

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 673 568**

51 Int. Cl.:

E21B 47/00 (2012.01)

F16L 11/127 (2006.01)

G01N 29/11 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.12.2013 PCT/FR2013/053110**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.06.2014 WO14096667**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.12.2013 E 13818320 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.03.2018 EP 2935775**

54 Título: **Elemento de conducto equipado con un sistema de vigilancia**

30 Prioridad:

18.12.2012 FR 1262237

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

22.06.2018

73 Titular/es:

**VALLOUREC TUBES FRANCE (100.0%)
27 Avenue du Général Leclerc
92100 Boulogne-Billancourt, FR**

72 Inventor/es:

**TRILLON, ADRIEN;
DESDOIT, EMMANUEL y
PETIT, SÉBASTIEN**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 673 568 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

Elemento de conducto equipado con un sistema de vigilancia

La invención se refiere a la vigilancia, a largo plazo, de conductos destinados a la circulación de fluidos, del tipo de los realizados por ensamblaje mutuo de tubos elementales y/u otros perfiles huecos.

5 Los conductos de este tipo comprenden por ejemplo lo que se denomina los “risers”, que unen una plataforma petrolífera con el fondo marítimo, los pipelines”, o “conductos de hidrocarburos”, que sirven especialmente para el encaminamiento de petróleo y de gas natural, o los conductos utilizados para el transporte de agua a alta temperatura en las centrales de producción eléctrica.

10 Los tubos elementales y los conductos formados a partir de estos tubos presentan exteriormente un revestimiento, principalmente para protegerlos de su entorno.

15 La vigilancia de estos conductos implica generalmente detectar, localizar y/o evaluar defectos en paredes del conducto tales como, por ejemplo, fisuras de fatiga, que aparecen en forma de fisuras que se extienden transversalmente al conducto, picaduras de corrosión, que toman la forma de cuencos esféricos, y cualesquiera clases de anomalías que presentan características geométricas análogas. Tales defectos sobrevienen generalmente en la superficie interna del conducto, pero existen igualmente defectos externos. Las soldaduras que aseguran la unión entre sí de los tubos elementales son lugares de un interés particular para la vigilancia de un conducto, porque los defectos se forman en las mismas de manera privilegiada y son potencialmente más peligrosos que en el resto del conducto.

20 A largo plazo, es decir en una duración próxima a la de la vida de servicio del conducto, se vigila la aparición de nuevos defectos y/o la evolución de defectos ya conocidos, en los propios elementos de conducto y en las soldaduras de unión. Típicamente, se trata de realizar regularmente operaciones de control en el conjunto del conducto y comparar uno con otro los resultados de estas operaciones.

25 A los fines de simplificación de la exposición, se está interesado aquí en el ámbito de los conductos submarinos, utilizados en el ámbito marítimo. Se entiende que esto no limita en nada el interés de la invención, la cual puede ser utilizada en el ámbito terrestre, en particular en caso de tensiones similares a las que caracterizan el marítimo, por ejemplo dificultades de acceso al conducto, una resistencia en el tiempo del citado conducto, la naturaleza de los defectos vigilados y/o el carácter agresivo del medio ambiente. Puede citarse por ejemplo el caso de conductos enterrados, situados en zonas de fuerte radioactividad, o inestables, especialmente zonas que presentan un riesgo sísmico importante.

30 Los conductos colocados en el ámbito marítimo unen el fondo marino, sobre el cual eventualmente pueden reposar parcialmente, a una plataforma en superficie.

35 Se conoce utilizar como sensores fibras ópticas que discurren a lo largo del conducto, hasta la plataforma. Los sensores de tipo de fibras ópticas permiten por ejemplo evaluar solicitaciones mecánicas experimentadas por el conducto, en particular tensiones de flexión, o también temperaturas. Si bien las fibras ópticas y los sensores de fibras ópticas resultan ser eficaces para vigilar la resistencia mecánica del conducto en su conjunto o también para medir la temperatura del conducto, no se sabe emplearles para detectar defectos del tipo antes citado.

40 En estos últimos, se emplean sensores dispuestos para emitir lo que se denominan ondas acústicas “guiadas”, que se propagan a lo largo del conducto y cuyo comportamiento se verá perturbado en presencia de singularidades geométricas, en particular defectos. Estudiando los ecos de estas ondas acústicas, se puede detectar la existencia de un defecto y, por comparación con ecos previamente registrados, calificar su evolución en el tiempo.

Se califican de “guiadas” las ondas que se propagan según una dirección privilegiada mientras que su energía permanece limitada en una zona delimitada en las direcciones transversales a esta dirección de propagación.

Para el control de productos metálicos alargados, en particular tubos, se utilizan especialmente ondas mecánicas, por ejemplo ondas de torsión, que se hacen propagar paralelamente a la dirección longitudinal de los productos.

45 Las ondas guiadas son generadas generalmente por medio de pulsos mecánicos transmitidos de un sensor al producto metálico que haya que controlar.

50 El documento “Permanently Installed Monitoring System Overview” de Guided Ultrasonic Ltd divulga un sistema de inspección a base de un sensor ultrasónico. Este sistema comprende un transductor instalado de manera permanente en un lugar del conducto y que puede ser excitado para vigilar toda la longitud de este conducto. Este sistema, denominado “g-PIMS”, comprende además un haz, calificado de umbilical, que comprende un cable que conecta directamente el transductor ultrasónico a una sala de control en la plataforma marítima, o a la superficie en el caso de un conducto enterrado. Generalmente, el cable es libre, y no sigue necesariamente el conducto.

De acuerdo con los autores del documento en cuestión, el sistema g-PIMS hace inútil la utilización de robots “ROV”, de “Remotely Operated Vehicle”, o vehículo telemandado, y otras operaciones de inmersión, muy caras. Este

sistema permite comparar datos recogidos poco después de la inmersión del conducto con datos adquiridos por el mismo sensor uno o varios años más tarde. Los autores del documento consideran que su sistema permite verificar la integridad del conducto a largo plazo.

5 El documento "Technology Insight Inspection of Subsea & Un-piggable Pipelins", de Subsea Integrity Group, o abreviadamente SIG, divulga variantes y/o complementos al sistema g-PIMS. Se trata especialmente de equipos de inmersión para el despliegue del sistema, de un transductor anular alojado en un molde epoxy con un cordón umbilical que discurre a lo largo de la superficie del conducto, o también de robots ROV equipados de manera que permitan tales inspecciones.

10 El documento US 2001/022514 describe un dispositivo a base de sensores magnetostrictivos para la inspección de una estructura a corto plazo o largo plazo. El sensor está situado en la periferia de un tubo que haya que inspeccionar.

El documento EP 1 467 060 a nombre de Halliburton describe un dispositivo a base de sensores piezoeléctricos finos y flexibles pegados a la superficie exterior de un elemento tubular de pozo.

15 El documento US 2002/078759 describe un aparato de medición de tensiones por medio de sensores ultrasónicos montados sobre un bastidor acoplado al elemento que haya que inspeccionar.

Por otra parte, el documento WO 02/093155 A1, a nombre de Southwest Research Institute, divulga un sistema a base de sensores magnetostrictivos. Estos sensores, generalmente en número de cuatro, están montados alrededor del conducto que se encuentra enterrado. Cada sensor está conectado individualmente a una caja de empalmes situada en superficie.

20 En las tecnologías anteriores, cada sensor está conectado individualmente, por un cable comprendido en el haz "umbilical", a una electrónica de mando situada en superficie. Debido a dificultades para conectar cada sensor a una electrónica de mando, para instalar el o los sensores en el conducto de un modo que permita a la vez su buen funcionamiento y su resistencia en el tiempo, o también para alimentar en energía estos sensores, las tecnologías en cuestión prevén un único sensor, o varios sensores reagrupados en un mismo lugar del conducto. Esto limita
25 estas tecnologías a un funcionamiento a bajas frecuencias, típicamente inferiores a 60 kilohercios, la única que permite la inspección de longitudes importantes de conductos, que pueden llegar a varios centenares de metros, cuando el ruido de fondo es pequeño. Cuando el fondo de ruido es importante, por ejemplo en presencia de accesorios en el conducto o de corrosión generalizada, solo pueden ser inspeccionadas algunas decenas de metros, o algunos metros, de conducto

30 En igualdad de condiciones, la utilización de frecuencias bajas dificulta la detección de defectos de pequeñas dimensiones, y en particular de defectos finos, es decir de anchura (dimensión según la dirección longitudinal del conducto) inferior a 1 milímetro. Ahora bien, los defectos generalmente encontrados en las soldaduras comprenden fisuras de fatigas, que presentan generalmente una anchura muy fina. Para detectar defectos finos, la Solicitante ha constatado que es necesario utilizar altas frecuencias, en particular por encima de 100 kilohercios.

35 Dicho de otro modo, cuanto más elevada es la amplitud del eco, más sensibilidad se pierde con la distancia que separa el sensor del defecto.

La Solicitante se ha fijado como objetivo vigilar la mayoría de los defectos que pueden presentarse en un conducto desarrollando un sistema que sea a la vez simple de integrar, poco caro, fácil de alimentar, y que pueda ser instalado de modo simple en el conducto.

40 La misma propone un elemento destinado a ser montado en una extremidad de un conducto adaptado para la circulación de fluido para prolongar el citado conducto, comprendiendo el elemento un cuerpo de perfil hueco que presenta una superficie periférica, un revestimiento de protección que recubre al menos parcialmente la citada superficie periférica. El elemento propuesto comprende además un sensor de tipo de ondas guiadas, una electrónica de mando para el sensor de ondas guiadas y al menos un cable eléctrico dispuesto para conectar la electrónica de
45 mando a una electrónica homóloga del citado conducto. El cable eléctrico y el sensor de ondas guiadas están fijados a la superficie periférica del citado cuerpo, debajo de al menos una parte del revestimiento de protección.

La misma propone igualmente un conducto adaptado para la circulación de fluido que comprende elementos adyacentes uno a otro y que comprenden cada uno un cuerpo de perfil hueco que presenta una superficie periférica, un revestimiento de protección que recubre al menos parcialmente la citada superficie periférica. Al menos algunos
50 de los citados elementos comprenden un sensor de tipo de ondas guiadas fijado al cuerpo de perfil hueco y una electrónica de mando para este sensor de ondas guiadas. El conducto comprende además cables eléctricos que conectan las electrónicas de mando una a otra. Los cables eléctricos y los sensores de ondas guiadas están fijados a la superficie periférica de un cuerpo respectivo, debajo de al menos una parte del revestimiento de protección.

55 La misma propone también un procedimiento de fabricación del elemento propuesto que comprende la fijación de al menos un cable eléctrico y de un sensor de tipo de ondas guiadas en una superficie periférica de un cuerpo de perfil hueco, la aplicación de la menos una capa de revestimiento de protección sobre el sensor de ondas guiadas y el

cable eléctrico, y la fijación de una electrónica de mando para el sensor de ondas guiadas al cuerpo de perfil hueco y la conexión de esta electrónica a una extremidad de al menos uno de los cables eléctricos.

5 La misma propone además un procedimiento para prolongar un conducto adaptado para la circulación de fluido que comprende un elemento terminal que comprende un cuerpo de perfil hueco que presenta una superficie periférica y un revestimiento de protección que recubre al menos en parte la superficie periférica, un sensor de tipo de ondas guiadas y una electrónica de mando para el sensor de ondas guiadas, en el cual un cable eléctrico está conectado a la electrónica de mando, estando el cable eléctrico y el sensor magnetostrictivo fijados a la superficie periférica del citado cuerpo, debajo de al menos una parte del revestimiento de protección. El procedimiento propuesto comprende la previsión de un elemento prolongador que presenta un cuerpo de perfil hueco que presenta una superficie periférica y un revestimiento de protección que recubre al menos en parte la superficie periférica, un sensor de tipo de ondas guiadas y una electrónica de mando para el sensor de tipo de ondas guiadas. Un cable eléctrico está conectado a la electrónica de mando. El cable eléctrico y el sensor magnetostrictivo están fijados a la superficie periférica del citado cuerpo, debajo de al menos una parte del revestimiento de protección. Después, se suelda el cuerpo del elemento prolongador al cuerpo del elemento terminal. Finalmente, se conecta el cable eléctrico del elemento terminal al del elemento prolongador.

20 La misma propone finalmente un procedimiento para formar un segmento de conducto adaptado para la circulación de fluido que comprende al menos dos elementos de conducto homólogos conectados uno al otro, comprendiendo cada uno de estos elementos de conducto homólogos un cuerpo de perfil hueco que presenta una superficie periférica, un revestimiento de protección que recubre al menos parcialmente la citada superficie periférica, un sensor de tipo de ondas guiadas y una electrónica de mando para el sensor de ondas guiadas, en el cual al menos un cable eléctrico conecta la electrónica de mando de uno de los elementos de conducto homólogos a la electrónica de mando del otro de estos elementos de conducto, estando el cable eléctrico y los sensores de ondas guiadas fijados a la superficie periférica de los citados cuerpos, debajo de al menos una parte del revestimiento de protección. El procedimiento comprende la previsión de dos elementos de conducto homólogos que presentan cada uno un cuerpo de perfil hueco que presenta una superficie periférica, un revestimiento de protección que recubre al menos parcialmente la citada superficie periférica, al menos un cable eléctrico y un sensor de tipo de ondas guiadas, estando el cable eléctrico y el sensor de ondas guiadas fijados a la superficie periférica del citado cuerpo, debajo de al menos una parte del revestimiento de protección; la soldadura del cuerpo de uno de los elementos homólogos al cuerpo del otro de estos elementos; la conexión del cable eléctrico de los elementos de conducto homólogos entre sí, o los cables de uno de los elementos de conducto homólogos a una electrónica de mando del otro de estos elementos, en una parte de este cable eléctrico separada del cuerpo y/o que sobresale del revestimiento de protección.

35 El elemento de conducto propuesto puede ser controlado regularmente y frecuentemente. El mismo permite una detección eficaz no solamente de los defectos ligados a la corrosión o de obstrucciones en formación, sino también de defectos ligados a la fatiga, en particular de tipo fisura, a nivel de las soldaduras, gracias a:

40 - un sensor de ondas guiadas del que se puede sacar una señal de referencia, por ejemplo la señal reflejada por una soldadura sin defecto. Esta señal de referencia no puede ser obtenida prácticamente por simulación o prevista de cualquier manera, puesto que la señal reflejada por una soldadura, especialmente para tubos de transporte marítimo, está ampliamente influenciada por la existencia de rebordes en la soldadura (internos o externos) o de diferencias de forma entre los tubos soldados entre sí;

- un sensor relativamente próximo cada vez a una soldadura, típicamente alejado menos de 4 metros, y que puede ser utilizado a altas frecuencias, más sensibles a los defectos buscados;

- una vez ensamblados entre sí elementos de conducto, sensores dispuestos consecutivamente uno con otro que permiten validar la presencia de un defecto por cotejo de datos,

45 La instalación del sensor, previa al ensamblaje del elemento de conducto, es poco cara en comparación con el coste de una fijación in situ, en particular en el mar. Así pues, no existe prácticamente límite del número de sensores que se pueden instalar en el conducto. Se pueden buscar defectos que requieren una distancia corta de inspección (altas frecuencias, sensibilidad con respecto a la atenuación, en particular para tubos revestidos). Los sensores y su electrónica de mando pueden ser calibrados automáticamente, después de la instalación de los elementos en el conducto.

Se generan en el tubo ondas guiadas, por debajo del revestimiento.

Cada electrónica de mando puede ser conectada a una electrónica contigua para permitir la transmisión de informaciones y la alimentación eléctrica de la electrónica en cuestión.

55 Una vez colocado el conducto, la utilización de varios sensores adyacentes permite cubrir la zona ciega de cada sensor. La zona ciega de un sensor está comprendida generalmente entre 30 centímetros y 50 centímetros, y en ciertos casos puede llegar al 1 metro, a una y otra parte del mismo.

- La utilización de sensores adyacentes y de electrónicas dispuestas en red permite obtener una información sobre la distancia entre los sensores. Esta distancia es fija a lo largo de toda la vida de servicio del conducto y por tanto puede ser utilizada ventajosamente a fin de calibrar la velocidad de las ondas guiadas que se propagan entre los sensores. Esta información de distancia permite corregir los efectos de eventuales variaciones de temperatura y otros fenómenos susceptibles de alterar la velocidad de las ondas en los tubos. Puede ser calculado un coeficiente de dilatación/compresión entre una señal tomada como referencia y una señal posterior, de modo que su diferencia permita poner en evidencia la aparición o no de un pico suplementario que indique la presencia de un defecto.
- Es posible igualmente corregir la ganancia en recepción con respecto a un estado de referencia dado para compensar la atenuación de la señal recibida, con el tiempo. Dicha atenuación puede producirse, por ejemplo en razón de la corrosión del acero, de la eventual pérdida de eficacia del acoplamiento de sensor, debido a la viscosidad del producto interno transportado o también a una evolución del revestimiento.
- La utilización de sensores adyacentes permite la puesta en práctica de la técnica denominada del “pitch match”, según la cual un sensor opera en emisión mientras que un sensor diferente funciona en recepción, para medir un valor de atenuación, para calibrar los sensores uno con respecto a otro, para detectar la presencia de un defecto por la perturbación de una onda transmitida en lugar de por reflexión, o también para medir el espesor residual del conducto. Se puede verificar igualmente el buen funcionamiento de un sensor utilizando un sensor adyacente en escucha.
- La localización de un defecto, cuando se utilizan varios sensores adyacentes, se encuentra simplificada. No es necesario recurrir a la técnica denominada de “direction control”, o “mando de dirección”.
- No es necesario poner en práctica la técnica denominada del control de dirección la cual impone estrictamente una relación entre la frecuencia de trabajo y la distancia entre dos bobinas. Así pues, el sensor puede estar constituido por una sola bobina, lo que permite de nuevo utilizar el sensor en todas las frecuencias deseadas, sin manipulación.
- Utilizando varios sensores consecutivos, se pueden utilizar varias frecuencias de emisión sin manipulación de estos sensores, al tiempo que mantienen la posibilidad de localizar los defectos.
- Ciertos sistemas clásicos prevén sensores de ondas guiadas dispuestos por encima del revestimiento del conducto. En el mar, la conexión de los sensores de los sistemas clásicos implica la utilización de medios submarinos para conectar cada uno de estos sistemas a un mismo puesto de tratamiento en superficie. Estando dispuestos los sistemas clásicos por encima del revestimiento, la detección de los defectos por ondas guiadas no es satisfactoria.
- Sucede que los sistemas clásicos están dispuestos directamente sobre el acero que constituye el tubo. En este caso, hay que retirar una parte del revestimiento, fijar el sistema al conducto, en contacto con el acero, y alojar el sistema de cuestión en resina de tipo epoxy, lo que se considera una operación delicada y cara. En la práctica, este modo de fijación está reservado a los tubos que se encuentran fuera del agua. Para los otros, los sistemas deberían estar dispuestos debajo del revestimiento, lo que constituye una operación delicada y cara, incluso imposible, que implica retirar el revestimiento, fijar el sensor, y reconstruir el revestimiento por encima.
- En el elemento propuesto, el haz de cables eléctricos se encuentra debajo del revestimiento, antes de las operaciones de colocación. Las conexiones entre las electrónicas de tubos adyacentes se hacen durante la soldadura de estos tubos, antes de lo que se llama el “depósito” en la técnica, es decir la colocación del tubo o del conducto sobre el fondo marino u otro. La conexión así realizada puede ser protegida de la misma manera que la soldadura, por medio de un revestimiento realizado por encima de la soldadura, por ejemplo de tipo conocido con el nombre de “Field joint coating”. Solo el tubo situado en la extremidad del conducto, que se puede encontrar fuera del agua, presenta una conexión que le une al puesto de mando y de tratamiento. En el caso en que solo un tramo del conducto esté formado por elementos del tipo propuesto, la electrónica de mando del elemento del tramo más próximo a la plataforma, que puede estar sumergido, puede ser conectada a esta plataforma por intermedio de un umbilical.
- Otras características y ventajas de la invención se pondrán de manifiesto en el examen de la descripción detallada que sigue, y de los dibujos anejos, en los cuales:
- la figura 1 representa un elemento de conducto de acuerdo con la invención, visto en, perspectiva y parcialmente desnudado
 - la figura 2 representa un conducto realizado a partir de elementos de la figura 1, visto en perspectiva y parcialmente desnudado,
 - la figura 3 representa un sensor de ondas guiadas para el elemento de conducto de la figura 1, visto en corte transversal,
 - la figura 4 representa el sensor de ondas guiadas de la figura 3, visto en corte según una línea IV-IV,
 - la figura 5 representa un esquema funcional de una red de sensores,

- la figura 6 representa un esquema de arquitectura de una carcasa electrónica para el elemento de conducto de la figura 1;
- la figura 7 representa un esquema funcional de una electrónica de mando para el elemento de conducto de la figura 1,
- 5 - la figura 8 representa un esquema funcional detallado de una parte de la electrónica de la figura 7;
- la figura 9 representa un esquema funcional detallado de otra parte de la electrónica de la figura 7;
- la figura 10 representa un diagrama temporal de tensión de alimentación que puede ser puesto en práctica en la electrónica de la figura 7,
- la figura 11 representa un esquema funcional de un módulo de tratamiento para la electrónica de la figura 7;

10 Los dibujos anejos son en gran parte carácter evidente. En consecuencia, los mismos podrán servir no solamente para hacer comprender mejor la descripción detallada que sigue, sino también para contribuir en su caso a la definición de la invención.

Se hace referencia a la figura 1.

15 Un elemento de conducto 1 comprende un tubo elemental 3 desnudo equipado con un sensor de ondas guiadas 5 que rodea al tubo elemental 3 transversalmente. El sensor de ondas guiadas 5 es mantenido fijamente en contacto con la superficie exterior del tubo elemental 3 por intermedio de un medio de fijación. En este caso, el medio de fijación comprende una capa de material adhesivo aplicada sobre una parte de la periferia exterior del tubo elemental 3 que se encuentra enfrente del sensor de ondas guiadas 5.

20 El medio de fijación es tal que el mismo puede transmitir pulsos mecánicos del sensor 5 al tubo 3, en particular capaz de generar ondas de torsión en la pared del tubo elemental 3. El medio de fijación desempeña la función de medio de acoplamiento entre el sensor 5 y el tubo elemental 3. Por ejemplo, el sensor 5 queda pegado a la superficie exterior del tubo 3, especialmente por medio de un pegamento no conductor de electricidad, a base de resina epoxy, por ejemplo el conocido con el nombre de "araldite". Pueden ser utilizados otros materiales adhesivos, en particular de tipo sólido y con un módulo de elasticidad elevado, típicamente superior a 5000 megapascales.

25 Los materiales adhesivos que pueden ser utilizados comprenden los productos conocidos con los nombres siguientes Pyroputty 2400 (pegamento cerámico) para una utilización a alta temperatura, MP55310 (pegamento metacrilato bicomponente) para una aplicación marítima, Loctite 3455 (pegamento epoxy), adhesivo de doble cara de espuma acrílica de espesor 0,2 milímetros, 0,5 milímetros o 0,8 milímetros.

En variante, el sensor 5 puede estar fijado al tubo por medio de una correa apretada muy firmemente.

30 El medio de fijación permite un contacto indirecto entre el sensor 5 y la superficie exterior del tubo 3.

Preferentemente, el medio de fijación es tal que el mismo actúa también como aislante eléctrico para evitar los fenómenos de corrosión galvánica, que son susceptibles de aumentar la corrosión del tubo elemental 3. Por ejemplo, el medio de fijación puede comprender fibras de vidrio alojadas en una capa de resina epoxy.

El sensor 5 queda fijado de modo permanente.

35 El sensor 5 está dispuesto con respecto al tubo 3 de manera que las ondas que el mismo genera se propaguen de manera privilegiada según la dirección longitudinal del tubo 3. El sensor 5 se presenta en forma de una banda que rodea transversalmente al tubo 3.

Entre los sensores capaces de producir ondas guiadas, se conocen especialmente los sensores de tipo piezoeléctrico, los sensores de tipo magnetostrictivo o también los sensores de tipo electromagnético acústico.

40 Como está representado en la figura 1, el elemento de conducto 1 está listo para ser ensamblado con un elemento de elemento de conducto análogo para formar un tramo de conducto.

El elemento de conducto 1 está además equipado con una electrónica embarcada 7 que es mantenida fijamente sobre el tubo elemental 3, en la superficie exterior del mismo.

45 La electrónica embarcada 7 asegura el funcionamiento del sensor de ondas guiadas 5, en emisión y/o en recepción. La electrónica embarcada 7 es susceptible de ser conectada a electrónicas embarcadas análogas, que equipan a elementos de un conducto, con el fin de permitir una comunicación de datos entre estas electrónicas y una alimentación eléctrica.

50 El elemento de conducto 1 comprende un primer haz de cables eléctricos 9 y un segundo haz de cables eléctricos 10. Una extremidad de cada uno de los haces eléctricos 9 y 10 está conectada a la electrónica embarcada 7, mientras que, cada vez, la otra extremidad de estos haces termina en la proximidad de una extremidad respectiva

- 5 del tubo elemental 3. Los haces eléctricos 9 y 10 son mantenidos fijamente en la superficie del tubo elemental 3, en la mayor parte de su longitud. En este caso, los haces 9 y 10 se extienden según una misma generatriz del tubo elemental 3. Sin embargo, los haces 9 y 10 pueden estar enrollados alrededor del tubo elemental 3, en hélice, para mejorar su resistencia mecánica. Cada uno del haz 9 y del haz 10 puede estar doblado por un haz homólogo (no representado en las figuras), que actúa entonces como haz auxiliar.
- 10 El elemento de conducto 1 comprende un revestimiento de protección 11 que recubre la superficie exterior libre del tubo elemental 3 y del cual al menos una parte recubre al sensor 5, al primer haz de cables eléctricos 9 y al segundo haz de cables eléctricos 10. El primer haz 9 y el segundo haz 10 pueden estar alojados en el revestimiento de protección 11, el cual participa entonces en la fijación de estos haces con respecto al tubo elemental 3.
- 15 Preferentemente, el revestimiento comprende una capa de resina epoxy, que sirve especialmente para la fijación del sensor 5, y una o varias capas de un material térmicamente aislante que recubren al sensor 5. Por ejemplo, el revestimiento puede comprender tres capas de protección contra la corrosión y dos capas de aislamiento térmico, en particular en el caso de temperaturas muy bajas como es el caso para aplicaciones marítimas en gran profundidad (superior a 2000 metros o 3000 metros). En este caso, el espesor del revestimiento 11 es tal que permite alojar en el mismo, cables y/o una parte del sensor 5. Este espesor está por ejemplo comprendido entre 3 milímetros y 10 milímetros.
- 20 La elección del espesor de revestimiento 11 depende de diferentes criterios. Generalmente, la aplicación prevista, y más particularmente la naturaleza del medio en el cual va a ser colocado el elemento de conducto 1, es la que determina la protección que haya que aportar al tubo elemental 3 y por tanto la naturaleza y el espesor del revestimiento 11. La Solicitante ha constatado que el hecho de colocar el sensor de ondas guiadas 5 debajo de al menos una parte del revestimiento 11 mejoraba de modo importante las prestaciones del citado sensor. Esta mejora de las prestaciones es particularmente crítica cuando el sensor 5 trabaja en recepción, porque las señales recibidas son generalmente de pequeña amplitud.
- 25 En todos los casos, el hecho de recubrir el sensor de ondas guiadas 5 de al menos una parte del revestimiento 11 protege al sensor 5.
- 30 El revestimiento 11 es por ejemplo del tipo conocido con el nombre de revestimiento 3LPE o el conocido con el nombre de revestimiento 3LPP. En estos casos, la primera capa del revestimiento es utilizada ventajosamente como adhesivo para la fijación del sensor 5.
- 35 Las porciones del tubo elemental 3 próximas a las extremidades del mismo pueden estar desprovistas de revestimiento 11 para facilitar el ensamblaje del elemento de conducto 1 a otros elementos de conducto, en particular por soldadura.
- La electrónica 7 puede estar alojada, al menos en parte, en el espesor del revestimiento 11.
- La electrónica 7 y el sensor 5 están mutuamente unidos de manera operativa. La electrónica 7 asegura la excitación del sensor 5.
- La conexión entre el sensor 5 y la electrónica 7 puede hacer intervenir al menos uno de los elementos siguientes:
- 40 - uno o varios ramales o cables que atraviesan el revestimiento 11,
- una o varias pistas de contacto para conectar el sensor a una superficie metalizada del revestimiento, a su vez conectada a la electrónica 7;
- una o varias tomas planas, eventualmente pegadas al revestimiento 11;
- una conexión inalámbrica, por ejemplo por medio de un bucle de inducción.
- 45 La electrónica 7 puede estar fijada al tubo elemental 3, por ejemplo por medio de una pieza intermedia que forma un plato. Preferentemente, el plato comprende tomas de conexión para conectar la electrónica 7 al sensor 5. La pieza intermedia puede igualmente tomar la forma de un cinturón, enrollado alrededor del tubo 3.
- 50 En este caso, el sensor 5 que equipa al elemento de conducto 1 está dispuesto en la proximidad de una de las extremidades del tubo elemental 3, lo que permite distinguir los ecos respectivamente producidos por las soldaduras terminales y por tanto localizar un defecto. Por ejemplo, cuando el tubo elemental 3 presenta una longitud de 12 metros, la Solicitante ha constatado que era conveniente disponer el sensor de ondas guiadas 5 aproximadamente a 2,2 metros de una de las extremidades del tubo elemental 3.

De manera general, es ventajoso disponer el sensor lo más cerca de la extremidad del elemento de conducto 1 para localizar mejor los defectos que podrían presentarse en una soldadura realizada en este lugar. Sin embargo, las operaciones de soldadura que son susceptibles de dañar el sensor 5 y la existencia de una zona próxima al sensor en la cual el mismo es "ciego" hacen que no sea conveniente disponer el sensor demasiado cerca de esta extremidad. Por ejemplo, el sensor puede estar dispuesto a una distancia superior a 30 centímetros de una de las extremidades del tubo elemental 3.

La localización de un eco de soldadura próximo permite igualmente, conociendo la distancia de instalación del sensor con respecto a su extremidad, por ejemplo 2,2 metros, estimar la longitud de los tubos y la distancia entre cada sensor. Estas cantidades permiten después localizar los defectos detectados. La longitud de los tubos y/o la distancia entre los sensores pueden igualmente ser conocidos por otros medios, por ejemplo un plano de ensamblaje.

El elemento de conducto 1 puede ser fabricado fijando en primer lugar el haz de cables eléctricos y el sensor de ondas guiadas 5 a la superficie periférica del tubo elemental 3, y después aplicando al menos una capa de revestimiento de protección sobre el sensor de ondas guiadas y el haz. Finalmente, se fija la electrónica de mando para el sensor 5 al cuerpo de perfil hueco y se la conecta a una extremidad del haz.

Antes de la fijación del sensor 5, la superficie periférica del tubo elemental 3 puede ser recubierta por un revestimiento de protección con excepción de al menos una zona anular, estando recubierto el cable eléctrico por el revestimiento de protección. A continuación se fija el sensor de tipo de ondas guiadas a la superficie del citado cuerpo, a la citada zona anular.

Se hace referencia a la figura 2.

Se ha realizado un tramo, o segmento, de conducto 13 por ensamblaje mutuo de las extremidades adyacentes de un primer elemento de conducto 1A, del tipo del elemento de conducto 1 de la figura 1, y de un segundo elemento de conducto 1B, análogo. En este caso, el ensamblaje hace intervenir un cordón de soldadura 15 que realiza una unión estanca de las extremidades enfrentadas a los tubos elementales 3A y 3B.

Un empalme eléctrico 17 asegura una conexión mutua del primer haz de cables eléctricos 9A del primer elemento de conducto 1A y del segundo haz de cables eléctricos 10B del segundo elemento de conducto 1B. El empalme eléctrico 17 puede tomar la forma de un conector plano o de una soldadura entre las extremidades respectivas de los haces eléctricos.

En el tramo de conducto 13, sensores de ondas guiadas 5A y 5B que equipan a los elementos de conducto 1A y 1B son mandados por electrónicas embarcadas respectivas 7A y 7B, que son conectadas entre sí por intermedio del segundo haz 10B y del primer haz 9A de manera que intercambien entre sí datos y energía eléctrica.

Se hace referencia a las figuras 3 y 4.

En un elemento de conducto, como sensor de ondas guiadas 5 puede utilizarse un sensor magnetostrictivo 50. El sensor magnetostrictivo 50 comprende una sección de banda de material magnetostrictivo 52, en este caso de sección transversal sensiblemente rectangular. La banda magnetostrictiva 52 puede ser realizada especialmente a partir de hierro por ejemplo, aleado con níquel, por ejemplo aleado con cobalto. Por ejemplo, la banda magnetostrictiva 52 es obtenida a partir del material conocido con el nombre de Hiperco50HS de la sociedad Cartech o también el conocido con el nombre de AFK502R de la sociedad Arcelormittal, tratados térmicamente. El mismo presenta la composición (másica) siguiente:

Hierro Fe: 48,8%,

Cobalto Co: 49%,

Vanadio V: 2%,

Niobio Nb: 0,2%

Y las propiedades siguientes (después de tratamiento térmico):

Deformación relativa a la saturación por magnetostricción: 60.10⁻⁶ pulgadas

Temperatura de curie: 938 °C

Módulo de Young: 73 Ksi

Pueden utilizarse otros materiales magnetostrictivos como una aleación de Níquel o de tipo conocido con el nombre de Terfenol-d.

El sensor 50 comprende una primera bobina 54 en la que cada enrollamiento 55 rodea transversalmente la sección de banda magnetostrictiva 52. La sección de banda magnetostrictiva 52 está dispuesta en el interior de la primera bobina 54, de tal manera que la dirección de enrollamiento de la primera bobina 54 coincide sensiblemente con la dirección longitudinal de la sección de banda magnetostrictiva 52.

- 5 La primera bobina 54 puede ser realizada enrollando un cable conductor 59 (véase la figura 4) aislado de la banda magnetostrictiva 52 de manera que forme las espiras 55. El cable 59 puede ser fijado a la banda magnetostrictiva 52, por medio de un pegamento o de cinta adhesiva. En variante, la banda magnetostrictiva puede ser recubierta de un aislante y el cable 59, desprovisto de funda aislante, enrollado dentro de la banda así recubierta. En este caso, las espiras 55 no están unidas. El conjunto está en este caso revestido de una capa de material aislante. El diámetro del cable 59 es tal que este cable 59 pueda soportar intensidades de corriente del orden de varios amperios durante varios segundos sin deteriorarse. En otra variante todavía, la bobina 54 puede ser realizada en un circuito flexible de tipo PCB (de "printed circuit board", o "placa de circuito impreso").

- 15 Alimentando la primera bobina 54 por una corriente eléctrica continua, se genera un campo magnético H1 en el seno de la banda magnetostrictiva 52, dirigido según una dirección longitudinal de la banda 52. El campo magnético H1 puede ser utilizado para magnetizar la sección de banda magnetostrictiva 52.

El diámetro del cable 59 es suficientemente fino para permitir su enrolamiento en un gran número de espiras a lo largo de la banda magnetostrictiva 52. El campo magnético susceptible de ser generado por la primera bobina 54 es entonces óptimo. Como ejemplo, el cable 59 presenta, en este caso, un diámetro próximo a 0,32 milímetros.

- 20 La banda 52 se encuentra en donde un campo magnético generado por la primera bobina 54 será el mayor, a corriente constante. En este caso, los enrollamientos 55 están en contacto con la superficie exterior de la sección de banda magnetostrictiva 52. Los mismos pueden ser mantenidos fijamente en esta posición relativa por medio, por ejemplo, de pegamento o de cinta adhesiva.

- 25 La sección de banda magnetostrictiva 52, rodeada de la primera bobina 54, presenta una flexibilidad que le permite ser enrollada alrededor de un tubo transversalmente al mismo. Aquí, el enrollamiento se hace en una vuelta. Cada espira 55 de la primera bobina 54 se encuentra parcialmente en contacto con la superficie exterior 30 del tubo por intermedio de una capa de medio de fijación. Las partes de la primera bobina 54 en contacto con la superficie 30 pueden ser pegadas a la misma.

La primera bobina 54 presenta ventajosamente en su conjunto una resistencia eléctrica comprendida entre 5 ohmios y 50 ohmios según el diámetro del elemento tubular sobre el cual está instalada.

- 30 El sensor magnetostrictivo 50 comprende todavía una segunda bobina 56, que está dispuesta enfrente de la sección de banda magnetostrictiva 52. En este caso, las espiras 57 de la segunda bobina 56 están unidas y dispuestas según una dirección de alineación que corresponde una dirección transversal de la banda 52.

- 35 La segunda bobina 56 puede ser aplicada de manera radicalmente exterior sobre la sección de banda magnetostrictiva 52 combinada con la primera bobina 54. Cada espira 57 es entonces sensiblemente concéntrica con una sección transversal del tubo.

En una variante de realización, el sensor magnetostrictivo 50 comprende dos segundas bobinas 56 dispuestas una al lado de la otra. Esto permite dirigir las ondas guiadas generadas en un lado o el otro del sensor 50.

- 40 Siguiendo en variante, el sensor 50 puede comprender dos sensores elementales, cada uno constituido por una banda magnetostrictiva 52, por una primera bobina 54 enrollada alrededor de la misma y una segunda bobina 56 respectiva.

La primera bobina 54 puede ser alimentada por una fuente capaz de facilitar una corriente continua de 2 amperios de 70 voltios a 80 voltios para magnetizar la banda magnetostrictiva 52. Esta corriente proviene de la electrónica embarcada 7.

- 45 La primera bobina 54 puede igualmente ser alimentada de corriente de manera que se desmagnetice la banda magnetostrictiva 52, especialmente antes de cada operación de magnetización de modo que se obtenga el mismo estado de magnetización antes de cada excitación de la banda magnetostrictiva.

La segunda bobina 56 puede ser alimentada por una fuente capaz de facilitar una corriente continua de 30 amperios a 300 voltios para excitar la banda magnetostrictiva 52 con frecuencias comprendidas entre 32 kilohercios y 250 kilohercios.

- 50 Se hace referencia a la figura 5.

La misma hace aparecer una parte genérica de lo que se puede denominar una red de conductos inteligente.

ES 2 673 568 T3

Un tubo elemental Pi-1 está ensamblado a un tubo Pi por medio de un cordón de soldadura 1500. El tubo Pi está ensamblado, en su extremidad opuesta al tubo Pi-1, a un tubo Pi+1 por medio de otro cordón de soldadura 1502. Estos tubos elementales forman una parte de un conducto de tubos PL.

5 El tubo Pi-1 está equipado con un sensor genérico SNRi-1 500, y con una electrónica embarcada genérica ELECi-1 700 que manda este sensor, para formar conjuntamente un elemento de conducto genérico.

De manera análoga, el tubo Pi está equipado con un sensor SNRi 502 mandado por una electrónica ELECi 702, y el tubo Pi+1 está equipado con un sensor SNRi+1 504 mandado por una electrónica ELECi+1 704.

10 Los tubos elementales Pi-1, Pi, Pi+1 de conducto PL son cada uno del tipo de elemento de conducto 1 descrito en relación con la figura 1, al menos cuando estos tubos elementales están destinados a ser sumergidos. En particular, los sensores SNRi-1, SNRi+1 y SNRi están recubiertos de un revestimiento.

La electrónica embarcada ELECi está conectada, por una parte, a la electrónica ELECi-1 que equipa el tubo Pi-1 y, por otra, a la electrónica ELECi+1 que equipa al tubo Pi+1 por intermedio:

- de un bus BS para transmitir datos útiles para la vigilancia del conducto PL a un ordenador de tratamiento CPU 1000, por ejemplo alojado en una sala de mando 900 en superficie o en una plataforma, y
- 15 - de una línea de alimentación eléctrica EL conectada a una fuente de corriente PWR 800 por ejemplo alojada en la sala de mando 900.

20 A partir de sensores SNRi y de electrónicas de mando ELECi respectivas, conectadas entre sí por un bus de datos BS y una línea de alimentación eléctrica EL comunes, se puede crear una red de sensores repartidos en la longitud del conducto. El tramo de la línea de alimentación eléctrica EL y el del bus de datos BS correspondiente a los tubos elementales sumergidos están recubiertos por un revestimiento que recubre igualmente los sensores que equipan a estos tubos y los tubos desnudos correspondientes.

Esta red de sensores permite controlar la estructura del conducto PL y de cada uno de sus elementos a partir de una cadena de sensores de ondas guiadas asociados a carcasas electrónicas conectadas entre sí eléctricamente.

25 El bus BS puede comprender un haz de cables eléctricos de cuatro cables, eventualmente retorcidos, para la transmisión en serie de las informaciones entre el ordenador de tratamiento 1000 y cada una de las electrónicas de mando ELECi.

La línea de alimentación eléctrica EL puede comprender un haz de cables eléctricos que comprende dos cables unidos a una fuente de corriente continua de 24 voltios a 2,5 amperios para la alimentación de las electrónicas de mando ELECi.

30 De acuerdo con las pruebas realizadas por la Solicitante, tal red puede llegar a 400 metros de longitud. Es posible realizar redes que se extiendan en mayores distancias todavía. Para comunicar en tales distancias, se puede disminuir la velocidad de comunicación.

35 Siguiendo con las pruebas de la Solicitante, es posible instrumentar un conducto de 2 kilómetros de longitud con un generador de 60 vatios solamente, es decir alimentar 200 electrónicas de mando, teniendo siempre tres de estas electrónicas activas.

Se hace referencia a la figura 6.

La misma muestra un ejemplo de realización de una electrónica de mando 7000 que puede ser utilizada como electrónica embarcada en un elemento de conducto.

40 La electrónica 7000 comprende una carcasa CSE 7001 estanca, en este caso de tipo IP68 para impedir la intrusión de líquido en la carcasa 7001, a la cual está fijado un primer conector CNX1 7002, un segundo conector CNX2 7004 y un tercer conector CNX3 7006 cada uno de tipo IP 68 ATEX para evitar además la creación de una chispa o la puesta en contacto de gas explosivo con un chispa en la carcasa.

45 Cada uno del primer conector CNX1 7002 y del segundo conector CNX2 7004 comprende una interfaz de datos respectiva 90, 100, por ejemplo de tipo RS 485, y una interfaz de datos respectiva 92, 102 que comprende dos líneas eléctricas que facilitan conjuntamente una tensión de trabajo, por ejemplo 24 voltios de corriente continua. La tensión de trabajo permite un consumo bastante pequeño y un riesgo pequeño de explosión, comparado con una tensión alterna de 220 voltios, por ejemplo.

50 El tercer conector CNX3 7006 comprende una interfaz de conexión eléctrica cada una con una primera bobina CL1, con una segunda bobina CL2, y con una tercera bobina CL3. Por ejemplo, la primera bobina CL1 corresponde a una bobina de magnetización de un sensor magnetostrictivo y la segunda CL2 y la tercera CL3 bobina corresponden a bobinas de excitación de este sensor.

La interfaz de alimentación 92 del segundo conector CNX2 7004 está conectada eléctricamente a la interfaz de alimentación 102 del primer conector CNX1 7002 por dos líneas eléctricas 920 y 922. La interfaz de datos 90 del segundo conector CNX2 7004 está conectada en comunicación de datos con la interfaz de datos 100 del primer conector CNX1 7002 por una línea de datos 930.

5 La línea de datos 930 está conectada a una interfaz de datos de un primer conector interno ICNX1 7008. Las líneas eléctricas 920 y 922 están conectadas a una interfaz de alimentación de un segundo conector interno ICNX2 7012. El primer conector interno ICNX1 7008 y el segundo conector interno ICNX2 7012 están fijados a una tarjeta electrónica 7003 alojada en la carcasa 7001. La tarjeta electrónica EIEC.-BRD 7003 está además equipada con un tercer conector interno ICNX3 7014 conectado eléctricamente al tercer conector externo CNX3 7006.

10 Se hace referencia a la figura 7.

La misma muestra un circuito de mando 7100 para un sensor de ondas guiadas, que puede estar implementado en la tarjeta electrónica 7003 de la figura 6.

El circuito de mando 7100 comprende un módulo de alimentación 7102, alimentado por una corriente continua de 24 voltios, tal que la misma es facilitada por ejemplo al segundo conector interno ICNX2 7012 de la figura 6.

15 El consumo eléctrico total de la electrónica puede reducirse a 0,7 W en funcionamiento y a 0,3 W en un modo de espera. Un aislamiento galvánico está instalado entre el bus BS y la electrónica principal, por ejemplo de al menos 4 kilovoltios en media cuadrática. Para las entradas/salidas está instalada una protección de ± 15 kilovoltios contra las descargas electrostáticas.

20 La alimentación del circuito de mando 7100 debe ser aislada de la entrada de 24 voltios. Las tensiones de salida facilitadas por el módulo de alimentación son por ejemplo de 5,24 voltios y ± 300 voltios.

El circuito de mando 7100 comprende además un módulo de transmisión 7104 que recibe datos del primer conector ICNX1 7008 y emite datos con destino al mismo

25 El circuito de mando 7100 comprende un módulo de emisión/recepción 7150 capaz de hacer operar uno o varios transductores de un sensor de ondas guiadas. En este caso, el módulo de emisión/recepción 7150 comprende un primer circuito 7200 destinado a una primera bobina 7206 y un segundo circuito 7300 destinado a una segunda bobina 7208. El primer circuito 7200 y el segundo circuito 7300 son análogos uno al otro, y están mutuamente conectados a la salida de un módulo de tratamiento 7106. La primera bobina 7206 y la segunda bobina 7208 son por ejemplo bobinas de excitación de un sensor magnetostrictivo.

30 Cada uno del primer circuito 7200 y del segundo circuito 7300 comprende una vía de emisión respectiva 7210, 7310 para excitar la primera bobina 7206 o la segunda bobina 7208, y una vía de recepción 7220, 7320 respectiva para las señales eléctricas captadas en la primera bobina 7206 o la segunda bobina 7208. Las vías de emisión 7210 y 7310 pueden igualmente ser vistas como circuitos de excitación de la primera bobina 7206 y de la segunda bobina 7208, respectivamente.

35 La entrada de cada vía de emisión 7210, 7310 está conectada a una salida del módulo de tratamiento 7106. La salida de cada vía de emisión 7210, 7310 está conectada a un borne de la primera bobina 7206 o de la segunda bobina 7208.

La salida de cada vía de recepción 7220, 7320 está conectada a una entrada del módulo de tratamiento 7106. La entrada de cada vía de recepción 7220, 7320 está conectada al borne en cuestión de la primera bobina 7206 o de la segunda bobina 7208.

40 Cada vía de emisión 7210, 7310 comprende un piloto respectivo 7212, 7312 cuya salida está conectada a un circuito emisor respectivo 7214, 7314, cuya salida está conectada al borne en cuestión de la primera bobina 7206 o la segunda bobina 7208.

45 El módulo de tratamiento 7106 está conectado a un sensor de temperatura 7400 dispuesto en el interior de la carcasa 7001, así como a un módulo de magnetización 7500 conectado de manera operativa a una bobina 7600 respectiva, por ejemplo una bobina de magnetización de un sensor magnetostrictivo.

50 El módulo de magnetización 7500 permite magnetizar una banda magnetostrictiva de un sensor de ondas guiadas. La duración de magnetización es programada en el módulo de tratamiento 7106. Típicamente, esta duración es inferior a 10 ms. De manera análoga, la intensidad de la corriente facilitada puede ser programada en el módulo de tratamiento 7106, por ejemplo hasta 3 amperios. El valor temporal del retardo entre el inicio de la magnetización y el inicio de la excitación es generalmente regulable, por ejemplo entre -1 milisegundos y +9 milisegundos.

Se hace referencia a la figura 8.

La misma muestra un montaje electrónico 8000 que puede ser utilizado como circuito emisor, por ejemplo para el circuito emisor 7214/7314 de la figura 7.

ES 2 673 568 T3

5 El montaje 8000 comprende un transformador de pulsos 805 cuya entrada está conectada a la entrada 802 del montaje 8000, y la salida a la entrada de un semipunto 810 que comprende un primer transistor de tipo mosfet 812 y un segundo transistor de tipo mosfet 814. El drenaje del primer transistor 812 está conectado a un primer condensador de tensión elevada 820, y el del segundo transistor 814 a un segundo condensador de tensión elevada 822. La fuente del primer transistor 812 y la del segundo transistor 814 están conectadas una a la otra, y a la salida 804 del montaje 8000. La caja 830 conectada al primer condensador 820 puede facilitar una tensión de valor +V, mientras que la caja 832 conectada al segundo condensador 822 puede facilitar una tensión de valor -V. La salida 804 del montaje 8000 permite facilitar una tensión en forma de almena comprendida entre los valores -V y +V. Un ajuste manual o programado, puede estar integrado para ajustar la tensión de la alimentación eléctrica a tensión elevada, típicamente entre 50 voltios y 300 voltios.

10 Un circuito no representado gobierna los transistores 812 y 814.

El montaje 8000 puede operar según tres modos en función de un mando recibido, en particular del módulo de tratamiento 7106, por ejemplo en una conexión de tipo RS485.

15 De acuerdo con un primer modo de funcionamiento, todos los elementos están activados, y alimentados, los condensadores de alta tensión 820 y 822 están cargados y el montaje 8000 está en espera de un mensaje de partida en la conexión RS485. Se trata de un estado inicial, el cual puede ir seguido de un modo de espera parcial en el cual ciertas partes del circuito no están alimentadas y donde solo están activados por ejemplo los elementos de recepción de datos de comunicación.

20 De acuerdo con un segundo modo de funcionamiento, denominado "secuencia de emisión", el generador de pulsos 805 emite hasta tres pulsos al puente de transistor, a una frecuencia fijada por un software, típicamente comprendida entre 10 kilohercios y 256 kilohercios.

Cuando el primer transistor 812 es conductor, el primer condensador 820 se conecta directamente a la salida 804, por tanto a la bobina de excitación correspondiente y se descarga en la misma con una corriente importante, que puede llegar hasta 30 amperios.

25 Después, el módulo de alimentación recarga el primer condensador 820.

Cuando el segundo transistor 814 es conductor, el segundo condensador 814 se conecta a la salida 804, por tanto a la bobina de excitación correspondiente y se descarga en la misma con una corriente importante, que puede llegar hasta 30 amperios.

Después, el módulo de alimentación recarga el segundo condensador 822.

30 El primer condensador 820 y el segundo condensador 822 se descargan en desfase mutuo de un semiperiodo.

La recarga del primer condensador 820 y la del segundo condensador 822 pueden ser efectuadas en paralelo una a la otra.

De acuerdo con el tercer modo de funcionamiento, todos los componentes están fuera de tensión salvo aquéllos que participan en la detección de los mensajes que son enviados por la conexión RS485.

35 Se hace referencia a la figura 9.

La misma muestra un circuito 9000 como ejemplo de realización de un circuito de recepción para una bobina de excitación, por ejemplo la vía de recepción 7220 o 7320 de la figura 7.

40 El circuito 9000 comprende un elemento de protección contra la sobretensión 902 cuya entrada está conectada a la bobina de excitación y la salida a la entrada de un amplificador 904. Una primera salida del amplificador 904 está conectada a un módulo de filtros programable 906 cuya salida está conectada a un convertidor analógico digital 908 de tipo 12 bits, 2,5 megahercios.

La otra salida de amplificador 904 está conectada a un módulo de ganancia programable 910.

45 La salida del convertidor analógico digital 908 está conectada a un bus de datos 912, conectado a su vez a una entrada del módulo de filtros programable 906 y del módulo de ganancia programable 910. El módulo alimenta, además, una memoria 914 por ejemplo una parte de la memoria de un microcontrolador, que por ejemplo forma parte del módulo de tratamiento 7106. La ganancia es programable de manera digital, por ejemplo hasta 85 decibelios.

Cada uno de los filtros del módulo de filtros 906 es de segundo orden y de banda pasante comprendida entre 10 kilohercios y 205 kilohercios. Estos filtros son igualmente programables de manera digital.

50 Típicamente, la memoria 914 comprende 128 kilopalabras mínimo.

Se hace referencia a la figura 11.

5 El módulo de tratamiento 7106 comprende un submódulo de transmisión 7301 que pone en forma los datos con miras a su transmisión e implementa el protocolo de comunicación, un submódulo de regulación de la ganancia de recepción 7302, un módulo de gestión de energía 7303, un submódulo de magnetización 7304 que manda un circuito de magnetización, por ejemplo el circuito 7500 de la figura 7, un submódulo de control de los filtros programables 7305. El módulo de tratamiento 7106 comprende además un submódulo de descodificación 7306 capaz de identificar un valor de dirección que le es propio en un mensaje recibido, un submódulo de adquisición de temperatura 7307 que interactúa con un sensor de temperatura, por ejemplo el sensor 7400 de la figura 7, un submódulo de emisión 7308 que manda vías de emisión por ejemplo las del primer circuito 7200 y del segundo circuito 7300 de la figura 7 y un submódulo de adquisición 7309 que recibe y trata las señales recibidas de las vías de recepción, por ejemplo las vías 7220 y 7320 del primer circuito 7200 y del segundo circuito 7300 de la figura 7.

Se hace referencia a la figura 10 conjuntamente con la figura 11.

15 El submódulo de emisión 7308 está dispuesto para mandar una serie de pulsos eléctricos P alternativos de amplitud comprendida entre -300 voltios y +300 voltios y de período F. El período F es parametrizable. La forma de la serie de pulsos es igualmente parametrizable, en particular en lo que concierne a la regulación del número de pulsos y al tiempo que separa dos pulsos consecutivos.

El módulo de gestión de energía 7306 está dispuesto para poner automáticamente el sistema en espera automática.

El ordenador de tratamiento CPU 1000 puede estar dispuesto para ejecutar una función de calibración.

20 En una primera etapa, el ordenador de tratamiento 1000 manda la emisión de una serie de pulsos en un sensor del conducto que haya calibrar, que se indica por sensor A. La forma de estos pulsos es por ejemplo conforme a la figura 10. Cada pulso es emitido con un primer valor de ganancia que se indica por valor GEA0.

25 En una segunda etapa, un sensor adyacente al sensor A, que se indica por sensor B, recibe una señal con un valor de ganancia inicial, o valor GRB0. El valor GRB0 es enviado al ordenador de tratamiento 1000, el cual aumenta, o disminuye, el valor de la ganancia en emisión del sensor A hasta que la ganancia en recepción del sensor B sea próxima a un valor de ganancia predefinido, o valor GRB1.

30 En una tercera etapa, el ordenador de tratamiento 1000 manda la emisión de una serie de pulsos por el sensor B, con una ganancia de valor GEB0, que puede ser próximo al valor GEA0 de la ganancia en emisión. Se mide un valor de la ganancia en recepción a nivel del sensor A, que se indica por GRA0. Para alcanzar el valor de ganancia GRB0 a nivel del sensor A, se ajusta la ganancia en emisión del sensor B. El ajuste de cada ganancia en la recepción asegura que se recibirá siempre una señal con la misma intensidad y por tanto la uniformidad de las mediciones efectuadas.

En variante o como complemento, la unidad de tratamiento 1000 puede estar dispuesta para ejecutar una función de calibración.

35 La unidad de tratamiento 1000 puede estar configurada además para vigilar la evolución temporal del tiempo empleado por el eco para ir del sensor A al sensor B. La variación del tiempo de recorrido puede ser correlacionada con una variación de temperatura, o a la velocidad de propagación de las ondas, puesto que desde el punto de vista de las ondas guiadas, la distancia D0 es fija a lo largo de toda la vida de servicio del conducto. Esto permite además comparar ecos entre sí, incluso en el caso de variación de la temperatura entre las mediciones.

40 Las variaciones de temperatura a nivel del conducto afectan a la velocidad de propagación de los diferentes paquetes de ondas guiadas. Las mismas pueden conducir a una expansión o una contracción de la señal. Tal fenómeno puede causar un desfase temporal entre una señal de medición y una señal de referencia, cuando estas son registradas a temperaturas diferentes. Por consiguiente, la sustracción de la señal de medición por la señal de referencia puede conducir a una diferencia importante.

45 Debido a que la distancia entre los sensores es fija, puede ser calculado un coeficiente de dilatación/compresión entre una señal tomada como referencia y una señal posterior, de modo que su diferencia permite poner en evidencia la aparición o no de un pico suplementario que desvela la presencia de un defecto. Se puede así aplicar el método denominado de la "sustracción óptima por estiramiento" u "Optimal Stretch" en inglés.

50 Los métodos para estirar (o comprimir) la señal a fin de compensar el cambio de temperatura pueden ser aplicados a la señal de referencia o bien a la señal de medición, a fin de obtener una mejor correspondencia entre las dos señales que haya que sustraer.

La invención no está limitada a los modos de realización descritos anteriormente, únicamente a modo de ejemplo, sino que engloba todas las variaciones que pueda considerar el especialista en la materia, y especialmente:

- El sensor de ondas guiadas 5 puede estar desprovisto de conexión eléctrica y comprender entonces únicamente una parte pasiva dispuesta debajo del revestimiento 11. Una parte activa en este caso es fijada al tubo elemental 3,

por ejemplo por pinzamiento, en el momento de la instalación de la electrónica 7 en el tubo elemental 3. Esta operación puede hacerse por ejemplo justo antes de la puesta en marcha para las aplicaciones marítimas.

- La electrónica 7 puede estar dispuesta, al menos en parte, fuera del revestimiento 11.

- El cuerpo 2 puede ser realizado por ensamblaje de uno con otro de varios tubos desnudos.

5 - En ciertos casos, en particular si las características magnetostrictivas del tubo elemental 3 son suficientes, el sensor de ondas guiadas 5 puede estar desprovisto de banda magnetostrictiva y/o de bobina de magnetización. En este caso, el sensor de ondas guiadas 5 puede comprender solamente una bobina de excitación.

- En ciertas realizaciones, el sensor de ondas guiadas 5 puede ser realizado en forma de un depósito electrolítico o de un tratamiento localizado en la superficie exterior del tubo elemental 3 para aumentar localmente las propiedades magnetostrictivas del acero.

10 - La soldadura que unen entre sí dos elementos de conducto puede operar como sensor de ondas guiadas 5, cuando esta soldadura es capaz de generar ondas guiadas.

- El sensor de ondas guiadas 5 puede estar asociado a sensores complementarios tales como, por ejemplo, una galga de medición de tensiones, una galga de temperatura. En particular, el sensor de ondas guiadas 5 puede estar asociado a sensores de fibras ópticas.

15 - Un elemento de conducto 1 puede ser realizado ensamblando uno con otro varios elementos de conducto. Cuando un elemento de conducto 1 comprende varios sensores 5, todos los sensores 5 no están necesariamente recubiertos por el revestimiento de protección. En particular, los sensores 5 más próximos a las extremidades del elemento pueden ser dejados desnudos y ser recubiertos después de soldadura de la citada extremidad sobre el conducto, por razones de colocación del conducto.

20 - La alimentación de energía puede ser facilitada por otras técnicas, tales como, por ejemplo, la utilización de un gradiente de temperatura entre el fluido transportado y el medio ambiente, en aplicación del efecto Peltier.

- Al menos uno de los cables puede ser reemplazado por una o varias fibras ópticas y participar en el seguimiento como sensor suplementario.

25 - Por elementos de conducto homólogos, se entienden elementos que pueden estar mecánicamente asociados uno a otro, y dotados de sensores y/o de electrónicas que permitan trabajar conjuntamente, en particular comunicar. No se trata necesariamente de sensores y/o de electrónica absolutamente idénticos.

- Cuando el mismo está dotado de una bobina activa y de una banda magnetostrictiva, el sensor 5 es capaz de generar ondas guiadas a una y otra parte de esta bobina, de manera simétrica. La frecuencia de la corriente recorrida en esta bobina corresponde a la frecuencia principal de la onda emitida.

30 - Cuando el mismo está dotado de dos bobinas activas y de dos bandas magnetostrictivas, el sensor 5 es capaz de ser puesto en práctica de acuerdo con la técnica conocida con el nombre de "direction control", o "mando direccional". En esta técnica, las bobinas activas están distantes una de otra $\lambda/4$, donde λ representa la longitud de la onda guiada que se prevé utilizar para el control. Esto permite por construcción anular la señal enviada en un lado del sensor 5 y doblar la señal enviada en el otro. Esta técnica es ventajosa por que la misma permite clásicamente localizar los defectos. Sin embargo, la misma impone la frecuencia de excitación que puede no ser óptima para la detección de ciertos defectos.

35 - En este caso, el sensor 5 puede utilizar una sola bobina, excitada a todas las frecuencias comprendidas en la gama anteriormente mencionada. Ventajosamente, se hace variar la frecuencia de excitación hasta maximizar el eco, dado que la longitud del defecto y el espesor del revestimiento 11 influyen en la amplitud del pico generado por el defecto en función de la frecuencia. La localización del defecto en cuestión es obtenida por cotejo de los datos de inspección de varios sensores consecutivos.

40 - De acuerdo con un modo de realización de la invención, ilustrado por ejemplo en la figura 1, un elemento que haya que ensamblar a un conducto comprende un tubo provisto de un sensor 5 situado en la proximidad de una de las extremidades de este tubo. Por ejemplo, el sensor está dispuesto a 2,2 metros de la extremidad del tubo. De acuerdo con una variante de realización, el elemento que haya que ensamblar comprende varios tubos mutuamente ensamblados y que comprenden cada uno un sensor 5. Cada sensor está dispuesto a 2,2 metros de una extremidad de su tubo respectivo, con excepción del sensor de uno de los tubos situado en la extremidad del elemento, cuyo sensor está dispuesto más cerca todavía de la extremidad del tubo. En este caso, el sensor en cuestión puede ser revestido al mismo tiempo que la soldadura que ensambla al elemento al conducto.

45 - El cuerpo perfilado 3 hueco del elemento de conducto 1 puede comprender al menos dos elementos de perfil huecos mutuamente ensamblados.

- Al menos una parte del revestimiento de protección 11 del elemento de conducto 1 puede estar dispuesta debajo del sensor de ondas guiadas 5 y/o debajo del cable eléctrico 9.
- 5 - El revestimiento de protección 11 puede ser de tipo multicapa y al menos una de las citadas capas está intercalada entre el sensor de ondas guiadas 5 y/o el cable eléctrico 9 y la superficie exterior del cuerpo de perfil hueco 3. La citada capa puede presentar propiedades adhesivas tales que la misma asegure una fijación del sensor de ondas guiadas 5 y/o del cable eléctrico 9 a la superficie exterior del cuerpo de perfil hueco 3, al menos en parte.
- El cable eléctrico puede estar enrollado alrededor del cuerpo de perfil hueco según una forma de espiral, de la electrónica de mando 7 hasta una extremidad del cuerpo 3 del elemento de conducto 1.
- 10 - La electrónica de mando 7 puede comprender un primer circuito capaz de alimentar la bobina de excitación, y un segundo circuito capaz de alimentar la bobina de magnetización.
- Para fijar al menos un cable eléctrico y un sensor de tipo de ondas guiadas a una superficie periférica de un cuerpo de perfil hueco, se puede prever un cuerpo de perfil hueco 3 con una superficie periférica recubierta de un revestimiento de protección con excepción de al menos una zona anular, estando recubierto el cable eléctrico del revestimiento de protección y fijar un sensor de tipo de ondas guiadas 5 a la superficie periférica del citado cuerpo 3, en la citada zona anular.
- 15

REIVINDICACIONES

1. Elemento (1, 1A, 1B) destinado a ser montado en una extremidad de un conducto adaptado para la circulación de fluido para prolongar el citado conducto, comprendiendo el elemento (1, 1A, 1B):
- un cuerpo de perfil hueco (3, 3A, 3B) que presenta una superficie periférica;
- 5
- un revestimiento de protección (11, 11A, 11B) que recubre al menos parcialmente la citada superficie periférica; caracterizado por que el mismo comprende además:
 - un sensor de tipo de ondas guiadas (5, 5A, 5B, 50);
 - una electrónica de mando (7, 7A, 7B, 7000) para el sensor de ondas guiadas (5, 5A, 5B, 50);
 - al menos un cable eléctrico (9, 9A, 9B, 10A, 10B) dispuesto para conectar la electrónica de mando (7, 7A, 7B, 7000) a una electrónica homóloga (7, 7A, 7B, 7000) del citado conducto,
- 10
- y por que.
- el cable eléctrico (9, 9A, 9B, 10A, 10B) y el sensor de ondas guiadas (5, 5A, 5B, 50) están fijados a la superficie periférica del citado cuerpo (3, 3A, 3B), debajo de al menos una parte del revestimiento de protección (11, 11A, 11B).
- 15
2. Elemento de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual el revestimiento de protección (11, 11A, 11B) recubre toda la superficie periférica del cuerpo de perfil hueco (3, 3A, 3B) con excepción de una zona próxima a cada una de las extremidades longitudinales del citado cuerpo (3, 3A, 3B).
3. Elemento de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, en el cual el cuerpo de perfil hueco (3, 3A, 3B) comprende al menos dos elementos de perfil hueco mutuamente ensamblados.
- 20
4. Elemento de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, en el cual al menos una parte del revestimiento de protección (11, 11A, 11B) está dispuesta debajo del sensor de ondas guiadas (5, 5A, 5B, 50) y/o debajo del cable eléctrico (9, 9A, 9B, 10A, 10B).
5. Elemento de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, en el cual el revestimiento de protección (11, 11A, 11B) es de tipo multicapa y al menos una de las citadas capas está intercalada entre el sensor de ondas guiadas (5, 5A, 5B, 50) y/o el cable eléctrico (9, 9A, 9B, 10A, 10B) y la superficie exterior del cuerpo de perfil hueco (3, 3A, 3B).
- 25
6. Elemento de acuerdo con la reivindicación 5, en el cual la citada capa presenta propiedades adhesivas tales que la misma asegura una fijación del sensor de ondas guiadas (5, 5A, 5B, 50) y/o del cable eléctrico (9, 9A, 9B, 10A, 10B) a la superficie exterior del cuerpo de perfil hueco (3, 3A, 3B), al menos en parte.
- 30
7. Elemento de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, en el cual el cable eléctrico (9, 9A, 9B, 10A, 10B) está enrollado alrededor del cuerpo de perfil hueco según una forma de espiral, de la electrónica de mando (7, 7A, 7B, 7000) hasta una extremidad de este cuerpo (3, 3A, 3B).
8. Elemento de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, en el cual la electrónica de mando (7, 7A, 7B, 7000) comprende un circuito de excitación (7210, 7310, 8000) para el sensor de ondas guiadas (5, 5A, 5B, 50).
- 35
9. Elemento de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, en el cual el sensor de ondas guiadas (50) comprende un conjunto formado por una banda magnetostrictiva (52), por una bobina de excitación (56, 7206, 7208) y una bobina de magnetización (54, 7600) para la banda magnetostrictiva (52).
10. Elemento de acuerdo con la reivindicación 9, en el cual la electrónica de mando (7, 7A, 7B, 7000) comprende un primer circuito (7210, 7310, 8000) capaz de alimentar la bobina de excitación (56, 7206, 7208), y un segundo circuito (7500) capaz de alimentar la bobina de magnetización (54, 7600).
- 40
11. Conducto (PL) adaptado para la circulación de fluido que comprende elementos (Pi-1, Pi, Pi+1) contiguos uno a otro y que comprenden cada uno un cuerpo de perfil hueco que presenta una superficie periférica, un revestimiento de protección que recubre al menos parcialmente la cada superficie periférica, caracterizado por que al menos algunos de los citados elementos (Pi-1, Pi, Pi+1) son elementos de acuerdo con la reivindicación 1 y por que el conducto comprende además cables eléctricos (BS, EL) que unen las electrónicas de mando (700, 702, 704) uno a otro, y por que los citados cables eléctricos (BS, EL) están fijados a la superficie periférica de un cuerpo respectivo, debajo de al menos una parte del revestimiento de protección.
- 45
12. Conducto de acuerdo con la reivindicación 11, en el cual al menos algunos de los elementos (Pi-1, Pi, Pi+1) que comprenden un sensor de ondas guiadas (500, 502, 504) están sumergidos.

13. Procedimiento de fabricación de un elemento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 10, que comprende las etapas siguientes:

A. fijar al menos un cable eléctrico (9, 9A, 9B, 10A, 10B) y un sensor de tipo de ondas guiadas (5, 5A, 5B, 50) a la superficie periférica de un cuerpo de perfil hueco (3, 3A, 3B);

5 B. aplicar al menos una capa de revestimiento de protección (11, 11A, 11B) al sensor de ondas guiadas (5, 5A, 5B, 50) y el cable eléctrico (9, 9A, 9B, 10A, 10B).

C. fijar una electrónica de mando (7, 7A, 7B, 7000) para el sensor de ondas guiadas (5, 5A, 5B, 50) al cuerpo de perfil hueco y unirla a una extremidad de al menos uno de los cables eléctricos (9, 9A, 9B, 10A, 10B).

14. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 13, en el cual la etapa A comprende las operaciones siguientes:

10 A1. prever un cuerpo de perfil hueco (3, 3A, 3B) con una superficie periférica recubierta de un revestimiento de protección (11, 11A, 11B) con excepción de al menos una zona anular, estando el cable eléctrico (9, 9A, 9B, 10A, 10B) recubierto por el revestimiento de protección (11, 11A, 11B);

A2. fijar un sensor de tipo de ondas guiadas (5, 5A, 5B, 50) a la superficie periférica del citado cuerpo (3, 3A, 3B) en la citada zona anular.

15 15. Procedimiento para prolongar un conducto (PL) adaptado para la circulación de fluido que comprende un elemento terminal de acuerdo con la reivindicación 11, comprendiendo el procedimiento las etapas siguientes:

A. prever un elemento prolongador que presente un cuerpo de perfil hueco (3, 3A, 3B) que presente una superficie periférica y un revestimiento de protección (11, 11A, 11B) que recubra al menos en parte: la superficie periférica, un sensor de tipo de ondas guiadas (5, 5A, 5B, 50) y una electrónica de mando (7, 7A, 7B, 7000) para el sensor de ondas guiadas (5, 5A, 5B, 50), en el cual un cable eléctrico (9, 9A, 9B, 10A, 10B) está conectado a la electrónica de mando (7, 7A, 7B, 7000), estando fijados el cable eléctrico (9, 9A, 9B, 10A, 10B) y el sensor de ondas guiadas (5, 5A, 5B, 50) a la superficie periférica del citado cuerpo (3, 3A, 3B), debajo de al menos una parte del revestimiento de protección (11, 11A, 11B);

B. soldar el cuerpo (3, 3A, 3B) del elemento prolongador al cuerpo (3, 3A, 3B) del elemento terminal;

25 C. conectar el cable eléctrico (9, 9A, 9B, 10A, 10B) del elemento terminal al del elemento prolongador.

16. Procedimiento para formar un segmento de conducto (13) de acuerdo con la reivindicación 11, comprendiendo el procedimiento las etapas siguientes:

A. prever dos elementos de conducto homólogos (1A, 1B) que presenten cada uno un cuerpo de perfil hueco (3A, 3B) que presente una superficie periférica, un revestimiento de protección (11A, 11B) que recubra al menos parcialmente la citada superficie periférica, al menos un cable eléctrico (9A, 10B) y un sensor de tipo ondas guiadas (5A, 5B), estando el cable eléctrico (9A, 10B) y el sensor de ondas guiadas (5A, 5B) fijados a la superficie periférica del citado cuerpo (3A, 3B), debajo de al menos una parte del revestimiento de protección (11A, 11B);

B. soldar el cuerpo (3A, 3B) de uno de los elementos homólogos (1A, 1B) al cuerpo (3A, 3B) del otro de estos elementos (1A, 1B);

35 C. conectar el cable eléctrico (9A, 10B) de cada uno de los elementos de conducto homólogos (1A, 1B) entre sí, o el cable (9A, 10B) de uno de los elementos de conducto homólogos (1A, 1B) a una electrónica de mando (7A, 7B) del otro de estos elementos (1A, 1B) en una parte de este cable separada del cuerpo (3A, 3B) y/o que sobresale del revestimiento de protección (11A, 11B).

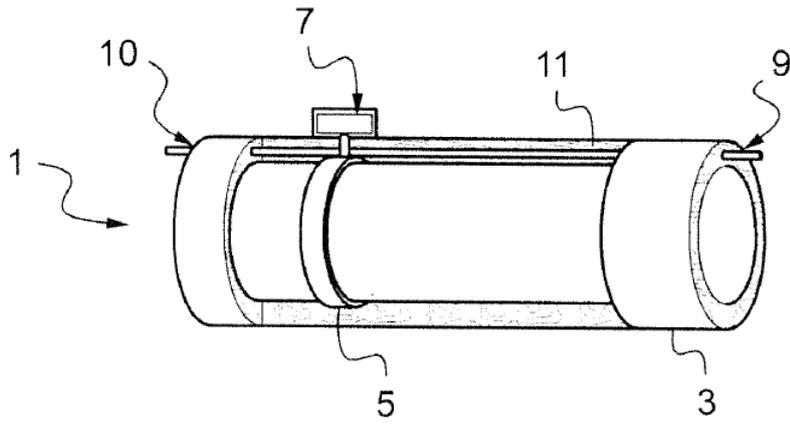


Fig.1

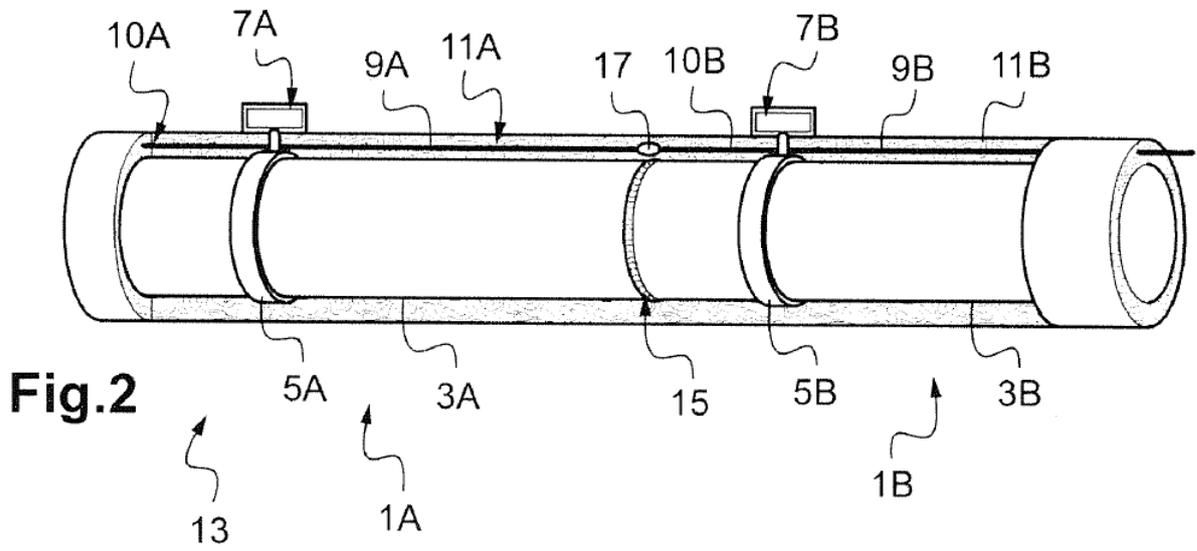


Fig.2

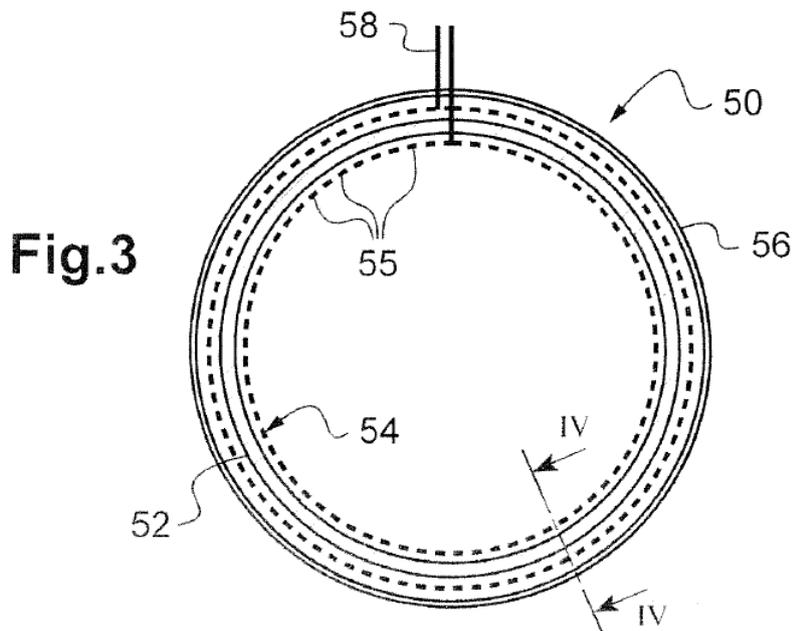


Fig.3

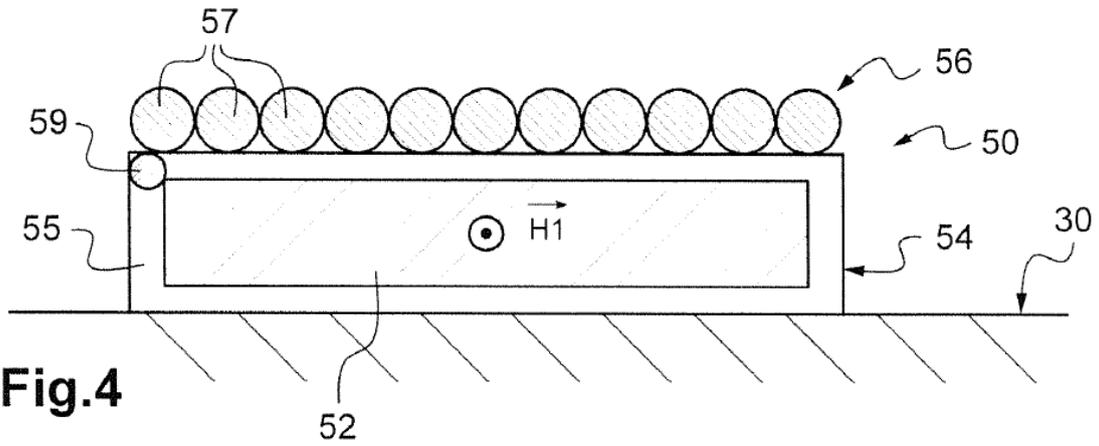


Fig. 4

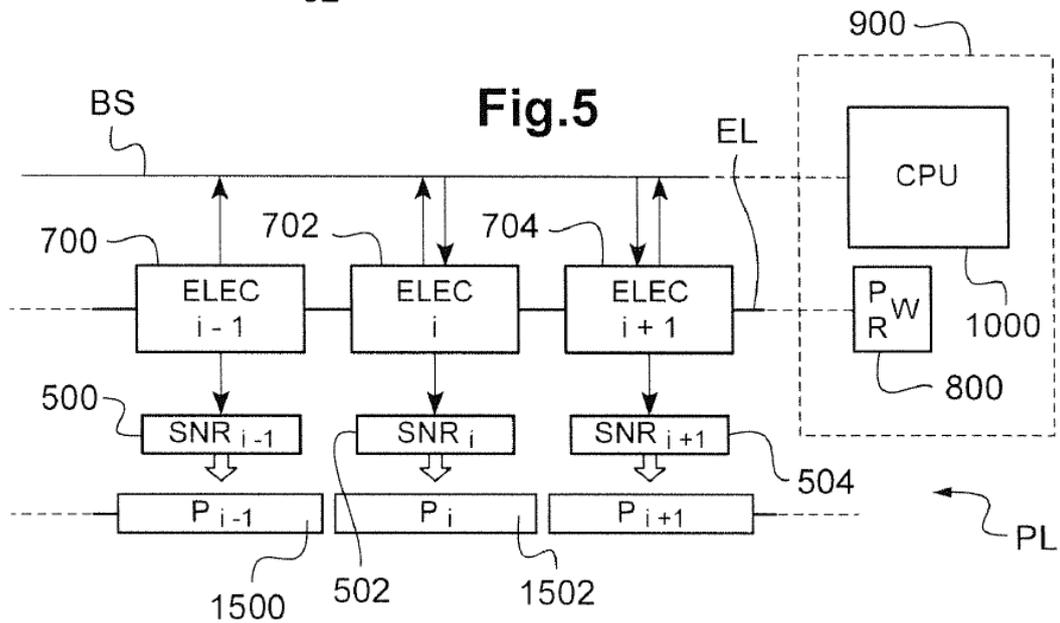


Fig. 5

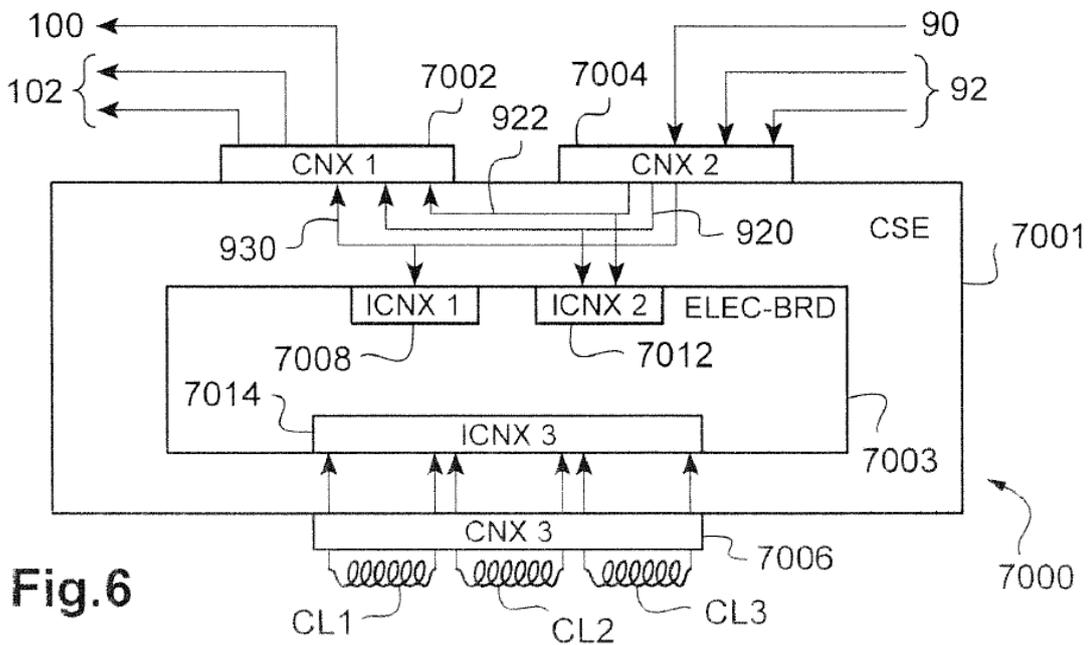


Fig. 6

