

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 991 159**

51 Int. Cl.:

G01B 17/02 (2006.01)

G01N 29/04 (2006.01)

G01N 29/22 (2006.01)

G01N 29/07 (2006.01)

G01N 29/32 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.09.2019** **PCT/US2019/052526**

87 Fecha y número de publicación internacional: **02.04.2020** **WO20068710**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.09.2019** **E 19864627 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.08.2024** **EP 3857166**

54 Título: **Sistema para monitorizar un grosor de uno o más activos usando un sistema de medición ultrasónica, un módulo de conmutadores de multiplexor y una conexión biconductor y un método para realizar el mismo**

30 Prioridad:

24.09.2018 US 201862735564 P

22.03.2019 WO PCT/US2019/023613

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
02.12.2024

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

KLOZA, MARIUSZ;
VELARDE, RAY y
CHERNYSHOV, ALEXANDER S.

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 991 159 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 para monitorizar un grosor de uno o más activos usando un sistema de medición ultrasónica, un módulo de conmutadores de multiplexor y una conexión biconductor y un método para realizar el mismo

Campo Técnico

5 La presente divulgación se refiere en general a sistemas de medición ultrasónica que monitorizan el adelgazamiento de paredes en refinerías, tuberías, fábricas de papel, centrales eléctricas y otras centrales industriales pesadas. La presente divulgación se refiere más particularmente a un sistema de monitorización de un grosor de uno o más activos usando un sistema de medición ultrasónica, un módulo de conmutadores de multiplexor y una conexión biconductor, y un método para realizar el mismo.

Antecedentes

10 El documento US 2004/255678 A1 describe un aparato no destructivo que utiliza una onda guiada. El aparato no destructivo tiene un aparato de formación de forma de onda para formar una forma de onda de transmisión empleando una forma de onda de referencia, un elemento de transmisión para generar la onda guiada dentro de un objeto bajo inspección basándose en la forma de onda de transmisión, un elemento de recepción para recibir una onda de reflexión de la onda guiada desde una región de inspección del objeto bajo inspección, un aparato de análisis para emitir información de inspección que se adquiere basándose en la forma de onda de recepción de la onda de reflexión recibida por el elemento de recepción, y el aparato de visualización para visualizar la información de inspección.

15 El documento US 2016/109411 A1 describe un sistema de detección por ultrasonidos para monitorizar el estado o la integridad de una estructura, que comprende (a) una pluralidad de sensores de ultrasonidos, estando configurado cada sensor para recibir al menos una primera señal eléctrica, transmitir una señal de ultrasonidos en respuesta a la primera señal eléctrica, recibir al menos una señal de ultrasonidos reflejada, y transmitir una segunda señal eléctrica en respuesta a la señal de ultrasonidos reflejada, siendo analógicas las señales eléctricas primera y segunda; (b) al menos una interfaz de sensor digital (DSI) a la que pueden conectarse al menos una parte de los sensores, estando configurado la DSI para transmitir la primera señal eléctrica y recibir la segunda señal eléctrica, y para generar una señal de exploración A basándose en las señales eléctricas primera y segunda para cada sensor, teniendo la DSI circuitos para transmitir una señal digital basándose directa o indirectamente en al menos la señal de exploración A, incluyendo la señal digital una dirección correspondiente a la por lo menos una DSI; (c) un bus digital configurado para recibir la señal digital desde al menos una DSI; (d) una interfaz de usuario conectada al bus para recibir la señal digital; y en donde los sensores se montan semipermanentemente en la estructura y la DSI también se monta semipermanentemente en o adyacente a la estructura que se está monitorizando.

20 El documento JP H11 118457 A describe una pluralidad de unidades de oscilador ultrasónico que comprenden cada una un material retardante de ondas ultrasónicas y un oscilador ultrasónico que se disponen uni- o bidimensionalmente para obtener distribuciones de sondas ultrasónicas. Se asignan secuencialmente señales de impulso ultrasónicas a la pluralidad de unidades de oscilador ultrasónico de cada una de las distribuciones de sondas ultrasónicas por medio de un conmutador de tiempo compartido, y se mide el grosor de un recubrimiento usando las señales de impulso reflejadas desde el recubrimiento. Los objetos de medición, es decir, el grosor de recubrimiento y los defectos en una base, etc., pueden detectarse con seguridad en un intervalo uni- o bidimensional muy amplio a través de un pequeño número de operaciones de medición.

25 El documento US 2011/245677 A1 describe un aparato de diagnóstico por ultrasonidos que comprende: una sonda de ultrasonidos que tiene una pluralidad de transductores de ultrasonidos; un cuerpo de aparato que suministra señales de accionamiento analógicas a los transductores de ultrasonidos y genera imágenes de ultrasonidos basándose en señales de recepción emitidas desde los transductores de ultrasonidos; y un cable de conexión que conecta la sonda de ultrasonidos y el cuerpo de aparato, comprendiendo la sonda de ultrasonidos: una pluralidad de circuitos de recepción, incluyendo cada uno un preamplificador que amplifica la señal de recepción emitida desde uno de los transductores de ultrasonidos y un convertidor A/D que convierte la señal de recepción amplificada.

30 Existe una demanda para monitorizar continuamente la salud de diversas plantas, por ejemplo, refinerías, tuberías, fábricas de papel, centrales eléctricas y otras plantas de la industria pesada, que tienen activos, tales como tuberías, embarcaciones, válvulas y calderas, que tienen grosores de pared que pueden cambiar o degradarse con el tiempo. La integridad del activo puede inspeccionarse durante el funcionamiento (es decir, en línea o "en flujo") o durante los retornos en los que toda la planta o ciertos activos se apagan.

35 Una selección de técnicas de ensayo no destructivas está cubierta por las normas de la industria gubernamental tales como API 510 o API 570. En general, se pueden distinguir entre técnicas de inspección de superficies como pruebas visuales, pruebas de partículas magnéticas y pruebas de penetración de líquidos, y técnicas de inspección volumétrica tales como pruebas radiográficas y pruebas ultrasónicas. La prueba de grosor de pared ultrasónica complementada por la prueba radiográfica es la técnica de inspección más común usada en el campo. La inspección ultrasónica en la inspección rutinaria convencional de plantas usa transductores ultrasónicos de alta temperatura de un solo elemento, que incluyen cada uno un elemento piezoeléctrico, para inspeccionar los activos para el adelgazamiento de paredes o para inspeccionar los activos de una forma simple.

La inspección ultrasónica se logra típicamente enviando y recibiendo impulsos eléctricos desde un aparato de base que tiene un dispositivo de producción de señal a un transductor montado en el activo que convierte los impulsos eléctricos en ondas ultrasónicas que pueden propagarse a través del activo para inspección no destructiva. Las ondas ultrasónicas pueden reflejarse desde las superficies del activo de vuelta al transductor que puede reconvertir las ondas en impulsos eléctricos y dirigirlas de vuelta al aparato de base para un análisis adicional. El aparato de base y el transductor pueden conectarse por un cable que tiene conductores para transmitir los impulsos eléctricos. Si el activo cuyo grosor se va a medir es una tubería proporcionada en una planta, la sección del activo y el aparato de base con el dispositivo de procesamiento de señales a menudo están relativamente distantes entre sí, por ejemplo, distancias de hasta 30,5 m (cien pies). Por consiguiente, puede requerirse una longitud significativa de cable para conectar el aparato de base y el transductor montado en el activo.

Una práctica común actual es utilizar un cableado dedicado entre cada uno de los transductores individuales ubicados en diversas posiciones alrededor de un activo o activos y el aparato de base. El cable coaxial de dos conductores es el cable más común usado para el cableado de transductores ultrasónicos a la estación base. El cable biconductor puede conducir diversas señales e impulsos para realizar la medición de los activos. Sin embargo, se puede apreciar que la instalación de cableado puede ser un coste significativo en la realización de mediciones ultrasónicas de pared.

Además, los activos, especialmente en el caso de una tubería, pueden tener una dimensión sustancial y requieren que se realicen mediciones ultrasónicas en múltiples ubicaciones para determinar el grosor de, por ejemplo, una tubería a lo largo de su longitud. Por consiguiente, puede haber un tiempo y un esfuerzo sustanciales requeridos para recolocar repetidamente el transductor ultrasónico en tales ubicaciones remotas para obtener una inspección exhaustiva del activo. Ciertas personas apreciarían un sistema de medición ultrasónica que, sin cableado adicional y aparatos de base, permite el uso de una pluralidad de sensores ultrasónicos.

La discusión anterior sobre los antecedentes está destinada únicamente a ayudar al lector. No se pretende limitar las innovaciones descritas en esta memoria, ni limitar o ampliar la técnica anterior analizada. Por lo tanto, no debe tomarse la discusión anterior para indicar que cualquier elemento particular de un sistema anterior no es adecuado para su uso con las innovaciones descritas en esta memoria, ni pretende indicar que cualquier elemento es esencial en la implementación de las innovaciones descritas en esta memoria. Las implementaciones y la aplicación de las innovaciones descritas en esta memoria se definen por las reivindicaciones adjuntas.

Compendio

En un aspecto de la divulgación, se proporciona un sistema para la medición ultrasónica de un activo tal como la pared de una tubería o un tanque. El sistema puede incluir un aparato de base y uno o más elementos de detección ultrasónica ubicados remotamente del aparato de base. Un módulo de conmutadores de multiplexor que incluye uno o más conmutadores individuales puede funcionar como la interfaz entre el aparato de base y los elementos de detección. Un conector primario de dos conductores que tiene un conductor primero y segundo puede usarse para conectar el aparato de base al módulo de conmutadores de multiplexor. Se puede usar una segunda conexión para conectar el módulo de conmutadores de multiplexor a cada elemento de detección respectivo. El aparato de base puede transmitir señales e impulsos al módulo de conmutadores de multiplexor a través del conector primario de dos conductores, y el elemento de conmutación multiplexor se configura para permitir que los impulsos se comuniquen con uno o más de los elementos de detección a través de las segundas conexiones respectivas cuando uno respectivo de los conmutadores individuales está cerrado.

Breve descripción de los dibujos

Diversos objetos, características y ventajas relacionadas se apreciarán más completamente a medida que se comprenda mejor lo mismo cuando se considere junto con los dibujos adjuntos en los que caracteres de referencia similares designan partes iguales o similares a lo largo de las varias vistas, y en las que:

la FIG. 1 ilustra características de una realización del sistema para medir el grosor de un activo en una pluralidad de ubicaciones como se describe en esta memoria;

la FIG. 2 ilustra un elemento de detección ultrasónica ejemplar y un activo a medir;

la FIG. 3 ilustra un diagrama de flujo de un proceso para determinar el grosor de un activo según los principios divulgados en esta memoria;

la FIG. 4 ilustra un gráfico simulado que representa la tensión en función del tiempo del sistema de medición descrito en esta memoria;

la FIG. 5 ilustra una vista esquemática de una realización de un módulo de conmutadores de multiplexor según los principios descritos en esta memoria;

la FIG. 6 ilustra una vista esquemática de una segunda realización de un módulo de conmutadores de multiplexor según los principios descritos en esta memoria;

la FIG. 7 ilustra otra vista esquemática de una tercera realización de un módulo de conmutadores de multiplexor según los principios descritos en esta memoria;

la FIG. 8 ilustra una realización alternativa del módulo de conmutadores de multiplexor de la FIG. 1 configurado además para medir la temperatura usando una pluralidad de instrumentos de medición de temperatura en/cerca del activo que se inspecciona; y

la FIG. 9 ilustra una realización alternativa del módulo de conmutadores de multiplexor de la FIG. 1 configurado además para medir la temperatura en una pluralidad de ubicaciones usando un único instrumento de medición de temperatura.

Descripción detallada

La siguiente descripción pretende transmitir el funcionamiento de realizaciones ejemplares de la innovación a los expertos en la técnica. Se apreciará que esta descripción está destinada a ayudar al lector, no a limitar la innovación. Como tal, las referencias a un rasgo o aspecto están destinadas a describir un rasgo o aspecto de una realización de la innovación, no para implicar que cada realización de la innovación deba tener la característica descrita. Además, debe observarse que la descripción detallada representada ilustra varias características. Aunque ciertas características se han combinado juntas para ilustrar diseños de sistemas potenciales, 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, ya que el alcance completo de la presente invención está limitado solamente por las reivindicaciones adjuntas.

La FIG. 1 ilustra características de una realización de un sistema 100 que es operativo para permitir la medición del grosor de pared en una pluralidad de ubicaciones de uno o más activos 200 mientras se minimiza el número de componentes y cables. El sistema 100 incluye un sistema ultrasónico de medición de grosor de pared 110, un módulo de conmutadores de multiplexor 120, una conexión primaria 130 de dos conductores, uno o más elementos de detección ultrasónicos que, en algunas realizaciones, pueden ser transductores ultrasónicos 140, una o más conexiones secundarias 150, una interfaz de usuario 160 basada en la nube y una base de datos 170.

El sistema ultrasónico de medición de grosor de pared 110 puede configurarse como una unidad base que incluye una fuente de alimentación 111, un controlador 112, circuitos de protección de alta tensión (HV) 113, una interfaz de comunicaciones en serie 114, un transmisor de impulsos 115a y un receptor de impulsos 115b, que pueden combinarse entre sí como un transmisor/receptor combinado 115, y un convertidor analógico-digital 116 que se comunican entre sí como se ilustra en la FIG. 1. La fuente de alimentación 111 se configura para proporcionar energía al sistema ultrasónico de medición de grosor de pared 110 que incluye el controlador 112 y también suministrar energía al módulo de conmutadores de multiplexor 120 como se describe con más detalle a continuación. El controlador 112 también puede configurarse para comunicarse con la interfaz de usuario basada en la nube 160, que, a su vez, se configura para comunicarse con la base de datos 170.

La circuitería de protección de alta tensión 113 se configura para proteger la interfaz de comunicación en serie 114 de la potencia suministrada por la fuente de alimentación 111 y de los impulsos generados por el transmisor de impulsos 115a. La circuitería de protección de alta tensión 113 puede configurarse como un filtro de paso bajo en el que se permite que pasen las señales de menor frecuencia y menor potencia de la fuente de alimentación 111 mientras que los impulsos de mayor frecuencia y mayor tensión generados por el transmisor de impulsos 115a y transmitidos a lo largo de la conexión primaria biconductor 130 se bloquean o filtran.

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 de comunicación y/o dispositivos y cualquier otro componente para ejecutar una aplicación. La memoria y los dispositivos de almacenamiento secundarios pueden tener la forma de memoria de solo lectura (ROM), memoria de acceso aleatorio (RAM), memoria borrable eléctricamente (EPROM o FLASH) o circuitos integrados que son accesibles por el controlador 112. Otros diversos circuitos pueden asociarse con el controlador 112 tales como circuitos de fuente de alimentación, circuitos de acondicionamiento de señal, circuitos de controlador y otros tipos de circuitos.

El controlador 112 puede ser un solo controlador o puede incluir más de un controlador configurado para controlar diversas funciones y/o características del sistema 100. El término "controlador" pretende usarse en su sentido más amplio para incluir uno o más controladores y/o microprocesadores que pueden asociarse con el sistema 100 y que pueden cooperar en el control de diversas funciones y operaciones del sistema 100. 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 112. 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 ubicarse como parte del sistema de medición de grosor de pared 110 y, en algunos casos, también puede incluir componentes ubicados

remotamente del sistema de medición de grosor 110.

Aunque la interfaz de comunicaciones en serie 114 específica usada puede variar, la interfaz de comunicaciones en serie 114 más común es un puerto serie asíncrono con patillas de transmisión y recepción en cortocircuito en el controlador 112, pero también funcionarán la mayoría de las interfaces en serie de un cable. En otra realización, una interfaz de comunicaciones puede basarse o ser similar a una interfaz de hardware RS-485 bidireccional de dos hilos.

El transmisor de impulsos 115a se configura para generar un impulso eléctrico basándose en una instrucción u orden del controlador 112 y transmitir el impulso a lo largo de la conexión primaria 130 de dos conductores. En realizaciones, un impulso generado por el transmisor de impulsos 115a es suficiente para hacer que el transductor ultrasónico 140 genere una onda ultrasónica deseada. En una realización, el impulso puede tener una duración de 100 nanosegundos y tener una tensión de 60 V. Se contemplan otras longitudes de impulso y tensiones. Por ejemplo, la longitud de impulso es a menudo una función de la frecuencia natural del transductor ultrasónico 140. Además, la tensión del impulso puede variar a menudo entre 10-300 V, y más particularmente puede estar en el intervalo entre 30-90 V, pero en algunas realizaciones puede variar a varios cientos de voltios, siendo la tensión una función del grosor de la sección del activo 200 que se va a medir. La duración del impulso puede ser de aproximadamente 50 nanosegundos a 10 microsegundos.

El receptor de impulsos 115b se configura para recibir señales eléctricas analógicas en forma de impulsos que se reflejan de vuelta a lo largo de la conexión primaria biconductor 130 como se describe con más detalle a continuación. En algunas realizaciones, el receptor de impulsos 115b puede separarse del transmisor de impulsos 115a y puede ubicarse remotamente de la unidad ultrasónica de medición de grosor de pared 110 o puede ser parte de un dispositivo de medición diferente. En la realización ilustrada, las señales eléctricas son convertidas entonces por el convertidor analógico-digital 116 en señales digitales que son enviadas al controlador 112 para su procesamiento y/o análisis. El controlador 112 puede dirigir información del análisis o procesamiento de la señal a una base de datos externa 170 a través de la interfaz de usuario basada en la nube 160 para análisis o almacenamiento adicional.

El módulo de conmutadores de multiplexor 120 funciona como la interfaz entre el sistema ultrasónico de medición de grosor de pared 110 y el uno o más transductores 140. El módulo de conmutadores de multiplexor 120 incluye circuitos de protección de alta tensión 121, una unidad de almacenamiento de energía 122, una interfaz de comunicaciones en serie 123, un controlador 124 y una unidad de conmutadores 125 donde cada uno se comunica entre sí como se ilustra en la FIG. 1. La circuitería de protección de alta tensión 121 se configura para proteger los componentes del módulo de conmutadores de multiplexor 120 de las señales eléctricas de alta tensión y alta frecuencia (relativamente) que se transmiten a lo largo de la conexión primaria biconductor 130. La circuitería de protección de alta tensión 121 puede configurarse como un filtro de paso bajo en el que se permite que pasen las señales de menor frecuencia de la fuente de alimentación 111 y la interfaz de comunicación en serie 114 asociadas con el sistema ultrasónico de medición de grosor de pared 110, mientras que los impulsos de mayor frecuencia (y normalmente de mayor tensión) generados por el transmisor de impulsos 115a y transmitidos a lo largo de la conexión primaria biconductor 130 se bloquean, limitan o filtran.

La unidad de almacenamiento de energía 122 puede configurarse para cargarse y descargarse durante el funcionamiento con el fin de proporcionar energía a la interfaz de comunicación en serie 123, al controlador 124 y a la unidad de conmutadores 125. En una realización, la unidad de almacenamiento de energía 122 puede comprender un condensador. En otras realizaciones, la unidad de almacenamiento de energía 122 puede comprender una batería, un inductor u otra estructura operativa para almacenar la energía necesaria para operar el módulo de conmutadores de multiplexor 120.

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 configurarse 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 indicar u ordenar la operación del módulo de conmutadores de multiplexor 120 para abrir y cerrar conmutadores individuales 126 de la unidad de conmutadores 125. Aún más, el controlador 124 puede configurarse para almacenar información, tal como dentro de una memoria a bordo, no volátil (por ejemplo, EPROM o FLASH) u otra memoria, con respecto al módulo de conmutadores de multiplexor 120. Tal información puede incluir, por ejemplo, información de identificación (por ejemplo, número de serie) así como las clasificaciones de potencia máxima y/o mínima que el módulo de conmutadores de multiplexor 120 ha sido clasificado o grabado durante el funcionamiento.

La unidad de conmutadores 125 incluye al menos un conmutador individual 126 y puede incluir una pluralidad de conmutadores individuales 126 dispuestos eléctricamente entre la conexión primaria biconductor 130 y las respectivas conexiones secundarias adicionales 150. Cualquier número adecuado de conmutadores individuales 126 puede incluirse con la unidad de conmutadores 125. Los conmutadores individuales 126 pueden implementarse de cualquier manera adecuada y pueden configurarse como un conmutador unipolar unidireccional. En un ejemplo, los conmutadores individuales 126 pueden configurarse como relés de estado sólido controlados para encenderse y apagarse como resultado de una corriente o tensión aplicada a su entrada de control. El funcionamiento de los conmutadores individuales 126 puede controlarse mediante el controlador 124. Cada conmutador individual 126 puede

conectarse eléctricamente a uno de los transductores ultrasónicos 140 mediante una conexión secundaria 150.

Cada elemento de detección ultrasónica, que en algunas realizaciones puede ser un transductor ultrasónico 140, se configura para montarse en una sección de un activo 200 cuyo grosor se va a medir y varios transductores ultrasónicos 140 se pueden montar a lo largo del activo 200 en una disposición separada. El activo 200 puede ser, por ejemplo, una tubería, una embarcación, válvulas y/o calderas. El transductor ultrasónico 140 puede configurarse con un elemento piezoeléctrico que genera ondas ultrasónicas al ser excitado por el impulso de alta tensión desde el transmisor de impulsos 115a y convierte las ondas ultrasónicas de nuevo en ondas eléctricas o señales para su conducción de nuevo al sistema ultrasónico de medición de grosor de pared 110.

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

En funcionamiento, el transmisor de impulsos 115a genera un impulso de alta tensión y se desplaza a lo largo de la conexión primaria biconductor 130 hasta alcanzar el transductor 140 ultrasónico. El transductor 140 genera una onda ultrasónica y viaja a través del espaciador 142 hasta alcanzar la primera superficie 201 de la pared 203. En la interfaz entre el espaciador cerámico 142 del transductor 140 y la primera superficie 201 de la pared 203, una parte de la onda ultrasónica es reflejada de vuelta por la primera superficie 201 y a través del espaciador cerámico 142 hasta alcanzar el elemento piezoeléctrico 141, momento en el que es convertida de vuelta a una forma de onda eléctrica. Esta forma de onda eléctrica viaja de vuelta a lo largo de una conexión secundaria 150 respectiva y la conexión primaria biconductor 130 hasta alcanzar el receptor de impulsos 115b. Esta forma de onda puede denominarse eco de entrada, ya que se genera en función de la onda ultrasónica que entra o hace contacto con la superficie exterior o primera 201 del activo 200 que se va a medir.

Una parte restante de la onda ultrasónica pasa a través de la pared 203 del activo 200 hasta alcanzar la segunda superficie 202 donde una segunda onda ultrasónica se refleja de vuelta a través del activo 200. Esta segunda onda reflejada viaja de vuelta a través del espaciador cerámico 142 hasta alcanzar el elemento piezoeléctrico 141, momento en el que se convierte en una segunda forma de onda eléctrica. La segunda forma de onda eléctrica viaja de vuelta a lo largo de la respectiva conexión secundaria 150 y la conexión primaria biconductor 130 hasta alcanzar el receptor de impulsos 115b. Esta segunda forma de onda puede denominarse eco de pared posterior ya que se genera basándose en la onda ultrasónica que contacta con la superficie interior o segunda 202 del activo 200 que se va a medir.

La conexión primaria biconductor 130 puede extenderse entre el sistema ultrasónico de medición de grosor de pared 110 y el módulo de conmutadores de multiplexor 120. La conexión primaria biconductor 130 puede configurarse para transmitir o conducir señales y energía en forma eléctrica; sin embargo, la divulgación contempla otras formas de transmisión tales como ópticas. La conexión primaria biconductor 130 puede tener un primer conductor 131 y un segundo conductor 132 y, por lo tanto, puede configurarse como un cable con solo dos conductores. Sin embargo, la conexión primaria biconductor 130 puede tener cualquier configuración deseada. En la realización representada, la conexión primaria biconductor 130 se configura como un cable coaxial con un primer conductor exterior 131 que rodea un segundo conductor interior 132. En un cable coaxial, el conductor exterior 131 funciona a menudo como una pantalla, un retorno o una señal de tierra para el conductor interior 132. En otra realización, la conexión biconductor 130 puede comprender un cable de par trenzado con cada conductor del par trenzado proporcionando solo una única ruta eléctrica. Por consiguiente, como se usa en esta memoria, la referencia a la conexión primaria biconductor 130 que tiene "solo dos conductores" se refiere a una configuración que tiene solo dos rutas eléctricas, teniendo cada una un potencial eléctrico diferente.

En una realización, el sistema ultrasónico de medición de pared 110 y el módulo de conmutadores de multiplexor 120 pueden estar alejados entre sí y la conexión primaria biconductor 130 puede extenderse una distancia sustancial entre la ubicación del sistema ultrasónico de medición de pared 110 y la ubicación del módulo de conmutadores de multiplexor 120. Por ejemplo, la conexión primaria biconductor 130 puede extenderse una distancia de más de 30,5 m (cien pies). En una posible realización, sin embargo, el sistema ultrasónico de medición de pared 110 y el módulo de conmutadores de multiplexor 120 pueden ubicarse próximos o adyacentes entre sí, y en tal realización, pueden formar parte del mismo conjunto y ubicarse en el mismo recinto.

Después de entrar en una entrada 133 al módulo de conmutadores de multiplexor 120, la conexión primaria biconductor 130 establece eléctricamente dos rutas de circuito o ramas paralelas. En particular, en una primera rama 134, los conductores primero y segundo 131, 132 de la conexión primaria biconductor 130 pueden conectarse eléctricamente a la circuitería de protección de alta tensión 121 del módulo de conmutadores de multiplexor 120. La circuitería de protección de alta tensión 121 puede filtrar, bloquear o limitar que el impulso de alta frecuencia (y normalmente alta tensión) pase más al módulo de conmutadores de multiplexor 120. La unidad de almacenamiento de energía 122, la interfaz de conexión en serie 123 y el controlador 124 conectados en serie con la circuitería de protección de alta tensión 121 están así protegidos.

También después de entrar en la entrada 133, la conexión primaria biconductor 130 puede dirigir los conductores primero y/o segundo 131, 132 a una segunda rama paralela 135 que puede conectarse directamente a los

conmutadores individuales 126 de la unidad de conmutadores 125 de modo que los conmutadores individuales 126 pueden recibir el impulso de alta frecuencia (y normalmente alta tensión) sin atenuación. La pluralidad de conmutadores individuales 126 puede conectarse eléctricamente en paralelo con la segunda rama 135 con al menos uno de los conductores primero y/o segundo 131, 132 de modo que cada conmutador individual 126 puede recibir el impulso de alta frecuencia (y normalmente alta tensión). En una realización, el segundo conductor 132 puede conectarse eléctricamente en paralelo a un contacto de los conmutadores individuales 126 y el primer conector 131 puede conectarse eléctricamente a una parte conductora de la unidad de conmutadores 125 para funcionar como un retorno o tierra. En otra realización, el primer conductor 131 puede derivar la unidad de conmutadores 125 y continuar hacia los transductores 140. En otra realización, el primer conductor 131 de la conexión primaria biconductor 130 puede configurarse como conexión a tierra.

Las conexiones secundarias 150 pueden configurarse de manera similar o idéntica a la conexión primaria biconductor 130 que tiene solo dos conductores y pueden ser en diversas realizaciones un cable coaxial o cableado de par trenzado. Sin embargo, en algunas realizaciones, la conexión secundaria 150 puede incluir más de dos conductores. Por consiguiente, a diferencia de la conexión primaria 130, la conexión secundaria 150 no se limita a una configuración de dos conductores. En la realización representada, cada conexión secundaria 150 tiene un primer conductor 151 y un segundo conductor 152. Dentro del módulo de conmutadores de multiplexor 120 se puede establecer una conexión eléctrica entre el segundo conductor 132 de la conexión primaria biconductor 130 y los segundos conductores 152 de la conexión secundaria 150. El segundo conductor 132 de la conexión primaria biconductor 130 se conecta eléctricamente a un extremo de la unidad de conmutadores 125 y el segundo conductor 152 de cada conexión secundaria 150 se conecta eléctricamente a un contacto de los conmutadores individuales 126 de la unidad de conmutadores 125. De este modo, mediante el cierre de conmutadores individuales 126 se establece una conexión eléctrica entre la conexión primaria biconductor 130 y la conexión secundaria 150 asociada al conmutador 126 cerrado. Un transductor ultrasónico 140 puede conectarse operativamente a cada conexión secundaria 150.

Con referencia a la FIG. 3, se representa un diagrama de flujo de un proceso para realizar una medición del grosor de pared de la sección del activo 200 en una pluralidad de ubicaciones usando el sistema 100. En la etapa 180, se selecciona y se cierra el conmutador individual 126 en el módulo de conmutadores de multiplexor 120 correspondiente al transductor ultrasónico deseado 140 a activar. Más específicamente, el controlador 112 asociado con el sistema ultrasónico de medición de grosor de pared 110 genera y transmite una orden de potencia a la fuente de alimentación 111 para enviar la potencia apropiada en forma de una señal de potencia 190 a través de la conexión de dos conductores primaria 130 al módulo de conmutadores de multiplexor 120. En una realización, la señal de potencia 190 puede tener una duración de entre un milisegundo y cinco segundos, y más específicamente entre 10-300 milisegundos, y un intervalo de tensión de 1,8-5,0 V. La potencia requerida para cargar la unidad de almacenamiento de energía 122 puede ser similar a la señal de potencia 190 y se ilustra en el diagrama de la FIG. 4. La señal de potencia 190 enviada por la fuente de alimentación 111 de la unidad base es suficiente para cargar la unidad de almacenamiento de energía 122 del módulo de conmutadores de multiplexor 120. Debido a la naturaleza de baja frecuencia y/o baja tensión de la señal de potencia 190, pasa a través de la circuitería de protección de alta tensión 121 del módulo de conmutadores de multiplexor 120 a la unidad de almacenamiento de energía 122.

Después de un período de tiempo predeterminado (es decir, suficiente para permitir que la unidad de almacenamiento de energía 122 esté suficientemente cargada), el controlador 112 del sistema ultrasónico de medición de grosor de pared 110 puede generar y transmitir una señal de orden de conmutación o instrucción 191 a través de la interfaz de comunicación en serie 114 y la circuitería de protección de alta tensión 113 al módulo de conmutadores de multiplexor 120. La señal de orden de conmutación 191 pasa a lo largo de la conexión primaria biconductor 130, a través de la circuitería de protección 121 de alta tensión a la interfaz de comunicación en serie 123 al controlador 124. En un ejemplo, la señal de orden de conmutación 191 puede enviarse a una velocidad de aproximadamente 10 kHz de modo que pase a través de la circuitería de protección de alta tensión 121 del módulo de conmutadores de multiplexor 120. Tras recibir la señal de orden de conmutación 191, el controlador 124 genera y transmite una señal a la unidad de conmutadores 125 para cerrar el conmutador individual 126 deseado. El controlador 124 puede preprogramarse o incluir circuitos que pueden interpretar la señal de orden de conmutación 191 como identificar uno o más de los conmutadores individuales 126 específicos en la unidad de conmutadores 125 que están destinados a cerrarse para activar el transductor 140 deseado. La señal de potencia 190 usada para cargar la unidad de almacenamiento de energía 122 y la señal de orden de conmutación 191 están cada una a una frecuencia y tensión suficientemente bajas para que no exciten suficientemente el elemento piezoeléctrico 141 del transductor 140.

Una vez que el conmutador individual 126 deseado está cerrado, el controlador 112 del sistema ultrasónico de medición de grosor de pared 110 genera y transmite una instrucción u orden en la etapa 181 al transmisor de impulsos 115a para enviar un impulso de alta tensión 192 al transductor ultrasónico 140. En una realización, el impulso de alta tensión 192 puede tener una duración de aproximadamente 50 nanosegundos a 10 microsegundos, y específicamente 100 nanosegundos, y puede tener una tensión entre 10-300 V, y más específicamente entre 30-90 V. El impulso de alta tensión 192 viaja a lo largo de la conexión primaria biconductor 130, a través del conmutador individual 126 de la unidad de conmutadores 125 que está cerrada, y a través de la conexión secundaria 150 que se conecta eléctricamente al conmutador cerrado 126 para alcanzar el transductor ultrasónico 140 conectado eléctricamente a la conexión secundaria 150. Los conmutadores individuales 126 de la unidad de conmutadores 125 que permanecen abiertos rompen el circuito y bloquean que el impulso de alta tensión 192 avance a los transductores asociados 140 no seleccionados. La circuitería de protección de alta tensión 121 del módulo de conmutadores de multiplexor 120

filtra, bloquea o limita que el impulso de alta tensión 192 pase más al módulo 120, protegiendo así la unidad de almacenamiento de energía 122, la interfaz de comunicación en serie 123, el controlador 124 y otros componentes que se conectan aguas abajo en serie con la circuitería de protección de alta tensión 121.

El impulso de alta tensión 192 hace que el elemento piezoeléctrico 141 del transductor ultrasónico 140 genere una onda ultrasónica que pasa a través del elemento espaciador 142 al activo 200 como se representa en la FIG. 2.

En la etapa 182, las señales reflejadas desde el transductor ultrasónico 140 se miden como se ha descrito anteriormente con respecto a la FIG. 2. Al hacerlo, una parte de la onda ultrasónica es reflejada de vuelta por la primera superficie 201 para crear una onda de eco de entrada que el elemento piezoeléctrico 141 del transductor 140 convierte en una forma de onda eléctrica analógica representada en 193 en la FIG. 4. La forma de onda analógica de la onda de eco de entrada se transmite a lo largo de la conexión secundaria 150 conectada eléctricamente al transductor ultrasónico 140, a través del conmutador individual cerrado 126 de la unidad de conmutadores 125. La señal 193 correspondiente a la onda de eco de entrada sale del módulo de conmutadores de multiplexor 120 a través de la conexión primaria biconductor 130, se recibe en el receptor de impulsos 115b y se desplaza a un convertidor analógico-digital 116 y luego al controlador 112. Se apreciará que el convertidor analógico-digital 116 convierte la forma de onda analógica de la señal de eco de entrada 193 en una señal digital interpretable para el controlador 112.

Una segunda parte de la onda ultrasónica generada por el elemento piezoeléctrico 141 del transductor 140 viaja a través del activo 200 y es reflejada de vuelta por la segunda superficie 202 para crear una onda de eco de pared trasera que es recibida por el elemento piezoeléctrico 141 y convertida en una forma de onda eléctrica analógica representada en 194. La forma de onda eléctrica analógica de la onda de eco de pared trasera 194 se transmite a lo largo de la conexión secundaria 150 conectada eléctricamente al transductor ultrasónico 140, a través del conmutador cerrado 126 de la unidad de conmutadores 125, a través de la conexión primaria biconductor 130, recibida en el receptor de impulsos 115b y viaja al convertidor analógico-digital 116 donde se convierte y luego al controlador 112. La interfaz de comunicaciones en serie 114, así como la fuente de alimentación 111 y el controlador 112, se protegen del impulso de alta tensión generado por el transmisor de impulsos 115a por la circuitería de protección de alta tensión 113.

En la etapa 183, el controlador 112 puede determinar el grosor de pared del activo 200 en función del tiempo entre la onda de eco de entrada y la onda de eco de pared posterior. El cálculo puede realizarse de cualquier manera deseada. En un ejemplo, el controlador 112 puede determinar el tiempo entre los picos de la onda de eco de entrada 193 y la onda de eco de pared trasera 194. Conociendo la velocidad de la onda ultrasónica que viaja a través del activo 200, el grosor puede medirse de acuerdo con una fórmula representativa:

$$S = V \cdot (t/2)$$

Donde V es la velocidad del sonido en el activo 200, compensado por cualquier irregularidad, y t es el tiempo entre la onda de eco de entrada y la onda de eco de salida. Se contemplan otras maneras de determinar el grosor de pared compensado por temperatura. Por ejemplo, un grosor de pared compensado por temperatura puede determinarse basándose en lecturas de grosor realizadas a dos o más temperaturas diferentes.

En la etapa 184, el controlador 112 puede transmitir los datos de grosor de pared junto con otros datos tales como fecha y hora, y otra información deseada a una interfaz de usuario y/o la nube 160. Además, tales datos pueden almacenarse dentro de una base de datos 170.

Dependiendo de la configuración de la unidad de almacenamiento de energía 122 y el controlador 124 del módulo de conmutadores de multiplexor 120, así como de la duración de la orden usada para cargar la unidad de almacenamiento de energía 122, puede ser necesario o deseable repetir el proceso de carga cada vez que se desee controlar u operar un conmutador individual 126 de la unidad de conmutadores 125. En tal caso, se puede generar una orden para cargar la unidad de almacenamiento de energía 122, operar uno de los conmutadores individuales 126, y luego generar el impulso deseado para operar el transductor 140 que se conecta eléctricamente al conmutador cerrado 126.

En otras realizaciones, la unidad de almacenamiento de energía 122, el controlador 124 y la señal de energía utilizada para cargar la unidad de almacenamiento de energía 122 pueden ser suficientes para permitir el control de una pluralidad de conmutadores individuales 126. En tal caso, se puede generar una orden según sea necesario para cargar la unidad de almacenamiento de energía 122, y luego operar secuencialmente un número deseado de conmutadores individuales 126 y generar un impulso a medida que cada conmutador 126 se cierra para operar el transductor conectado eléctricamente 140. Si la unidad de almacenamiento de energía 122 se configura para almacenar una cantidad suficiente de energía, este proceso puede repetirse sin la necesidad de ciclos de carga adicionales durante el proceso de cierre de los conmutadores individuales 126 y generación de impulsos para operar los transductores conectados eléctricamente 140. Pueden transmitirse múltiples señales de orden de conmutación 191 siguiendo una única señal de potencia 190, y el controlador de módulo 124 puede interpretar la señal de orden de conmutación 191 para abrir o cerrar conmutadores individuales 126 selectivos. Sin embargo, si la unidad de almacenamiento de energía 122 no puede almacenar una cantidad suficiente de energía, puede ser necesario generar más señales de energía 190 para cargar la unidad de almacenamiento de energía 122 después de un número deseado de ciclos de conmutación y medición.

La solución de dos conductores descrita e ilustrada en esta memoria para un instrumento de medición de grosor de

pared permite mediciones de grosor de pared multipunto, lo que da como resultado un coste más bajo en comparación con un diseño convencional. El sistema 100 permite el enrutamiento de lo siguiente usando la misma conexión biconductor 130: (1) impulsos eléctricos para estimular el transductor ultrasónico 140 y los impulsos reflejados que se convierten en señal eléctrica; (2) la potencia requerida para energizar y operar el módulo de conmutadores de multiplexor 120; y (3) el módulo de conmutadores de multiplexor 120 para controlar señales realizadas por un protocolo de comunicación en serie.

La utilización de la misma conexión biconductor 130 para cumplir cada una de las funciones anteriores es una mejora en la técnica ya que los sistemas de la técnica anterior necesarios para implementar cada una de las funciones anteriores se lograrían utilizando un conjunto separado de cables para cada función.

Por consiguiente, la divulgación proporciona una configuración para un sistema 100 en el que las formas de onda y otras señales que transportan información de al menos dos sensores, por ejemplo, transductores 140, se envían a través de una conexión primaria biconductor 130 que tiene solo dos conductores para realizar múltiples mediciones en una pluralidad de ubicaciones en un activo 200. En una realización más particular, el sistema 100 divulgado permite el uso de al menos dos sensores analógicos, tales como el transductor ultrasónico 140, para realizar una inspección analógica de un activo 200 usando el mismo sistema ultrasónico de medición de grosor de pared 110 o unidad base. También se podrían utilizar otros sensores analógicos, incluidos sensores de vibración. Además, también se podrían usar otros sensores digitales que incluyen sensores de temperatura, sensores de presión, sensores de humedad y sensores de luz.

Además, aunque cada uno de los circuitos de protección de alta tensión 113, 121 se describe como filtros de paso bajo ya que el impulso de alta tensión tiene una frecuencia relativamente alta, se contemplan otras configuraciones. Por ejemplo, dado que el impulso eléctrico generado por el transmisor de impulsos 115a tiene una tensión relativamente alta, los circuitos de protección de alta tensión 113, 121 pueden configurarse para limitar la amplitud de cualquier señal de paso. En una realización, los circuitos de protección de alta tensión 113, 121 pueden configurarse con un diodo Zener para limitar la tensión de las señales que pueden pasar.

A partir de lo anterior, se puede entender que la solución de dos hilos o dos conductores descrita e ilustrada en esta memoria permite la instalación y el uso de un sistema de análisis de grosor de pared en múltiples ubicaciones en un activo 200 o en múltiples activos 200 con sustancialmente el mismo coste de cableado que un sistema que mide el grosor de pared en solo una única ubicación. En general, en entornos industriales, por ejemplo, refinerías, tuberías, instalaciones industriales pesadas, el coste de cableado de una nueva instalación de instrumentos puede ser un porcentaje sustancial del coste total de instalación. La reducción del número de cables requeridos o la reutilización del cableado existente proporciona ahorros de costes significativos.

Con referencia a la FIG. 5, se ilustra una realización del sistema 100 configurado para realizar mediciones ultrasónicas en una pluralidad de ubicaciones en una pluralidad de activos 200. En el ejemplo ilustrado, el sistema ultrasónico de medición de grosor de pared 110 o la unidad de base pueden tener ocho (8) cables primarios coaxiales o conexiones primarias biconductor 130 que se extienden hacia fuera desde el mismo. Cada conexión primaria biconductor 130 se extiende hasta un módulo de conmutadores de multiplexor 120 respectivo. Cada módulo de conmutadores de multiplexor 120 tiene ocho (8) cables secundarios coaxiales o conexiones secundarias 150 que se extienden desde él y que terminan en un transductor 140 respectivo montado en uno o más activos 200. La realización ilustrada permite de ese modo más mediciones de un solo activo 200 o de múltiples activos 200, con solo un único sistema ultrasónico de medición de grosor de pared 110.

Con referencia a la FIG. 6, el módulo de conmutadores de multiplexor 120 se ilustra teniendo una única conexión primaria biconductor 130 conectada a la unidad base 110 y una pluralidad de conexiones secundarias 150 que se extienden desde ella. El módulo de conmutadores de multiplexor 120 puede configurarse para tener un imán (no mostrado) integrado en el mismo para permitir que el módulo de conmutadores de multiplexor 120 se monte/asegure a un componente (ya sea el activo 200 o de otro modo). Como se ilustra en la FIG. 7, el módulo de conmutadores de multiplexor 120 puede configurarse alternativamente para tener un imán externo 129 asegurado al mismo para permitir que el módulo de conmutadores de multiplexor 120 se monte/asegure en un componente (ya sea el activo 200 o de otro modo).

En un aspecto adicional, para calcular con mayor precisión el grosor de un activo 200 tal como una pared de una tubería, puede ser deseable determinar la temperatura del activo 200 en el momento en que se realizan las mediciones ultrasónicas. Debido a que el activo 200 puede ubicarse en un entorno industrial tal como una planta o una fábrica, el activo 200 puede estar a una temperatura elevada cuando se toman las lecturas ultrasónicas. Se sabe que la velocidad de las ondas ultrasónicas que viajan a través de materiales metálicos y otros comúnmente usados o retenidos en el activo 200 depende de la temperatura. Por lo tanto, para medir con precisión el grosor de una sección deseada de un activo 200, se desea la compensación o corrección del cambio en la velocidad de las ondas ultrasónicas con la temperatura.

Por consiguiente, en una realización, la unidad ultrasónica de medición de grosor de pared 110 puede configurarse para determinar la velocidad del sonido en función de la temperatura en función de los datos de una tabla de consulta dentro o asociada con el controlador 112. Se contemplan otras maneras de determinar el grosor de pared compensado por temperatura. Por ejemplo, un grosor de pared compensado por temperatura puede determinarse basándose en lecturas de grosor realizadas a dos o más temperaturas diferentes. La temperatura adyacente al transductor 140 puede

determinarse de cualquier manera deseada.

Con referencia a la FIG. 8, se representa una realización del sistema 100 en la que un elemento de detección de temperatura 300 puede asociarse con cada transductor 140. El elemento de detección de temperatura 300 puede ser un termopar, un detector de temperatura de resistencia ("RTD") u otro componente o sistema de detección para medir la temperatura del activo 200 bajo inspección.

En una realización, el elemento de detección de temperatura 300 se monta en cada transductor 140 o adyacente a este. La lectura desde el elemento de detección de temperatura 300 puede transmitirse a través de los conductores primero o segundo 151, 152 de la conexión secundaria 150. En otra realización, como se representa en la FIG. 8, un instrumento de medición de temperatura 302 puede conectarse eléctricamente a cada elemento de detección de temperatura 300 y controlarse por el controlador 124 asociado con el módulo de conmutadores de multiplexor 120. En tal caso, poco antes o después de que uno de los conmutadores individuales 126 se cierre y se excite el transductor 140 conectado eléctricamente, el controlador 124 puede generar y transmitir una señal apropiada al instrumento 302 de medición de temperatura para leer la temperatura de un elemento 300 de detección asociado con el transductor 140 que se accionará o estaba accionado. La temperatura o datos de temperatura sin procesar pueden transmitirse por el controlador 124 al controlador 112 del sistema ultrasónico de medición de grosor de pared 110 donde pueden registrarse y utilizarse en el análisis de la retroalimentación ultrasónica para determinar el grosor de pared. Este proceso puede repetirse para cada transductor 140 y elemento de detección de temperatura 300.

En una realización alternativa representada en la FIG. 9, un único instrumento de medición de temperatura 302 puede controlarse por el controlador 124 del módulo de conmutadores de multiplexor 120 y una unidad de conmutadores adicional 304 puede disponerse eléctricamente entre el instrumento de medición de temperatura 302 y los elementos de detección de temperatura 300. En la unidad de conmutadores adicional 304, una pluralidad de conmutadores individuales 306 se asocian eléctricamente con los respectivos de la pluralidad de elementos de detección de temperatura 300. El controlador 124 también se configura para controlar los conmutadores individuales 306 de la unidad de conmutadores 304. En tal caso, el controlador 124 puede cerrar el conmutador individual deseado 306 y generar una señal para que el instrumento de medición de temperatura 302 lea la resistencia del elemento de detección de temperatura 300 conectado eléctricamente a través del conmutador cerrado 306.

Se apreciará que la descripción anterior proporciona ejemplos del sistema y técnica divulgados. Sin embargo, se contempla que otras implementaciones de la divulgación pueden diferir en detalle de los ejemplos anteriores. Todas las referencias a la divulgación o ejemplos de la misma pretenden hacer referencia al ejemplo particular que se analiza en ese punto y no pretenden implicar ninguna limitación en cuanto al alcance de la divulgación más generalmente. 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 divulgación completamente a menos que se indique lo contrario.

La mención de intervalos de valores en esta memoria está destinada simplemente a servir como un método abreviado para referirse individualmente a cada valor separado que cae dentro del intervalo, a menos que se indique lo contrario en esta memoria, y cada valor separado se incorpora en la memoria descriptiva como si se enumerara individualmente en esta memoria. Todos los métodos descritos en esta memoria pueden realizarse en cualquier orden adecuado a menos que se indique lo contrario en esta memoria o que el contexto lo contradiga claramente de otro modo.

Por consiguiente, esta divulgación incluye todas las modificaciones de la materia de asunto mencionada en las reivindicaciones adjuntas a la presente, según lo permitido por la ley aplicable.

REIVINDICACIONES

1 Un sistema (100) para monitorizar un grosor de uno o más activos (200), comprendiendo el sistema (100):

un sistema de medición ultrasónica (110);

múltiples elementos de detección ultrasónica (140), estando cada elemento de detección ultrasónica (140) alejado del sistema de medición ultrasónica (110), estando los elementos de detección ultrasónica (140) configurados para asociarse operativamente con el uno o más activos (200);

un módulo de conmutadores de multiplexor (120) que incluye múltiples conmutadores individuales (126);

una única conexión primaria biconductor (130), teniendo la conexión primaria biconductor (130) solamente un primer y un segundo conductor (131, 132) y estando así configurada como un cable con solamente dos conductores, conectando la conexión primaria biconductor (130) el sistema de medición ultrasónica (110) y el módulo de conmutadores de multiplexor (120); y

una o más conexiones secundarias (150), incluyendo cada conexión secundaria (150) un conductores primero y segundo (151, 152), estando cada conexión secundaria (150) conectada a uno respectivo de los conmutadores individuales (126) del módulo de conmutadores multiplexores (120) y a uno respectivo de los elementos de detección ultrasónicos (140);

en donde el sistema de medición ultrasónica (110) se configura para enviar señales e impulsos al módulo de conmutadores de multiplexor (120) a lo largo de la conexión primaria biconductor (130), el módulo de conmutadores de multiplexor (120) se configura para recibir las señales y controlar los conmutadores individuales (126) entre las posiciones abierta y cerrada, el módulo de conmutadores de multiplexor (120) se configura además para permitir que los impulsos enviados por el sistema de medición ultrasónica (110) se comuniquen con los elementos de detección ultrasónica (140) cuando uno respectivo de los conmutadores individuales (126) está en un estado cerrado.

2 El sistema (100) de la reivindicación 1, en donde el módulo de conmutadores de multiplexor (120) incluye un controlador (124) configurado para controlar selectivamente un conmutador individual (126) de los múltiples conmutadores individuales (126), y el módulo de conmutadores de multiplexor (120) incluye una unidad de almacenamiento de energía (122) conectada eléctricamente al conector primario de dos conductores (130).

3 El sistema (100) de la reivindicación 2, en donde la unidad de almacenamiento de energía (122) se conecta eléctricamente al controlador (124) y los conmutadores individuales (126), y el primer conductor (131) de la conexión primaria biconductor (130) se conecta eléctricamente a los conmutadores individuales (126) en paralelo.

4 El sistema (100) de la reivindicación 3, en donde el primer conductor (131) o el segundo conductor (132) de la conexión primaria biconductor (130) se implementa usando una conexión a tierra; y el primer conductor (151) o el segundo conductor (152) de la conexión secundaria (150) se implementa usando una tierra.

5 El sistema (100) de la reivindicación 3, en donde el módulo de conmutadores de multiplexor (120) incluye circuitos de protección de alta tensión (121) dispuestos entre el controlador (124) y la conexión primaria biconductor (130), preferentemente los circuitos de protección de alta tensión (121) comprenden un filtro de paso bajo.

6 El sistema (100) de la reivindicación 3, en donde el sistema de medición ultrasónica (110) comprende:

una fuente de alimentación (111);

un transmisor de impulsos (115a); y

un controlador (112) conectado operativamente a la fuente de alimentación (111) y al transmisor de impulsos (115a).

7 El sistema (100) de la reivindicación 6, en donde el controlador (112) del sistema de medición ultrasónica (110) se configura para:

dirigir la fuente de alimentación (111) para transmitir una señal de potencia a lo largo de la conexión primaria (130) de dos conductores hacia la unidad de almacenamiento de energía (122) del módulo de conmutadores de multiplexor(120);

transmitir una señal de orden de conmutación a lo largo de la conexión primaria biconductor (130) al módulo de conmutadores de multiplexor (120), señal de orden de conmutación (191) que provoca que uno de los conmutadores individuales (126) conecte la conexión primaria biconductor (130) a una respectiva de las conexiones secundarias (150) y una respectiva del elemento de detección ultrasónica (140); y

dirigir el transmisor de impulsos (115a) para transmitir un impulso eléctrico a los respectivos elementos de

detección ultrasónica (140) a través de la conexión primaria biconductor (130), el respectivo conmutador individual (126) y la respectiva conexión secundaria (150).

5 8 El sistema (100) de la reivindicación 7, en donde la señal de potencia y la señal de orden de conmutación tienen una duración entre aproximadamente 1 milisegundo y 5 segundos y un intervalo de tensión de 1,8-5,0 V y el impulso eléctrico tiene una duración de aproximadamente 50 nanosegundos a 10 microsegundos y un intervalo de tensión de 10-300 V, en donde preferentemente la señal de potencia y la señal de orden de conmutación tienen una duración entre aproximadamente 10 milisegundos a 300 milisegundos y una tensión de aproximadamente 3,3 V y el impulso eléctrico tiene una duración de aproximadamente 100 nanosegundos y un intervalo de tensión de aproximadamente 30-90 V.

10 9 El sistema (100) de la reivindicación 8, que comprende además un receptor de impulsos (115b) que se configura para recibir una o más ondas reflectantes en respuesta al impulso eléctrico generado por el transmisor positivo (115a), preferentemente el sistema de medición ultrasónica (110) incluye el receptor de impulsos (115b) y preferentemente el transmisor de impulsos (115a) y el receptor de impulsos (115b) se combinan.

10 El sistema (100) de la reivindicación 1, en donde la conexión primaria biconductor (130) y las conexiones secundarias (150) son cables que tienen dos rutas conductoras, preferentemente los cables son cables coaxiales.

15 11 El sistema (100) de la reivindicación 1, en donde el módulo de conmutadores de multiplexor (120) se ubica lejos del sistema de medición ultrasónica (110), que comprende preferentemente además una pluralidad de conexiones primarias de dos conductores (130) y una pluralidad de módulos de conmutación multiplexores (120) que incluyen una pluralidad de conmutadores individuales (126), estando cada módulo de conmutadores de multiplexor (120) conectado al sistema de medición ultrasónica (110) por una respectiva de las conexiones primarias de dos conductores (130).

20 12 El sistema (100) de la reivindicación 1, en donde el módulo de conmutadores de multiplexor (120) se ubica próximo al sistema de medición ultrasónica (110); o

cada elemento de detección ultrasónica (140) es un transductor ultrasónico, preferentemente el transductor ultrasónico incluye un elemento piezoeléctrico.

25 13 El sistema (100) de la reivindicación 1, que comprende además uno o más elementos de detección de temperatura (300), estando cada elemento de detección de temperatura (300) asociado operativamente con uno respectivo de los elementos de detección ultrasónica (140) para medir una temperatura del activo (200) en o cerca de una ubicación del respectivo de los elementos de detección ultrasónica (140).

14 Un método de monitorización de un grosor de un activo (200) realizado por un sistema de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, comprendiendo el método las etapas de:

30 enviar la señal de potencia a lo largo de la conexión primaria biconductor (130) desde el sistema de medición ultrasónica (110) a la unidad de almacenamiento de energía (122) del módulo de conmutadores de multiplexor (120) para alimentar el módulo de conmutadores de multiplexor (120);

35 enviar la señal de orden de conmutación a lo largo de la conexión primaria biconductor (130) desde el sistema de medición ultrasónica (110) al controlador (124) del módulo de conmutadores de multiplexor (120) para cerrar el conmutador individual (126) del módulo de conmutadores de multiplexor (120),

por lo que el conmutador individual (126) conecta eléctricamente la conexión primaria biconductor (130) a la conexión secundaria (150) que termina en el elemento de detección ultrasónica (140) que se asocia operativamente con el activo (200); y

40 transmitir el impulso eléctrico a lo largo de la conexión primaria biconductor (130) desde el sistema de medición ultrasónica (110) al conmutador individual (126), a lo largo de la conexión secundaria (150), y al elemento de detección ultrasónica (140) para hacer que el elemento de detección ultrasónica (140) genere la onda ultrasónica.

15. El método de la reivindicación 14, que comprende además la etapa de bloquear el impulso eléctrico del controlador (124) y de la unidad de almacenamiento de energía (122) del módulo de conmutadores de multiplexor (120) con circuitos de protección de alta tensión (121); y

45 comprendiendo además la etapa de medir una temperatura del activo (200) con un elemento de detección de temperatura (300) que se asocia operativamente con el elemento de detección ultrasónico (140); y

comprendiendo además la etapa de recibir una o más ondas reflectantes con un receptor de impulsos (115b), ondas reflectantes que se generan en respuesta al impulso eléctrico generado por el transmisor positivo (115a).

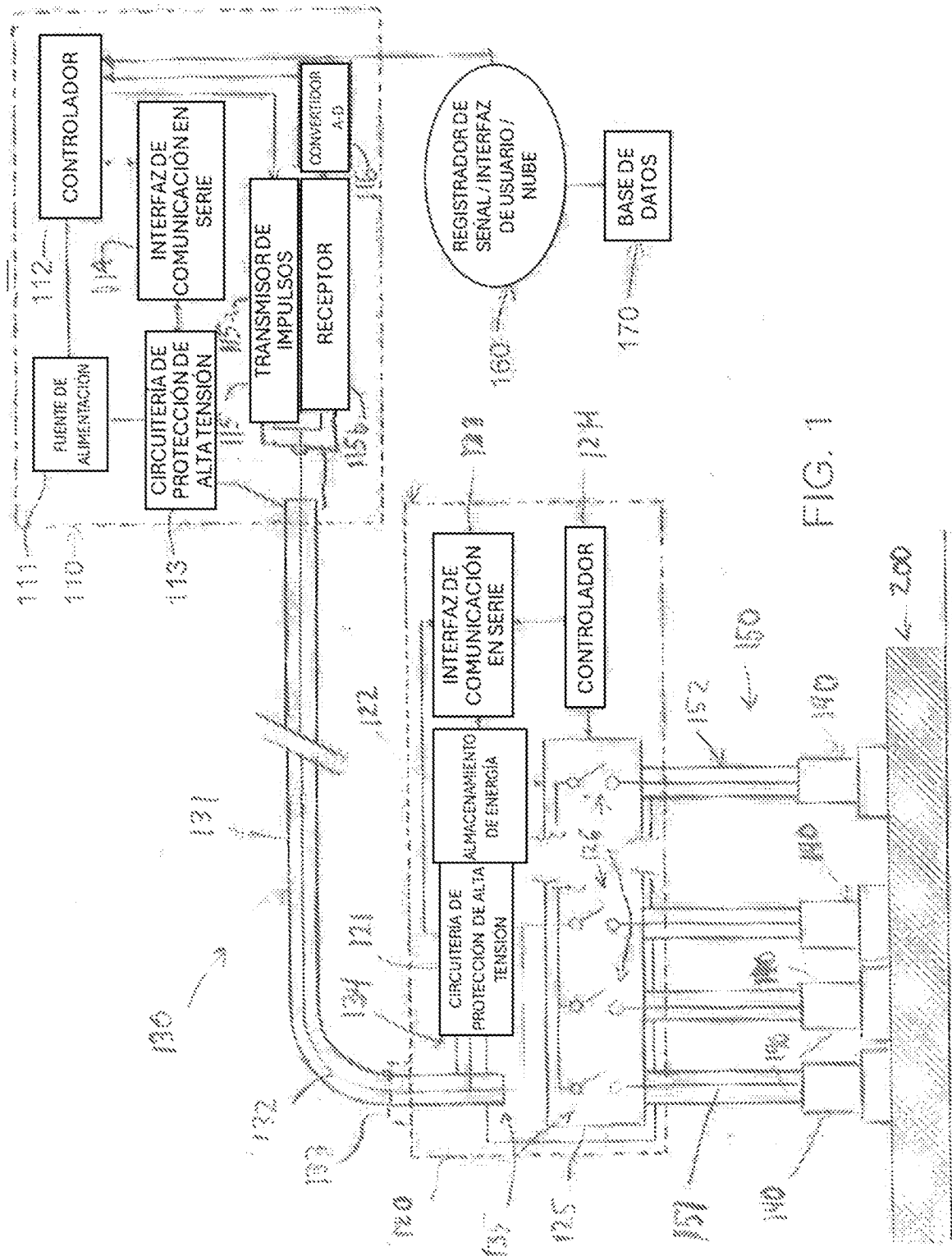


FIG. 1

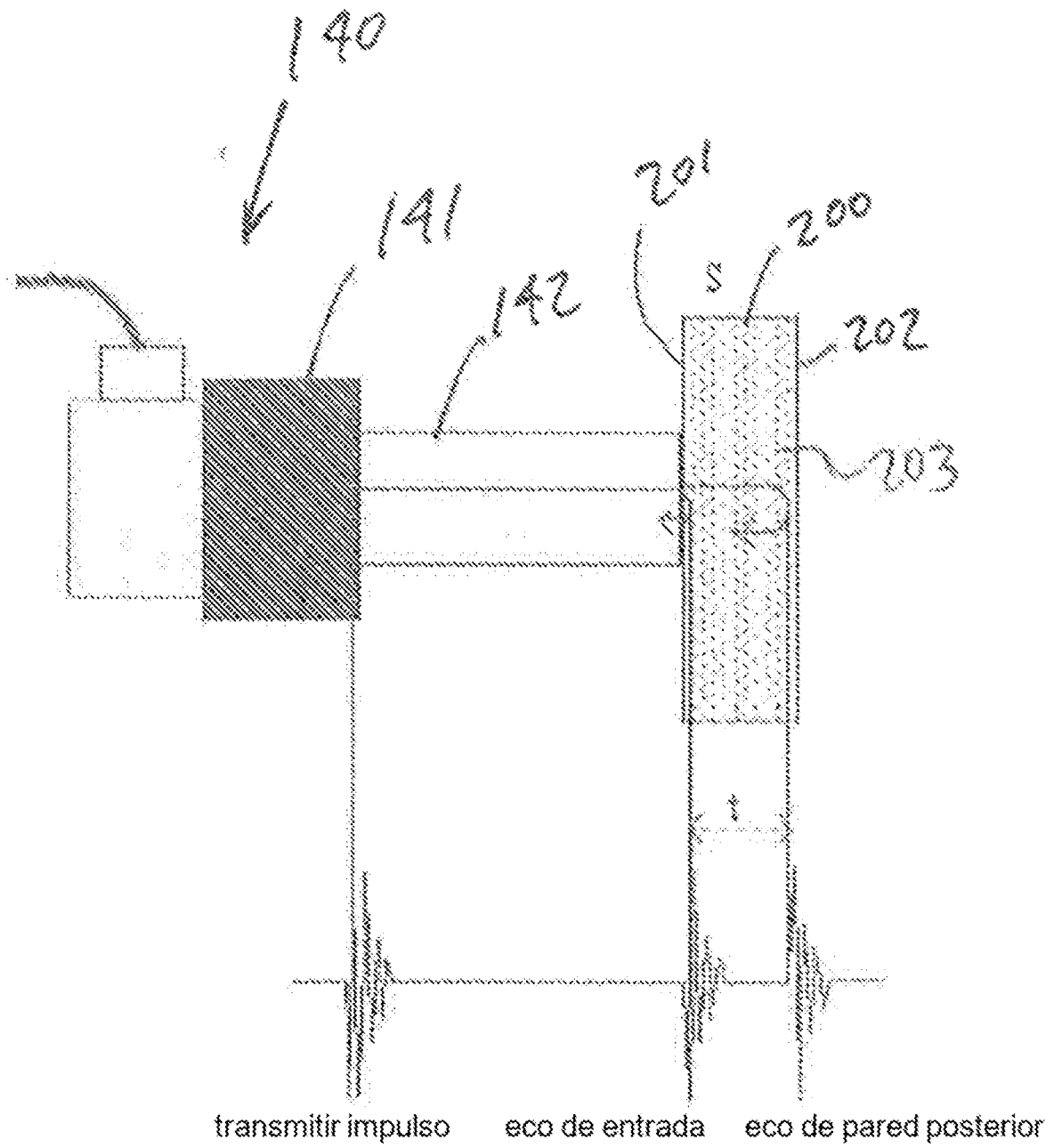


Fig. 2

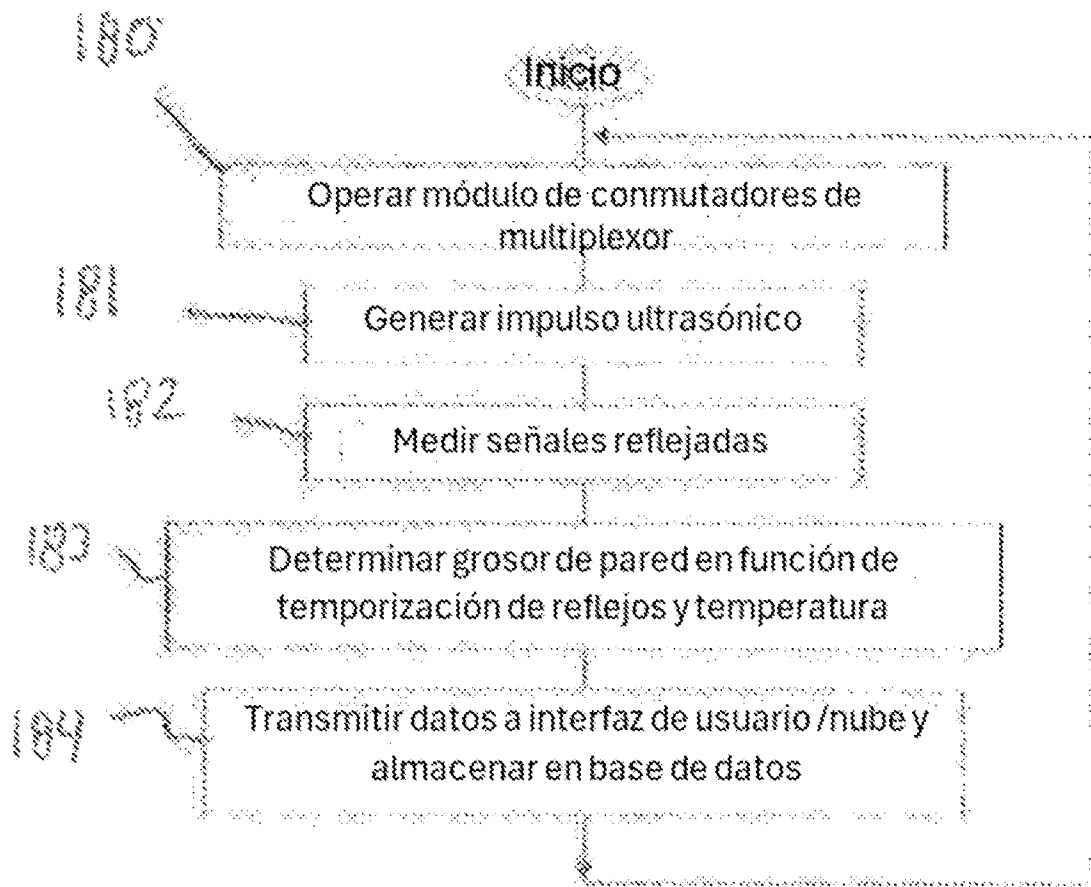


FIG. 3

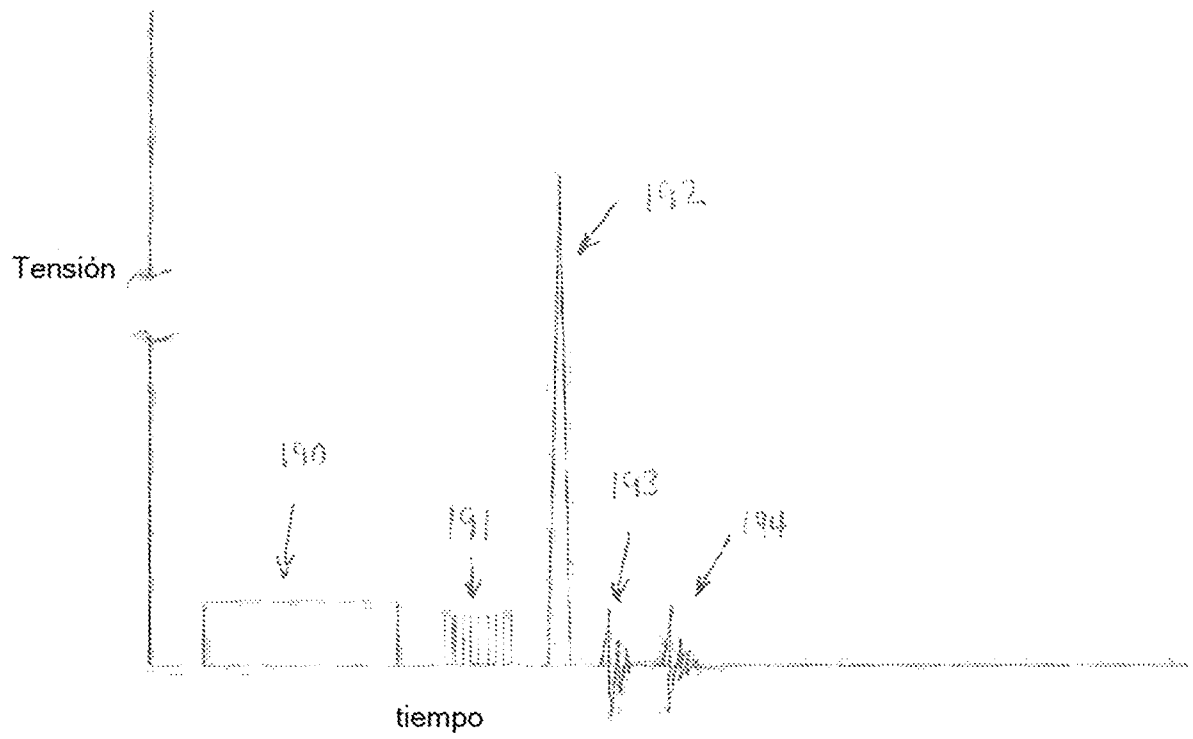


FIG. 4

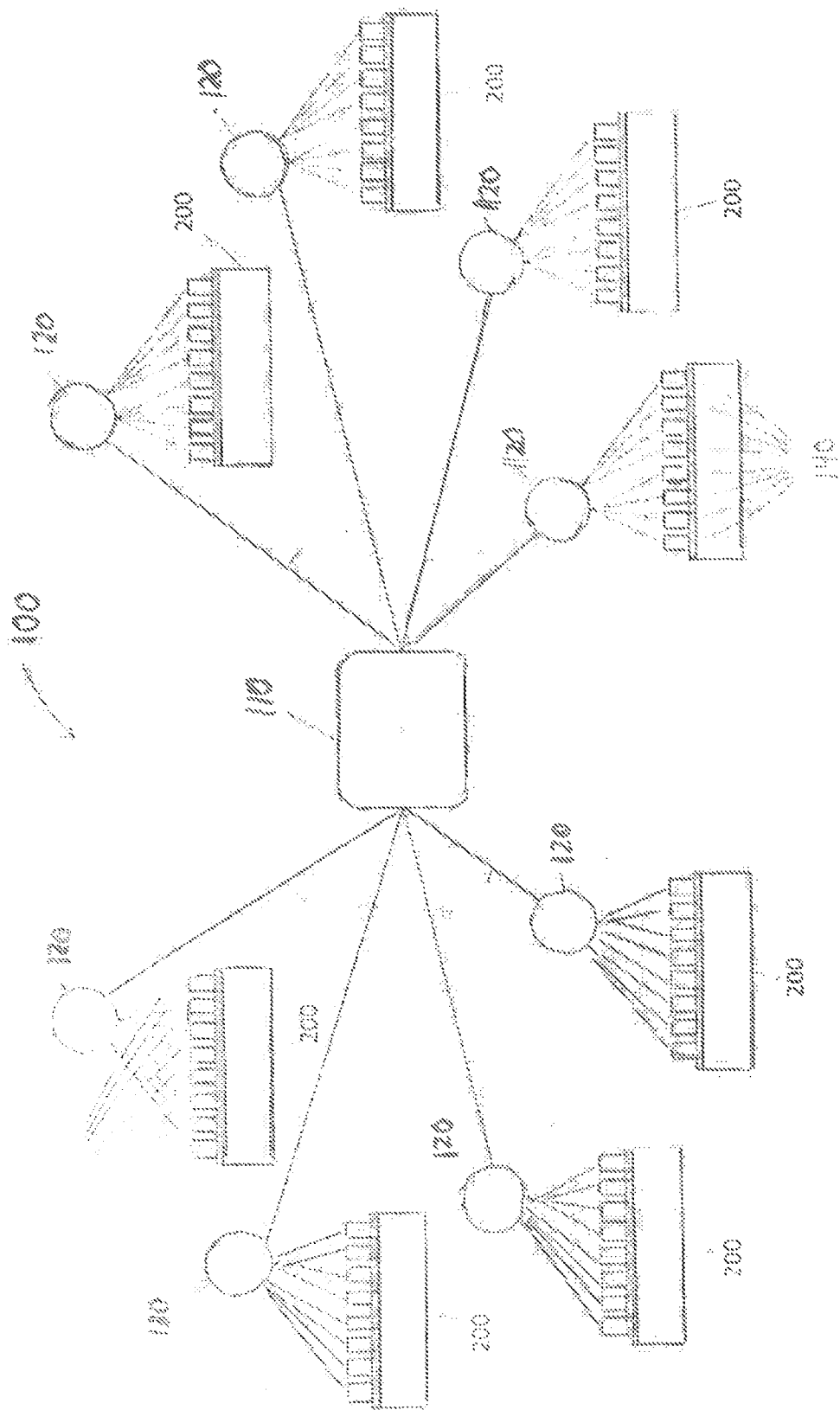


FIG. 5

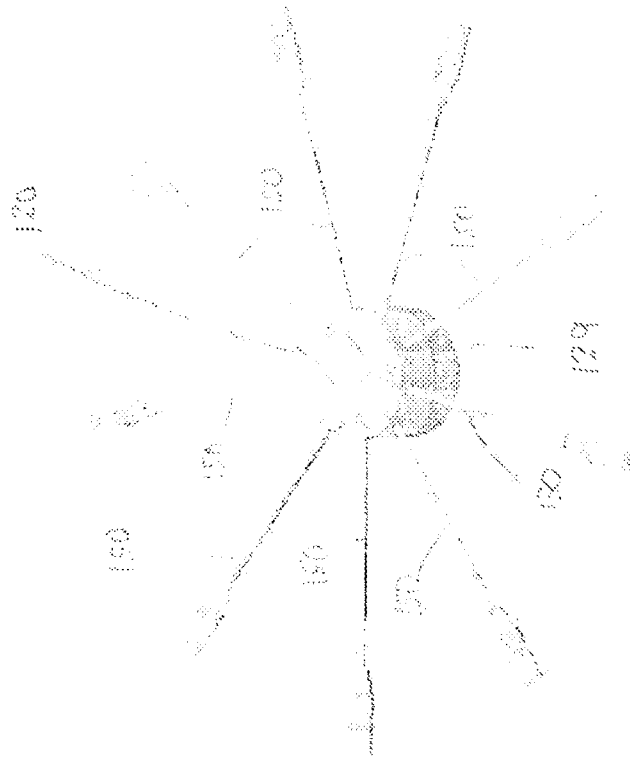


FIG. 7

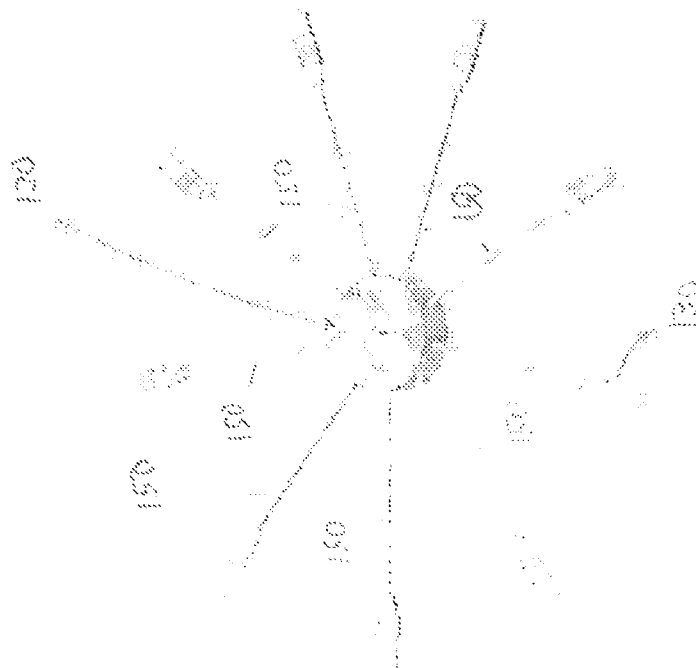
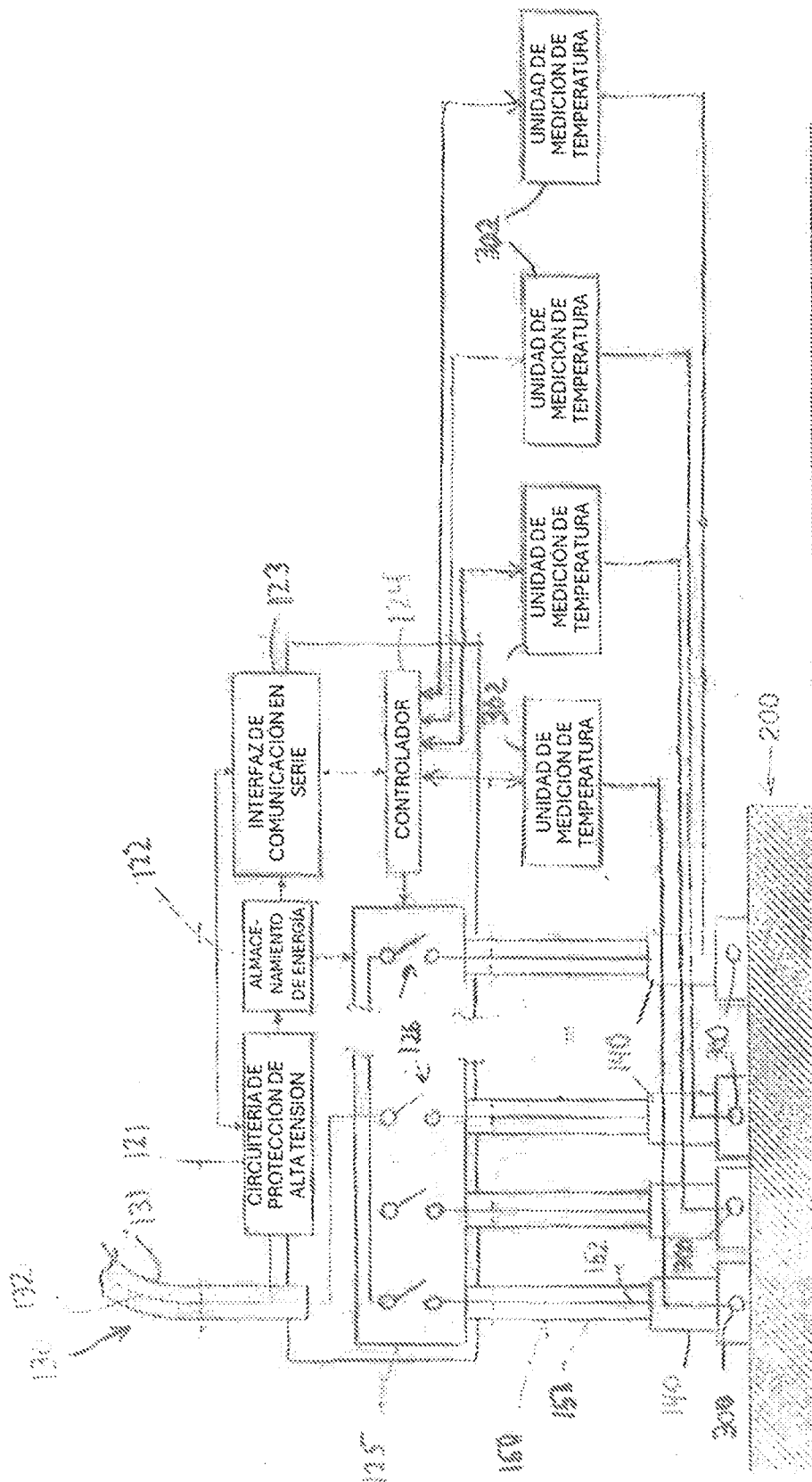
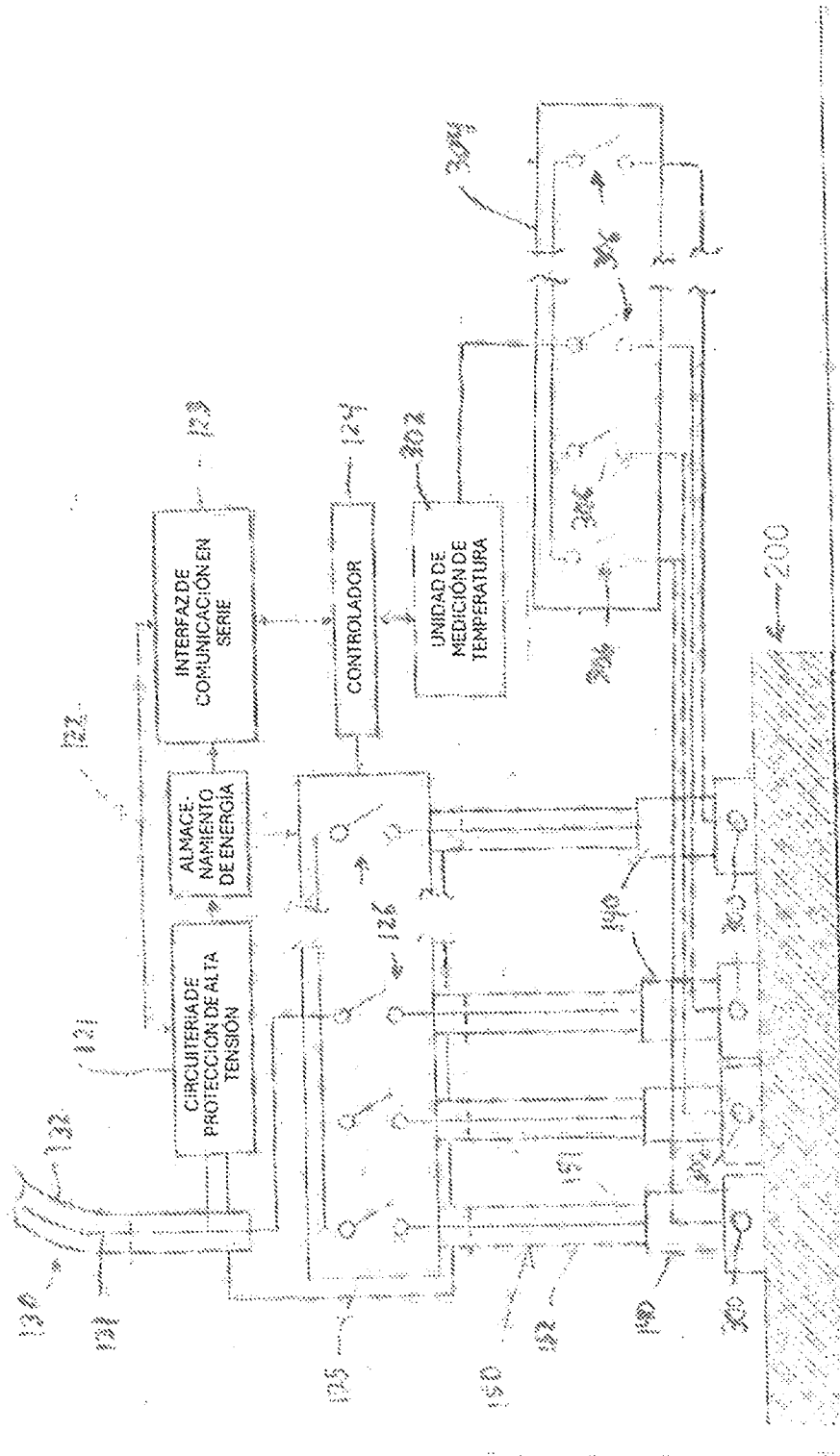


FIG. 6





30