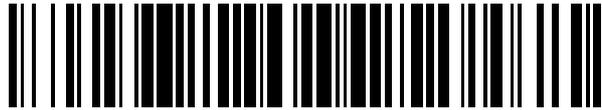


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 396 604**

51 Int. Cl.:

G01F 23/284 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.04.2003 E 03725088 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.10.2012 EP 1504244**

54 Título: **Procedimiento para la determinación de un valor característico de la posición de una capa límite de un medio contenido en un contenedor**

30 Prioridad:

07.05.2002 DE 10220479

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

22.02.2013

73 Titular/es:

**AREVA NP GMBH (100.0%)
PAUL-GOSSEN-STRASSE 100
91052 ERLANGEN, DE**

72 Inventor/es:

**CONRADS, HERMANN-JOSEF y
DUBIEL, KLAUS**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 396 604 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

Procedimiento para la determinación de un valor característico de la posición de una capa límite de un medio contenido en un contenedor.

5 La invención se refiere a un procedimiento para la determinación de un valor característico de la posición de una capa límite de un medio contenido en un contenedor, en el que se conduce un impulso electromagnético a una antena situada en el espacio interior del contenedor, y se miden con resolución de tiempo una serie de impulsos reflejados recibidos a través de la antena. Se refiere además a un procedimiento para la explotación de una planta de central nuclear en la que se determina el nivel de llenado del refrigerante primario en la vasija de presión del reactor de acuerdo con un procedimiento de esta clase.

10 Los procedimientos de la clase antes citada pueden tener su importancia en otras aplicaciones industriales cuando se trate de vigilar y eventualmente regular un medio de trabajo o un medio refrigerante que se encuentre dentro de un recipiente que no se pueda observar directamente. Esta clase de procedimientos pueden tener también su importancia en aplicaciones en las que en el interior de un recipiente que no se puede observar hay que contar con la formación de una capa límite entre dos medios, en particular entre un líquido y una capa situada encima de menor densidad, tal como por ejemplo una mezcla de líquido-gas. Un sistema de esta clase se emplea especialmente en la explotación de una planta de técnica nuclear o de una planta de central nuclear, cuando se trate de vigilar el nivel de llenado u otro parámetro de trabajo en el interior de la vasija de presión del reactor. Para determinar o vigilar la posición de una capa límite de esta clase entre dos medios o de la posición del nivel de la superficie de un líquido se puede emplear el llamado principio de medida TDR (time domain reflectometry) tal como se conoce por ejemplo por el documento DE19958584C1 o por el documento US 4.786.857.

20 Un procedimiento conforme al preámbulo de la reivindicación 1 se conoce por ejemplo por el documento US 6.225.018. En el principio de medida TDR se aprovecha el efecto de que un impulso electromagnético conducido por un sistema de antenas se refleja parcialmente cuando varía bruscamente la impedancia entre por ejemplo un conductor central de la antena y un conductor envolvente que lo rodea a modo de un cable coaxial. Una variación de impedancia tan brusca aparece por ejemplo allí donde la antena formada de este modo se sumerge desde un entorno gaseoso en un líquido, ya que la impedancia depende de la capacidad entre el conductor central y el conductor envolvente y por lo tanto de las constantes dieléctricas del medio que rellena el espacio intermedio entre el conductor central y el conductor envolvente. Un impulso electromagnético conducido a una antena de esta clase sumergida en el medio que se trata de supervisar se refleja por lo tanto parcialmente en la superficie del medio. Otra reflexión se produce en el extremo de la antena que generalmente está cortocircuitado. Dado que por otra parte se conoce la velocidad de propagación del impulso electromagnético en la antena, se puede emplear la diferencia de tiempo de propagación entre el impulso reflejado en la capa límite y el impulso reflejado en el extremo de la antena como medida del emplazamiento de la capa límite y por lo tanto como medio para la determinación de un valor característico de posición característico del emplazamiento de la capa límite, pudiendo suponerse una relación esencialmente proporcional entre la diferencia de tiempo de propagación y el valor característico de posición.

25 En un sistema de esta clase para la determinación de un valor característico de posición de una capa límite ha resultado sin embargo problemática que las diferencias de tiempo de propagación que se hayan determinado pueden depender también, según la aplicación prevista, considerablemente de la temperatura y/o de la composición del medio existente en el contenedor y que se trata de supervisar, especialmente si la velocidad de propagación depende de estos parámetros. Aunque se ha comprobado que dentro de un campo de temperatura limitado, por ejemplo a la temperatura ambiente, las diferencias de tiempo de propagación dependen solo en grado mínimo de la temperatura del medio, de modo que se puede aplicar con relativa seguridad el principio de medida TDR para las aplicaciones que trabajen dentro de este campo de temperatura. Pero por otra parte es precisamente en las aplicaciones con temperaturas de trabajo relativamente elevadas, tal como sucede por ejemplo en la supervisión del nivel de llenado en una vasija de presión de un reactor, hay que contar con una considerable dependencia de la diferencia de tiempo de propagación que se ha determinado respecto a la temperatura del medio, de modo que un sistema de supervisión que esté basado en este principio de medida trabaja solo con relativamente escasa precisión en caso de que surjan posibles oscilaciones de temperatura.

30 La invención tiene por lo tanto como objetivo describir un procedimiento para la determinación de un valor característico de posición de la clase antes citada, que presente un alto grado de fiabilidad y de precisión de medida incluso cuando aparezcan variaciones de temperatura en el medio que se trata de vigilar.

Este objetivo se resuelve conforme a la invención por medio de las características de la reivindicación 1.

35 Para ello la invención parte de la consideración de que aunque varíe la temperatura del medio se puede conseguir una elevada precisión de medida uniforme, si se compensan adecuadamente las repercusiones de las variaciones de temperatura sobre los parámetros evaluados. Resulta posible realizar una compensación de esta clase si en la evaluación se tienen también en cuenta otras informaciones que son características del comportamiento de la temperatura del medio.

5 Tal como se ha podido comprobar sorprendentemente, las informaciones adecuadas para ello se pueden obtener por medio de una evaluación adicional de las amplitudes de los impulsos que se tienen en cuenta al determinar la diferencia de tiempo de propagación. Esto se basa en el hecho de que no son dependientes de la temperatura las diferencias de tiempo de propagación medidas de los impulsos considerados, sino también sus amplitudes, de modo que mediante la evaluación del comportamiento de las amplitudes se puede determinar una magnitud de corrección adecuada para efectuar la evaluación de las diferencias de tiempo de propagación.

En un perfeccionamiento conveniente se evalúa como señal de respuesta una señal formada por la variación en el tiempo no solo de los impulsos irradiados sino también de los impulsos reflejados.

10 Tal como se ha comprobado, una variación de la temperatura del medio presente en el contenedor puede repercutir de modo especial en la relación entre los componentes del impulso incidente transmitidos a través de la superficie límite correspondiente respecto a la parte reflejada en la respectiva superficie límite. De este modo resulta especialmente adecuada la relación entre las amplitudes del primer impulso correspondiente a la superficie límite y del ulterior impulso utilizado también para evaluación, especialmente para sacar una conclusión relativa a la temperatura del medio. Para ello se evalúa ventajosamente la relación entre las amplitudes de los impulsos considerados para la determinación de los valores característicos de posición.

15 Como segundo impulso se puede evaluar el impulso electromagnético conducido a la antena situada originalmente en el recinto interior del contenedor. Al evaluar este impulso se deberán tener en cuenta en la medida adecuada los componentes empleados para el establecimiento de la correspondiente instalación de medida, en particular la característica del generador de impulsos, los tramos de conducción empleados y los eventuales pasos de banda empleados. Sin embargo en una realización preferente se evalúa a modo de impulso de referencia como segundo impulso un impulso reflejado correspondiente al extremo de la antena en el recinto interior del contenedor, de modo que tanto el primer impulso correspondiente a la superficie límite como también el segundo impulso evaluado están expuestos en igual medida a posibles variaciones de parámetros del medio ambiente.

20 Para ello se identifica en otra realización preferente el último máximo en el tiempo dentro del diagrama de tiempo-amplitudes de la señal de respuesta como correspondiente al extremo de la antena.

25 Mediante la consideración consecvente no solo de la diferencia de tiempo de propagación sino también de las amplitudes de los respectivos impulsos se puede proporcionar la correspondiente pluralidad de ecuaciones de partida para una pluralidad de parámetros que se hayan de evaluar. Estas ecuaciones se emplean convenientemente para obtener además de una determinación del valor característico de la posición de la capa límite, especialmente exacta aunque varíe la temperatura de los medios, otros parámetros adicionales característicos del medio, tales como por ejemplo su densidad o su concentración para iones. En una realización especialmente ventajosa se determina en este caso por medio de la amplitud del primero y/o de otros impulsos como segundo parámetro, un valor característico de la temperatura del medio.

30 Tal como ha resultado además, tanto la dependencia de la velocidad de propagación - es decir de la constante de proporcionalidad entre el valor característico de la posición y la diferencia de tiempo de propagación - como también la dependencia de las amplitudes de los distintos impulsos respecto a la temperatura son relativamente complejos de forma analítica o funcional. La compensación analítica de la dependencia de la temperatura al determinar el valor característico de la posición a partir de la diferencia de tiempo de propagación que se haya determinado, al tener en cuenta las amplitudes de los impulsos, resulta por lo tanto relativamente compleja. Por este motivo, esta compensación se realiza por lo tanto de modo iterativo.

35 Una compensación iterativa de esta clase resulta de forma especialmente sencilla al determinar ventajosamente mediante la diferencia de tiempo de propagación medida entre el primero y el segundo impulso, determinando primeramente una dependencia de la temperatura para el valor característico de la posición, mediante el cual y basándose en valores de experiencia disponibles, se determina la dependencia de la temperatura prevista de la amplitud del primer o de los otros impulsos. A continuación y mediante comparación de las dependencias de temperatura previstas se determina mediante la amplitud medida del respectivo impulso un valor real de la temperatura del medio, que se toma como base para la determinación definitiva del valor característico de posición. Al efectuar la evaluación se evalúa la ecuación determinada empíricamente para la dependencia del valor característico de posición respecto a la temperatura y a la diferencia de tiempo de propagación, con respecto a la diferencia de tiempo de propagación actual determinada en todo el campo de temperaturas. La variación de temperatura obtenida de ahí para el valor característico de posición se emplea en la dependencia determinada también de modo empírico de la relación de amplitudes respecto al valor característico de posición y a la temperatura, de modo que se pueda determinar una variación de la temperatura de la relación de amplitudes. A partir de ésta y mediante la comparación con la relación de amplitudes real que se ha medido, se determina la temperatura del medio.

40 Teniendo en cuenta este valor estimado de la posición de la capa límite, determinado únicamente por aproximación, se puede determinar por lo tanto por aproximación con una precisión relativamente elevada un valor real para la temperatura

del medio que entonces a su vez se puede tomar como base para la determinación definitiva del valor característico de la posición.

5 Este procedimiento es utilizable para una pluralidad de aplicaciones en las que sea interesante la supervisión o evaluación de una capa límite. Se consideran para ello también aplicaciones las que debido a la formación de capas en el medio hay que contar con que aparezcan dos o más capas límites.

De modo especialmente ventajoso se utiliza el procedimiento durante la explotación de una planta de central nuclear para determinar el nivel de llenado del refrigerante primario en una vasija de presión del reactor.

10 Las ventajas que se logran con la invención consisten especialmente en que debido a no tener solamente en cuenta la diferencia de tiempo de propagación entre los impulsos evaluados sino también de las amplitudes medidas de estos impulsos, se puede asegurar un nivel de precisión especialmente alto en la determinación del valor característico de posición de la capa límite, aunque varíe la temperatura del medio. Al estar prevista también adicionalmente la evaluación de las amplitudes de los impulsos permite efectuar una compensación adecuada de las influencias de la temperatura, aunque en caso contrario podrían ser perjudiciales para la determinación del valor característico de posición a partir de la diferencia de tiempo de propagación. De este modo resulta posible efectuar una determinación relativamente precisa del valor característico de posición incluso al variar la temperatura, que además puede efectuarse de modo continuo, es decir que no está ligada a unos marcadores de posición que no están adjudicados de modo fijo. Al tener en cuenta también las amplitudes de los impulsos resulta posible además efectuar una determinación actual de la temperatura del medio, sin recurrir a un gasto de aparatos adicional, donde teniendo en cuenta adecuadamente una pluralidad de impulsos se pueden determinar además otros parámetros característicos del medio, tal como por ejemplo su densidad y/o su concentración de iones. Un principio de medida TDR modificado de este modo resulta por lo tanto precisamente adecuado para ser empleado en medida especial en una planta de técnica nuclear.

Un ejemplo de realización de la invención se describe con mayor detalle sirviéndose de un dibujo. En éste muestran:

la fig. 1, esquemáticamente un sistema para la supervisión del medio en un contenedor que esté conectado al mismo, y las fig. 2a a 2c, cada una de ellas una señal de respuesta adecuada para efectuar una evaluación.

25 El sistema 1 según la fig. 1 está previsto para la supervisión del medio M en un contenedor 2 que está conectado al mismo. En el ejemplo de realización el contenedor 2 es una vasija de presión del reactor de una planta de técnica nuclear, que está situado en el interior de una contención 4 cerrada indicada solo de modo somero en la fig. 1. Para efectuar el intercambio adecuado de señales S el contenedor 2 está unido a través de una línea de señales 6 con un interfaz de comunicaciones 10 del sistema 1 que pasa a través de una penetración 8 a través de la contención 4.

30 En el ejemplo de realización, en el contenedor 2 está contenida agua W como medio M, que sirve como refrigerante primario de la planta de técnica nuclear. En una zona de espacio inferior el agua W está presente sin mezclar en estado llamado sub-enfriado. En una zona de espacio situada encima, en la cual se encuentra el efecto de calentamiento de los elementos combustibles nucleares situados en el contenedor 2, se encuentra en cambio una mezcla de fases W, D entre agua W y las burbujas de vapor D que se forman en ella. En una zona situada todavía más arriba se encuentra en cambio exclusivamente refrigerante primario evaporizado, es decir exclusivamente vapor D. El medio M contenido en el contenedor 2 presenta por lo tanto una primera capa límite 12 entre el agua W y la mezcla de fases W, D así como una segunda capa límite 14 entre la mezcla de fases W, D y el vapor D.

40 Durante el funcionamiento de la planta de técnica nuclear está previsto supervisar una gran pluralidad de parámetros de trabajo. Entre otros puede ser también deseable o necesario supervisar la posición de las capas límites 12, 14. La supervisión de la capa límite 14 cuyo emplazamiento también se designa como "swell level" puede efectuarse por medio de una medición de nivel de llenado.

45 El sistema 1 está previsto para la determinación y supervisión en tiempo real de valores característicos de posición de las capas límites 12, 14. Para ello el sistema 1 está realizado para utilizar el llamado principio de medida TDR (time domain reflectometry). Para una medición TDR de esta clase está prevista en el interior del contenedor 2 una antena 16 dispuesta esencialmente en dirección vertical. La antena 16 que sale del contenedor 2 a través de una brida 18 con aislador de material cerámico, y que está conectada a la línea de señales 6, tiene una estructura a modo de una antena coaxial. Comprende un conductor central 20 que a modo de un cable coaxial está rodeado de un conductor envolvente 22 realizado esencialmente en forma de envolvente cilíndrica. El conductor envolvente 22 está realizado con penetraciones o perforado y presenta una pluralidad de orificios de compensación 23 que en la figura están simplemente indicados someramente. De este modo se tiene la seguridad de que el medio M puede penetrar en el espacio intermedio entre el conductor central 20 y el conductor envolvente 22. En el extremo de la antena 24, el conductor central 20 y el conductor envolvente 22 están cortocircuitados.

Al utilizar una antena de esta clase 16 para determinar la posición de las capas límites 12, 14 se aprovecha el efecto de que la impedancia de la antena 16 depende localmente de la respectiva capacidad entre el conductor central 20 y el conductor envolvente 22. La impedancia depende por lo tanto, a por medio de la capacidad, de la constante dieléctrica del medio M que ocupa en cada caso el espacio intermedio entre el conductor central 20 y el conductor envolvente 22. Al pasar a través de una de las capas límites 12, 14 varía por lo tanto de forma abrupta la impedancia local de la antena 16. En el caso de una variación de impedancia abrupta de esta clase un impulso electromagnético conducido por la antena 16 se transmite en parte y en parte se refleja. Por lo tanto un impulso electromagnético de esta clase conducido por la antena 16 genera en cada capa límite 12, 14 un impulso reflejado que se puede evaluar como signatura característica. En particular se puede aprovechar la diferencia de tiempo de propagación entre un impulso reflejado en una de las capas límites 12, 14 y un impulso reflejado en el extremo de la antena 24, para determinar, teniendo en cuenta la velocidad de propagación de las señales electromagnéticas en el respectivo segmento de la antena 16, un valor característico de la posición de la respectiva capa límite 12 ó 14 con relación al extremo de la antena 24, y por lo tanto un valor característico por ejemplo para el nivel de llenado del medio en el interior del contenedor 2. El extremo de la antena 24 cortocircuitado da lugar, debido a la variación de impedancia especialmente importante, a una reflexión cercana al 100% del impulso restante que allí incide.

Para poder efectuar esta clase de determinaciones de posición de las superficies límites 12, 14 de acuerdo con el principio de medida TDR, el sistema 1 unido con la antena 16 por medio de la línea de señales 6 realizada como línea apantallada, está equipado con componentes adecuados. El sistema 1 comprende en particular un generador de impulsos 30 para generar según necesidad un impulso electromagnético. El generador de impulsos 30 está unido con la línea de señales 6 a través del interfaz de comunicaciones 10, de modo que un impulso eléctrico generado por el generador de impulsos 30 se puede conducir según necesidad hacia la antena 16. El sistema 1 comprende además una unidad de evaluación y control conectada al interfaz 10 a través de un convertidor analógico-digital 31, la cual está unida por un lado con el módulo de memoria 34 y por el otro lado con un módulo de salida 36, que en el ejemplo de realización es una pantalla. La unidad de evaluación y control 32 está unida naturalmente también con otros componentes necesarios para el funcionamiento ordenado tal como por ejemplo un dispositivo de introducción de datos. El convertidor analógico-digital 31 permite efectuar la evaluación de las señales de medida en un ordenador digital.

Para efectuar la determinación de un valor característico de posición de acuerdo con el principio TDR, se conduce un impulso generado en el generador de impulsos 30 a la antena 16 situada en el interior del contenedor 2. A continuación se miden desglosados en el tiempo una serie de impulsos reflejados recibidos a través de la antena 16. Al hacerlo se identifica en una señal de respuesta formada por la variación en el tiempo de los impulsos, un impulso reflejado correspondiente a la capa límite 12 ó 14, y se toma como base para la determinación de la posición a partir de una medición del tiempo de propagación.

El sistema 1 está diseñado para un funcionamiento en el cual se puedan determinar con un alto grado de fiabilidad y precisión valores característicos de posición para las capas límites 12, 14, incluso si la temperatura del medio M en el interior del contenedor 2 sufriera una variación importante. El sistema 1 es por lo tanto especialmente adecuado precisamente para ser utilizado en una vasija de presión del reactor de una planta de técnica nuclear, ya que durante su funcionamiento pueden aparecer diferencias de temperatura incluso por encima del punto crítico del agua.

Para mantener un alto grado de precisión en la determinación de los valores característicos de posición para las capas límite 12, 14 está prevista en el funcionamiento del sistema 1 una compensación adecuada de las repercusiones de las variaciones de temperatura en la evaluación de los valores de medida. La determinación de los valores característicos de posición para las capas límites 12, 14 tiene lugar por principio basándose en la observación de que el valor característico de posición es esencialmente proporcional a la diferencia de tiempo de propagación de un impulso reflejado correspondiente a las respectivas capas límites 12 ó 14, respecto a un impulso de referencia, tal como por ejemplo un impulso reflejado en el extremo de la antena 24. La constante de proporcionalidad entre el valor característico de posición y la diferencia de tiempo de propagación depende esencialmente de la velocidad de propagación de las señales electromagnéticas en el segmento de la antena 16 afectado en cada caso. Sin embargo puede aparecer un falseamiento en la evaluación de esta clase de mediciones debido a efectos de temperatura, ya que la velocidad de propagación en el interior de la antena 16 también puede depender de la temperatura del medio.

Para poder compensar adecuadamente este efecto está prevista además de la evaluación de las diferencias de tiempo de propagación entre los impulsos recibidos, también una evaluación cuantitativa de las correspondientes amplitudes de los impulsos. Esto se basa en la observación de que la temperatura del medio que altera la velocidad de propagación de las señales en la antena 16, modifica también la reflexión o transmisión de un impulso en la respectiva superficie límite 12, 14, de modo que al producirse una variación de temperatura aparecen también unas condiciones correspondientemente modificadas en las distintas amplitudes de los impulsos. Por este motivo está prevista durante el funcionamiento del sistema 1 una evaluación cuantitativa de los impulsos, tanto en lo que se refiere a su diferencia de tiempo de propagación como también en cuanto a sus amplitudes.

Para aclarar más la evaluación de señales previstas dentro de la unidad de evaluación y control 32, las figuras 2a a 2c muestran respectivamente un ejemplo de una señal de respuesta que se trata de evaluar, que está formada respectivamente por la variación en el tiempo del impulso E alimentado a la antena 16 y de un número de impulsos R_i reflejados en el interior del contenedor 2. Las señales de respuesta están representadas para ello en las figuras 2a a 2c respectivamente a modo de un diagrama de amplitud-tiempo. Esto está indicado por las flechas A, t.

Al efectuar la evaluación de las señales de respuesta se asignan primeramente a las circunstancias reales los impulsos que se han determinado (impulso E alimentado a la antena, impulsos reflejados R_i). Las señales de respuesta que están representadas en las figuras 2a y 2b se refieren a casos en los que en el contenedor 2 existe únicamente una sola capa límite 12 o 14 del medio M. Para ello se debe identificar el primer impulso E visto a lo largo del tiempo, dotado de una amplitud negativa A, con el impulso alimentado a la antena 16. El primer impulso reflejado R_1 , visto a lo largo del tiempo, corresponde entonces a una reflexión en la respectiva capa límite 14 y se asigna a esta capa límite 14 para la ulterior evaluación. El impulso R_3 reflejado visto en último lugar en el tiempo corresponde en las señales de respuesta según las figuras 2a, 2b a la reflexión en el extremo de la antena 24 y se asigna por lo tanto al extremo de la antena 24.

Al efectuar la evaluación de las señales de respuesta representadas en las figuras 2a, 2b, que corresponde a una determinación de un valor característico de posición de la capa límite 14 y por lo tanto a una medición del nivel de llenado, se determina primeramente una diferencia de tiempo de propagación del primer impulso R_1 reflejado correspondiente a la capa límite 14 con uno de los otros impulsos E, R_3 . La diferencia del tiempo de propagación respecto al impulso E alimentado a la antena 16 está designado por dL , la diferencia de tiempo de propagación respecto al impulso R_3 reflejado en el extremo de la antena 24, está designado con dS . Para la ulterior evaluación se pueden emplear por principio tanto el impulso irradiado E como también el otro impulso reflejado R_3 ; en las restantes exposiciones se explicará con mayor detalle únicamente a título de ejemplo el empleo del impulso reflejado R_2 .

A partir de la diferencia de tiempo de propagación dS entre los impulsos reflejados R_1 y R_3 se obtiene un valor característico de posición para el emplazamiento de la capa límite 14 correspondiente al impulso R_1 con relación al extremo de la antena 24, a base de una proporcionalidad respecto a la diferencia de tiempo de propagación. Ahora bien la constante de proporcionalidad depende por su parte de la temperatura del medio M, de modo que pueden aparecer faltas de precisión en caso de que se produzcan variaciones de temperatura. Para compensar éstas se aprovecha el conocimiento de que también las amplitudes de los impulsos evaluados R_1 y R_3 dependen de la temperatura. Por este motivo se evalúa al mismo tiempo en particular la relación de amplitudes de estos dos impulsos R_1 y R_3 . Un ejemplo de la dependencia de la temperatura existente en la relación entre estas amplitudes está representada en las señales de respuesta según las figuras 2a y 2b: el ejemplo de realización según la figura 2a muestra una señal de respuesta tal como se obtiene para la superficie límite de una mezcla de agua-vapor a temperaturas relativamente bajas. En este caso el impulso R_1 correspondiente a la superficie límite 14 tiene una amplitud claramente superior al impulso R_3 correspondiente al extremo de la antena 24. En cambio en las temperaturas claramente superiores tales como se muestra como señal de respuesta en el ejemplo de realización según la figura 2b, existe una relación entre estas amplitudes básicamente distintas: en este caso la amplitud del impulso R_1 correspondiente a la superficie límite 14 es claramente inferior a la amplitud del impulso R_3 correspondiente al extremo de la antena 24. La dependencia respecto a la temperatura de las relaciones de las amplitudes de los impulsos R_1 y R_3 que se puede reconocer por los ejemplos según las figuras 2a y 2b, se emplea a continuación para determinar por aproximación la temperatura efectiva del medio, y además para efectuar la correspondiente corrección del valor característico de posición para la capa límite 14.

Para la determinación de un valor característico de posición mejorado se aprovecha en el ejemplo de realización el conocimiento de que la dependencia de la relación de amplitudes A entre los impulsos R_1 y R_3 se puede describir en aproximación en diferentes campos de temperatura de acuerdo con una fórmula determinada empíricamente $A=A(L, \rho(T))$, donde ρ es la densidad del medio dependiente de la temperatura y L el nivel de llenado del medio M en el contenedor 2. Tal como se ha comprobado, la amplitud A del impulso R_3 varía más intensamente con la temperatura que con el valor característico de posición para la capa límite 14. Por este motivo y debido a la complejidad relativamente grande de las relaciones que se han de evaluar se procede a efectuar una aproximación iterativa, donde únicamente se recurre a un valor de partida determinado por aproximación para el nivel de llenado como magnitud de entrada para la determinación del valor de la amplitud.

Como valor de partida para la siguiente iteración se determina primeramente a partir de la diferencia de tiempo de propagación que se ha medido dS en todo el posible campo de temperaturas, un valor aproximado para el nivel de llenado L del medio M en el depósito 2, de acuerdo con la ecuación $L = K_1 * dS$, donde K_1 es un prevalor de aproximación determinado empíricamente y dependiente de la temperatura, de la velocidad de propagación del impulso electromagnético en el medio M. Este valor de partida del nivel de llenado L se utiliza en la fórmula citada para la relación de amplitudes A, de modo que se puede determinar una variación de amplitudes-temperatura que ha sido determinada empíricamente. Basándose en la variación de amplitudes-temperatura determinado de este modo y mediante comparación con la relación de amplitudes medidas se determina un valor real de la temperatura. Debido a las diferentes dependencias de las fórmulas citadas de nivel de llenado y de temperatura se ha comprobado que este valor real de

temperatura tiene suficiente precisión para la temperatura actual reinante en el depósito. Sirviéndose del valor real de temperatura obtenido de este modo se determina entonces a partir de la ecuación $L = K_1 (T) * dS$ un valor de aproximación mejorado para el nivel de llenado L, basándose en la velocidad de propagación K_1 que ha sido determinada para el valor real de la temperatura y en la diferencia de tiempo de propagación dS que se ha medido.

5 Las ecuaciones, los parámetros, las constantes empíricas y los valores de experiencia que se requieren para esta forma de proceder están memorizados adecuadamente en la unidad de memoria 34 para poder acceder a ellos según necesidad. La unidad de evaluación y control 32 recurre por lo tanto según necesidad al módulo de memoria 34 y emite los resultados intermedios y finales al módulo de salida 36.

10 El ejemplo de realización según la figura 2c muestra una posible señal de respuesta tal como se obtiene para un sistema de capas múltiples con una pluralidad de capas límites. Allí se puede comprobar que además del impulso irradiado E se identifican un primer impulso reflejado R_1 , un segundo impulso reflejado R_2 y un tercer impulso reflejado R_3 . De forma análoga al procedimiento antes descrito se pueden determinar en este caso valores característicos de posición para ambas capas límites, donde el primer impulso reflejado R_1 se asigna a la capa límite 14 situada más arriba, el segundo impulso reflejado R_2 a la capa límite 12 situada debajo y el último impulso reflejado R_3 , visto en cuanto al tiempo, se asigna al extremo de la antena 24. Por lo demás, también en la evaluación de la respuesta de la señal según la figura 2c se pueden mantener esencialmente invariables las medidas previstas para la evaluación a base de las amplitudes.

15 Un sistema de esta clase también es especialmente adecuado para la determinación de la densidad media y/o de la proporción de volumen de vapor del medio. Siendo conocidas las características físicas del medio, en particular la temperatura T determinada de acuerdo con las indicaciones anteriores así como los valores correspondientes a esta temperatura de la densidad del medio fluido y del medio gaseoso, y suponiendo que el trayecto entre la señal de entrada E y la reflexión R_1 está situado en el gas, se puede determinar a partir de la diferencia de tiempo de propagación dL el emplazamiento geométrico de la capa límite 14 correspondiente al primer impulso reflejado R_1 . La diferencia de tiempo de propagación dS entre el primer impulso reflejado R_1 y el último impulso reflejado R_3 correspondiente al extremo de la antena 24, depende sin embargo de la masa del medio que se atraviesa. Si se tratase de un líquido puro se obtiene a partir de ahí un valor de nivel de llenado del líquido, que corresponde al valor determinado mediante la diferencia de tiempo de propagación dL.

20 Pero si el líquido contuviera proporciones de gas, entonces a partir de la evaluación de la diferencia de tiempo de propagación dS se obtiene un nivel de llenado que corresponde únicamente a la proporción de volumen líquido del medio, y que por lo tanto es menor que la distancia geométrica del extremo de la antena 24 al borde superior de la mezcla de fluido-gas. Este nivel de llenado así determinado es idéntico al llamado nivel de agua colapsado ("collapsed level"), que existiría sin la proporción de gas. A partir de la relación entre el nivel de llenado del borde superior de la mezcla fluido-gas designada también como "swell level" y el nivel de agua colapsado se puede determinar entonces la densidad media de la mezcla de fluido-gas sirviéndose de la densidad del fluido puro y del gas puro, dependientes de la temperatura.

30 Para los parámetros de trabajo del medio M situados por encima del punto crítico del agua desaparecen las superficies límites 12, 14 por motivos físicos. Sin embargo también en este caso se puede evaluar todavía cuantitativamente el impulso R_3 reflejado correspondiente al extremo de la antena. A partir de ahí se pueden deducir por ejemplo conocimientos relativos a la temperatura o la densidad del medio hiper crítico.

Lista de referencias

- 1. Sistema
- 40 2. Contenedor
- 4. Contención
- 6. Línea de señales
- 8. Penetración
- 10. Interfaz de comunicaciones
- 45 12. Capa límite
- 14. Capa límite
- 16. Antena
- 18. Brida

- 20. Conductor central
- 22. Conductor envolvente
- 24. Extremo de la antena
- 30. Generador de impulsos
- 5 31. Convertidor analógico-digital
- 32. Unidad de control
- 34. Módulo de memoria
- 36. Módulo de salida
- A Amplitud
- 10 A, t Diagrama amplitudes-tiempo
- D Vapor/Burbujas de vapor
- D, W Mezcla de fases
- E Impulso
- L Nivel de llenado
- 15 M Medio
- R₁ Impulso
- R₁, R₂, R₃ Impulso reflejado
- S Señales
- W Agua
- 20

REIVINDICACIONES

- 5 1.- Procedimiento para la determinación de un valor característico de posición para una capa límite (12, 14) de un medio (M) presente en un contenedor, en el cual se conduce un impulso electromagnético (E) a una antena (16) dispuesta en el interior del contenedor, y se miden desglosados en el tiempo una serie de impulsos (R1, R2, R3) reflejados percibidos a través de la antena (16), donde en una señal de respuesta que comprende la variación en el tiempo de los impulsos reflejados (R1, R2, R3) se puede identificar un impulso reflejado (R1, R2) correspondiente a la capa límite (12, 14), determinándose el valor característico de posición por aproximación teniendo en cuenta la diferencia de tiempo de propagación entre el impulso reflejado (R1, R2) y otro impulso que es un impulso (R3) reflejado correspondiente al extremo de la antena (24) o que es el impulso alimentado (E),
- 10 **caracterizado porque**
- el valor aproximado determinado de este modo se corrige para compensar la dependencia de la temperatura de los tiempos de propagación sirviéndose de las amplitudes (A) medidas, dependientes de la temperatura, de estos impulsos (E, R1, R2, R3).
- 15 2.- Procedimiento según la reivindicación 1, en el que se evalúa la señal de respuesta formada por la variación en el tiempo del impulso alimentado y los impulsos reflejados (R1, R2, R3).
- 3.- Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, en el que se evalúa la relación entre las amplitudes (A) de los impulsos considerados.
- 20 4.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, en el que se identifica como el impulso (R3) correspondiente al extremo de la antena (24), el último máximo observado en el tiempo en el diagrama de tiempo-amplitudes (A, t) de la señal de respuesta.
- 5.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, en el que mediante la amplitud (A) del primero y/o de otros impulsos se determina un valor característico para la temperatura del medio.
- 25 6.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5, en el que mediante la diferencia de tiempo de propagación entre el primero y el otro impulso se determina primeramente una dependencia de la temperatura para el valor característico de posición, mediante los cuales se determina una dependencia de temperatura prevista de la amplitud (A) del primero o de los otros impulsos, y en el que mediante la comparación de la dependencia de temperatura prevista con la amplitud medida del respectivo impulso se determina un valor real para la temperatura del medio (M) que se toma como base para la determinación definitiva del valor característico de posición.
- 30 7.- Procedimiento para la explotación de una planta de central nuclear en el que se determina el nivel de llenado del refrigerante primario en la vasija de presión del reactor según una de las reivindicaciones 1 a 6.

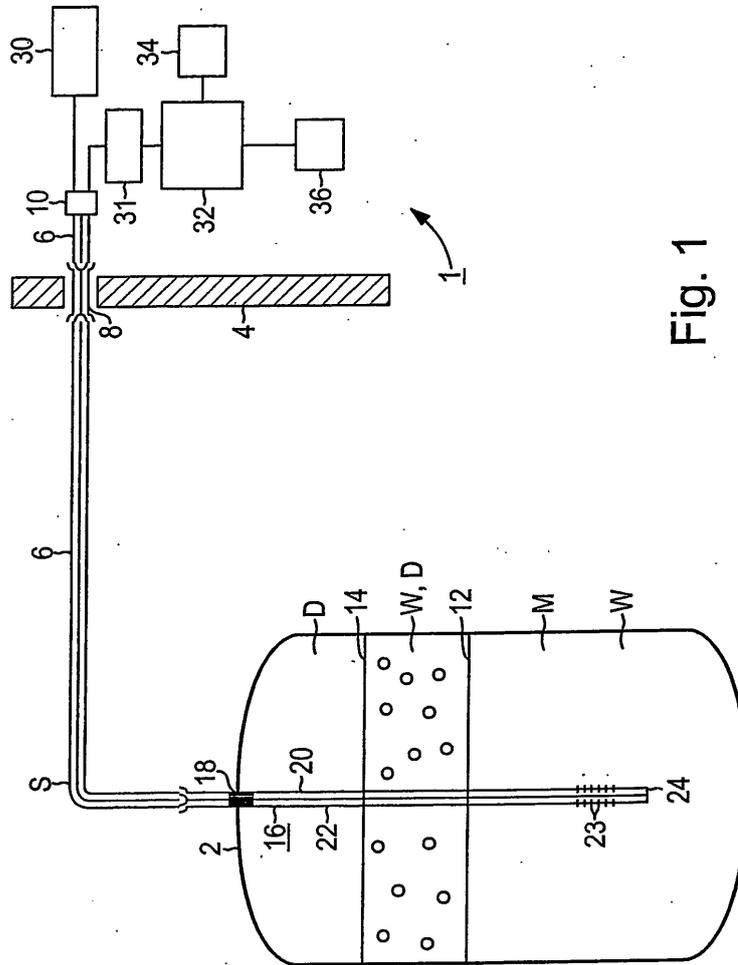


Fig. 1

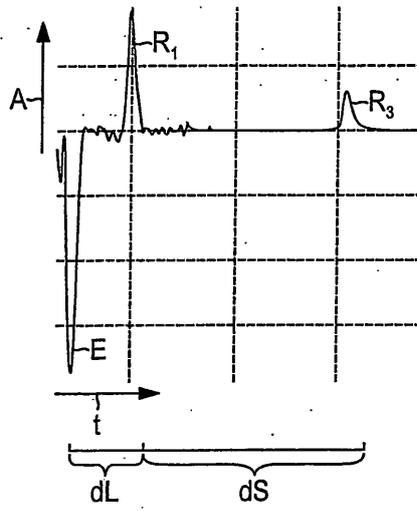


Fig. 2a

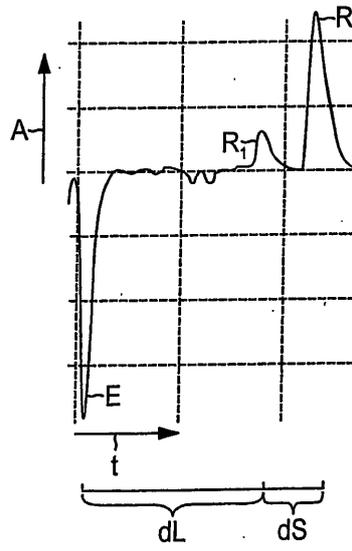


Fig. 2b

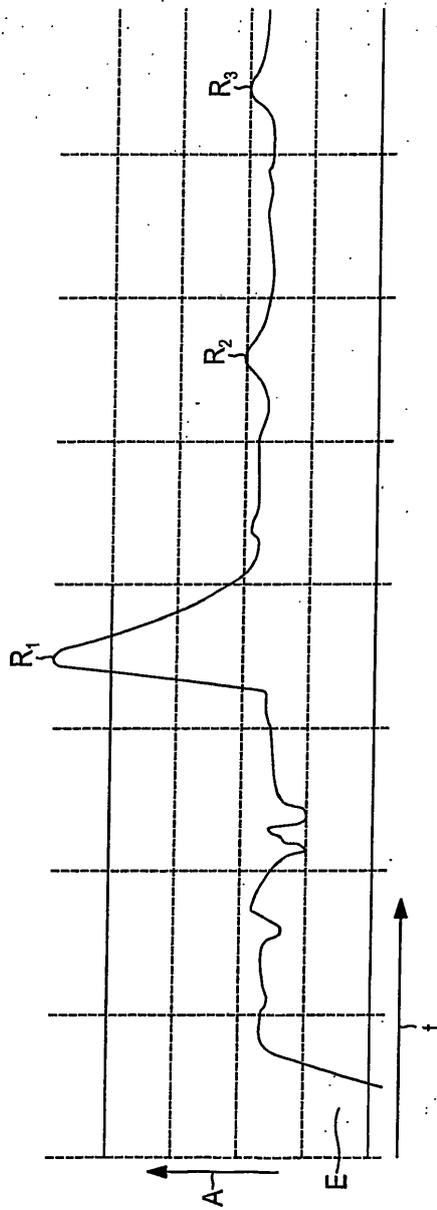


Fig. 2c