

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 987 411**

51 Int. Cl.:

G01N 29/32 (2006.01)

G01N 29/04 (2006.01)

G01N 29/24 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.03.2019 PCT/US2019/023613**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.09.2019 WO19183490**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.03.2019 E 19771134 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.08.2024 EP 3769078**

54 Título: **Sistema y procedimiento de envío de datos de sensores individuales a través de un cable compartido**

30 Prioridad:

22.03.2018 US 201862646664 P

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

14.11.2024

73 Titular/es:

**MOLEX, LLC (100.0%)
2222 Wellington Court
Lisle, IL 60532, US**

72 Inventor/es:

**KLOZA, MARIUSZ y
CHERNYSHOV, ALEXANDER S.**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 987 411 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

Sistema y procedimiento de envío de datos de sensores individuales a través de un cable compartido

SOLICITUDES RELACIONADAS

5 Esta solicitud de patente reivindica el beneficio de la solicitud de patente de EE. UU. n.º 62/646.664, presentada el 22 de marzo de 2018.

CAMPO TÉCNICO

10 La presente descripción se refiere, en general, a sistemas de medición ultrasónica que monitorean el adelgazamiento de la pared de los tubos en refinerías, oleoductos, fábricas de papel, centrales eléctricas y otras plantas de la industria pesada. La presente descripción se refiere más particularmente a un sistema de medición ultrasónica de temperatura compensada y a un procedimiento de uso del mismo.

ANTECEDENTES

15 Existe una demanda para monitorear continuamente la salud de varias plantas, por ejemplo, refinerías, oleoductos, fábricas de papel, plantas de energía y otras plantas de la industria pesada, que tienen activos, como tuberías, recipientes, válvulas y calderas, que tienen espesores de pared que pueden cambiar o degradarse con el tiempo. La integridad del activo puede inspeccionarse durante la operación (es decir, en línea o "en vivo") o durante los cambios donde se cierra toda la planta o ciertos activos. Por lo tanto, la inspección en línea o en vivo a veces se produce cuando la temperatura de los activos es elevada.

20 Una selección de técnicas de pruebas no destructivas está cubierta por los estándares vigentes de la industria, como API 510 o API 570. En general, se pueden distinguir entre las técnicas de inspección de superficies como las pruebas visuales, las pruebas de partículas magnéticas y las pruebas de penetración de líquidos, y las técnicas de inspección volumétrica como las pruebas radiográficas y las pruebas ultrasónicas. La prueba ultrasónica de espesor de pared complementada con pruebas radiográficas es la técnica de inspección más común utilizada en el campo.

25 La inspección ultrasónica en la inspección convencional de rutina de la planta utiliza transductores ultrasónicos de alta temperatura de un solo elemento, cada uno de los cuales incluye un elemento piezoeléctrico, para inspeccionar los activos para el adelgazamiento de la pared o para inspeccionar los activos de una forma simple. Puede ser difícil lograr un monitoreo preciso en vivo para el adelgazamiento de la pared del activo ya que la velocidad de las ondas ultrasónicas que viajan a través de los materiales metálicos comúnmente utilizados en los activos depende de la temperatura. Con referencia a ASME BPVC Sección V, Artículo 5 y Apéndice SE 797/SE797-M, la Sección 9.5 establece: "La lectura de espesor aparente obtenida de paredes de acero que tienen temperaturas elevadas es alta (demasiado gruesa) en un factor de aproximadamente 1 % por 55 °C [100 °F]. Por lo tanto, con el fin de medir con precisión el espesor de una sección deseada de un activo, se desea la compensación o corrección del cambio en la velocidad de las ondas ultrasónicas con la temperatura. Por ejemplo, en una realización, se puede proporcionar un termopar, un detector de temperatura de resistencia ("RTD - *resistance temperature detector*") u otro componente o sistema de detección para medir la temperatura del activo bajo inspección.

35 Con el fin de calcular adecuadamente el espesor en vista de la lectura de temperatura del transductor ultrasónico, es deseable montar un elemento o sensor de detección de temperatura en una sección diana del activo y proporcionar un cable para el sensor de temperatura entre el sensor de temperatura y un dispositivo de procesamiento de señales (típicamente parte del dispositivo ultrasónico de medición de espesor que puede instalarse permanentemente en un lugar dentro de la planta) para adquirir una señal del sensor de temperatura. Si el activo cuyo espesor se va a medir es una tubería provista en una planta, la sección del activo y el dispositivo de procesamiento de señales a menudo están relativamente distantes entre sí, por ejemplo, distancias de hasta cien pies (30,48 m). Por lo tanto, el cable para el sensor de temperatura debe colocarse como medio adicional para la medición de la temperatura. En tal caso, el sensor de temperatura generalmente se montará en una ubicación expuesta a un entorno de alta temperatura y puede ubicarse en un área estrecha y confinada a la que es difícil acceder. Por lo tanto, además del costo asociado con los materiales adicionales requeridos, también puede llevar una gran cantidad de tiempo y mano de obra montar el sensor de temperatura, instalar el cable del sensor de temperatura y también mantener el cable del sensor de temperatura.

45 Como ejemplo, se utilizan procedimientos de medición de temperatura estándar para medir la temperatura de un activo cuyo espesor de pared se va a medir. La mayoría de estos procedimientos utilizan un elemento físico de detección de temperatura, como un RTD o termopar, conectado a un instrumento de medición de temperatura mediante un cable dedicado de dos, tres o cuatro alambres. Para distancias largas, por ejemplo, más de 50 pies (15,24 m), entre el elemento de detección de temperatura y el instrumento de medición, el uso de un cable dedicado de tres o cuatro alambres es un procedimiento preferido, ya que permite la cancelación de la resistencia de los alambres.

55 Otro ejemplo combina algunos de los alambres utilizados para pulsar el transductor ultrasónico con alambres del sensor de temperatura compartiendo algunos, pero no todos, los alambres. Un ejemplo es compartir un alambre de tierra (generalmente un blindaje de un cable) entre los circuitos de pulsos ultrasónicos y la sonda de medición de temperatura. En dicha configuración, todavía existe la necesidad de proporcionar al menos un alambre más al

elemento de detección de temperatura. Esta configuración requiere al menos una conexión de tres alambres, a saber, pulsos, detección de temperatura y cables de tierra.

5 La publicación de patente de EE. UU. n.º 2014/0331771 describe un procedimiento de conexión de elementos de detección de temperatura y transductores ultrasónicos al instrumento de medición de temperatura y ultrasónico usando un cable de tres conductores. Sin embargo, tal procedimiento no es deseable ya que la práctica normal para conectar un transductor ultrasónico al instrumento de medición ultrasónico es usar un cable de dos conductores (a menudo coaxial de impedancia controlada). Por lo tanto, sería beneficioso y deseable utilizar el mismo cable de dos conductores tanto para los pulsos ultrasónicos como para las lecturas de temperatura.

10 El documento JP 2008 185548 A describe una sonda ultrasónica que tiene una función de compensación de temperatura que tiene un vibrador ultrasónico que tiene un lado frontal capaz de emitir una onda ultrasónica y un lado trasero, y el lado frontal tiene el vibrador ultrasónico unido al cuerpo frontal colocado en el lado de una región que se va a medir y un cuerpo trasero al que se une el lado trasero del vibrador equipado con una parte de medición de onda reflejada que está constituida de modo que la superficie reflectante, desde la que se refleja la onda ultrasónica que irradia el interior del cuerpo trasero, mantiene el conjunto de reflectividad para que sea casi del 100 %.

15 Ciertas personas apreciarían un sistema de medición ultrasónica que, sin cableado adicional para la medición de la temperatura, compensa un cambio en la velocidad de una onda ultrasónica con la temperatura en una sección de un activo cuyo espesor se va a medir y evalúa un estado de adelgazamiento de la pared de la sección mediante una medición altamente precisa de su espesor.

20 La discusión de antecedentes anterior está destinada únicamente a ayudar al lector. No pretende limitar las innovaciones descritas en esta invención, ni limitar o expandir la técnica anterior discutida. Por lo tanto, la discusión anterior no debe tomarse para indicar que ningún elemento particular de un sistema anterior es inadecuado para su uso con las innovaciones descritas en esta invención, ni pretende indicar que ningún elemento es esencial en la implementación de las innovaciones descritas en esta invención. Las implementaciones y la aplicación de las innovaciones descritas en esta invención se definen según las reivindicaciones adjuntas.

25 **COMPENDIO**

En un primer aspecto, un sistema de medición ultrasónica incluye un aparato base, un transductor ultrasónico alejado del aparato base, un sistema de detección de temperatura alejado del aparato base y un cable eléctrico. El aparato base incluye una fuente de energía, un transmisor/receptor de pulsos; y un controlador del aparato base conectado operativamente a la fuente de energía y al transmisor/receptor de pulsos. El transductor ultrasónico incluye un elemento piezoeléctrico. El sistema de detección de temperatura incluye un instrumento de medición de temperatura conectado operativamente a un sensor de temperatura. El cable eléctrico incluye un primer y segundo conductor eléctrico con el primer y segundo conductor conectando eléctricamente el aparato base, el transductor ultrasónico y el sistema de detección de temperatura.

35 En otro aspecto, un procedimiento para medir un espesor de un objeto incluye transmitir un pulso eléctrico desde un aparato base a lo largo de un cable que tiene conductores primero y segundo a un transductor ultrasónico remoto del aparato base, haciendo el pulso eléctrico que el transductor ultrasónico genere una onda ultrasónica, dirigir la onda ultrasónica al objeto, transmitir desde el transductor ultrasónico al aparato base una señal eléctrica analógica indicativa de una onda de eco de entrada generada a medida que la onda ultrasónica entra en una primera pared del objeto, y transmitir desde el transductor ultrasónico al aparato base una señal eléctrica analógica indicativa de una onda de eco de pared posterior generada a medida que la onda ultrasónica se refleja en una segunda pared del objeto. El procedimiento incluye además transmitir una instrucción de medición de temperatura digital desde el aparato base a lo largo del primer y segundo conductores del cable a un sistema de detección de temperatura alejado del aparato base, determinar una temperatura del objeto adyacente al transductor ultrasónico, transmitir señales de temperatura indicativas de la temperatura del objeto adyacente al transductor ultrasónico desde el sistema de detección de temperatura a lo largo del primer y segundo conductores del cable al aparato base, y determinar el espesor del objeto según la temporización de la onda de eco de entrada, la temporización de la onda de eco de la pared posterior y las señales de temperatura del sistema de detección de temperatura.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

50 Varios objetos, características y ventajas concomitantes se apreciarán más plenamente a medida que se comprenda mejor cuando se considere junto con los dibujos adjuntos, donde caracteres de referencia similares designan partes iguales o similares en todas las diversas vistas, y donde:

La Figura 1 ilustra características de una realización del sistema para medir el espesor de un objeto como se describe en esta invención;

La Figura 2 ilustra un ejemplo de elemento transductor y objeto a medir;

55 La Figura 3 ilustra un diagrama de flujo de un procedimiento para determinar el espesor de un objeto según los principios descritos en esta invención; y

La Figura 4 ilustra un gráfico simulado que representa el voltaje según el tiempo a lo largo del cable del sistema descrito en esta invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

5 La siguiente descripción pretende transmitir el funcionamiento de realizaciones ejemplares de la invención a los expertos en la materia. Se apreciará que esta descripción pretende ayudar al lector, no limitar la invención. Como tales, las referencias a una característica o aspecto pretenden describir una característica o aspecto de una realización de la invención, no implican que cada realización de la invención deba tener la característica descrita. Además, debe observarse que la descripción detallada ilustrada ilustra una serie de características. Si bien ciertas características se han combinado entre sí para ilustrar posibles diseños de sistemas, esas características también se pueden usar en otras combinaciones no descritas expresamente con fines de brevedad para formar combinaciones adicionales que no se mostraron de otro modo con fines de brevedad.

15 La Figura 1 ilustra características de una realización de un sistema 100 que, sin cableado adicional para la medición de temperatura, compensa la temperatura cuando se usa una onda ultrasónica para evaluar un estado de adelgazamiento de la pared de una sección de un activo. El sistema 100 utiliza una forma innovadora de medir y transmitir la temperatura de la sección del activo 200, ya que se requiere una medición precisa de la temperatura de la sección del activo 200 para la compensación de la temperatura del espesor de la pared.

El sistema 100 incluye un sistema ultrasónico de medición de espesor de pared 110, un sistema de medición de temperatura 120, un cable 130, un transductor ultrasónico 140, un elemento de detección de temperatura 150, una interfaz de usuario basada en la nube 160 y una base de datos 170.

20 El sistema ultrasónico de medición de espesor de pared 110 puede configurarse como un conjunto base que incluye una fuente de energía 111, un controlador 112, un circuito de protección de alto voltaje (AV) 113, una interfaz de comunicaciones en serie 114, un transmisor/receptor de impulsos 115 y un convertidor analógico a digital 116 que se comunican entre sí como se ilustra en la Figura 1. La fuente de energía 111 está configurada para proporcionar energía al sistema ultrasónico de medición de espesor de pared 110 que incluye el controlador 112 y también para suministrar energía al sistema de medición de temperatura 120 como se describe con más detalle a continuación.

25 El controlador 112 está configurado para controlar el funcionamiento de la fuente de energía 111 y el transmisor/receptor de impulsos 115, así como para proporcionar señales a través de la interfaz de comunicación en serie 114 para controlar el sistema de medición de temperatura 120. Más específicamente, el controlador 112 funciona para instruir u ordenar a la fuente de energía 111 que genere señales suficientes para cargar el conjunto de almacenamiento de energía 122 del sistema de medición de temperatura 120 como se describe con más detalle a continuación, generar instrucciones digitales a través de la interfaz de comunicación en serie 114 para instruir u ordenar al controlador 124 y/o al instrumento de medición de temperatura 125 del sistema de medición de temperatura 120 para determinar la temperatura en el elemento de detección de temperatura 150 como se describe con más detalle a continuación, e instruir u ordenar al transmisor/receptor de pulsos 115 para generar los pulsos eléctricos deseados como se describe con más detalle a continuación. Las señales generadas por la fuente de energía 111 para cargar el conjunto de almacenamiento de energía 122 del sistema de medición de temperatura 120 pueden estar típicamente en el intervalo de 1,8-5 V y tener una duración de 10-300 ms. Se contemplan otros intervalos. En una realización, se puede usar un voltaje de 3 V y 100 ms.

40 El controlador 112 también puede estar configurado para comunicarse con la interfaz de usuario basada en la nube 160 que, a su vez, está configurada para comunicarse con la base de datos 170.

45 Los circuitos de protección de alto voltaje 113 están configurados para proteger la interfaz de comunicación en serie 114 de la energía suministrada por la fuente de energía 111 y de los pulsos generados por la sección transmisora 115a del transmisor/receptor de pulsos 115. Los circuitos de protección de alto voltaje 113 pueden configurarse como un filtro de paso bajo donde se permite que las señales de menor frecuencia y menor potencia de la fuente de energía 111 pasen mientras que los pulsos de mayor frecuencia y mayor voltaje generados por el transmisor/receptor de pulsos 115 y transmitidos a lo largo del cable 130 se bloquean o filtran.

50 El controlador 112 puede ser cualquier tipo de controlador electrónico o módulo de control electrónico tal como un microprocesador o microcontrolador configurado para controlar el funcionamiento de diversos aspectos del sistema 110. El controlador 112 funciona de manera lógica para realizar operaciones, ejecutar algoritmos de control, almacenar y recuperar datos y otras operaciones deseadas. El controlador 112 puede incluir o acceder a memoria, dispositivos de almacenamiento secundarios, procesadores, interfaces y/o dispositivos de comunicación y cualquier otro componente para ejecutar una aplicación. La memoria y los dispositivos de almacenamiento secundarios pueden estar en forma de memoria de solo lectura (ROM), memoria de acceso aleatorio (RAM), memoria eléctricamente borrable (EEPROM o FLASH) o circuitos integrados a los que puede acceder el controlador. Varios otros circuitos pueden estar asociados con el controlador 112, tales como circuitos de fuente de energía, circuitos de acondicionamiento de señal, circuitos de controlador y otros tipos de circuitos.

5 El controlador 112 puede ser un único controlador o puede incluir más de un controlador configurado para controlar varias funciones y/o características del sistema 100. El término "controlador" debe usarse en su sentido más amplio para incluir uno o más controladores y/o microprocesadores que pueden estar asociados con el sistema 100 y que pueden cooperar en el control de diversas funciones y operaciones del sistema. La funcionalidad del controlador 112 puede implementarse en hardware y/o software sin tener en cuenta la funcionalidad. El controlador 112 puede basarse en uno o más mapas de datos relacionados con las condiciones operativas y el entorno operativo del sistema 100 que pueden almacenarse en la memoria del controlador. Cada uno de estos mapas de datos puede incluir una colección de datos en forma de tablas, gráficos y/o ecuaciones. El controlador 112 puede estar ubicado en el sistema de medición de espesor 110 y, en algunos casos, también puede incluir componentes ubicados remotamente del sistema de medición de espesor.

15 Si bien la interfaz de comunicaciones en serie específica 114 utilizada puede variar, la interfaz de comunicaciones en serie más común 114 es un puerto en serie asíncrono con pines de transmisión y recepción en cortocircuito en el microprocesador 112, pero la mayoría de las interfaces en serie de un solo alambre también funcionarán. En otra realización, una interfaz de comunicaciones puede basarse en o ser similar a una interfaz de hardware RS-485 bidireccional de dos alambres. El transmisor/receptor de pulsos 115 incluye una sección de transmisor 115a y una sección de receptor 115b. En realizaciones, la sección transmisora 115a y la sección receptora 115b pueden ser parte de un solo componente o componentes separados.

20 La sección de transmisor 115a está configurada para generar un pulso eléctrico según una instrucción o comando del controlador 112 y transmitir el pulso a lo largo del cable 130. En realizaciones, un pulso generado por la sección transmisora 115a es suficiente para hacer que el transductor ultrasónico 140 genere una onda ultrasónica deseada. En una realización, el pulso puede tener una duración de 100 ns y tener un voltaje de 60 V. Se contemplan otras longitudes de pulso y voltajes. Por ejemplo, la longitud del pulso a menudo es una función de la frecuencia natural del transductor ultrasónico. Además, el voltaje del pulso a menudo puede variar entre 30-90 V, pero en algunas realizaciones puede variar a varios cientos de voltios, siendo el voltaje una función del espesor de la sección del activo 200 a medir.

25 La sección receptora 115b está configurada para recibir señales eléctricas analógicas en forma de pulsos que se reflejan a lo largo del cable 130 como se describe con más detalle a continuación. Las señales eléctricas son luego convertidas por el convertidor analógico a digital 116 en señales digitales que se envían al controlador 112 para su procesamiento y/o análisis.

30 El sistema de medición de temperatura 120 incluye un circuito de protección de AT 121, un conjunto de almacenamiento de energía 122, una interfaz de comunicaciones en serie 123, un controlador 124 y un instrumento de medición de temperatura 125, que se comunican entre sí como se ilustra en la Figura 1. Los circuitos de protección de alto voltaje 121 están configurados para proteger los componentes del sistema de medición de temperatura 120 de las señales eléctricas de (relativamente) alto voltaje y alta frecuencia que se transmiten a lo largo del cable 130. Los circuitos de protección de alto voltaje pueden configurarse como un filtro de paso bajo donde se permite el paso de las señales de menor frecuencia y menor potencia de la fuente de energía 111, mientras que los pulsos de mayor frecuencia y mayor voltaje generados por el transmisor/receptor de pulsos 115 y transmitidos a lo largo del cable 130 se bloquean o filtran.

40 El conjunto de almacenamiento de energía 122 puede configurarse para cargarse y descargarse durante un ciclo operativo para proporcionar energía a la interfaz de comunicación en serie 123, el controlador 124 y el instrumento de medición de temperatura 125. En una realización, el conjunto de almacenamiento de energía 122 puede comprender un condensador. En otras realizaciones, el conjunto de almacenamiento de energía puede comprender una batería, un inductor u otra estructura operativa para almacenar la energía necesaria para operar el sistema de medición de temperatura 120.

45 En realizaciones, la interfaz de comunicación en serie 123 puede configurarse de una manera similar o idéntica a la interfaz de comunicación en serie 114 descrita anteriormente. En realizaciones, el controlador 124 puede estar configurado de una manera similar o idéntica al controlador 112 descrito anteriormente. En otras realizaciones, el controlador 124 puede tener menos funcionalidad que el controlador 112 descrito anteriormente. El controlador 124 puede configurarse para recibir señales digitales del controlador 112 e instruir u ordenar al sistema de medición de temperatura 125 que lleve a cabo una operación de medición de temperatura y devuelva, a través de la interfaz de comunicación en serie 123, datos de temperatura sin procesar o una lectura de temperatura a escala (por ejemplo, una temperatura determinada o calculada en °F o °C); del elemento de detección de temperatura 150. Aún más, el controlador 124 puede configurarse para almacenar información, tal como dentro de una memoria no volátil incorporada (por ejemplo, EEPROM o FLASH) u otra memoria, con respecto al sistema de medición de temperatura 120 y/o el elemento de detección de temperatura 150. Dicha información puede incluir, por ejemplo, información de identificación (por ejemplo, un número de serie), así como temperaturas máximas y/o mínimas a las que se ha expuesto el elemento sensor de temperatura 150.

5 El instrumento de medición de temperatura 125 puede configurarse de cualquier manera deseada. En un ejemplo, un circuito de medición de temperatura del sistema de medición de temperatura 125 comprende un elemento de detección de temperatura 150 tal como una sonda RTD, por ejemplo, tipo PT-1000, y una resistencia de polarización conectada a un convertidor analógico a digital que mide el voltaje en el RTD. El voltaje se convierte en la resistencia del RTD equivalente que, a través de una tabla de consulta, se convertirá en una lectura de temperatura en el controlador 124 o en el controlador 112. Se contemplan otras configuraciones de circuitos de medición de temperatura. Por ejemplo, se pueden usar circuitos basados en termopares o infrarrojos para lograr resultados de medición de temperatura similares. El sistema de medición de temperatura 120 está configurado para ubicarse cerca del elemento de detección de temperatura 150.

10 El transductor ultrasónico 140 está configurado para montarse en una sección de un activo 200 cuyo espesor se va a medir. El activo 200 puede ser, por ejemplo, una tubería, recipiente, válvulas, calderas, que pueden experimentar temperaturas elevadas mientras una planta está en servicio. El transductor ultrasónico 140 puede configurarse como un elemento piezoeléctrico que genera ondas ultrasónicas al ser excitado por el pulso de alto voltaje desde el transmisor/receptor de pulsos 115 y convierte las ondas ultrasónicas de nuevo en ondas o señales eléctricas.

15 En un ejemplo, con referencia a la Figura 2, se representa un transductor ultrasónico 140 que incluye un elemento piezoeléctrico 141 y un elemento espaciador o espaciador cerámico 142 que se acopla a una sección de un activo 200, tal como una tubería que tiene una primera superficie o superficie cercana 201 en contacto con el espaciador y una segunda superficie o superficie lejana 202 de una pared 203. En otras realizaciones, se puede omitir el espaciador 142.

20 En funcionamiento, el transmisor/receptor de impulsos 115 genera un pulso de alta tensión que se desplaza a lo largo del cable 130 hasta llegar al transductor ultrasónico 140. El transductor 140 genera una onda ultrasónica y se desplaza a través del espaciador 142 hasta llegar a la superficie cercana 201 de la pared 203. Una porción de la onda ultrasónica es reflejada de vuelta por la superficie cercana 201 y a través del espaciador cerámico 142 hasta alcanzar el elemento piezoeléctrico 141 donde se convierte de nuevo en una forma de onda eléctrica. Esta forma de onda eléctrica viaja de regreso a lo largo del cable 130 hasta llegar a la sección receptora 115b del transmisor/receptor de pulsos 115. Esta forma de onda puede denominarse eco de entrada, ya que se genera según la onda ultrasónica que entra o se pone en contacto con la superficie cercana 201 del activo a medir.

25 La porción restante de la onda ultrasónica pasa a través de la pared 203 del activo 200 hasta llegar a la superficie lejana 202 donde se refleja una segunda onda ultrasónica a través del activo. La segunda onda reflejada retrocede a través del espaciador cerámico 142 hasta alcanzar el elemento piezoeléctrico 141 donde se convierte en una segunda forma de onda eléctrica. La segunda forma de onda eléctrica retrocede a lo largo del cable 130 hasta llegar a la sección receptora 115b del transmisor/receptor de pulsos 115. Esta segunda forma de onda puede denominarse como un eco de la pared posterior, ya que se genera según la onda ultrasónica que entra en contacto con la pared posterior o la superficie lejana 202 del activo 200 a medir.

30 En una realización, puede ser deseable montar el elemento de detección de temperatura 150 muy cerca (por ejemplo, de 0,5 a 1 pulgada) del transductor ultrasónico 140 en la sección del activo 200 cuyo espesor se va a medir. En otra realización, el elemento de detección de temperatura 150 se puede montar directamente en el transductor ultrasónico 140 o el elemento de detección de temperatura 150 se puede integrar en el transductor ultrasónico 140. El elemento de detección de temperatura 150 está configurado para comunicarse con el instrumento de medición de temperatura 125 a través de un cable 151. El cable 151 puede ser cualquier cable adecuado y no se limita a un cable de dos conductores.

35 El cable 130 tiene un primer conductor 131 y un segundo conductor 132 y, por lo tanto, puede configurarse como un cable con solo dos conductores. Sin embargo, el cable 130 puede tener cualquier configuración deseada. En la realización representada, el cable 130 está configurado como un cable coaxial con un primer conductor externo 131 que rodea a un segundo conductor interno 132. En un cable coaxial, el conductor externo a menudo funciona como un blindaje, un retorno o una señal de tierra para el conductor interno. En otra realización, el cable 130 puede comprender un cable de par trenzado.

40 Como se representa en la Figura 1, el cable 130 tiene una primera longitud o sección 130a, que incluye una longitud 131a del primer conductor 131 y una longitud 132a del segundo conductor 132, que se extiende desde el sistema ultrasónico de medición de espesor de pared 110 una distancia sustancial a un divisor 133 que divide el cable (es decir, el primer conductor 131 y el segundo conductor 132) para definir una primera sección de cable adicional 130b y una segunda sección de cable adicional 130c. La primera sección de cable adicional 130b incluye un primer conductor 131b y un segundo conductor 132b y la segunda sección de cable adicional 130c incluye un primer conductor 131c y un segundo conductor 132c. Con el divisor 133, la primera longitud de conductor 131a de la primera sección 130a está conectada eléctricamente al primer conductor 131b de la primera sección de cable adicional 130b y el primer conductor 131c de la segunda sección de cable adicional 130c. Además, el divisor 133 conecta eléctricamente la longitud 132a del segundo conductor 132 de la primera sección 130a al segundo conductor 132b de la primera sección de cable adicional 130b y el segundo conductor 132c de la segunda sección de cable adicional 130c.

Se contemplan otras configuraciones del cable 130. Por ejemplo, la primera sección de cable 130a puede extenderse desde el sistema ultrasónico de medición de espesor de pared 110 hasta el transductor ultrasónico 140 con un cable similar a la segunda sección de cable adicional 130c conectada eléctricamente a la primera sección de cable 130a en o adyacente a la conexión entre la primera sección de cable y el transductor ultrasónico. En tal caso, la primera sección de cable adicional 130b puede eliminarse y la primera sección de cable 130a puede extenderse desde el sistema ultrasónico de medición de espesor de pared 110 al transductor ultrasónico 140.

Independientemente de la configuración, la primera sección de cable 130a puede configurarse para incluir solo dos conductores 130b, 130c, cada uno de los cuales define una trayectoria eléctrica distinta. Las secciones de cable adicionales que se extienden desde la primera sección de cable 130a también se pueden configurar para incluir solo dos conductores, cada uno de los cuales define una trayectoria eléctrica distinta. Cada conductor 131b, 131c, 132b, 132c de las secciones de cable adicionales 130b, 130c está conectado eléctricamente a uno respectivo de los conductores 131a, 132a de la primera sección de cable 130a. Por lo tanto, el cable 130 incluye solo dos conductores o trayectorias eléctricamente distintos o separados que tienen diferentes potenciales eléctricos, aunque la primera sección de cable 130a y la primera y segunda secciones de cable adicionales 130b, 130c incluyen cada una primer y segundo conductores. Por consiguiente, como se usa en esta invención, la referencia al cable 130 que tiene "solo dos conductores" se refiere a una configuración que tiene solo dos trayectorias eléctricas, cada una con un potencial eléctrico diferente.

El cable 130 conecta eléctricamente el transductor ultrasónico 140 al sistema ultrasónico de medición de espesor de pared 110. Más específicamente, el primer conductor 131a de la primera sección de cable 130a y el primer conductor 131b de la primera sección de cable adicional 130b conectan el transductor ultrasónico 140 a los circuitos de protección de AV 113 y el transmisor/receptor de pulsos 115, y el segundo conductor 132a de la primera sección de cable 130a y el segundo conductor 132b de la primera sección de cable adicional 130b conectan el transductor ultrasónico 140 tanto a los circuitos de protección de AV 113 como al transmisor/receptor de pulsos 115. El cable 130 puede extenderse una distancia sustancial entre la ubicación del transductor ultrasónico 140 y la ubicación del sistema ultrasónico de medición de pared 110. Por ejemplo, el cable 130 puede extenderse una distancia de más de 100 pies.

El cable 130 también está conectado al sistema de medición de temperatura 120 en una posición próxima a la sección del activo 200 que se va a medir. Más específicamente, la segunda sección de cable adicional 130c está conectada a la primera sección de cable 130a y la primera sección de cable adicional 130b a través del divisor 133. Además, el primer conductor 131c y el segundo conductor 132c de la segunda sección de cable adicional 130c están conectados a los circuitos de protección de AT 121. El sistema de medición de temperatura 120 puede ubicarse de forma remota al sistema ultrasónico de medición de espesor de pared 110. Por ejemplo, el sistema de medición de temperatura 120 puede ubicarse a más de 100 pies de distancia del sistema ultrasónico de medición de espesor de pared 110.

Con referencia a la Figura 3, se representa un diagrama de flujo de un procedimiento para realizar una medición del espesor de pared de la sección del activo 200 usando el sistema 100. En la etapa 155, se transmite un pulso ultrasónico desde el sistema ultrasónico de medición de pared 110 al transductor ultrasónico 140. Más específicamente, el controlador 112 genera y transmite una instrucción o comando al transmisor/receptor de pulsos 115 para enviar un pulso de alto voltaje 180 (Figura 4) al transductor ultrasónico 140. En una realización, el pulso de alto voltaje puede tener una duración de aproximadamente 100 ns y tener un voltaje de entre 30-90 V. Como se representa, el pulso de alto voltaje 180 se desplaza a lo largo del segundo conductor 132a de la primera sección de cable 130a y el segundo conductor 132b de la primera sección de cable adicional 130b hasta alcanzar el transductor ultrasónico 140. El pulso de alto voltaje 180 hace que el elemento piezoeléctrico 141 del transductor ultrasónico 140 genere una onda ultrasónica que pasa a través del elemento espaciador 142 hacia el activo 200. Los circuitos de protección de AT 121 filtran, bloquean o limitan el pulso de alto voltaje 180 para que no pase más adentro del sistema de medición de temperatura 120.

En la etapa 156, se miden las señales reflejadas del transductor ultrasónico. Más específicamente, una porción de la onda ultrasónica es reflejada de vuelta por la primera superficie o cerca de la superficie 201 para crear una onda de eco de entrada que es recibida por el elemento piezoeléctrico 141 y convertida en una forma de onda eléctrica analógica representada en 181 en la Figura 4. La forma de onda analógica de la onda de eco de entrada 181 se transmite a lo largo del cable 130 y se recibe en la sección receptora 115b del transmisor/receptor de pulsos 115 y viaja al convertidor analógico a digital 116 y luego al controlador 112.

Una segunda porción de la onda ultrasónica generada por el elemento piezoeléctrico 141 se desplaza a través del activo 200 y es reflejada por la segunda superficie o superficie lejana 202 para crear una onda de eco de la pared posterior que es recibida por los elementos piezoeléctricos y convertida en una forma de onda eléctrica analógica representada en 182. La forma de onda eléctrica analógica de la onda de eco de la pared posterior 182 se transmite a lo largo del cable 130 y se recibe en la sección receptora 115b del transmisor/receptor de pulsos 115 y viaja al convertidor analógico a digital 116 y luego al controlador 112.

La interfaz de comunicaciones en serie 114, así como la fuente de energía 111, están protegidas del pulso de alto voltaje generado por el receptor de pulso/transmisor 115 por los circuitos de protección de alto voltaje 113. Además, aunque el segundo conductor 132a de la primera sección de cable 130a está conectado eléctricamente al segundo conductor 132c de la segunda sección de cable adicional 130c, el almacenamiento de energía 122, la interfaz de

comunicaciones en serie 123, el controlador 124 y el instrumento de medición de temperatura 125 están protegidos del pulso de alta tensión generado por el transmisor/receptor de pulsos 115 por los circuitos de protección de alta tensión 121.

5 En la etapa 157, se puede determinar la temperatura en o adyacente al transductor ultrasónico 140. Para hacerlo, el controlador 112 genera y transmite una instrucción o comando a la fuente de energía 111 para enviar una señal adecuada a través del segundo conductor 132a de la primera sección de cable 130a y el segundo conductor 132c de la segunda sección de cable adicional 130c al sistema de medición de temperatura 120. En una realización, la señal puede tener una duración de entre 10-300 ms y un intervalo de voltaje de 1,8-5,0 V. La señal o señales utilizadas para cargar el conjunto de almacenamiento de energía 122 se representan en 183 en la Figura 4. La señal 183 enviada por la fuente de energía 111 es suficiente para cargar el conjunto de almacenamiento de energía 122. Debido a la naturaleza de baja frecuencia de la señal, esta pasa a través de los circuitos de protección de alta tensión 121.

15 Después de un período de tiempo predeterminado (es decir, un tiempo suficiente para permitir que el conjunto de almacenamiento de energía 122 se cargue lo suficiente), el controlador 112 puede generar y transmitir una instrucción o comando de medición de temperatura digital 184 a través de la interfaz de comunicación en serie 114 y los circuitos de protección de alto voltaje 113 al sistema de medición de temperatura 120. Más específicamente, la instrucción o comando de medición de temperatura digital 184 pasa a lo largo del segundo conductor 132a de la primera sección de cable 130a y el segundo conductor 132c de la segunda sección de cable adicional 130c, a través de los circuitos de protección de alto voltaje 121 y la interfaz de comunicación en serie 123 al controlador 124. En un ejemplo, la instrucción o comando de medición de temperatura 184 puede enviarse a una tasa de aproximadamente 10 kHz de modo que pase a través de los circuitos de protección de alto voltaje 121.

25 Al recibir la instrucción o comando de medición de temperatura 184, el controlador 124 puede generar y transmitir una señal al instrumento de medición de temperatura 125 para leer la resistencia en el elemento de detección de temperatura 150. El instrumento de medición de temperatura 125 lee la resistencia en el elemento de detección de temperatura 150 y envía la información al controlador 124. En una realización, el controlador 124 puede determinar la lectura de temperatura a escala en el elemento de detección de temperatura 150, tal como a través de tablas de búsqueda asociadas con el controlador 124 y enviar la lectura de temperatura a escala y cualquier otro dato deseado (la lectura de temperatura a escala y cualquier otro dato indicado en 185) a través de la interfaz de comunicaciones en serie 124 utilizando el protocolo de datos en serie y de vuelta a través del segundo conductor 132c de la segunda sección de cable adicional 130c y el segundo conductor 132a de la primera sección de cable 130a al sistema ultrasónico de medición de espesor de pared 110. En el sistema ultrasónico de medición de espesor de pared 110, los datos 185 pasan a través de los circuitos de protección de alto voltaje 113 y la interfaz de comunicaciones en serie 114 al controlador 112. En un ejemplo, los datos 185 pueden enviarse a una tasa de aproximadamente 10 kHz de modo que pasen a través de los circuitos de protección de alto voltaje 113 y los circuitos de protección de alto voltaje 121.

35 En una realización alternativa, el controlador 124 puede transmitir las señales o datos del sensor de temperatura sin procesar al controlador 112 y el controlador 112 puede realizar el análisis de la temperatura en el elemento de detección de temperatura 150.

40 La señal 183 utilizada para cargar el conjunto de almacenamiento de energía 122, la señal de instrucción de medición de temperatura de señal 184 y los datos 185 son cada uno de una frecuencia y voltaje lo suficientemente bajos como para que no exciten suficientemente el elemento piezoeléctrico 141 del conjunto transductor 140.

45 Aunque se representa con las etapas 155-156 ocurriendo antes de la etapa 157, el procedimiento de medición de temperatura puede ocurrir antes del procedimiento de medición ultrasónica. En cualquier caso, normalmente es deseable realizar ambas operaciones de forma relativamente contemporánea o cercana en el tiempo. Sin embargo, puede ser deseable no realizar los procedimientos simultáneamente ya que las señales o formas de onda reflectantes generadas en la etapa 156 pueden ser señales analógicas relativamente pequeñas o débiles y la superposición con las diversas señales digitales generadas en la etapa 157 puede reducir la precisión o complicar el análisis de las señales analógicas reflejadas. En otras realizaciones, se pueden usar sistemas de filtro y realizar las operaciones simultáneamente.

En la etapa 158, el controlador 112 puede determinar el espesor de pared S del activo 200 con la siguiente fórmula:

$$S = V(temp) \cdot \frac{t}{2} \quad (1)$$

50 donde $V(temp)$ es la velocidad del sonido según la temperatura y t es el tiempo entre la onda de eco de entrada y la onda de eco de la pared posterior. El controlador 112 puede calcular el tiempo entre la onda de eco de entrada y la onda de eco de la pared posterior de cualquier manera deseada. En un ejemplo, el controlador puede determinar el tiempo entre los picos de la onda de eco de entrada y la onda de eco de la pared posterior. En una realización, el controlador 112 puede determinar la velocidad del sonido según la temperatura según los datos de una tabla de búsqueda dentro o asociada con el controlador. Se contemplan otras formas de determinar el espesor de pared compensado por temperatura. Por ejemplo, un espesor de pared compensado por temperatura puede determinarse

según lecturas de espesor realizadas a dos o más temperaturas diferentes.

En la etapa 159, el controlador 112 puede transmitir los datos de espesor de pared junto con otros datos tales como fecha y hora, temperatura asociada y otra información deseada a una interfaz de usuario y/o la nube 160. Además, dichos datos pueden almacenarse dentro de una base de datos 170.

5 Se contemplan varias configuraciones alternativas donde los datos de al menos dos sensores se envían a través de un cable 130 que tiene solo dos conductores. El sistema descrito permite el uso de un primer sensor analógico tal como el transductor ultrasónico 140 y un sensor digital tal como el instrumento de medición de temperatura 125 y el elemento de detección de temperatura 150. También se podrían usar otros sensores analógicos, incluidos sensores de vibración. Además, también se podrían usar otros sensores digitales que incluyen sensores de presión, sensores de humedad y sensores de luz.

10 Además, en una realización, el instrumento de medición de temperatura 125 puede incluir funcionalidad adicional y el controlador 124 eliminado. En una realización, el instrumento de medición de temperatura 125 puede recibir instrucciones del controlador 112. En otra realización, el instrumento de medición de temperatura puede incluir la funcionalidad del controlador 124 necesaria para realizar las operaciones deseadas.

15 Aún más, aunque cada uno de los circuitos de protección de alto voltaje 113, 121 se describe como filtros de paso bajo, ya que el pulso de alto voltaje tiene una frecuencia relativamente alta, se contemplan otras configuraciones. Por ejemplo, dado que el pulso eléctrico generado por el transmisor/receptor de pulsos 115 tiene un voltaje relativamente alto, los circuitos de protección de alto voltaje pueden configurarse para limitar la amplitud de cualquier señal que pase. En una realización, los circuitos de protección de alto voltaje pueden configurarse con un diodo Zener para limitar el voltaje de las señales que pueden pasar.

20 Además, el instrumento de medición de temperatura 125 puede conectarse de forma operativa a un segundo dispositivo de detección de temperatura (no se muestra). Por ejemplo, el segundo dispositivo de detección de temperatura puede estar conectado operativamente al transductor ultrasónico 140 para determinar la temperatura en una ubicación en el transductor. Además, en una realización, uno o más elementos de detección de temperatura 150 u otros sensores digitales pueden estar conectados operativamente a un sensor analógico, tal como para determinar las características del sensor analógico o el entorno operativo del sensor analógico.

25 A partir de lo anterior, puede entenderse que la solución de dos alambres o dos conductores descrita e ilustrada en esta invención permite la instalación y el uso de un sistema de análisis de espesor de pared con compensación de temperatura al mismo costo de cableado que un sistema de análisis de espesor de pared sin compensación de temperatura. Además, el cableado de medición ultrasónico de dos alambres existente se puede reutilizar para proporcionar información de medición tanto del espesor de la pared como de la temperatura. En general, en entornos industriales, por ejemplo, refinerías, oleoductos, plantas de la industria pesada, el coste del cableado de una nueva instalación de instrumentos puede ser un porcentaje sustancial del coste total de la instalación. Reducir el número de alambres necesarios o reutilizar el cableado existente proporciona un ahorro de costes significativo.

30 Se apreciará que la descripción anterior proporciona ejemplos del sistema y la técnica descritos. Sin embargo, se contempla que otras implementaciones de la descripción pueden diferir en detalle de los ejemplos anteriores. Todas las referencias a la descripción o ejemplos de la misma pretenden hacer referencia al ejemplo particular que se analiza en ese momento y no pretenden implicar ninguna limitación en cuanto al alcance de la descripción de manera más general. Todo lenguaje de distinción y menosprecio con respecto a ciertas características pretende indicar una falta de preferencia por esas características, pero no excluirlas del alcance de la descripción por completo a menos que se indique lo contrario.

35 Se pretende simplemente que la enumeración de intervalos de valores en esta invención sirva como un procedimiento abreviado para referirse individualmente a cada valor separado que se encuentra dentro del intervalo, a menos que se indique lo contrario en esta invención, y cada valor separado se incorpora a la memoria descriptiva como si se mencionara individualmente en esta invención. Todos los procedimientos descritos en esta invención se pueden realizar en cualquier orden adecuado a menos que se indique lo contrario en esta invención o que se contradiga claramente por el contexto.

40 La descripción abarca cualquier combinación de los elementos descritos anteriormente en todas sus posibles variaciones, a menos que se indique lo contrario en esta invención o el contexto lo contradiga claramente. Aún más, las ventajas descritas en esta invención pueden no ser aplicables a todas las realizaciones abarcadas por las reivindicaciones.

50

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de medición ultrasónica (100), que comprende:
un aparato base, el aparato base incluye:
una fuente de energía (111);
5 un transmisor/receptor de impulsos (115); y
un controlador del aparato base (112) conectado operativamente a la fuente de energía (111) y al transmisor/receptor de impulsos (115);
un conjunto transductor ultrasónico (140) alejado del aparato base, el conjunto transductor ultrasónico (140) incluye un elemento piezoeléctrico (141);
10 un sistema de detección de temperatura (120) alejado del aparato base, incluyendo el sistema de detección de temperatura (120) un instrumento de medición de temperatura (125) conectado operativamente a un sensor de temperatura (150); y
un cable eléctrico (130), el cable eléctrico (130) incluye conductores eléctricos primero y segundo (131, 132), los conductores primero y segundo (131, 132) conectan eléctricamente el aparato base, el conjunto transductor
15 ultrasónico (140) y el sistema de detección de temperatura (120),
donde el cable incluye solo dos conductores eléctricamente distintos.
2. El sistema (100) según la reivindicación 1, donde la fuente de energía, el transmisor/receptor de pulsos (115) y el instrumento de medición de temperatura están conectados operativamente al primer y segundo conductores (131, 132).
- 20 3. El sistema (100) según la reivindicación 1, donde el controlador del aparato base (112) está configurado para:
generar un comando para que el transmisor/receptor de pulsos (115) genere un pulso eléctrico;
recibir, desde el transmisor/receptor de pulsos (115), señales indicativas de ondas reflectantes recibidas por el
conjunto transductor ultrasónico (140); y
25 generar un comando para que el instrumento de detección de temperatura mida una temperatura en el sensor de temperatura (150), preferentemente el controlador del aparato base (112) está configurado además para recibir señales digitales del instrumento de medición de temperatura indicativas de una temperatura en el sensor de temperatura (150).
- 30 4. El sistema (100) según la reivindicación 3, donde el conjunto transductor ultrasónico (140) está dispuesto adyacente a un objeto y el sensor de temperatura (150) está dispuesto adyacente al conjunto transductor ultrasónico (140), y el controlador del aparato base (112) está configurado además para determinar un espesor del objeto según la temporización de las señales indicativas de las ondas reflectantes, y las señales de temperatura del instrumento de medición de temperatura.
- 35 5. El sistema (100) según la reivindicación 1, donde el sistema de detección de temperatura (120) incluye además un conjunto de almacenamiento de energía (122) dispuesto en el sistema de detección de temperatura (120), donde el conjunto de almacenamiento de energía (122) está conectado eléctricamente al primer y segundo conductores (131, 132) del cable (130) y está configurado además para proporcionar energía a al menos algunos componentes del sistema de detección de temperatura (120), preferiblemente el controlador del aparato base (112) está configurado para generar un comando para que la fuente de energía (111) genere una señal de carga para cargar el conjunto de almacenamiento de energía (122).
40
6. El sistema (100) según la reivindicación 1, donde el sistema de detección de temperatura (120) incluye además circuitos de filtro para aislar eléctricamente el sistema de detección de temperatura (120) de los pulsos eléctricos transmitidos por el aparato base, preferiblemente los circuitos de filtro están dispuestos entre el primer y segundo conductores (131, 132) del cable (130) y otros componentes del sistema de detección de temperatura (120) y/o más preferiblemente los circuitos de filtro son un filtro de paso bajo.
45
7. Un procedimiento de medición de un espesor de un objeto, comprendiendo el procedimiento:
a) transmitir un pulso eléctrico desde un aparato base a lo largo de un cable (130) que tiene conductores primero y segundo (131, 132) a un conjunto transductor ultrasónico (140) alejado del aparato base, haciendo el pulso eléctrico que el conjunto transductor ultrasónico (140) genere una onda ultrasónica;
50 b) dirigir la onda ultrasónica hacia el objeto;

- c) transmitir desde el conjunto transductor ultrasónico (140) al aparato base una señal eléctrica analógica indicativa de una onda de eco de entrada generada cuando la onda ultrasónica entra en una primera pared del objeto;
- 5 d) transmitir desde el conjunto transductor ultrasónico (140) al aparato base una señal eléctrica analógica indicativa de una onda de eco de la pared posterior generada cuando la onda ultrasónica se refleja en una segunda pared del objeto;
- e) transmitir una instrucción digital de medición de temperatura desde el aparato base a lo largo del primer y segundo conductores (131, 132) del cable (130) a un sistema de detección de temperatura (120) alejado del aparato base;
- f) determinar una temperatura del objeto adyacente al conjunto transductor ultrasónico (140);
- 10 g) transmitir señales de temperatura indicativas de la temperatura del objeto adyacente al conjunto transductor ultrasónico (140) desde el sistema de detección de temperatura (120) a lo largo del primer y segundo conductores (131, 132) del cable (130) al aparato base; y
- 15 h) determinar el espesor del objeto según la temporización de la onda de eco de entrada, la temporización de la onda de eco de la pared posterior y las señales de temperatura del sistema de detección de temperatura (120), donde el cable incluye solo dos conductores eléctricamente distintos.
8. El procedimiento según la reivindicación 7, que comprende además proporcionar energía periódicamente desde un conjunto de almacenamiento de energía (122) dispuesto en el sistema de detección de temperatura (120) para proporcionar energía a al menos algunos componentes del sistema de detección de temperatura (120).
- 20 9. El procedimiento según la reivindicación 8, que comprende además cargar periódicamente el conjunto de almacenamiento de energía (122).
10. El procedimiento según la reivindicación 9, que comprende además transmitir una señal de carga desde el aparato base a lo largo del primer y segundo conductores (131, 132) del cable (130) al conjunto de almacenamiento de energía (122) para cargar el conjunto de almacenamiento de energía (122).
- 25 11. El procedimiento según la reivindicación 7, que incluye además proteger eléctricamente el sistema de detección de temperatura (120) del pulso eléctrico transmitido por el aparato base.
12. El procedimiento según la reivindicación 11, donde la etapa de protección eléctrica incluye disponer circuitos de filtro entre el primer y segundo conductores (131, 132) del cable (130) y otros componentes del sistema de detección de temperatura (120).
- 30 13. El procedimiento según la reivindicación 12, donde los circuitos de filtro son un filtro de paso bajo.
14. El procedimiento según la reivindicación 7, donde las etapas a)-g) se producen en la proximidad temporal entre sí y las etapas a)-d) no se superponen en el tiempo con las etapas e)-g).

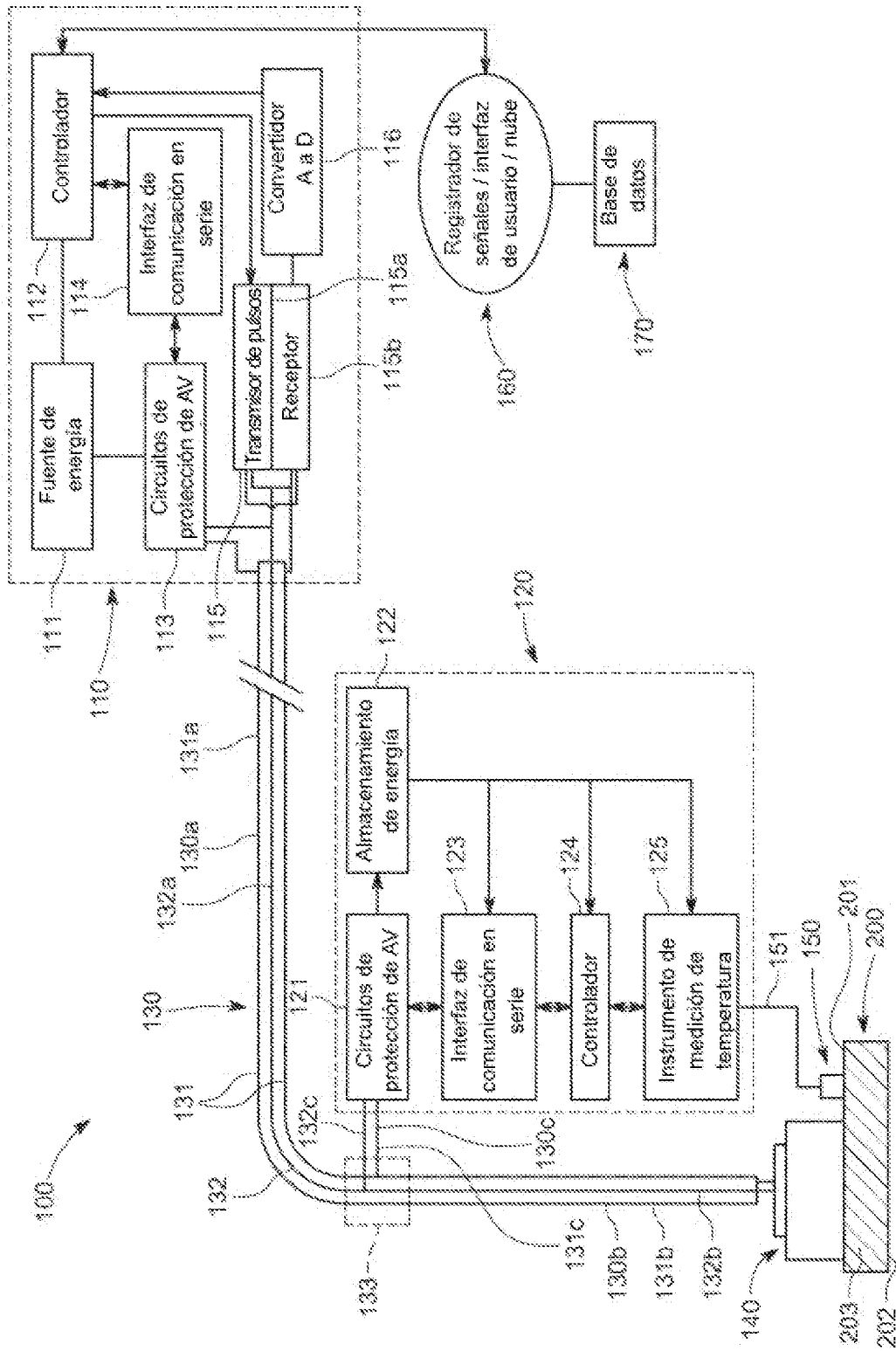


FIG. 1

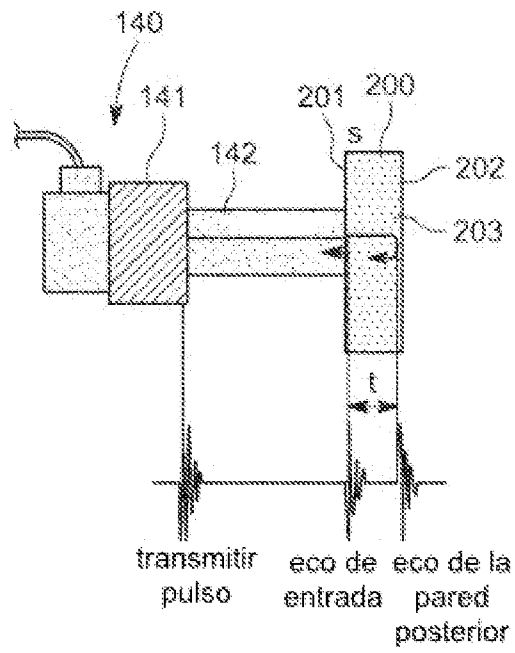


FIG. 2

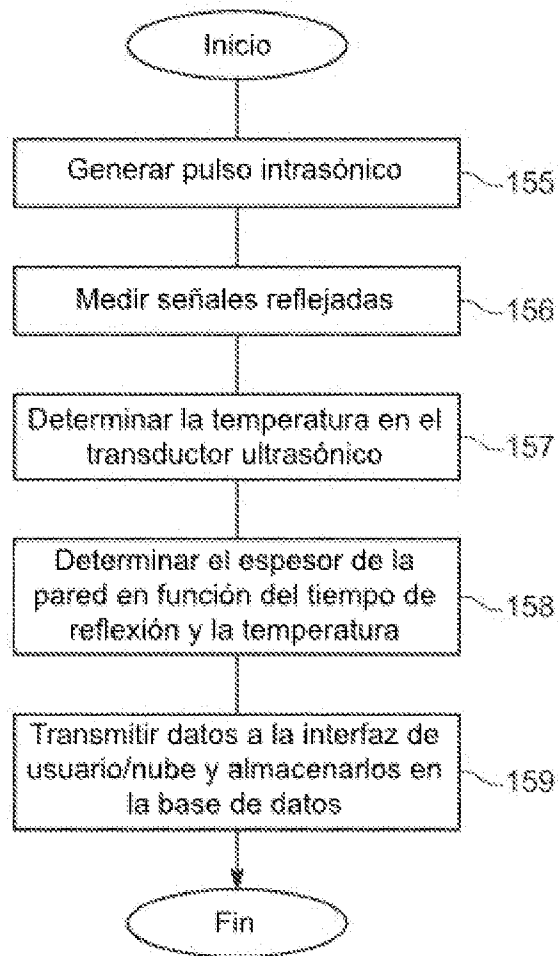


FIG. 3

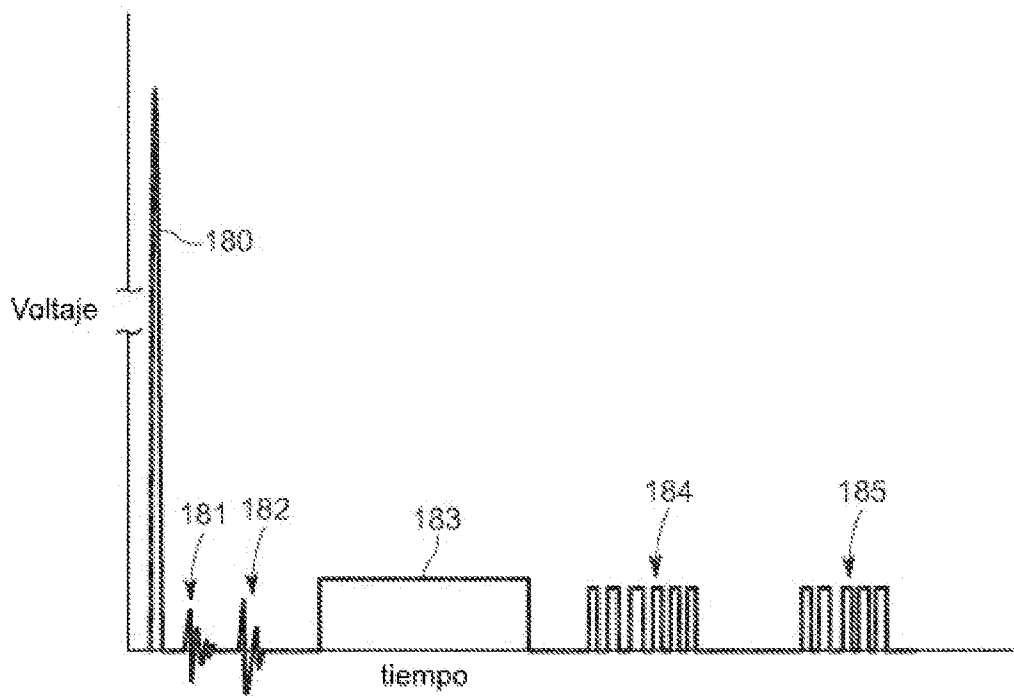


FIG. 4