

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 605 227**

51 Int. Cl.:

B66C 1/54 (2006.01)

G01M 5/00 (2006.01)

G01D 11/30 (2006.01)

G01N 27/90 (2006.01)

F22B 37/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.01.2010 PCT/US2010/021407**

87 Fecha y número de publicación internacional: **22.07.2010 WO10083521**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.01.2010 E 10700929 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.08.2016 EP 2389538**

54 Título: **Aparato para posicionamiento automatizado de sonda de ensayo de corrientes parásitas**

30 Prioridad:

19.01.2009 US 145629 P

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

13.03.2017

73 Titular/es:

**BABCOCK & WILCOX NUCLEAR ENERGY, INC.
(100.0%)
800 Main Street
Lynchburg, VA 24504, US**

72 Inventor/es:

O'DELL, THOMAS

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 605 227 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

Aparato para posicionamiento automatizado de sonda de ensayo de corrientes parásitas

5 Antecedentes de la invención

La inspección regular y ensayo de placas tubulares de generadores de vapor es crítica para el funcionamiento de una planta generadora de vapor. Las placas tubulares son matrices de tubos paralelos a los que puede accederse en al menos un extremo en el que los extremos de los tubos se disponen en un único plano. El ensayo de cada tubo es delicado y consumidor de tiempo. En el pasado, esto se ha realizado mediante la colocación manualmente de sondas de ensayo en los tubos. Se describe en el presente documento un aparato automatizado mejorado para el posicionamiento de equipamiento de ensayo y reparación en una placa tubular para generadores de vapor.

15 Los atributos deseables de dicho aparato automatizado incluyen: rápida instalación por una sola persona; características de agarre integradas para el manejo; amortiguador de protección; características independientes de la placa tubular y generador de vapor; sistema de cableado simplificado y un único punto de conexión del cable; calibración simplificada; facilidad de descontaminación; integración completa con los sistemas de adquisición de datos; comportamiento rápido, preciso y soporte para herramientas de reparación.

20 El documento WO 2004/009287 A1 divulga un manipulador en miniatura para dar servicio al interior de tubos de un generador de vapor nuclear incluyendo un elemento base, un elemento de bloque y un elemento de pie. El elemento de base tiene al menos un agarrador para el agarre de un tubo que se extiende a través de una placa tubular. El elemento de bloque se conecta al elemento de base para un movimiento lineal y giro con relación al elemento de base. El elemento de pie se conecta al elemento de bloque para movimiento lineal con relación al elemento de bloque.

Campo de la invención

30 La presente invención se refiere a sistemas de inspección y reparación automática y más particularmente a un aparato robótico para el posicionamiento de una sonda de ensayo de corrientes parásitas en una matriz de tubos de generador de vapor.

Breve resumen de la invención

35 Un aparato para inspección y ensayo automatizado de una placa tubular, en particular un posicionador robótico de herramientas especializado adaptado para el posicionamiento de equipo y herramientas de ensayo en una matriz de tubos, tal como en un generador de vapor, que comprende las características de la reivindicación 1. El posicionador de herramientas tiene varias características novedosas, descritas en el presente documento.

40 En una realización, el posicionador de herramientas está adaptado para moverse a través de la cara de una placa tubular de tubos abiertos. El posicionador incluye: una parte de cuerpo deslizante que contiene una cápsula de agarrador giratorio teniendo la cápsula de agarrador giratorio al menos un agarrador de tubos; partes de carcasa exterior izquierda y derecha que tienen al menos un agarrador de tubos cada una; y el acoplador de cabezal de herramientas para soportar varios accesorios, incluyendo una sonda de ensayo de corrientes parásitas, herramientas de reparación y mantenimiento. La parte del cuerpo deslizante se mueve lateralmente a través de la placa tubular con respecto a la parte de carcasa. La cápsula de agarrador giratorio permite al posicionador girar en un eje perpendicular al plano de la placa tubular.

50 El acoplador del cabezal de herramienta proporciona la fijación de sondas de ensayo y herramientas de reparación y mantenimiento a la parte del cuerpo deslizante. El robot incluye también visión artificial e iluminación para visión artificial.

55 En una realización, los agarradores de tubos tienen un accionador neumático, al menos unas zapatas de agarrador y sensores integrados adaptados para detectar la posición de despliegue y retracción. En una realización, los sensores son sensores de efecto Hall. Los agarradores de tubos están adaptados de modo que la fuerza de reacción del posicionador de herramientas que empuja a la separación de la placa tubular fuerza a las zapatas del agarrador de tubos contra la pared del tubo. Para retraer un agarrador de tubos, la cabeza del agarrador se empuja hacia arriba dentro del tubo ligeramente para liberar la presión sobre las zapatas del agarrador, que a continuación se retrae mediante retractores actuados por resorte. En una realización, la electrónica del robot, que incluye un microprocesador de a bordo, está interconectada mediante una red en serie simplificada que minimiza los cables de interconexión entre los módulos electrónicos dentro del robot y permite la instalación de nuevos módulos y la intercambiabilidad y actualización de los módulos existentes sin costosos cambios de grupos de cables. El robot está controlado por un controlador externo que comunica con el robot a través de una red en serie simplificada. En una realización, la red en serie simplificada es el bus de la norma industrial Controller Area Network o "CAN".

65

Breve descripción de las diversas vistas de los dibujos

La invención se describirá en conjunto con los siguientes dibujos en los que números de referencia iguales designan elementos iguales y en los que:

5

La figura 1 es un dibujo isométrico de un diseño de ejemplo de un posicionador automatizado;
la figura 2 es una vista isométrica de un cabezal de agarrador de tubos;
la figura 3 es un dibujo en sección transversal de un agarrador de tubos de ejemplo insertado en un tubo; y
la figura 4 es una vista en despiece de un agarrador de tubos de ejemplo.

10

Descripción detallada de la invención

Se divulga un robot de inspección y reparación. El diseño proporciona una huella muy eficiente para el movimiento y reposicionamiento de sondas de ensayo de corrientes parásitas dentro de un generador de vapor. El movimiento único y pequeño tamaño proporcionan alta flexibilidad para alcanzar todos los tubos dentro de la placa tubular sin complejos movimientos de reposicionamiento. Esto proporciona un movimiento rápido y eficiente en el posicionamiento del robot a una zona objetivo o tubo específico. Todo esto se lleva a cabo en un estado de la técnica veloz. En una realización de ejemplo, el robot puede cruzar a través de la placa tubular a velocidades de hasta 2,54 cm/s (5 pies por minuto) para grandes movimientos y puede alcanzar velocidades de tubo a tubo durante operaciones de ensayo o reparación de hasta 10,2 cm/s (4 pulgadas por segundo). El robot utiliza visión artificial integrada para una verificación del tubo secundaria para todas las herramientas fijadas.

Cuerpo del robot

Con referencia a la Figura 1, un robot de reparación e inspección de ejemplo tiene una carcasa exterior 10 que comprende cuatro agarradores de carcasa 20; un centro de cuerpo deslizante 30, que comprende una cápsula de agarrador giratoria 40, que tiene tres agarradores 50. El centro del cuerpo deslizante 30 tiene también una interfaz de cabezal de herramientas 60 que comprende un enclavamiento de cabezal de herramienta 61 con una zapata activa (no mostrada), iluminación para visión artificial 63 y una cámara de visión artificial 64 integrada. El enclavamiento del cabezal de herramientas se fija giratoriamente al soporte de cabezal de herramienta 60. El robot se mueve cruzando una placa tubular mediante la inserción y bloqueo alternativamente de agarradores en todos los tubos desde tanto la carcasa exterior 10 como la cápsula de agarrador giratoria 40. Puede verse que cuando los tres agarradores centrales se insertan en tubos, la carcasa exterior puede girar en cualquier ángulo y trasladarse una distancia limitada separándose de la cápsula de agarrador giratoria a través de la relación deslizante entre el cuerpo central y la carcasa exterior. Una vez la carcasa exterior 10 se ha reposicionado a sí misma con respecto al cuerpo central, los agarradores de tubos 20 y la carcasa exterior 10 se insertan dentro de tubos y se clavan y los agarradores de tubos 50 en la cápsula giratoria 40 se liberan y extraen de la placa tubular. El cuerpo deslizante está libre entonces de moverse con respecto a la carcasa exterior para enganchar nuevos tubos. Este proceso se repite hasta que la carcasa alcanza la localización requerida sobre la placa tubular.

35

La configuración de los cuatro agarradores de carcasa exterior 20 y los tres agarradores de cápsula giratoria se diseña para soportar un amplio intervalo de configuraciones, pasos y patrones de placas tubulares cuadradas y de triple paso. El cuerpo se diseña para encajar a través de aberturas de paso de hombre en el equipo existente. El controlador para el robot es también tan pequeño como sea posible para maximizar el espacio de plataforma. Un cable de control de pequeño diámetro minimiza el enredo del cable.

45

Posicionamiento del robot

En una realización de ejemplo, hay un ordenador central, que es exterior al entorno de la placa tubular. Hay también un controlador externo en el entorno de la placa tubular que comunica con el ordenador central y con el robot.

50

El ordenador central y el software planean los movimientos del robot y envían controles al controlador. Este es típicamente remoto respecto al entorno radiactivo en donde trabajan el robot y el controlador. Envía órdenes a través de Ethernet al controlador que es externo al robot. El controlador comunica con el robot a través de un cable de alimentación/datos que transporta la comunicación CAN y alimentación para los dispositivos. El robot tiene múltiples dispositivos CAN para las funciones específicas. Recibe y ejecuta controles directamente desde el controlador.

55

El controlador tiene comunicación tanto con el robot como con el ordenador/software.

Las secuencias de movimientos para el robot desde una posición a otra son determinadas por el ordenador central y se transmiten al controlador externo del robot.

60

Para realizar un movimiento el controlador externo envía un control con argumentos para el tipo específico de dispositivo y una dirección para el dispositivo. Para un eje de movimiento, este puede incluir controles para el motor sobre el eje en la forma de giros en grados, dirección de giro y velocidad de giro para un eje junto con la dirección del bus serie para el dispositivo.

65

El software del ordenador central gestiona la lógica de cómo mover y envía órdenes al controlador que a su vez las formatea en instrucciones para los dispositivos descritos anteriormente.

Agarradores de diámetro interior del tubo

5 La figura 2 muestra un cabezal de agarrador de tubos 100 de ejemplo. El cabezal del agarrador tiene tres zapatas de agarre 110 que se deslizan a lo largo de tres canales igualmente espaciados alrededor de la pared exterior del cabezal del agarrador. Cada canal tiene una superficie inclinada 115 que está en contacto con la zapata del agarrador. La superficie inclinada 115 fuerza a la zapata del agarrador 110 a separarse del centro del cabezal del agarrador cuando las zapatas se empujan hacia arriba al interior de un tubo, en una dirección de separación del cuerpo del robot 10. De ese modo, los agarradores se auto-bloquean. Una vez las zapatas se fuerzan arriba al interior de un tubo, se ejerce una fuerza creada por la presión de aire forzando a los cuerpos del agarrador a separarse de la placa tubular, forzando así a las zapatas contra la pared del tubo. Cuando el robot está por debajo de una placa tubular, el peso del robot empujándole hacia abajo sobre el cabezal del agarrador mantiene las zapatas bloqueadas contra la pared del tubo, incluso si se elimina la alimentación. Cuando la placa tubular no es horizontal, la fuerza de reacción de separación desde los tubos mantiene a los agarradores enclavados. Cualquier fuerza que tienda a tirar del robot a separarse de los tubos mantendrá los agarradores enclavados en su sitio. Las zapatas del agarrador se extraen solo mediante la retracción forzosa de las zapatas mientras se extiende el cuerpo del agarrador ligeramente al interior de la pared del tubo para ayudar a empujar las zapatas 110 de vuelta hacia abajo sobre la superficie inclinada 115 y separándose de la pared del tubo.

En una realización, la fricción entre la cara de la zapata 110 y la superficie inclinada 115 se reduce mediante un elemento de reducción de presión (no mostrado). Es crítico para la operación de las zapatas del agarrador que la fricción entre la zapata y la superficie inclinada esté controlada de modo que se requiera menos fuerza para mover la zapata a través del plano inclinado que la que se requiere para mover la zapata a través de la pared del tubo. En una realización, se inserta una inserción plástica entre la zapata 110 y la superficie inclinada 115.

La figura 3 es una vista en sección transversal que muestra un cabezal de agarrador insertado en una pared del tubo 200. Una zapata de agarrador 110 se muestra presionada contra la pared, estando forzada dentro de la pared por la superficie inclinada 115 de la ranura en la cabeza del agarrador. En un diseño de ejemplo, cada zapata de agarrador 110 está en contacto con una barra de empuje 120. Para bloquear la zapata contra la pared del tubo 200, la barra de empuje 120 se fuerza hacia arriba por una placa 150. Cuando la placa 150 se retrae, el retorno de los pasadores 140 cargados por el resorte 130 fuerza a las barras de empuje 120 a su vuelta, liberando así la presión de salida sobre las zapatas del agarrador 110. Como se ha dicho anteriormente, para ayudar a la liberación de las zapatas del agarrador 110 de la pared del tubo 200, todo el conjunto del cabezal del agarrador es forzado ligeramente hacia arriba dentro del tubo, moviendo la superficie inclinada 115 hacia arriba y liberando la presión hacia el exterior sobre las zapatas del agarrador 110.

La realización mostrada es un diseño de agarrador de alto rendimiento avanzado que no provocará daños en los tubos, proporcionando a una alta capacidad de carga (hasta 300 libras por agarrador) y proporciona automáticamente fuerza de agarre para adaptarse a la carga aplicada al robot. Todo esto se lleva a cabo mientras se mantiene libre el de fallos durante interrupciones en el servicio de generación.

En un diseño de ejemplo, los agarradores de tubos del robot (figuras 2-4) tienen las siguientes características: concepto de agarrador de ID de tubos de auto-bloqueo en donde la carga del robot ayuda a enclavar y sujetar el enclavamiento; despliegue simultáneo del agarrador 110 y la punta 116 junto con la etapa de retracción del enclavamiento; mecanismo, cilindros telescópicos de despliegue/liberación de cilindros de aire personalizados multi-etapa; despliegue simultáneo, pero zapatas de agarrador 110 que se retraen individualmente; zapatas de agarrador individualmente sustituibles; recubrimientos u otros elementos de reducción de presión para proporcionar una superficie plana de deslizamiento entre el mandril del agarrador y la superficie de zapata; sensor de efecto Hall, ópticos o de otro tipo en el cabezal del agarrador detectan el estado de despliegue y detecta tapones en el tubo; agarrador de enclavamiento neumático multi-etapa; la carga del robot incrementa el enclavamiento a la superficie de los tubos; zapatas de agarrador suaves no imponen puntos de esfuerzo sobre la pared del tubo, no dañarán los tubos del generador de vapor; sensores Hall integrados detectan la posición de despliegue y retracción; agarre a prueba de fallos durante interrupciones de la alimentación; el cabezal del agarrador se diseña para cambio rápido; y entradas/salidas distribuidas y servo-actuación y control integrados. Ajuste de forma automática e individual de cada agarrador para posicionamiento óptimo del agarrador dentro del diámetro interior de tubos para adaptación a las variaciones en los diámetros de los tubos para operaciones de agarre y desprendimiento.

En una realización, la posición del agarrador dentro del tubo se ajusta adaptativamente para tener en cuenta variaciones en el diámetro de tubos y tolerancias de abertura. Hay un intervalo de profundidad óptimo en el que el agarrador debería insertarse dentro del tubo. Si el agarrador se inserta demasiado dentro del tubo, es difícil extraerlo, dado que la extracción requiere la extensión del agarrador ligeramente alejándolo al interior del tubo respecto a la posición en donde está anclado. El anclaje del agarrador próximo al extremo abierto del tubo puede dañar posiblemente el tubo en algunas situaciones. Por ello, es útil ser capaz de localizar el agarrador en un intervalo de inserción limitado en el tubo. Una forma de hacer esto es incluir un sensor de posición sobre el

agarrador. El sensor de posición puede ser un sensor de efecto Hall o un sensor óptico. El agarrador se inserta en el tubo y se enclava y se determina su posición. Si el agarrador no está en el área deseada, el agarrador es liberado y vuelto a insertar. El posicionamiento del agarrador es una función de los parámetros de tiempo: hay una duración de inserción del agarrador y un tiempo en el que las zapatas del agarrador son forzadas hacia el exterior para agarrar la pared del tubo. La combinación de estos dos tiempos se ajusta para colocar al agarrador a diferentes profundidades dentro del tubo. Debido a las variaciones en el diámetro del tubo y forma, los parámetros de tiempos no son universales. Por esta razón, se usa para colocar el agarrador en la localización deseada un enfoque adaptativo tal como se describe en el presente documento, mediante el ajuste del tiempo de inserción y del tiempo de actuación de la zapata cada vez que el agarrador se recoloca hasta que el agarrador está anclado en la localización deseada en el tubo.

Red en serie

En una realización de ejemplo, una red en serie conecta los módulos electrónicos internos del robot. La red en serie conecta también cualquier electrónica fija al cabezal de la herramienta, el controlador externo y un robot de instalación. La red en serie elimina la necesidad de cableado personalizado entre estos dispositivos y reduce el número de cables, incrementando así la fiabilidad y reduciendo costes. El uso de la red en serie permite la ampliación y mejoras del hardware existente dado que pueden añadirse módulos adicionales que comuniquen con los módulos existentes mediante simple pinchado en la red en serie. En una realización, la red en serie es una red eléctrica y se implementa con el bus CAN de la norma industrial. En una realización alternativa, la red en serie es una red de fibra óptica. La red en serie permite también a un único controlador externo controlar múltiples elementos del sistema dentro del sistema de robot sobre el mismo bus. Se proporciona una red en serie adicional en la forma de un chip de memoria de "1 hilo" para comunicar y gestionar la información almacenada en componentes del sistema para su uso en el sistema de control a nivel de inventario, almacenamiento de datos y configuración de las operaciones de software. La red de "1 hilo" asegura que se respetan los parámetros de operación del sistema apropiados para evitar operaciones indeseadas.

Cabezal de herramientas del robot

En un diseño de ejemplo, la interfaz del cabezal de herramientas del robot tiene las siguientes características: rápida conexión/interrupción del acoplamiento de aire combinado con la conexión eléctrica (alimentaciones y señal) y característica de auto-enclavamiento de proximidad/efecto Hall.

Software de control

El software para un diseño de ejemplo incluye: cinemática, coordinación de robot múltiple, y detección/evitación de la colisión; planificación y simulación de inspección de software; algoritmos de planificación de la trayectoria de movimiento para validar las operaciones en caldera; algoritmos de planificación de trayectoria para proporcionar la trayectoria óptima a la localización objetivo; algoritmos de optimización del movimiento para controlar el movimiento alrededor de tapones y soportes; y algoritmos de planificación de una inspección eficiente para optimizar la inspección de ensayos de corrientes parásitas y suministro de herramientas de reparación.

Características y beneficios

Algunas características y beneficios de la presente invención incluyen:

Pequeña huella del robot proporciona una maniobrabilidad máxima para recolocación eficiente en todas las zonas de la placa tubular mientras ocupa menos área permitiendo de ese modo el uso de múltiples robots por cabezal.

Peso ligero, menor de 18,1 kg (40 libras) el robot es fácilmente transportable e instalable. En conjunto con la pequeña huella requiere menos energía para agarrarse dentro de la placa tubular.

Diseño de agarrador revolucionario de fallo seguro, aseguran que el robot permanecerá fijado a la placa tubular aunque pierda toda su alimentación, permaneciendo aun fácilmente extraíble durante situaciones de emergencia.

Rápido y fuerte con una velocidad de tubo a tubo de hasta 10,2 cm/s (4 pulgadas por segundo) y hasta 133,6 kg (300 libras) de capacidad de carga por agarrador. El robot es capaz de realizar tanto inspecciones a alta velocidad como soporte para los requisitos de carga de las herramientas de reparación.

Un sistema simplificado usa una arquitectura de sistema de control de bus CAN (Controller Area Network). El robot proporciona el conjunto de cables de robot más pequeño en la industria con un diámetro de menos de 2,54 cm (una pulgada).

Un software inteligente de control gestiona la telemetría de todos los robots dentro de un generador de vapor para evitar colisiones de robot a robot así como colisiones de sondas con robots funcionando en el cabezal del canal opuesto.

- 5 Una interfaz sin saltos con el sistema inteligente MIZ®-80iD de Zetec posibilita intercambio de información entre componentes de hardware y herramientas.

10 Aunque la invención se ha descrito en detalle y con referencia a ejemplos específicos de la misma, será evidente para un experto en la materia que pueden realizarse varios cambios y modificaciones en ella sin apartarse del alcance de la invención tal como se define en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato para inspección y ensayos automatizados de una placa tubular en el que la placa tubular tiene una pluralidad de aberturas de tubo dispuestas sobre un plano de la placa tubular, comprendiendo el aparato:

un conjunto de núcleo que comprende:

una parte del cuerpo deslizante (30) que contiene una cápsula de agarrador giratoria (40) con tres agarradores (50) de tubo;
un acoplamiento de cabezal de herramientas (60) montado articuladamente a dicho conjunto de núcleo; y accionadores de carcasa exterior; y caracterizado por:

una parte de carcasa (10) con carcasas exteriores izquierda y derecha;
comprendiendo cada carcasa exterior uno o más agarradores de tubo (20);

en el que dicha parte del cuerpo deslizante se mueve con respecto a dicha parte de carcasa (10);
en el que dicho conjunto de núcleo se dispone entre dichas carcasas exteriores izquierda y derecha, y en el que dicho conjunto de núcleo, que incluye dicha cápsula de agarrador giratoria (40), y dichas carcasas exteriores izquierda y derecha tienen superficies superiores alineadas sobre un plano común que, cuando el aparato está en uso, es paralelo a dicho plano de placa tubular, y en el que dichos agarradores de tubo (50) emergen de dicha cápsula de agarrador giratoria (40) y carcasas exteriores izquierda y derecha, respectivamente, perpendiculares a dicho plano común, y
en el que dichos accionadores del conjunto de núcleo mueven dichas carcasas exteriores izquierda y derecha con respecto a dicho conjunto de núcleo de modo que dichas superficies superiores permanecen en dicho plano común.

2. El aparato de la reivindicación 1, en el que dicho acoplamiento de cabezal de herramientas (60) es una parte de una de dicha parte del cuerpo deslizante o dicha parte de carcasa, o dicho acoplamiento de cabezal de herramientas (60) soporta un cabezal de herramientas que comprende una sonda de ensayo de corrientes parásitas para su inserción en un tubo de la placa tubular, o dicho acoplamiento de cabezal de herramientas (60) soporta un cabezal de herramientas que comprende un equipo de reparación de tubos.

3. El aparato de la reivindicación 1, que comprende adicionalmente visión artificial (63, 64).

4. El aparato de la reivindicación 1, que comprende cuatro agarradores de tubo (20) sobre dicha parte de carcasa.

5. El aparato de la reivindicación 1, en el que dicho agarrador de tubo comprende un accionador neumático; zapatas de agarrador (110); y sensores para la detección de la posición de despliegue y retracción.

6. El aparato de la reivindicación 5, en el que las zapatas del agarrador de tubos (110) se enclavan contra la pared interior de los tubos mediante la fuerza de reacción dirigida a separarles desde el tubo; o dicho agarrador de tubos comprende retractores cargados por resorte en comunicación con dichas zapatas de agarrador; o dichas zapatas de agarrador (110) tienen una superficie de contacto del tubo y una superficie interior y dicho agarrador de tubos comprende adicionalmente una superficie de encaje en la zapata del agarrador, y un reductor de fricción de la zapata del agarrador en el que dicho reductor de la fricción de la zapata del agarrador reduce la fricción entre la superficie interior de dicha zapata del agarrador y dicha superficie de encaje de la zapata del agarrador de modo que se requiere menos fuerza para deslizar dicha zapata del agarrador a lo largo de dicha superficie de encaje de la zapata del agarrador que la que se requiere para deslizar dicha superficie de contacto con el tubo de la zapata del agarrador contra dicha pared del tubo.

7. El aparato de la reivindicación 1, que comprende adicionalmente una pluralidad de módulos electrónicos interconectados mediante una red en serie.

8. El aparato de la reivindicación 7, en el que dicha red en serie también interconecta dicho aparato a un controlador externo.

9. El aparato de la reivindicación 1, en el que dicho acoplamiento de cabezal de herramientas (60) soporta alternativamente una sonda de ensayo de corrientes parásitas y un dispositivo de reparación de tubos.

10. El aparato de la reivindicación 1, en el que cada uno de dichos agarradores de tubo comprende un accionador; y zapatas de agarrador (110);
5 en el que dichas zapatas de agarrador (110) tienen una superficie de contacto con el tubo y una superficie interior y dicho agarrador de tubos comprende adicionalmente una superficie de encaje de la zapata del agarrador, y un reductor de fricción de la zapata del agarrador en el que dicho reductor de fricción de la zapata del agarrador reduce la fricción entre dicha superficie interior de la zapata del agarrador y dicha superficie de encaje de la zapata del agarrador de modo que se requiere menos fuerza para deslizar dicha zapata del agarrador a lo largo de dicha superficie de encaje de la zapata del agarrador que la que se requiere para deslizar dicha superficie de contacto con el tubo de la zapata del agarrador contra dicha pared del tubo.
10
11. El aparato de la reivindicación 1, en el que cuando al menos dos de dichos agarradores de tubo (50) de la cápsula de agarrador giratoria (40) se enclavan dentro de los tubos y ninguno de dichos agarradores de tubo de la carcasa exterior están insertados en tubos,
15 la cápsula de agarrador giratoria (40) puede accionarse para girar el aparato alrededor de un eje que es perpendicular a dicho plano de la placa tubular; o los accionadores de la carcasa exterior pueden accionarse para mover dichas carcasas exteriores a través de la placa tubular en paralelo a dicho plano de la placa tubular; o dichos accionadores de la carcasa exterior pueden accionarse para mover dicho conjunto de núcleo a través de dicha placa tubular en paralelo a dicho plano de la placa tubular.
20
12. El aparato de la reivindicación 8, en el que dicha red en serie también conecta un dispositivo instalador a dicho controlador externo.
- 25 13. El aparato de la reivindicación 5, que comprende adicionalmente un accionador de inserción, y un accionador de zapata de agarrador, estando dispuestos dicho accionador de inserción y dicho accionador de zapata de agarrador para
30 (a) activar dicho accionador de inserción durante un primer tiempo durante el cual el dispositivo se inserta dentro del tubo;
(b) activar dicho accionador de zapata de agarrador durante un segundo período de tiempo;
(c) detectar la localización del dispositivo dentro del tubo;
35 (d) ajustar la posición del dispositivo dentro del tubo mediante la retracción del dispositivo, y la reinserción, mediante la repetición de (a) y (b), del dispositivo con diferentes valores durante al menos uno de dichos primer y segundo períodos de tiempo.

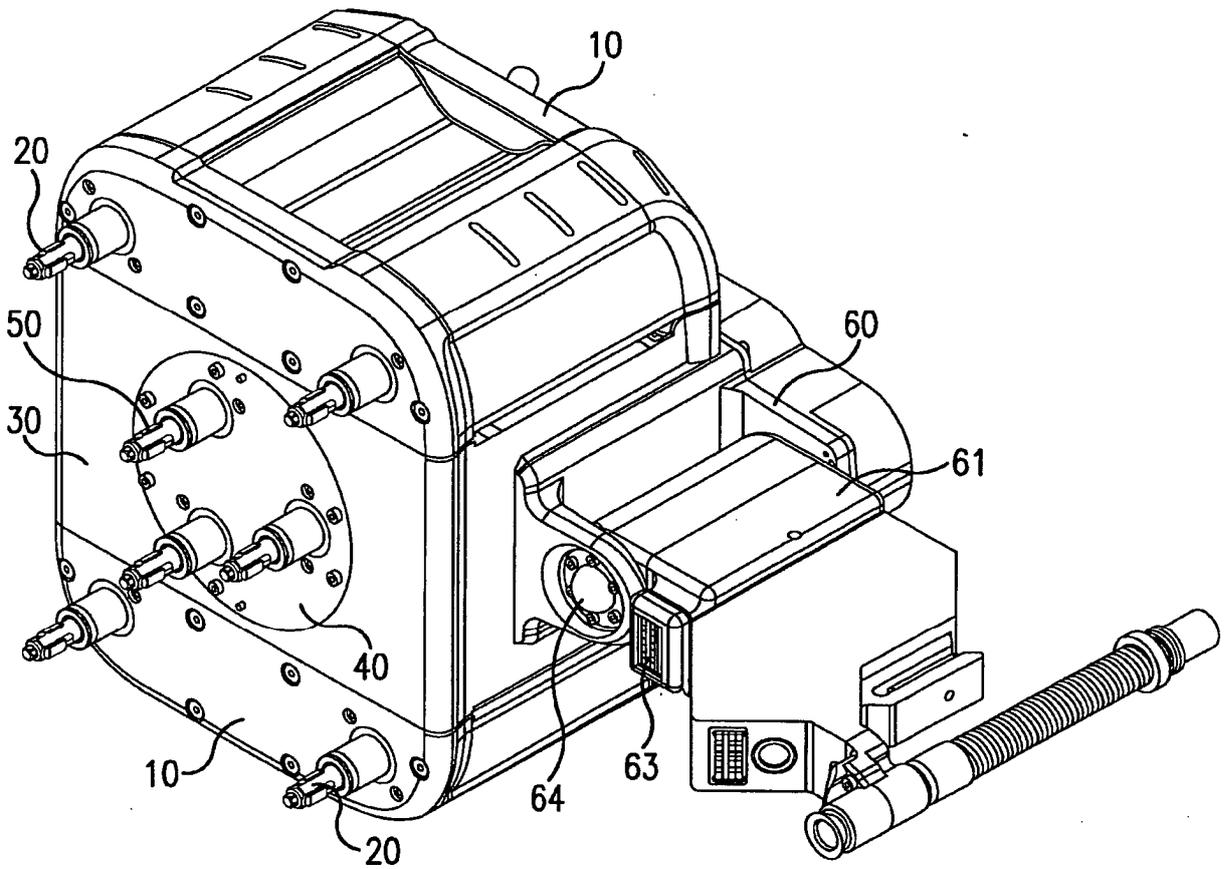


FIG. 1

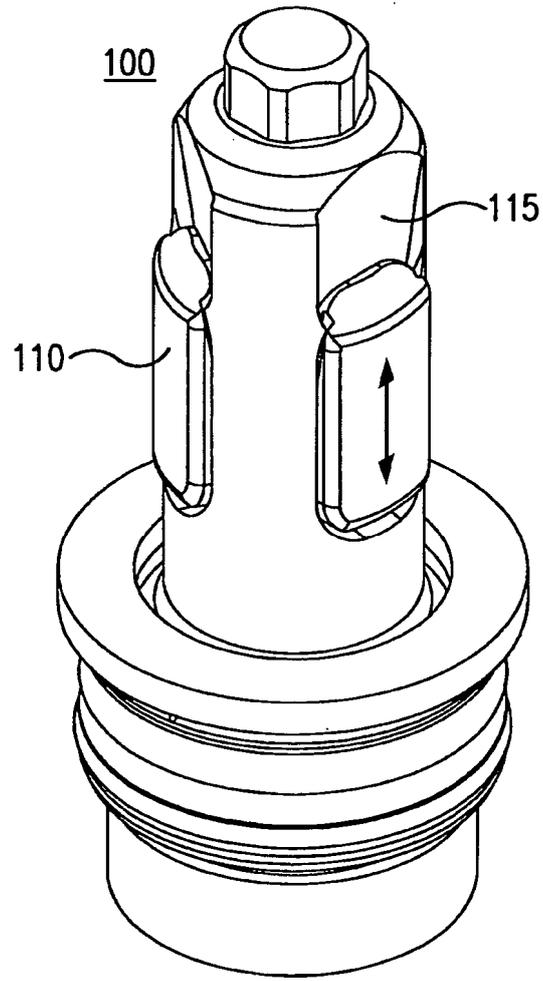
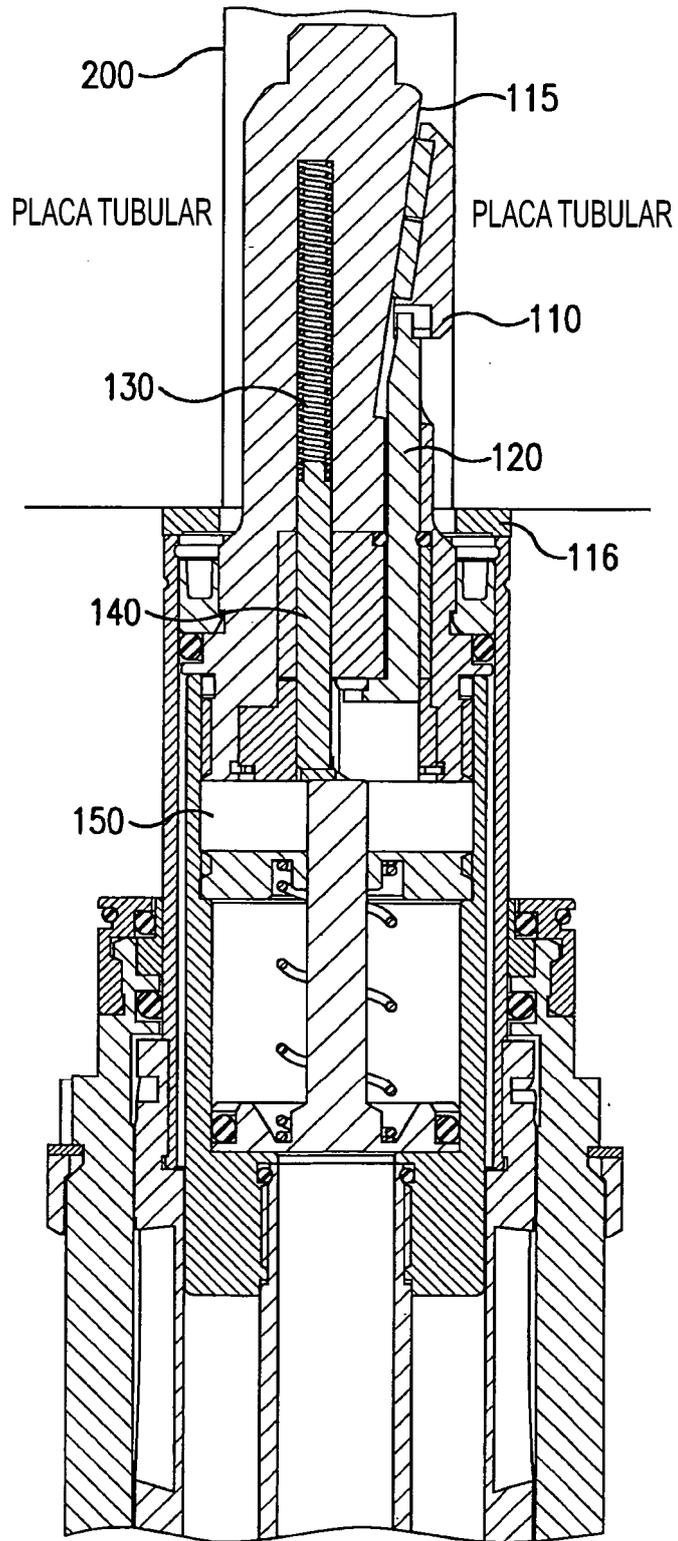


FIG. 2



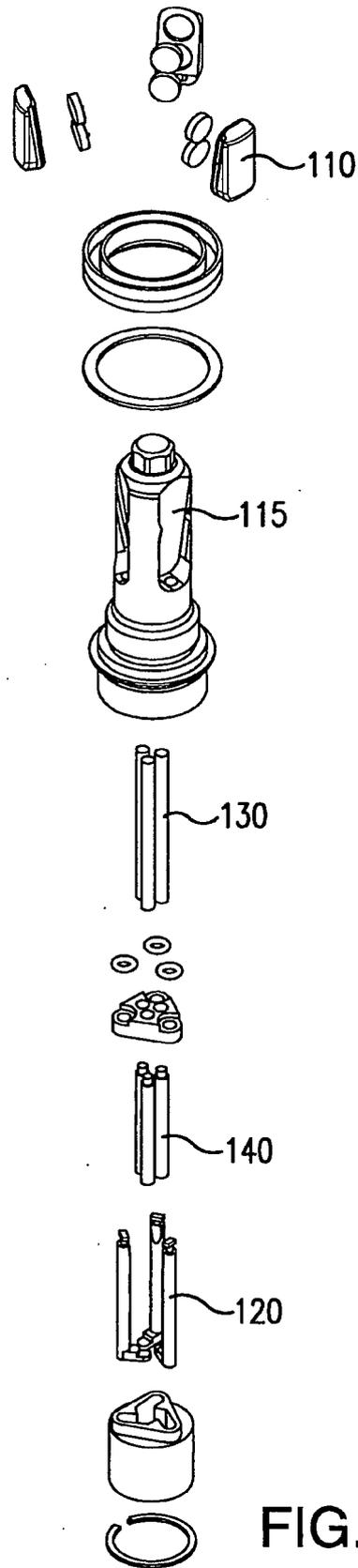


FIG. 4