placa de soporte.

8. Un sistema para pruebas de corrientes parásitas para detectar desperfectos en un tubo, que comprende:
 - un mecanismo de sonda de corrientes parásitas estructurado para obtener datos de corrientes parásitas en un número de canales para un primer número de posiciones a lo largo del tubo (19); y
 - 50 un sistema informático (45) que tiene una unidad de procesamiento que comprende un procesador (47) y un dispositivo de memoria (49), en el que el dispositivo de memoria (49) almacena una o más rutinas ejecutables por el procesador (47), la una o más rutinas incluyen instrucciones para:
 - 55 analizar los datos de corrientes parásitas en el número de canales para generar datos de ruido de fondo para un segundo número de posiciones a lo largo del tubo (19), los datos de ruido de fondo comprenden una pluralidad de valores de datos de ruido, en el que cada uno de los valores de datos de ruido está asociado con una respectiva de las segundas posiciones;
 - 60 comparar cada sección de datos de corrientes parásitas en el número de canales con un valor umbral de extracción respectivo, en el que el valor umbral de extracción es un valor predeterminado por encima de los datos de ruido de fondo que corresponden a la sección de datos de corrientes parásitas que se está examinando;
 - 65 generar datos extraídos, en el que los datos extraídos corresponden a las secciones de datos de corrientes parásitas que exceden los respectivos valores umbrales de extracción; y
 - determinar si existe un desperfecto de una categoría particular en el tubo (19) basándose en un conjunto de una o más reglas aplicadas a al menos una porción de los datos extraídos, en el que al menos una de las reglas utiliza una parte particular de los datos extraídos y emplea un umbral mínimo que es una función de los datos de ruido de fondo que están asociados con la parte particular de los datos extraídos.

ES 2 960 800 T3

9. El sistema según la reivindicación 8, en el que los datos de ruido de fondo que corresponden a la sección de datos de corrientes parásitas que se está examinando son
- 5 un valor de ruido regional asociado con una región particular del tubo (19); o
un valor de ruido localizado asociado con una porción local predeterminada del tubo (19).
10. El sistema según la reivindicación 8, en el que el mecanismo de sonda de corrientes parásitas comprende una sonda de corrientes parásitas (31) que tiene un par de bobinas diferenciales (33, 35) acopladas a instrumentación de prueba adaptada para digitalizar una señal generada por la sonda de corrientes parásitas (31).
- 10
11. El sistema de la reivindicación 10, en el que obtener datos de corrientes parásitas comprende la multiplexación secuencial del par de bobinas diferenciales (33, 35) a múltiples frecuencias.
- 15
12. El sistema de la reivindicación 11, en el que cada uno de los números de canales comprende datos de tensión o fase para un número de frecuencias diferentes.
13. El sistema de la reivindicación 8, en el que el número de canales comprende múltiples canales.
- 20
14. El sistema de la reivindicación 8, en el que el mecanismo de corrientes parásitas está estructurado para pasar a través de una sección de prueba de tubo (41) conectada al extremo del tubo (19), en el que la sección de prueba de tubo (41) está provista de desperfectos estándares y un anillo estándar que rodea el tubo (19), y en el que una o más rutinas adicionalmente incluyen instrucciones para registrar las señales generadas por los desperfectos estándares y un anillo estándar.
- 25
15. El sistema de la reivindicación 14, en el que los desperfectos estándares son en forma de agujeros pasantes de pared de 20 %, 40 %, 60 % y 100 %, y el anillo estándar genera una indicación similar a la de una placa de soporte.



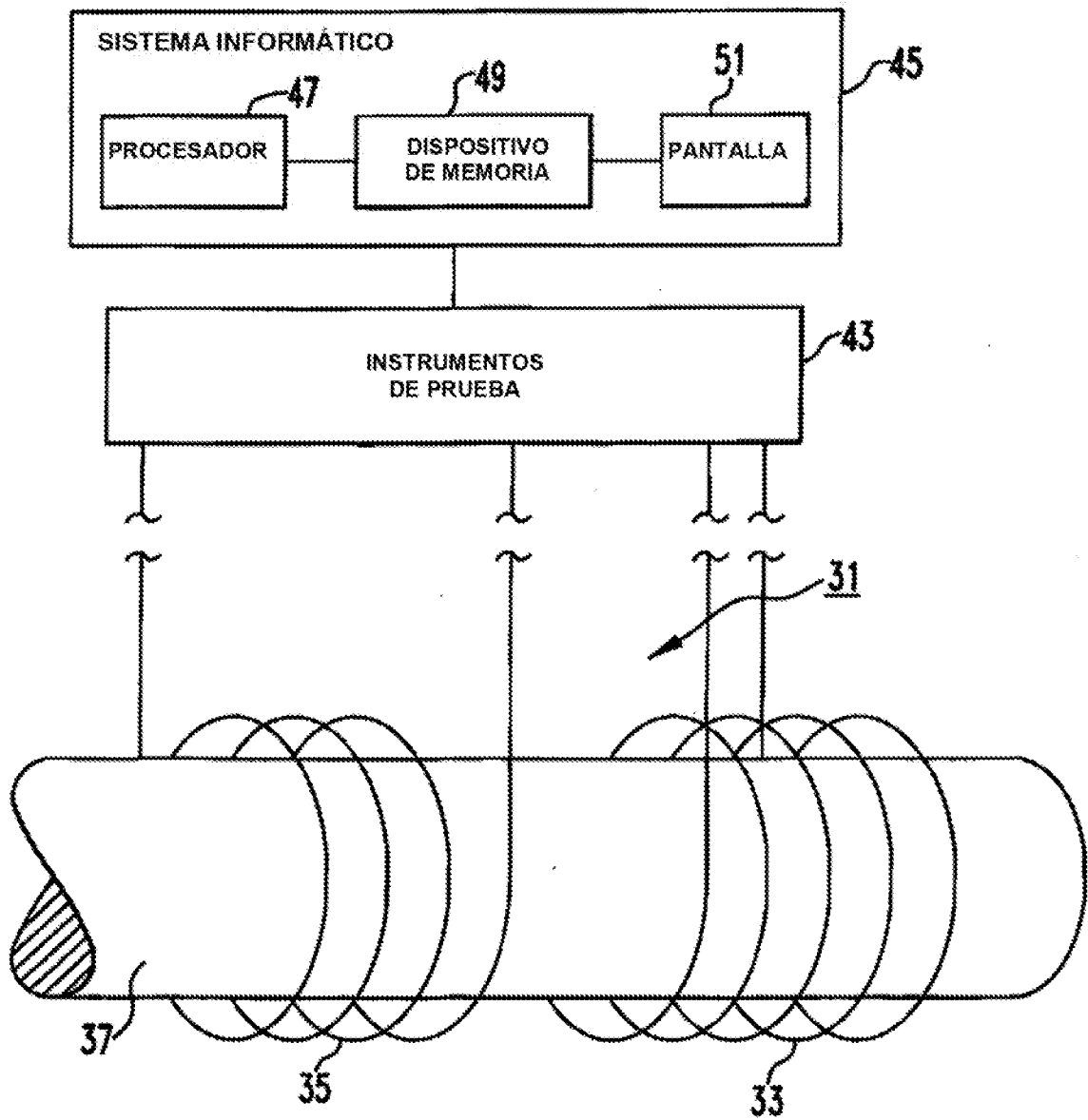


FIGURA 2

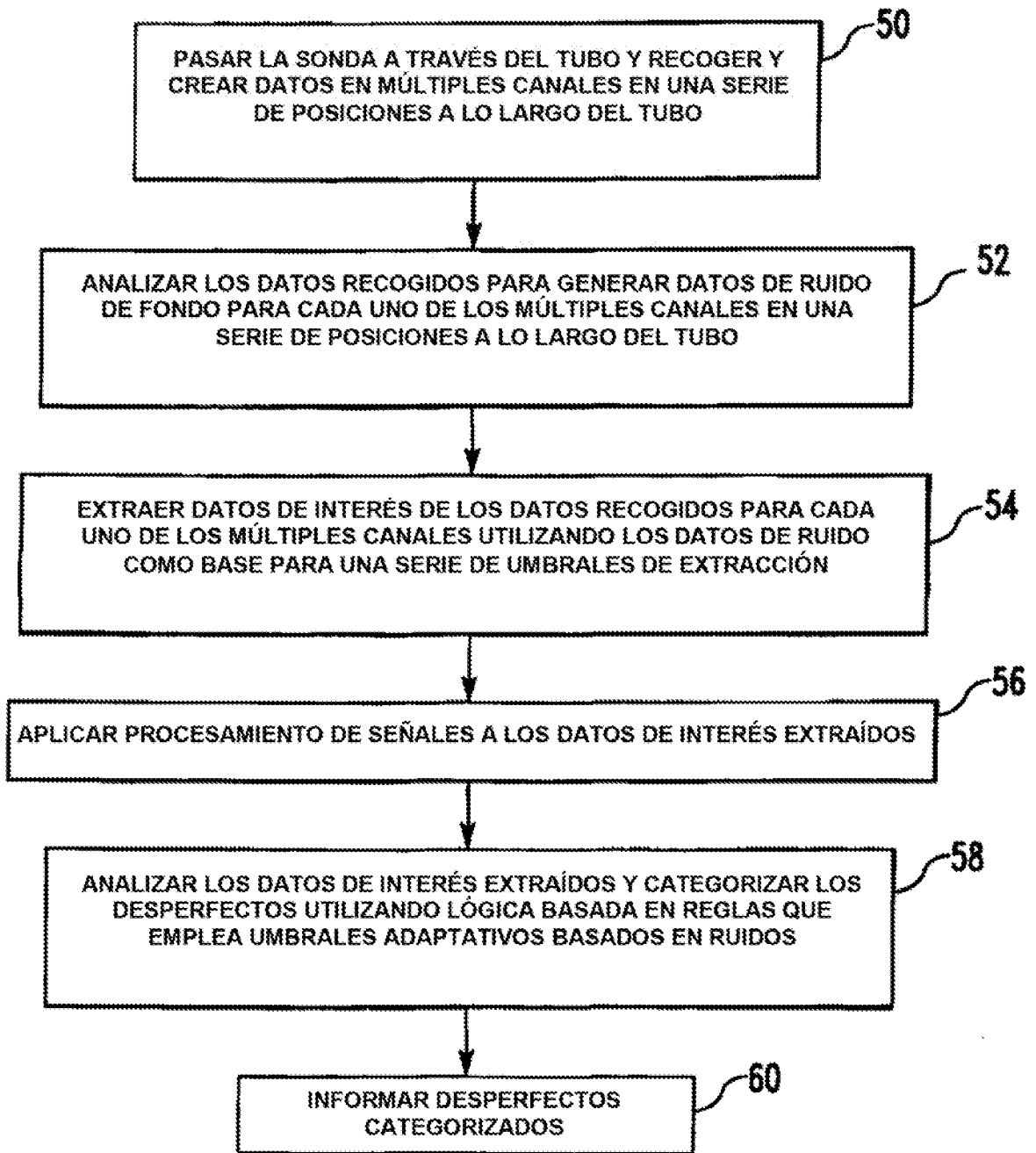


FIGURA 3