

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 385 997**

51 Int. Cl.:
G01N 17/02 (2006.01)
C23F 13/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **06775763 .3**
96 Fecha de presentación: **25.07.2006**
97 Número de publicación de la solicitud: **1913363**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **23.04.2008**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para la vigilancia y la detección de defectos del revestimiento de un conducto tubular tendido bajo tierra o bajo agua**

30 Prioridad:
29.07.2005 DE 102005036508

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
07.08.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
07.08.2012

73 Titular/es:
Eupec Pipelines Services España, S.A.U.
Avenida de Burgos 16 E, La Planta
28036 Madrid , ES

72 Inventor/es:
HERRAEZ, Carlos y
ABALLE, Alvaro

74 Agente/Representante:
Curell Aguilá, Mireia

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).

ES 2 385 997 T3

DESCRIPCIÓN

Procedimiento y dispositivo para la vigilancia y la detección de defectos del revestimiento de un conducto tubular tendido bajo tierra o bajo agua.

La presente invención se refiere a un procedimiento y a un dispositivo para la vigilancia y detección de defectos del revestimiento de un conducto tubular tendido bajo tierra o bajo agua, según las reivindicaciones 1 y 9.

Los conductos tubulares con peligro de corrosión son protegidos dependiendo del grado y del tipo del peligro mediante sistemas de protección pasivos o activos o una combinación de ambos. La protección pasiva consiste en un revestimiento, la protección activa es una protección catódica o una protección a través de un denominado ánodo sacrificial.

El revestimiento debe ser aislante eléctricamente para evitar un contacto directo del conducto tubular con el medio conductor eléctricamente tierra o agua y, por consiguiente, evitar un ataque de corrosión sobre el conducto tubular.

En la protección catódica contra la corrosión en conductos tubulares tendidos bajo tierra que estén provistos de un revestimiento aislante eléctricamente, el conducto tubular es protegido contra la corrosión en puntos defectuosos del recubrimiento aislante gracias a que en el conducto tubular se aplica una tensión continua de tal modo que el conducto tubular tenga con respecto a la tierra que rodea el conducto tubular un potencial negativo eléctricamente, es decir, que actúe como cátodo. Para ello, una fuente de tensión continua es conectada con su polo negativo con el conducto tubular y su polo positivo, o sea, el ánodo, es puesto a tierra. Alternativamente, la protección activa también puede producirse a través de la fijación de los denominados ánodos sacrificiales al conducto tubular. Las bases para ello se describen por ejemplo en *Handbuch des kathodischen Korrosionsschutzes* (Manual de la Protección Catódica frente a la Corrosión), Editorial VCH, 3a edición 1.989.

La eficacia de la protección pasiva del conducto tubular a través del revestimiento depende de la calidad, es decir, de la carencia de fallos del revestimiento, daños en el revestimiento que provoquen un contacto eléctrico del tubo con la tierra o el agua, que causen un ataque de corrosión del tubo de acero que ha de ser protegido que pueda provocar delaminaciones de mayor superficie del revestimiento. El grado de la delaminación depende, en este caso, del tipo del sistema de revestimiento y de las condiciones de corrosión existentes (por ejemplo, conductividad del suelo, valor del pH, etc.).

En el revestimiento pueden aparecer daños por ejemplo en el transporte de los tubos, motivo por el cual usualmente antes del tendido del conducto tubular se realiza una inspección del revestimiento para detectar fallos y una reparación de los puntos defectuosos.

No obstante, el revestimiento puede ser dañado también durante el funcionamiento del conducto tubular, por ejemplo, durante trabajos en el suelo en el área de un conducto tubular tendido, por ataques microbiológicos o hundimientos y desplazamientos en el terreno.

Esto hace necesario controlar el conducto tubular regularmente sobre deterioros posibles del revestimiento, para evitar daños de corrosión mayores, lo es especialmente importante en conductos tubulares que conducen aceite o gas, para evitar fugas debido a daños de corrosión.

No obstante, inspecciones de los conductos más frecuentes no son soportables por motivos económicos, puesto que las mediciones son costosas y caras.

Los procedimientos conocidos según el estado de la técnica, para la localización de defectos, son descritos por ejemplo en *Handbuch des kathodischen Korrosionsschutzes* (Manual de la Protección Catódica frente a la Corrosión), editorial VCH, 3a edición 1.989, pp. 112-124. Habitualmente se deducen en este caso posibles deterioros en el revestimiento a partir del transcurso de la corriente de protección y del transcurso de potencial en secciones definidas de la tubería.

Otro procedimiento que se basa en la medición del progreso del potencial y en la determinación de la resistencia del revestimiento a través de una corriente de protección catódica modulada se divulga en el documento DE 690 14 002 T2.

En estos procedimientos conocidos, es desventajoso, no obstante, que por ejemplo en la sección de conducto tubular que se va a examinar sean captadas señales de los conductos que conducen corriente que atraviesan el conducto tubular, y que las indicaciones de señal captadas ya no puedan ser asociadas de manera inequívoca a un posible defecto del revestimiento. El motivo para ello es que la forma de corriente analizada se compone de la corriente de protección alimentada y la señal de corriente extraña.

Además es desventajoso que estos procedimientos sean aplicables sólo en combinación con una protección catódica del conducto tubular.

A partir de la EP 0560 443 B1 se divulga un procedimiento para la vigilancia y localización de deterioros en el revestimiento de un conducto tubular protegido catódicamente tendido bajo tierra, en el que mediante la aplicación de corrientes de excitación sinusoidales locales superpuestas de diferentes frecuencias en el conducto tubular y la medición de las respuestas de la tensión correspondientes, o sea, la impedancia, se detectan posibles deterioros. Al suceder esto, con un sistema de medición móvil es examinado el conducto tubular en secciones constantes de 2 metros de longitud sobre posibles daños del revestimiento.

Este procedimiento adolece de varios inconvenientes. Por un lado, el procedimiento es aplicable igualmente sólo en combinación con un dispositivo de protección catódica. Asimismo, no se puede excluir que a través de influencias extrañas sean captadas también señales perturbadoras y, por consiguiente, ya no sea posible una asignación de defectos inequívoca. Es desventajoso además que sea necesario para la aplicación de este procedimiento un examen directo en el tubo, lo cual requiere mucho tiempo y es costoso en el caso de conductos tubulares largos que se deban examinar.

El documento EP 1152 235 divulga un procedimiento para vigilar el estado de corrosión de un conducto tubular con el fin de controlar una instalación de protección catódica.

La patente US nº 4 940 944 divulga la captación de la forma de ondas de una señal dependiente del tiempo, la transformación de la señal en una señal dependiente de la frecuencia, y la determinación del grado de atenuación y las amplitudes de frecuencia debidas a la señal dependiente de la frecuencia.

El objetivo de la invención es indicar un procedimiento seguro y económico para la vigilancia y detección de defectos del revestimiento en una sección definida de un conducto tubular tendido bajo tierra o bajo agua, el cual sea aplicable de manera independiente de procedimientos de protección frente a la corrosión activos, y en el que se eviten los otros inconvenientes de los procedimientos conocidos hasta el momento.

Según la invención, este objetivo se alcanza gracias a que el procedimiento contiene las siguientes etapas:

- aplicar cíclicamente una señal de corriente alterna, cuya frecuencia estable y predeterminada de manera fija, teniendo en cuenta la tolerancia, es diferente de las frecuencias medidas en el marco de la vigilancia de posibles señales perturbadoras exteriores,
- captar la forma de ondas de la señal de corriente alterna en las unidades de vigilancia de ambos extremos de la sección que se debe vigilar cada vez para determinar el grado de atenuación dependiente de la distancia en función de la distancia de la señal con respecto al lugar de la aplicación de dicha señal,
- transformar la señal dependiente del tiempo en una señal dependiente de la frecuencia,
- determinar las amplitudes de la frecuencia de manera correspondiente a la frecuencia de la señal de corriente alterna,
- determinar el grado de atenuación de las amplitudes de la frecuencia dentro de la sección de conducto tubular que se debe vigilar y comparar con valores de comparación determinados previamente en las unidades de vigilancia en ambos extremos.

La gran ventaja del procedimiento según la invención consiste en que con ello es posible examinar daños del revestimiento también en conductos tubulares revestidos tanto bajo tierra como bajo agua no protegidos activamente. Ventajosamente, este procedimiento puede ser utilizado también para la vigilancia remota del conducto tubular, de modo que se pueden suprimir exámenes costosos *in situ*.

Además es ventajoso posibilitar de manera sencilla, económica y segura a través de la determinación del grado de atenuación de la señal de corriente alterna aplicada al conducto tubular la vigilancia también de secciones tubulares largas del conducto, por ejemplo, de hasta 50 km.

En el caso de conductos tubulares protegidos catódicamente, que están provistos por secciones de unidades de vigilancia para la corriente de protección catódica, se puede integrar la unidad de captación necesaria para la señal de corriente alterna que se debe entregar ventajosamente de manera sencilla a la unidad de vigilancia para la vigilancia de la corriente de protección. Ventajosamente, en este caso, la corriente de protección catódica está superpuesta a la señal de corriente alterna y es analizada de manera separada.

Las señales captadas por la unidad de vigilancia pueden ser transmitidas entonces ventajosamente a través de cables bajo tierra ya tendidos o de manera inalámbrica por radiodifusión, GPS o transmisión por satélite al punto de vigilancia central y pueden seguir siendo valoradas según la necesidad.

El procedimiento según la invención se basa en el efecto físico de que las amplitudes de la tensión o de la corriente de una señal de corriente alterna son atenuadas en dependencia del distanciamiento con respecto al lugar de la

- aplicación en la sección de conducto tubular. Para ello, en el conducto tubular son fijados a intervalos determinados unos generadores de señales que aplican al conducto tubular una señal de corriente alterna. Cuanto mas alejado esté el lugar de medición del lugar de la aplicación de la señal de corriente adicional, más fuertemente son atenuadas las señales de la amplitud. En caso de que existan defectos en el revestimiento que establezcan un contacto eléctrico del tubo del conducto con el suelo, éstos se identifican en un indicador de señales características en el grado de la atenuación y, por consiguiente, se pueden asignar de manera inequívoca a esta sección del tubo de conducto.
- 5
- A partir de la medida de la atenuación determinada previamente en la sección del conducto sin defectos en el ajuste con respecto a la atenuación real determinada, el lugar del defecto puede ser delimitado con suficiente exactitud en cuanto al distanciamiento del lugar de aplicación de la señal. Para peritar el área defectuosa y poder iniciar las medidas correspondientes, a continuación se localiza de manera exacta el punto del daño mediante mediciones apropiadas *in situ*.
- 10
- En el procedimiento según la invención, se capta primero la forma de la onda de la señal de corriente alterna en las unidades de vigilancia en ambos extremos de la respectiva sección que se debe vigilar en función de la distancia de la señal desde el lugar de la aplicación de esta señal, y la señal dependiente del tiempo es transformada en una señal dependiente de la frecuencia.
- 15
- La atenuación determinada a partir de esto de las amplitudes de frecuencia es comparada a continuación con la atenuación previamente determinada de una señal de comparación, de modo que posibles desviaciones pueden ser asociadas a un defecto del revestimiento.
- 20
- Por medio de mediciones efectuadas en intervalos de tiempo determinados se puede determinar a partir del grado del cambio temporal de estas desviaciones de atenuación si existe un defecto del revestimiento en el conducto tubular.
- 25
- Básicamente, se considera un espectro de frecuencias muy amplio para la selección de una frecuencia heterodina apropiada, para obtener diferentes informaciones sobre el estado del revestimiento. Las frecuencias bajas son, por ejemplo, más adecuadas para reconocer daños en el revestimiento mismo, mientras que las frecuencias más elevadas son más apropiadas para detectar desprendimientos del revestimiento de la superficie de acero.
- 30
- La frecuencia máxima esta limitada mediante el área de indicación de la señal, que depende de la longitud de la sección tubular a examinar. Además, la calidad y el tipo del revestimiento influyen en el área de indicación.
- 35
- La frecuencia mínima está limitada a través de una relación señal/ruido aún suficiente. La frecuencia óptima de la señal de corriente alterna se rige, por un lado, según la frecuencia de medición, por otro lado también según el grado de atenuación por la longitud de la sección tubular y la relación señal/ruido.
- 40
- La mejor frecuencia heterodina que se debe elegir será por lo tanto un compromiso entre el área de indicación de la señal y la relación señal/ruido.
- 45
- No obstante, es esencial en este caso que la frecuencia de la señal de corriente alterna se diferencie notablemente de las frecuencias o sus armónicos de señales perturbadoras, como éstas son inducidas por ejemplo por conductos de corriente que se cruzan. A través de esto, es posible en primer lugar una asignación inequívoca a un posible defecto en la sección del tubo de conducto vigilado.
- 50
- En caso de conductos de corriente, las frecuencias de estas señales perturbadoras se encuentran por ejemplo en 50 o 60 Hz. Para el reconocimiento de daños del revestimiento se consiguen para este caso, por ejemplo, buenos resultados con una frecuencia de 130 Hz.
- 55
- En la práctica, por los motivos descritos previamente prácticamente no se tienen en cuenta frecuencias inferiores a 1 Hz y frecuencias mayores que 1.000 Hz.
- 60
- Otro aspecto a tener en cuenta puede consistir también en elegir tanto como sea posible una frecuencia que pueda ser procesada con transformadores A/D convencionales, disponibles a precios económicos.
- 65
- La señal de corriente alterna misma está configurada ventajosamente de manera sinusoidal para facilitar la siguiente transformación de la señal de tiempo en una señal de frecuencia de las señales digitalizadas, por ejemplo mediante transformación Fourier. Otras formas de señal, por ejemplo, rectangulares, son sin embargo básicamente también posibles.
- Otra ventaja del procedimiento según la invención consiste en que la unidad de vigilancia para deterioros en el revestimiento también en conductos de tubo protegidos catódicamente puede ser conectada en caso de necesidad y de manera independiente en el tiempo, por ejemplo, una vez al día.

Puesto que la duración del ciclo de medición verdadero para la señal de corriente alterna se encuentra en el intervalo de segundos o incluso por debajo, puede entonces realizarse así en combinación con la vigilancia de las señales de un servicio central muy efectiva y rápidamente una vigilancia amplia, económica y segura de todo el conducto tubular y deterioros en el revestimiento se pueden identificar en un momento temprano.

5 En caso de utilización de varios generadores de señales para la longitud del conducto tubular, pudiendo comprender cada generador de señales una o varias secciones de conducto tubular, es necesario para la calidad y el valor informativo de la medida de la señal de corriente alterna que cada vez siempre solamente un generador de señales esté conectado para la respectiva medición. Puesto que los generadores de señales a ambos lados del tubo emiten la señal de corriente, la señal que se debe evaluar de lo contrario posiblemente se superpone por otras señales de otros generadores de señales y, por ello, el resultado se falsificaría. Es importante por eso que los generadores de señales sean programados de tal manera que en cada medición siempre esté activado solamente un generador de señales o que otro generador de señales activo genere las señales de corriente alterna sobre otra frecuencia.

15 Atención particular debe prestarse también a la estabilidad de tensión y frecuencia de la señal de corriente alterna, puesto que las señales que se deben captar y evaluar son influidas muy intensamente por estos factores. En los ensayos, se ha demostrado que para la estabilidad de tensión es suficiente $\pm 0.2\%$ y para la estabilidad de la frecuencia es suficiente $\pm 0.02\%$.

20 A continuación, la invención será detalladamente descrita por medio de una figura.

La figura muestra esquemáticamente el dispositivo de medición para la vigilancia remota y la detección de defectos de revestimiento en el ejemplo de un conducto tubular tendido bajo tierra, protegido de manera catódica.

25 Un conducto tubular 1 tendido bajo tierra está protegido pasivamente contra corrosión a través de un revestimiento 5 y activamente mediante una instalación de corriente de protección catódica instalada fijamente, compuesta por un ánodo 3 y un generador de corriente continua 4.

30 El conducto tubular 1 está provisto también de unidades de vigilancia también instaladas fijamente (RMU - Sistema de Monitorización Remoto) 2, 2' a intervalos, que tienen que satisfacer varias funciones, que se describen a continuación.

35 Las distancias entre las unidades de vigilancia 2, 2' son determinadas entre otras por posibles influencias perturbadoras (p.ej. corrientes parásitas, corrientes inducidas de conductos de corriente, corrientes de agua, corriente de protección catódica, etc.). Esto significa que cuanto mayor sea el número y grado de la perturbación, más cortas serán elegidas las distancias para las unidades de vigilancia. En un tendido sin perturbaciones del conducto tubular, por ejemplo en una zona desértica, la distancia de las unidades de vigilancia puede ascender a más de 30 km., mientras que en regiones industriales muy pobladas la distancia puede ascender a 5 ó 10 km. En el ejemplo de forma de realización representado en la figura, cada unidad de vigilancia 2, 2' según la invención está provista de una unidad de captación no representada más en detalle en el presente caso para la señal de corriente alterna, pero solamente cada segunda unidad de vigilancia 2 está provista de un generador de señales para la alimentación de la señal de corriente alterna.

45 Las unidades de vigilancia 2, 2' tienen, por una parte, la función de vigilar y controlar la corriente de protección catódica, por otra parte las unidades de captación integradas en aquellas para la señal de corriente alterna tienen la función de captar la señal de corriente alterna, partiendo del lugar de carga, por toda la longitud del tubo, y de transmitir la señal captada y atenuada a un servicio central de vigilancia.

50 En el presente ejemplo, el revestimiento 5 del conducto tubular 1 presenta en el lado derecho un defecto 6 que provoca una conexión eléctrica entre el conducto tubular y terreno circundante.

55 Para la revisión del conducto tubular 4 en busca de defectos de revestimiento se activa cada vez solamente un generador de señales del conducto tubular, para descartar influencias molestas en el resultado de medición de señales de corriente alterna de otros generadores de señales activos.

Como señal de corriente alterna, una corriente alterna sinusoidal se superpone a la corriente de protección catódica en el presente ejemplo por el generador de señales de la unidad de vigilancia izquierda 2.

60 La unidad de captación de la unidad de vigilancia 2' muestra un transcurso normal de amplitudes de frecuencia ya transformadas de la señal de corriente alterna para un revestimiento sin deterioro en la sección de conducto tubular captada, mientras que la unidad de vigilancia 2 representada a la derecha capta una señal claramente amortiguada, debido a la corriente que sale a través del defecto de 6 desde el conducto tubular 1 al terreno.

65 El transcurso de la señal es captado en cada unidad de vigilancia instalada 2, 2' y transmitido al servicio central de vigilancia, donde se determina el grado de la variación de la atenuación mediante comparación con las mediciones precedentes y se deriva de ello la señal de defecto. Puesto que la posición del indicador de señales es bien

delimitable con respecto a la sección de conducto tubular vigilada, puede ser localizada con bastante precisión la sección tubular defectuosa.

- 5 Para la evaluación del punto defectuoso y para la iniciación de las medidas de reparación necesarias se realiza a continuación la localización exacta *in situ* mediante medidas adecuadas.

Listado de símbolos de referencia

Nº	Denominación:
1	Conducto tubular
2	Unidad de vigilancia con generador de señales integrado
2'	Unidad de vigilancia sin generador de señales
3	Ánodo
4	Corriente de protección catódica
5	Revestimiento
6	Defecto de revestimiento

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la vigilancia y la detección de defectos del revestimiento en una sección definida de un conducto tubular (1) revestido tendido bajo tierra o bajo agua, en el que el conducto tubular (1) está provisto por secciones en los extremos de la respectiva sección de una unidad de vigilancia (2, 2') instalada fijamente, presentando el procedimiento las etapas siguientes:

- aplicar cíclicamente una señal de corriente alterna al conducto tubular (1), cuya frecuencia estable y predeterminada de manera fija es diferente, teniendo en cuenta la tolerancia, de las frecuencias, medidas en el marco de la vigilancia, de posibles señales perturbadoras exteriores,
- captar la forma de ondas de la señal de corriente alterna en las unidades de vigilancia (2, 2') en ambos extremos de la respectiva sección que debe ser vigilada para determinar el grado de atenuación dependiente de la distancia en función de la distancia de la señal con respecto al lugar de aplicación de dicha señal,
- transformar la señal dependiente del tiempo en una señal dependiente de la frecuencia,
- determinar las amplitudes de frecuencia correspondientes a la frecuencia de la señal de corriente alterna,
- determinar el grado de atenuación de las amplitudes de frecuencia dentro de la sección del conducto tubular que debe ser vigilada y comparar con valores de comparación determinados previamente en las unidades de vigilancia en ambos extremos,

siendo el procedimiento aplicado independientemente de un procedimiento activo de protección contra la corrosión.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque la frecuencia de la señal de corriente alterna está comprendida entre 1 y 1.000 Hz.

3. Procedimiento según la reivindicación 1 y 2, caracterizado porque en el caso de los conductos tubulares (1) protegidos de manera catódica, la corriente de protección (4) catódica se superpone a la señal de corriente alterna y es analizada por separado.

4. Procedimiento según la reivindicación 3, caracterizado porque la señal de corriente alterna es aplicada de manera independiente en el tiempo de la corriente de protección catódica permanentemente suministrada a la sección del conducto.

5. Procedimiento según las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque la forma de corriente de la señal de corriente alterna es sinusoidal.

6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque los datos de medición captados de la señal de corriente alterna son transmitidos al servicio central de vigilancia mediante conexión por cable.

7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque los datos de medición captados de la señal de corriente alterna son transmitidos de manera inalámbrica al servicio central de vigilancia.

8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque la sección de conducto tubular definida tiene una longitud de uno o varios kilómetros.

9. Dispositivo para la vigilancia y detección de defectos del revestimiento (6) en una sección definida que comprende uno o varios kilómetros de un conducto tubular (1) tendido bajo tierra o bajo agua para la puesta en práctica del procedimiento según la reivindicación 1, en el que el conducto tubular (1) está provisto por secciones en los extremos de la respectiva sección de una unidad de vigilancia (2, 2') fijamente instalada para la captación de la señal de corriente alterna, el conducto tubular (1), en función de la posibilidad de captación y evaluación de la señal de corriente alterna, está provisto a intervalos de un generador de señales y el conducto tubular está provisto de un servicio central de vigilancia, en el que:

- el generador de señales está dispuesto para aplicar cíclicamente una señal de corriente alterna al conducto tubular, cuya frecuencia estable y predeterminada de manera fija es diferente, teniendo en cuenta la tolerancia, de las frecuencias, medidas en el marco de la vigilancia, de posibles señales perturbadoras exteriores, siendo dicha señal independiente de un procedimiento activo contra la corrosión,
- las unidades de vigilancia (2, 2') en ambos extremos de la respectiva sección que debe ser vigilada están dispuestas para captar la forma de ondas de la señal de corriente alterna con el fin de determinar el grado de atenuación dependiente de la distancia en función de la distancia de la señal con respecto al lugar de aplicación de dicha señal,

- el servicio central de vigilancia está dispuesto para transformar la señal dependiente del tiempo en una señal dependiente de la frecuencia, para determinar las amplitudes de frecuencia correspondientes a la frecuencia de la señal de corriente alterna y para determinar el grado de atenuación de las amplitudes de frecuencia dentro de la sección del conducto tubular que debe ser vigilada y para comparar este grado de atenuación con los valores de comparación determinados previamente en las unidades de vigilancia en ambos extremos.
- 5
10. Dispositivo según la reivindicación 9, caracterizado porque la longitud del conducto tubular (1) entre los generadores de señales comprende una o varias secciones de conducto tubular, siendo aplicada al conducto tubular (1) en el momento respectivo de medición, solamente una señal de corriente alterna de un generador de señales activado.
- 10
11. Dispositivo según la reivindicación 9, caracterizado porque la longitud del conducto tubular (1) entre los generadores de señales comprende una o varias secciones de conducto tubular, siendo aplicada al conducto tubular (1) en el respectivo momento de medición, dos o varias señales de corriente alterna de diferentes frecuencias, en cada caso, de dos o varios generadores de señales activados.
- 15
12. Dispositivo según una de las reivindicaciones 9 a 11, caracterizado porque los generadores de señales están integrados en las unidades de vigilancia (2).
- 20
13. Dispositivo según una de las reivindicaciones 9 a 12, caracterizado porque en el caso de los conductos tubulares (1) protegidos de manera catódica, la unidad destinada al control y vigilancia de la corriente de protección catódica está integrada en la unidad de vigilancia (2, 2') para la señal de corriente alterna.

