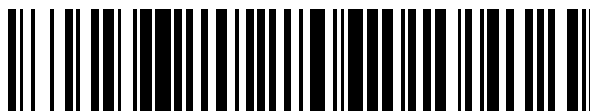


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 600 859**

51 Int. Cl.:

F01K 13/02 (2006.01)

G21C 19/20 (2006.01)

G21D 3/00 (2006.01)

G21D 1/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **06.02.2012 PCT/US2012/023912**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.10.2012 WO12138411**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.02.2012 E 12768681 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.08.2016 EP 2694957**

54 Título: **Procedimiento de detección de la existencia de una pieza suelta en un generador de vapor de una central nuclear**

30 Prioridad:

07.04.2011 US 201161472651 P
04.01.2012 US 201213343067

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
13.02.2017

73 Titular/es:

WESTINGHOUSE ELECTRIC COMPANY LLC
(100.0%)
1000 Westinghouse Drive
Cranberry Township, Pennsylvania 16066, US

72 Inventor/es:

LE, QUI V.

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 600 859 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 detección de la existencia de una pieza suelta en un generador de vapor de una central nuclear

Campo

5 La invención se refiere en general a centrales nucleares y, más particularmente, a un procedimiento de evaluación de los tubos de un generador de vapor de una central nuclear.

Descripción de la técnica relacionada

10 Las centrales nucleares son generalmente bien conocidas. Por lo general las centrales nucleares se pueden mencionar como comprendiendo un reactor que incluye una o más celdas de combustible, un bucle principal que enfría el reactor, y un bucle secundario que acciona una turbina de vapor que opera un generador eléctrico. Tales centrales nucleares incluyen normalmente, además, un intercambiador de calor entre los bucles primario y secundario. El intercambiador de calor tiene normalmente forma de un generador de vapor que comprende tubos que transportan el refrigerante primario y una cámara impelente que transporta el refrigerante secundario en relación de intercambio de calor con los tubos y, por tanto, con el refrigerante primario.

15 Como también es sabido, los tubos de un generador de vapor se someten a desgaste debido a la corrosión, vibración mecánica de los componentes del generador de vapor o piezas sueltas que pudieran quedar atrapadas entre los tubos del generador de vapor y otros mecanismos. Por tanto, es necesario inspeccionar periódicamente los tubos de un generador de vapor para el desgaste para evitar el fallo de un tubo lo que puede resultar en la contaminación nuclear del bucle secundario, por de ejemplo. Si bien numerosas metodologías se han empleado para realizar tal inspección, tales metodologías no han sido sin limitación.

20 Un procedimiento para la inspección de los tubos de un generador de vapor implica insertar un sensor de corriente de Foucault en uno o más de los tubos y recibir del sensor de corriente de Foucault una señal que normalmente se encuentra en la forma de una tensión y un ángulo de fase. Un analista que revisa los datos de señal debe poseer normalmente un alto grado de especialización para determinar con precisión, a partir de los datos de señal, la condición actual de los tubos del generador de vapor. Un generador de vapor convencional puede poseer entre tres mil y doce mil tubos, a modo de ejemplo, con cada tubo teniendo varios cientos de pulgadas (1 pulgada = 2,54 cm) de largo. Por lo tanto, la revisión de los datos de corrientes de Foucault puede requerir el gasto de grandes cantidades de tiempo de un analista. Si bien ciertos protocolos de ensayo pueden requerir el ensayo de menos de todos los tubos de un generador de vapor, dependiendo del protocolo particular, el tiempo en servicio, y otros factores, el análisis de estos datos todavía requiere de mucho tiempo y dinero.

30 Si bien las piezas sueltas en el generador de vapor plantean un gran riesgo de daños para los tubos, las piezas sueltas han sido difíciles de identificar debido a que sus tamaños y formas son normalmente desconocidas, y los cambios resultantes en las señales de corrientes de Foucault debido a las piezas sueltas son por tanto igualmente desconocidos. Además, tales piezas sueltas a menudo se alojan entre los tubos en la transición de la placa de tubos, que es la región en la que pasan los tubos de una placa de tubos. Puesto que la placa de tubos es normalmente un bloque de acero inoxidable que puede tener, por ejemplo, veintitrés pulgadas (58,42 cm) de espesor, la placa de tubos genera una gran corriente de Foucault que normalmente enmascara la presencia de una parta suelta que está en la transición de la placa de tubos. Por lo tanto, sería deseable proporcionar un sistema mejorado para la detección de una existencia de una pieza suelta entre los tubos de un generador de vapor.

40 El documento EP 0 501 648 divulga un procedimiento para detectar de forma no destructiva la existencia de un objeto extraño dentro del generador de vapor de una central nuclear por medio de una cámara de vídeo en miniatura.

Sumario de la invención

45 Por consiguiente, la invención se define en la reivindicación 1 y se refiere a un procedimiento mejorado de detección de la existencia de al menos una de una pieza suelta y lodo dentro de un generador de vapor de una central nuclear. Una pluralidad de anomalías de señales se identifica en una serie de tubos en un generador de vapor. Puesto que se conoce la geometría del generador de vapor, la ubicación de cada anomalía de señal a lo largo de cualquier tubo dado se convierte en una ubicación dentro del interior del generador de vapor. Si una pluralidad de anomalías de señales se encuentra en lugares dentro del generador de vapor que están dentro de una proximidad predeterminada entre sí, una confluencia espacial de este tipo de anomalías de señales se determina en correspondencia con una pieza suelta situada dentro del generador de vapor. Metodologías adicionales se pueden emplear para confirmar la existencia de la pieza suelta. Además, los datos de señal de la transición de la placa de tubos históricos se pueden recuperar y restarse de las señales presentes para permitir que el sistema ignore la señal del sensor de corriente de Foucault relativamente fuerte de una placa de tubos que de otro modo enmascararía la señal del sensor de corriente de Foucault relativamente débil de una pieza suelta en la transición de la placa de tubos.

55 Por consiguiente, un aspecto de la invención es proporcionar un procedimiento mejorado de detección de la existencia de una pieza suelta dentro de un generador de vapor de una central nuclear.

Otro aspecto de la invención es proporcionar un procedimiento de este tipo que detecta no destructivamente la pieza suelta.

5 Otro aspecto de la invención es proporcionar un procedimiento mejorado que emplea una pluralidad de anomalías de señales que ocurren dentro de una proximidad espacial predeterminada entre sí dentro de un generador de vapor y que determina a partir de la misma que una pieza suelta existe en las proximidades de las anomalías de señales.

10 Estos y otros aspectos de la invención se pueden describir en general como en relación con un procedimiento mejorado de detección, no destructiva, de una existencia de una pieza suelta dentro de un generador de vapor de una central nuclear en el que el generador de vapor tiene una pluralidad de tubos. El procedimiento puede afirmarse en general incluyendo identificar de una primera anomalía de señal en una primera posición del tubo a lo largo de un primer tubo, con la primera posición del tubo a lo largo del primer tubo estando en una primera ubicación del generador dentro del generador de vapor, identificar una segunda anomalía de señal en una segunda posición del tubo a lo largo de un segundo tubo, con la segunda posición del tubo a lo largo del segundo tubo estando en una segunda ubicación del generador dentro del generador de vapor, hacer una determinación de que la primera ubicación del generador y la segunda ubicación generador están dentro de una proximidad predeterminada entre sí, y, en respuesta a la determinación, determinar que una pieza suelta existe en la proximidad de la primera y segunda ubicaciones del generador.

Breve descripción de los dibujos

Una comprensión adicional de la invención se puede obtener a partir de la siguiente descripción detallada cuando se lee conjuntamente con los dibujos adjuntos en los que:

20 La Figura 1 es un diagrama de flujo que representa ciertos aspectos de la invención; y

La Figura 2 es un diagrama de flujo que representa otros aspectos de la invención.

Los números similares se refieren a partes similares en toda la memoria descriptiva.

Descripción detallada

25 Ciertos aspectos de las metodologías empleadas en la presente memoria implican recoger datos con el uso de un sensor de corriente de Foucault que se recibe en el interior de un tubo alargado de un generador de vapor y que se hace pasar a través del interior del tubo a lo largo de la longitudinal medida del mismo. El movimiento longitudinal del sensor se puede realizar manualmente, aunque también se puede realizar ventajosamente por un mecanismo de avance controlado por robot que hace avanzar el sensor de corriente de Foucault a una velocidad controlada. El sensor de corriente de Foucault es capaz de proporcionar corrientes de datos separados y generados
30 simultáneamente de sus múltiples canales en diversas posiciones longitudinales del sensor de corriente de Foucault a lo largo del tubo en un momento dado. Otras corrientes de datos procedentes del sensor de corriente de Foucault comprenden normalmente un componente de tensión que caracteriza a una amplitud y otro componente que caracteriza a un ángulo de fase. Aunque muchas metodologías se pueden emplear para el almacenamiento y análisis de dichas corrientes de datos, una metodología consiste en el almacenamiento de datos de tensión y ángulo
35 de fase en puntos dados a lo largo de la longitud longitudinal de un tubo para cada uno de los múltiples canales de datos. Normalmente, treinta puntos de datos por pulgada son recogidos y almacenados, pero otras distribuciones y densidades de datos se pueden emplear sin apartarse del concepto actual.

40 Tal como se entiende generalmente, un generador de vapor convencional incluye una cámara impelente que encierra quizás cuatro mil a doce mil tubos individuales que comprenden cada uno una pata caliente y una pata fría que pasan a través de una placa de tubos, que en sí es una plancha de metal que tiene normalmente veinte o más pulgadas (50,8 cm o más) de espesor. Cada tubo puede ser varios cientos de pulgadas de longitud y tener ya sea un solo codo en U o un par de curvas de codo, aunque otras geometrías se pueden emplear sin apartarse del concepto actual. Cada uno de estos tubos incluye, además, normalmente de veinte a treinta soportes físicos de diferentes geometrías. Durante la fabricación inicial, las patas calientes y frías de cada tubo se montan en la placa de tubos
45 mediante la recepción de los dos extremos del tubo en un par de orificios perforados a través de la placa de tubos y por abultamiento hidráulico de los extremos del tubo en acoplamiento con las paredes cilíndricas de los orificios perforados.

50 Si bien la geometría de cada tubo de un generador de vapor es normalmente diferente de casi todos los demás tubos del generador de vapor, la construcción general del generador de vapor permite hacer generalizaciones con respecto a la geometría de los tubos en su conjunto. Es decir, se puede decir que cada tubo incluye un par de transiciones de la placa de tubos en los extremos del mismo, que normalmente se caracterizan por una tensión del sensor de corriente de Foucault en el orden de treinta (30,0) voltios. Entre las dos transiciones de la placa de tubos hay diferentes tramos rectos, soportes, y codos. La tensión de corriente de Foucault convencional de una sección recta del tubo es de 0,05 voltios, y la tensión normal de un codo de un tubo es de 0,1 voltios. Una tensión típica de un soporte puede ser de 0,2 voltios, pero diversos tipos de soportes pueden existir dentro de un generador de vapor
55 dado, todos los que pueden producir diferentes tensiones características.

A medida que el sensor de corriente de Foucault se desplaza secuencialmente a través de cada tubo, y las señales de tensión y ángulo de fase se detectan en cada una de una pluralidad de canales de datos, las señales de datos en las posiciones secuenciales a lo largo de los tubos a menudo no varían ampliamente. Sin embargo, si una pieza suelta se sitúa en el exterior de cualquier tubo dado, es decir, en el interior del generador de vapor, los valores de la señal de tensión y/o ángulo de fase pueden cambiar de manera significativa en las inmediaciones de la pieza suelta, y el cambio en la señal se puede detectar en la mayoría si no en todos los varios canales de datos del sensor de corriente de Foucault. Un cambio (de magnitud suficiente) en la señal a partir de una posición actual del sensor de corrientes de Foucault en comparación con una o más posiciones anteriores, es decir, adyacentes, a lo largo del tubo del sensor de corriente de Foucault se puede considerar como una anomalía de señal.

Pueden existir otros tipos de anomalías de señales. Por ejemplo, un cambio en una señal en una ubicación determinada en un tubo puede ser diferente en una cantidad predeterminada con respecto a los valores históricos registrados de señales detectadas en la misma ubicación durante un ensayo previo. Otra anomalía de señal puede discernirse mediante la eliminación de componentes más grandes conocidos de una señal que enmascararía el componente relativamente pequeño desconocido de la señal que se representa por una pieza suelta en la proximidad de un tubo. Otros tipos de anomalías de señales serán evidentes para un experto ordinario en la materia pertinente.

Un diagrama de flujo ejemplar que representa ciertas metodologías para la detección de anomalías de señales se representa en general en la Figura 1. Se puede decir que el procesamiento comienza, a modo de ejemplo, en 104, donde se recibe una señal del tubo para una siguiente posición secuencial en un tubo. Si el procesamiento se encuentra al principio de un tubo, el procesamiento comenzaría con una posición inicial que, después de algo del procesamiento mencionado a continuación, se seguiría de un movimiento del sensor de corriente de Foucault y la recepción, como en 104, de una señal del tubo de una siguiente posición secuencial en el tubo desde la posición inicial.

A continuación se determina, como en 108, si el ángulo de tensión o de fase o ambos, por ejemplo, de la señal con respecto a la posición actual del sensor de corriente de Foucault es diferente por un umbral predeterminado a partir de las señales en una o más posiciones anteriores, es decir, adyacentes. En la realización ejemplar representada aquí, el umbral predeterminado de un cambio de señal de este tipo sería un cambio en la tensión de al menos el cincuenta por ciento entre las posiciones adyacentes y/o de un cambio en el ángulo de fase de al menos cuarenta y cinco grados, pero estos umbrales son ejemplares solamente, y otros umbrales se pueden emplear. Por otra parte, el umbral se puede alcanzar potencialmente si se produce el cambio a través de más de dos lugares, es decir, tal como si el umbral predeterminado en el cambio de tensión se produce a través de cuatro posiciones secuenciales del sensor de corriente de Foucault.

Si no se detecta ningún cambio de señal de una magnitud que cumpla o exceda el umbral predeterminado detectado en 108, el procesamiento regresa a 104 donde se reciben las señales del sensor de corriente de Foucault para una posición de tubo secuencialmente próxima. Sin embargo, si un cambio de señal cumple o supera el umbral predeterminado en 108, el procesamiento continúa, como en 112, donde se determina si el cambio de señal se puede atribuir potencialmente a un elemento estructural conocido. Por ejemplo, estructuras tales como la transición de la placa de tubos, los tirantes de soporte conocidos dentro del interior del generador de vapor, y otras estructuras podrían resultar en un cambio tal como la señal detectada en 108. Si se determina en 112 que no hay tal elemento estructural conocido que pudiera causar que el cambio en la señal, el procesamiento continúa, como en 116, donde el cambio de señal que se detecta en 108 se trata como una anomalía de señal. El procesamiento continúa después, como en 104, donde se reciben señales desde el sensor de corriente de Foucault en la posición secuencial próxima en el tubo.

Por otra parte, si se determina en 112 que un elemento estructural conocido podría corresponder con la posición actual del sensor de corriente de Foucault, el procesamiento continúa, como en 120, donde los datos históricos de cambio de señal (que se han recuperado de una la memoria u otro medio de almacenamiento) se comparan con la señal de corriente, tales como restándolos entre sí, para generar un conjunto de datos de cambio de señal neto. Como alternativa, los datos de un modelo del generador de vapor que permiten predecir los cambios de señal en diversos lugares dentro de los tubos se pueden emplear para crear el conjunto de datos de cambio de señal neto.

A continuación se determina, como en 124, si la señal de datos neta supera un umbral predeterminado para el cambio de señal. El umbral puede ser o no el mismo que el umbral empleado en 108. En este sentido, y a modo de ejemplo, una estructura de este tipo se puede anticipar para desarrollar lodos, lo que puede afectar a una señal del sensor de corriente de Foucault, pero que no tiene el mismo nivel de preocupación que una pieza suelta. El umbral empleado en 124 puede ser mayor que en 108, debido al cambio de la señal esperada de los lodos esperados. En este sentido, un cambio gradual en la señal en una ubicación determinada (en comparación con los datos históricos de señal en la misma ubicación) pueden ser indicativos de un lodo mientras que un cambio más repentino puede ser indicativo de la aparición repentina de una pieza suelta en la ubicación. Por otra parte, el umbral puede ser menor debido a que la estructura puede igualmente anticipar atrapar una pieza suelta. En cualquier caso, un umbral adecuado se emplea en 124, y puede ser diferente del umbral empleado en 108.

Si se determina en 124 que el umbral se satisfecho, el cambio de señal neto se trata como una anomalía de señal en 116, y el procesamiento continúa como en 104. Como alternativa, si el umbral predeterminado no se cumple en el 124, el cambio de señal neto se tiene en cuenta de manera efectiva haciendo retornar el procesamiento a 104.

5 Se ha de entender que la lógica demostrada generalmente en la Figura 1 se pretende simplemente como un ejemplo de una manera en la que grandes cantidades de datos de señal de corriente de Foucault se pueden filtrar para identificar anomalías de señales que se pueden procesar adicionalmente como se expondrá con mayor detalle a continuación. Otras metodologías para la identificación de anomalías de señales serán probablemente evidentes para un experto ordinario en la materia y pueden depender de elementos y características específicas de la central nuclear y del generador de vapor relevante donde se realiza el análisis.

10 Una vez que las diversas anomalías de señales se han identificado, como se demuestra en general en la Figura 1 o de otro modo, las posiciones de las anomalías de señales a lo largo de los diversos tubos se deben convertir en ubicaciones dentro del interior del generador de vapor. Es decir, cada tubo tiene normalmente su propia forma tridimensional individual dentro del interior del generador de vapor, y los datos de anomalías de señales están normalmente en forma de una posición particular o conjunto de posiciones dispuestas a una distancia lineal a lo
15 largo de la extensión longitudinal de un tubo particular. Puesto que la geometría del generador de vapor se conoce y se almacena en un medio de almacenamiento (tal como en una memoria o de otro modo) se emplea el modelo del generador de vapor para convertir la posición de cada anomalía de señal a lo largo de cada tubo particular en una ubicación tridimensional en el interior del generador de vapor.

20 Como se ha sugerido anteriormente, y como se expondrá en mayor detalle a continuación en el contexto de la Figura 2, se ha determinado de manera ventajosa que si una pluralidad de anomalías de señales se producen dentro de una proximidad dada entre sí en el interior del generador de vapor, tales anomalías de señales indican la existencia de una pieza suelta en la proximidad de las anomalías de señales. Es decir, las piezas sueltas tienen normalmente formas y tamaños desconocidos que casi nunca se conocen con antelación, y se ha encontrado la dificultad de detectar la existencia de una pieza suelta basándose solamente en una anomalía de señal en un tubo
25 dado. Sin embargo, al analizar el generador de vapor en su conjunto, y considerando la coincidencia espacial de múltiples anomalías de señales, la ocurrencia de una pluralidad de anomalías de señales dentro de una la proximidad dada entre sí en el interior de un generador de vapor, se ha descubierto, ventajosamente, que corresponden con una pieza suelta situada en las proximidades de la ubicación de las anomalías de señales.

30 La proximidad predeterminada que se emplea en cualquier aplicación dada puede variar en gran medida dependiendo de muchos factores, tales como la geometría del generador de vapor, las diversas características de construcción del generador de vapor, y otros factores. Una proximidad predeterminada ejemplar que se emplea en la presente memoria es una proximidad de 2,0, es decir, una distancia entre un par de tubos que están separados tan lejos el uno del otro como el doble de la anchura de columna media o la altura de fila media de la placa de tubos (para distancias en el mismo plano que la transición de la placa de tubos), o como máximo a la misma distancia en
35 otras direcciones diagonales o verticales. Se observa, sin embargo, que virtualmente se puede emplear cualquier valor de una proximidad predeterminada, bajo el entendimiento de que mientras se permita una mayor proximidad predeterminada, mayor será el número de posibles piezas sueltas que se identifican y el correspondiente análisis, además, que se debe realizar para confirmar la existencia de este tipo de piezas sueltas. Por lo tanto, será evidente que la identificación de una proximidad predeterminada óptima normalmente será específica para cada generador de
40 vapor individual y puede ser el resultado de una conjetura de un técnico experto basándose en la experiencia del técnico con un generador de vapor particular y con otros generadores de vapor.

Una vez que se ha establecido la proximidad predeterminada, el procesamiento puede comenzar, como en 206, donde se determina si la corriente de datos ha dado como resultado dos o más anomalías de señales que están situados en ubicaciones dentro del generador de vapor que están dentro de una proximidad predeterminada entre sí.
45 Si no coexisten tales anomalías, el procesamiento continúa, como en 210, donde se completa el procesamiento.

Por otro lado, si una pluralidad de tales anomalías de señales se identifica en 206, el procesamiento continúa, como en 214, donde se determina si existe un número relativamente grande de anomalías de señales dentro de la proximidad predeterminada. En este sentido, se reitera que se pueden desarrollar lodos en diversas ubicaciones dentro del interior del generador de vapor, y el lodo puede resultar en un cambio de tensión o ángulo de fase en las
50 corrientes de datos de corrientes de Foucault. Si se puede decir que una proporción significativa de los tubos tiene una anomalía de señal similar en ubicaciones similares del generador de vapor, esto podría ser indicativo del desarrollo de lodos. Por ejemplo, los lodos se pueden desarrollar en la transición de la placa de tubos s o en las estructuras de soporte en el interior del generador de vapor. Incluso una minoría sustancial de anomalías de señales, tal como veinticinco anomalías dentro de una población de varios miles de tubos dentro de un generador de
55 vapor serían probablemente indicativas de lodos.

Como tal, si se determina que un número relativamente grande de anomalías de señales existe en lugares similares del generador de vapor, como en 214, el procesamiento continúa, como en 218, donde se determina si la geometría del generador de vapor sugiere en sí la formación de lodos en estas ubicaciones. A modo de ejemplo, si las diversas ubicaciones dentro del generador de vapor se encuentran todas en las proximidades de la parte superior de la placa de tubos, esto probablemente podría sugerir la existencia de lodos. Si el desarrollo de los lodos se sugiere por la
60

geometría del generador de vapor, como en 218, el procesamiento continúa, como en 222, donde las ubicaciones generadores de vapor se identifican como objetivos para su posible revisión por parte de un analista. Es decir, el desarrollo de lodos no tiene la misma magnitud de preocupación que la existencia de una pieza suelta, pero todavía puede ser útil que un analista revise el hallazgo manualmente para confirmar la existencia de lodos en lugar de una pieza suelta. El procesamiento continúa después, como en 210.

Por otra parte, si se determina en 218 que la geometría del generador de vapor no sugiere el desarrollo de los lodos, el procesamiento continúa en 226. Por otra parte, si en 214 un número relativamente grande de anomalías de señales se determina no existiendo ubicaciones similares del generador, el procesamiento continúa de manera similar en 226. En 226, una secuencia de datos alternativa se comprueba para ver si sus señales confirman las anomalías de señales que se detectaron como en la Figura 1 o de otra manera. Es decir, y se ha sido mencionado anteriormente, el sensor de corriente de Foucault tiene múltiples canales de datos. Se entiende que los diversos canales de datos operan a varias frecuencias y retornan datos simultáneamente a través de los diferentes canales. Si las anomalías de señales que se determinan en 206 están dentro de una proximidad predeterminada entre sí que es el resultado de los datos obtenidos a partir de un primer canal de datos, un canal de datos alternativo será consultado en 226 para determinar si se confirma la existencia de tales anomalías de señales en las mismas ubicaciones.

Si se determina en 226 que la corriente de datos alternativa ha confirmado la existencia de una pieza suelta, entonces se llega a la conclusión, como en 230, de que una pieza suelta existe en el generador de vapor en las ubicaciones de las diversas anomalías de señales, o al menos en proximidad a las mismas. A continuación, se instruye, como en 234, realizar un análisis adicional de las ubicaciones del generador de vapor con una exploración más detallada y/o con otros análisis más detallados para determinar con un mayor grado de precisión la naturaleza de la pieza suelta y el posible daño que se ha producido a los diversos tubos del generador de vapor.

Por otra parte, si en 226, las corrientes de datos alternativas no son concluyentes o no están en condiciones de confirmar las anomalías de señales en las ubicaciones mencionadas, el procesamiento continúa, como en 222, donde las distintas ubicaciones del generador de vapor se etiquetan como objetivos para una posible revisión por parte de un analista para determinar si un significado diferente se puede atribuir a la coincidencia espacial de las anomalías de señales.

Mediante el empleo de las ubicaciones de anomalías de señales dentro del generador de vapor, la proximidad de tales anomalías de señales puede indicar la existencia de una pieza suelta en el interior del generador de vapor. Con el uso de datos históricos, ciertas señales fuertes pueden ser ignoradas o ajustarse para evitar que tales señales fuertes enmascaren la señal débil de otra manera que podría resultar de una pieza suelta. También, las anomalías de señales se pueden detectar simplemente mediante la detección de un cambio en la señal a lo largo de la longitud de un tubo cuando no se puede decir que estructuras conocidas u otras características del generador de vapor sean la causa de tal cambio de la señal.

Se entiende que el análisis descrito en la presente memoria se puede realizar en un ordenador digital u otro procesador de un tipo generalmente conocido. Por ejemplo, un ordenador de este tipo podría incluir un procesador y una memoria, teniendo la memoria almacenada en su interior una o más rutinas que se pueden ejecutar en el procesador. La memoria puede ser cualquier de una amplia variedad de medios de almacenamiento legibles por máquina, tales como RAM, ROM, EPROM, EEPROM, FLASH, y similares sin limitación. La señal del sensor de corriente de Foucault se puede recibir por un convertidor de analógico a digital que proporciona una entrada digital a un aparato de entrada del ordenador para el procesamiento y almacenamiento de las señales con un aparato procesador. Los datos históricos y actuales se pueden almacenar en cualquiera de estos medios de almacenamiento y, potencialmente, se pueden transportar o transmitir para su uso en otros ordenadores o procesadores, según sea necesario. El equipo tendrá una o más rutinas almacenadas en su interior, que incluyen instrucciones que, cuando se ejecutan en un procesador del aparato procesador, hacen que el ordenador realice todas o algunas de las operaciones mencionadas anteriormente.

La presente descripción se puede realizar en otras formas específicas sin apartarse de sus características esenciales. Las realizaciones descritas han de considerarse en todos los aspectos solamente como ilustrativas y no restrictivas. El alcance de la descripción está, por tanto, indicado por las reivindicaciones adjuntas más que por la descripción anterior.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de detección de forma no destructiva la existencia de al menos uno de entre una pieza suelta y lodo dentro de un generador de vapor de una central nuclear, teniendo el generador de vapor una pluralidad de tubos, comprendiendo el procedimiento:

5 identificar (206) una primera señal de anomalía basada en los datos de un sensor de corriente de Foucault recibida en un primer tubo y situada en una primera posición del tubo a lo largo del primer tubo, estando la primera posición del tubo a lo largo del primer tubo en una primera ubicación del generador dentro del generador vapor;
10 identificar (206) una segunda señal de anomalía basada en los datos de un sensor de corriente de Foucault recibida en un segundo tubo y situada en una segunda posición del tubo a lo largo del segundo tubo, estando la segunda posición del tubo a lo largo del segundo tubo en una segunda ubicación del generador dentro del generador de vapor;
15 hacer una determinación (226) de que la primera ubicación del generador y la segunda ubicación del generador se encuentran dentro de una proximidad predeterminada; y
 en respuesta a la determinación, determinar (230) que existe al menos uno de entre una pieza suelta y lodo en la proximidad de la primera y segunda ubicaciones del generador.

2. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que el sensor de corriente de Foucault genera como datos de una pluralidad de corrientes de datos creadas simultáneamente, y que comprende además emplear una primera corriente de datos en la identificación de la primera y segunda anomalías de señales y, en respuesta a la determinación de que existe una pieza suelta, instruir (234) un análisis adicional de al menos la primera y segunda posiciones del tubo basándose en una segunda secuencia de datos.

3. El procedimiento de la reivindicación 1, que comprende además:

 confirmar la existencia de la pieza suelta mediante:

25 la identificación a partir de la segunda secuencia de datos una primera señal de anomalía alternativa en la primera posición del tubo a lo largo del primer tubo, y
 la identificación (226) a partir de la segunda corriente de datos una segunda anomalía de señal alternativa en la segunda posición del tubo a lo largo del segundo tubo.

4. El procedimiento de la reivindicación 1, que comprende además detectar (108) como la primera señal de anomalía un cambio de señal entre una señal de una corriente de datos con respecto a la primera posición del tubo a lo largo del primer tubo y una señal de la corriente de datos con respecto a una posición del tubo adyacente a lo largo del primer tubo.

5. El procedimiento de la reivindicación 4, que comprende además ignorar (108) un cambio de señal que no cumpla con un umbral predeterminado.

35 6. El procedimiento de la reivindicación 4, que comprende además ignorar, como indicativo de lodos, un cambio de señal entre una señal de una corriente de datos de los datos con respecto a la primera posición del tubo a lo largo del primer tubo y una señal de la corriente de datos con respecto a la posición del tubo adyacente a lo largo del primer tubo cuando:

40 al menos una de la primera posición del tubo y la posición del tubo adyacente está situada adyacente a una placa (112) de tubos del generador de vapor, y
 la corriente de datos indica (214) que al menos una proporción predeterminada de los tubos entre la pluralidad de tubos posee, cada uno, un cambio de señal similar en una ubicación similar del mismo.

7. El procedimiento de la reivindicación 4, que comprende además, cuando al menos una de la primera posición del tubo y la posición adyacente del tubo está situada adyacente a una placa de tubos del generador de vapor:

45 recuperar un cambio histórico de señal entre una señal anterior de una corriente de datos anterior con respecto a la primera posición del tubo a lo largo del primer tubo y una señal anterior de la corriente de datos anterior con respecto a la posición del tubo adyacente a lo largo del primer tubo;
 restar (120) el cambio histórico de señal del cambio de señal para generar un cambio de señal neto; y
 emplear el cambio de señal neto como la primera señal de anomalía.

50 8. El procedimiento de la reivindicación 1, que comprende además detectar (120) como la primera señal de anomalía un cambio entre una señal de una corriente de datos de los datos con respecto a la primera posición del tubo a lo largo del primer tubo y una señal de una corriente de datos anterior con respecto a la primera posición del tubo a lo largo del primer tubo.

55 9. Un medio de almacenamiento legible por máquina que tiene almacenado en su interior instrucciones que, cuando se ejecutan en un procesador de un dispositivo informático, hacen que el dispositivo informático realice las operaciones de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8.

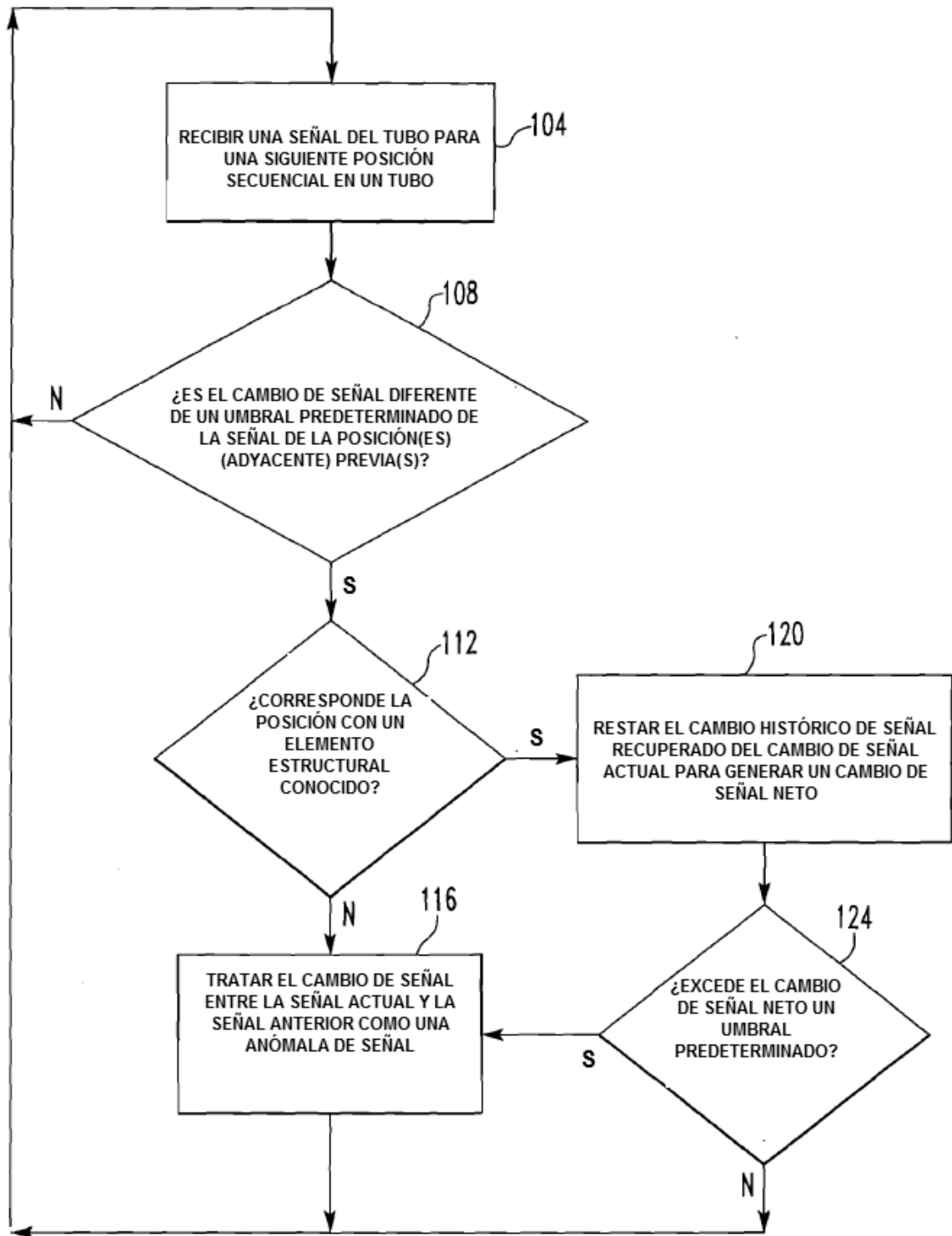


FIG.1

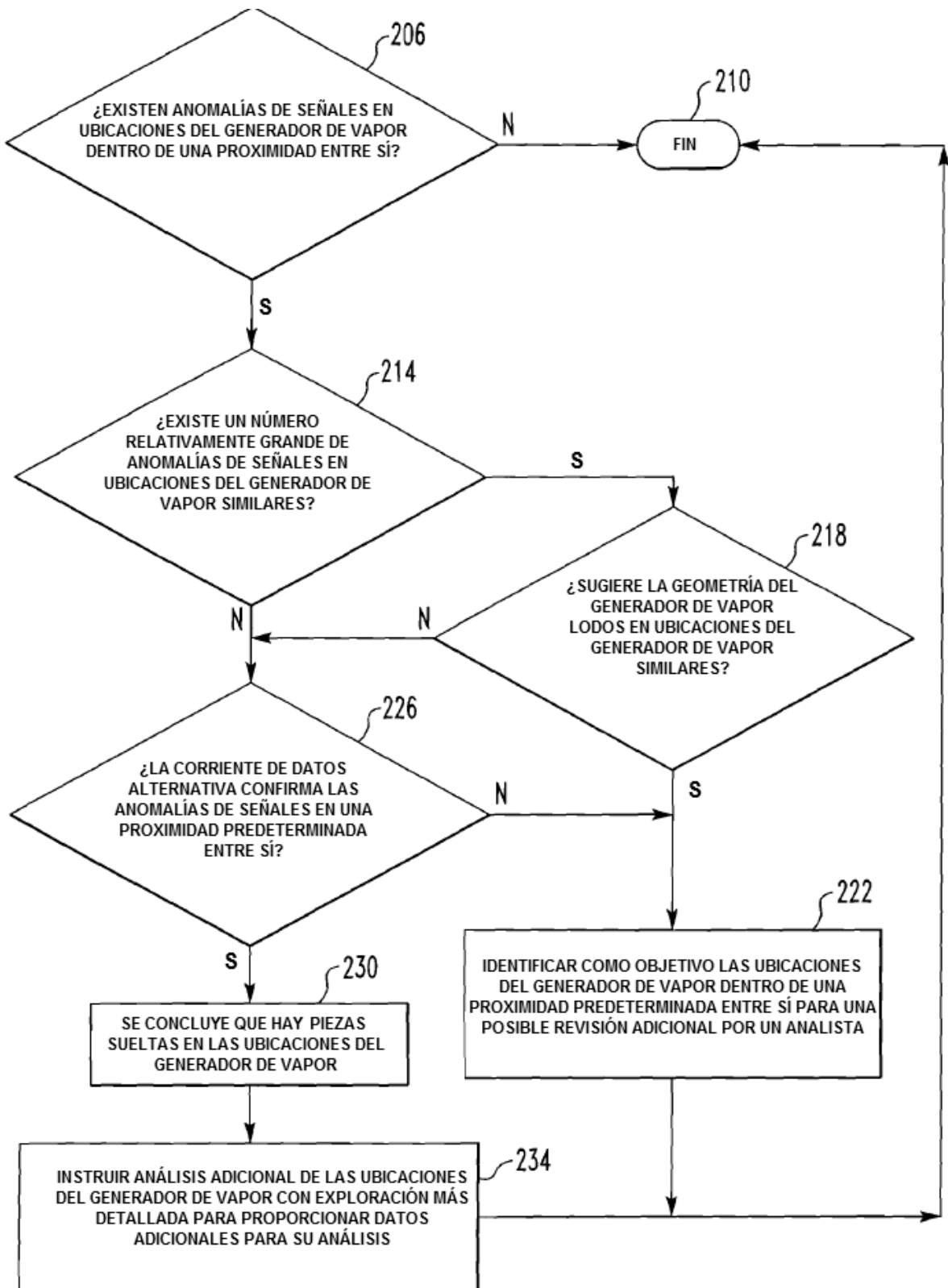


FIG.2