



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 364 679**

51 Int. Cl.:  
**G01F 23/22** (2006.01)  
**G21C 17/022** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07723243 .7**  
96 Fecha de presentación : **13.03.2007**  
97 Número de publicación de la solicitud: **2027441**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **25.02.2009**

54 Título: **Dispositivo para la medición del nivel de llenado.**

30 Prioridad: **29.05.2006 DE 10 2006 025 220**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**12.09.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**12.09.2011**

73 Titular/es: **AREVA NP GmbH**  
**Freyeslebenstrasse 1**  
**91050 Erlangen, DE**

72 Inventor/es: **Kaercher, Sacha;**  
**Vogt, Wolfgang y**  
**Harfst, Wilfried**

74 Agente: **Carpintero López, Mario**

**ES 2 364 679 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

Dispositivo para la medición del nivel de llenado

La invención se refiere a un dispositivo, que se basa en la utilización de termopares calentados y no calentados como transmisores de señales, para la medición del nivel de llenado en un recipiente para líquidos, en particular en una vasija del reactor de una instalación nuclear.

Dispositivos de medición o sondas de nivel de llenado, en los que mediante la tensión termoeléctrica generada por un termopar calentado se deduce el nivel de llenado en un recipiente para líquidos, se utilizan en particular en centrales nucleares, ya que son comparablemente insensibles frente a la radiación radiactiva respecto a dispositivos de medición que se basan en otros principios de medición, y por ello también pueden trabajar de forma segura en un caso de avería con dado el caso elevados valores de radiación. Dispositivos de medición semejantes se utilizan en particular en vasijas a presión de un reactor de agua a presión, para supervisar allí la altura del nivel del líquido refrigerante que fluye a través del circuito primario de la instalación de la central por encima de los elementos combustibles.

El principio de medición utiliza las diferentes características de transferencia de calor que aparecen en la transferencia del calor de un elemento calefactor en un refrigerante líquido que rodea el elemento calefactor, por un lado, y en un medio gaseoso o en forma de vapor, por otro lado. Mientras que el elemento calefactor está rodeado por refrigerante líquido, el calor generado por él mismo se evacua de forma rápida, de tal manera que en su entorno próximo la temperatura sólo se encuentra ligeramente por encima de aquella temperatura ambiente que se ajustaría en el caso no calentado. Ahora, por ejemplo, si durante el funcionamiento regular del reactor o también en un caso de avería del reactor se produce la situación de que, condicionado por el funcionamiento o debido a una pérdida de presión en el circuito primario cae el nivel del líquido en la vasija a presión del reactor por debajo de la altura del elemento calefactor, y éste está rodeado por consiguiente de refrigerante en forma de vapor, entonces se empeoran las propiedades de la transmisión de calor. Esto tiene como consecuencia que sube la temperatura en el entorno del elemento calefactor, lo que puede comprobarse por un termómetro montado adyacentemente al elemento calefactor o una sonda de temperatura. Debido a su modo de funcionamiento seguro y robusto, como sonda de de temperatura se emplean en general termopares que suministran una tensión termoeléctrica proporcional esencialmente a la temperatura.

Habitualmente está dispuesta una pluralidad de termopares calentados a distancias la mayoría de las veces regulares entre sí en un soporte en forma de barra o tubo o en un tubo de medición oblongo, que se sumerge en el líquido a supervisar respecto a su nivel, y en su interior también están guiadas las líneas de suministro y de señal necesarias para el suministro de corriente a los elementos calefactores y para la transmisión de señales a una unidad externa de valoración. Los sensores dispuestos a diferentes alturas o posiciones de medición permiten por consiguiente una visualización digital, discreta espacialmente de la altura del nivel de llenado en el recipiente, dependiendo la resolución (espacial) del número de los termosensores por sección en altura. Un dispositivo de medición de este tipo se conoce, por ejemplo, del documento RU 2153712 C1. Además de los termopares calentados que actúan como transmisores de señal primaria, en este caso también está dispuesta una pluralidad de termopares no calentados en el interior del tubo de medición, los cuales suministran una señal de referencia asociada a la señal primaria correspondiente. De esta manera durante la valoración de la información de la temperatura y de la determinación derivada de ello de la altura del nivel de llenado se puede tener en cuenta también una variación temporal de la temperatura del líquido o del entorno. Sin una medida semejante, por ejemplo, un aumento o una bajada de la temperatura del líquido se podría interpretar equivocadamente como variación de la altura de llenado o podría "ocultarse" un cambio real de la altura de llenado por un cambio de temperatura simultáneo del líquido.

En el dispositivo de medición según el documento RU 2153712 C1, los termopares no calentados están dispuestos respectivamente desplazados en altura respecto a los termopares calentados dentro del tubo de medición, de forma que están protegidos al menos hasta cierto punto de la influencia de los elementos calefactores o zonas calefactores que actúan sobre los termopares calentados. Pero así y todo no se excluyen las interacciones térmicas, es decir, un calentamiento indeseado de los termopares no calentados en sí, y eventualmente pueden falsear los resultados de la medición. Por otro lado, los termopares calentados y no calentados, asignados unos a otros se encuentran a diferentes niveles de altura. Esto puede provocar en particular entonces resultados inexactos de la medición e interpretaciones erróneas, si – lo que ocurre frecuentemente en la práctica – existe un gradiente de temperatura que no puede despreciarse respecto a la altura del líquido que rodea el dispositivo de medición. Además, en una configuración semejante del dispositivo de medición, el número de las posibles posiciones de medición y por consiguiente la resolución de la visualización del nivel de llenado está fuertemente limitado debido a las especificaciones geométricas de la carcasa de la sonda o de la carcasa del tubo de medición. Además, para una altura dada sólo se puede realizar una unidad de medición o bien un sensor térmico; no está prevista la redundancia. Finalmente el dispositivo según el documento RU 2153712 C1 presenta todavía la desventaja de que todos los termopares calentados se calientan por un hilo calefactor común con zonas calefactores conectadas en serie. Si el hilo se deteriora y se interrumpe la circulación de la corriente se avería todo el dispositivo de medición.

El documento US4785665 da a conocer un dispositivo para la medición del nivel de llenado con una pluralidad de tubos

de medición oblongos, espaciados unos de otros, presentando cada tubo de medición una serie de termopares dispuestos distribuidamente en la dirección longitudinal, y estando asignado a un termopar dispuesto en un primer tubo de medición, calentado por un elemento calefactor y que actúa como transmisor de señal primaria un termopar no calentado, que está dispuesto en un tubo de medición diferente del primer tubo de medición y que actúa como transmisor de señal de referencia.

La invención tiene por ello el objetivo de especificar un dispositivo para la medición del nivel de llenado del tipo mencionado al inicio que permita, con un tipo de construcción sencillo y con una elevada seguridad frente a averías, una medición especialmente precisa y fidedigna del nivel de llenado.

Este objetivo se resuelve según la invención con un dispositivo según la reivindicación 1.

La invención parte de la reflexión de que siempre sería posible obtener una redundancia y seguridad frente a averías mediante la utilización simultánea de varios dispositivos de medición ya conocidos. Pero esto sólo compensaría en parte las desventajas descritas arriba de los dispositivos de medición individuales, en particular lo que concierne a la exactitud de la medición obtenible. En lugar de ello se debería aplicar consecuentemente el conocimiento de que justo en el caso del líquido refrigerante en una vasija a presión del reactor, pero también en otros muchos sistemas, la variación de la temperatura del líquido en general tiene menos importancia en dirección lateral, es decir, horizontal que en dirección vertical geodésicamente. Es decir, los gradientes locales de temperatura dentro del líquido, que están dados o se generan por las condiciones (límite) exteriores y la dinámica del fluido, así como el transporte de calor dentro del líquido, la mayoría de las veces tienen más importancia en la dirección de la extensión en altura que en una dirección perpendicular a ella y por ello deben tenerse más en cuenta en la determinación de la altura del nivel de llenado a partir de los datos de temperatura. Con ello, sin más y sin una pérdida en el contenido de la información o exactitud de la medición es posible separar o distribuir unos de otros los puntos de medición individuales en la dirección lateral, es decir, horizontal y utilizar los grados de libertad obtenidos por ello para la realización de un principio de medición especialmente seguro y exacto.

En el presente caso, este concepto se lleva a cabo por varios tubos de medición que discurren esencialmente en paralelo entre sí y que se sumergen perpendicularmente en el líquido, de los que cada uno porta un número de termopares. Pero al contrario que en un simple montaje en paralelo de tubos de medición similares del tipo ya conocido, cuyas señales de medición se preparan de forma separada unas de otras y se convierten en información (redundante) del nivel de llenado, ahora está previsto distribuir los transmisores de señal primaria y los transmisores de señal de referencia, directamente correspondientes al lado de la señal y asignados unos a otros en diferentes tubos de medición separados espacialmente.

Con otras palabras: a un termopar calentado, dispuesto a una altura determinada, que está montado en o dentro de un primer tubo de medición, y en este caso actúa como transmisor de señal primaria, que reacciona entonces a los cambios dependientes del estado de agregado del medio circundante en el comportamiento de la transmisión de calor, se le asigna un termopar no calentado, dispuesto en o dentro de un segundo tubo como transmisor de señal de referencia, estando espaciados entre sí el primer y el segundo tubo de medición por un espacio intermedio. En este caso los datos suministrados por el termopar de referencia se tratan en una unidad de valoración conjuntamente con los datos del termopar primario, teniéndose en cuenta mediante las señales de referencia las fluctuaciones temporales condicionadas por las circunstancias exteriores o cambios de la temperatura del refrigerante. Por ejemplo, como medida especialmente sencilla para tener en cuenta las temperaturas del entorno puede formarse una señal de diferencia a partir de la señal primaria y señal de referencia.

Preferentemente el termopar calentado y el no calentado, asignado a él en el lado de señal se sitúan a la misma altura, por lo que en particular se garantiza una medición especialmente precisa y valoración fiable de los datos al existir gradientes de temperatura a lo largo de la altura de refrigerante (es decir, en la dirección vertical). Preferentemente se forman para todas las alturas relevantes pares semejantes de termopares calentados y no calentados, montados sobre o en diferentes tubos de medición. Mediante la separación espacial y disposición sobre o en tubos de medición separados se suprime, tanto como sea posible, una influencia indeseada mutua de los transmisores de señal primaria y de referencia, ya que una transmisión de calor directa del termopar calentado al no calentado está excluida por conducción de calor dentro de la carcasa del tubo de medición.

El dispositivo de medición del nivel de llenado comprende al menos tres tubos de medición, actuando un termopar no calentado, dispuesto en un primer tubo de medición como transmisor de señal de referencia para al menos dos termopares calentados, y estando dispuestos al menos dos termopares calentados en tubos de medición diferentes del primer tubo de medición y preferentemente también diferentes uno de otro. En este caso todos los termopares asignados unos a otros en el lado de señal se sitúan preferentemente respectivamente a la misma altura. Mediante los dos termopares calentados se consigue por consiguiente una redundancia respecto a las señales primarias. Ya que la función de los termopares no calentados está menos puesta en peligro por avería debido a la ausencia de fuentes de fallo o avería debida al calentamiento, es suficiente en general utilizar un único termopar no calentado como transmisor de señal de referencia para varios termopares calentados. El termopar no calentado es entonces así componente de

varias parejas de transmisores de señales conectados juntos para la valoración de señal común. Naturalmente, en el marco del concepto explicado, el especialista puede llevar a cabo también todavía otras estructuras redundantes familiares para él, por ejemplo, triple redundancia de las señales primarias o también una redundancia respecto a las señales de referencia.

5 En otra configuración ventajosa está previsto que un tubo de medición, no obstante, preferentemente todos los tubos de medición, comprenda / comprendan bien sólo termopares calentados o bien sólo termopares no calentados. En particular es conveniente una variante con tres tubos de medición, de los que uno presenta sólo termopares no calentados y los otros dos presentan sólo termopares calentados, estando asignados en el lado de señal respectivamente a un termopar no calentado al menos un termopar calentado, situado al mismo nivel. Por consiguiente es posible montar todos los termopares de referencia no calentados en un tubo de medición, en el que no están dispuestos un hilo calefactor molesto u otros elementos calefactores. Además de un calentamiento indeseado de los termopares no calentados debido a la conducción de calor dentro del tubo de medición, se evita también una interrelación "convectiva" que siempre podría existir si en el caso de un único tubo de medición estuviera dispuesto un termopar no calentado por encima de otro termopar calentado. El termopar calentado podría calentar entonces el medio que le circunda, por lo que éste ascendería hacia arriba a lo largo de la pared exterior del tubo y fluiría por delante del termopar no calentado. La disposición y constelación de los termopares según el concepto ahora previsto evita problemas semejantes y permite por ello una medición especialmente exacta y no perturbada de la(s) temperatura(s) de referencia.

20 Ya que en el caso ilustrado en último término, los tubos de medición con los termopares calentados no deben alojar elementos no calentados, está a disposición allí espacio adicional de montaje que se puede equipar dado el caso con otras posiciones de medición, de forma que se produce una densidad de sensores especialmente elevada, es decir una elevada resolución local. Un objetivo alternativo del diseño puede consistir en distribuir los termopares calentados con una baja "densidad", es decir, número por unidad de longitud, sobre varios tubos de medición, de forma que también los termopares calentados influyan dentro de un tubo de medición mutuamente lo menos posible, por ejemplo, por la conducción de calor en la carcasa del tubo de medición o en el interior del tubo. Ventajosamente a todos los termopares calentados de un tubo de medición se les asigna un hilo calefactor común. En este caso se puede tratar de un hilo que pasa por delante de todos los termopares a calentar y que presenta zonas calefactoras conectadas en serie con una resistencia eléctrica comparablemente elevada, las cuales están dispuestas respectivamente cerca del termopar a calentar. En una realización alternativa ventajosa, a cada uno de los termopares calentados de un tubo de medición se le asigna un elemento calefactor propio. En esta variante es posible un calentamiento especialmente exacto y adaptado a las necesidades de cada termopar individual mediante la regulación individual de la corriente de calefacción o de la tensión de calefacción. Un termopar puede utilizarse entonces opcionalmente también como termopar calentado o no calentado.

35 Las sondas de medición del aparato de medición del nivel de llenado están rodeadas preferentemente por una carcasa de protección común, la cual presenta una serie de aberturas de paso para la compensación del nivel de líquido con el entorno. La carcasa de protección protege los tubos de medición no solo frente a efectos mecánicos exteriores, sino que impide, en particular al utilizar el dispositivo de medición en una vasija a presión del reactor de una central nuclear, que el líquido refrigerante que circula en el circuito primario actúe con una velocidad de flujo comparablemente elevada sobre los tubos de medición, por lo que se podrían distorsionar los resultados de la medición. Mejor dicho, la corriente de líquido se estabiliza en el entorno inmediato de los tubos de medición gracias a la carcasa de protección, no obstante, estando dimensionadas las aberturas de paso de forma que el nivel del líquido en el interior de la carcasa de protección se puede igualar rápidamente con un nivel del líquido exterior variable. Además, en el caso de mezclas bifásicas se favorece la separación en la fracción líquida y la fracción gaseosa, por lo que en el interior de la carcasa de protección o de los tubos de protección se ajusta un nivel de líquido efectivo cuya altura se mide luego.

45 Según ya se ha mencionado al inicio, el dispositivo para la supervisión del nivel de llenado es ventajosamente un componente de los dispositivos de seguridad en un reactor nuclear, en particular en un reactor de agua a presión. Naturalmente también pueden concebirse otros ámbitos de utilización, en los que se depende de una medición del nivel de llenado sencilla, precisa y robusta también bajo condiciones ambiente adversas.

50 Las ventajas obtenidas con la invención consisten en particular en que mediante la separación espacial de diferentes tipos de sensores complementarios unos a otros en lado de señal y mediante su distribución sobre una pluralidad de tubos de medición distanciados espacialmente se lleva a cabo un dispositivo especialmente apropiado para las mediciones de precisión en la medición del nivel de llenado, que sea ampliamente resistente frente a influencias perturbadoras, interiores y exteriores. Adicionalmente en el nuevo diseño todos los componentes esenciales del dispositivo pueden diseñarse de forma redundante sin un gran gasto adicional, lo que es especialmente ventajoso justo en finalidades de utilización críticas en seguridad, por ejemplo, en una instalación nuclear. Ya que es posible asignar a cada termopar calentado que actúa como transmisor de señal primaria un termopar de referencia no calentado, situado a la misma altura, en todo momento es posible independientemente de influencias del entorno una declaración especialmente precisa sobre el nivel de llenado.

Un ejemplo de realización de la invención se explica más en detalle mediante un dibujo. Aquí muestran:

Fig. 1 una vista lateral esquemática, parcialmente en sección de un dispositivo para la medición del nivel de llenado,

Fig. 2 una sección transversal a través del dispositivo según la fig. 1, y

Fig. 3 un diagrama que ilustra el principio de medición, en el que los datos determinados por un transmisor de señal primaria y un transmisor de señal de referencia asignado a él, así como una señal de diferencia correspondiente están representados como función de tiempo.

Las mismas piezas están provistas en todas las figuras con las mismas referencias.

El dispositivo 2 representado en la fig. 1 en una vista lateral en parte seccionada y fig. 2 en sección transversal para la medición del nivel de llenado sirve para supervisar el nivel del líquido refrigerante F en la vasija a presión del reactor de un reactor de agua a presión no representado aquí en detalle. El dispositivo 2 comprende tres tubos de medición 6 oblongos, configurados respectivamente en forma de una lanza de medición, que durante el montaje del dispositivo de medición 2 se introducen desde arriba en el interior de la vasija a presión del reactor 4 a través de entalladuras previstas para ello en la placa cobertora 8, y que durante el funcionamiento del reactor nuclear se sumergen al menos parcialmente en el líquido refrigerante F. La altura del nivel o altura del nivel de llenado sobre la base del recipiente está designada con H en la fig. 1, pudiéndose utilizar naturalmente también otro nivel de referencia. Por encima del nivel de líquido se encuentra el medio refrigerante en forma de vapor, abreviado: vapor D.

Los tres tubos de medición 6 de la sonda de nivel de llenado 2 están orientados respectivamente verticalmente y montados espaciados unos de otros en la vasija a presión del reactor 4; así se encuentran en paralelo unos a otros, no obstante, sin que se toquen. Según puede verse según la fig. 2 en sección transversal, los tres tubos de medición 6 están dispuestos aproximadamente en las esquinas de un triángulo equilátero, es decir, la distancia entre cada dos tubos de medición 6 es igual para todas las parejas y es típicamente de 0,5 cm a 1,5 cm. Los tres tubos 6 están encerrados por un tubo de protección 10 cilíndrico que al menos presenta en la zona de borde inferior y superior un número de aberturas de paso y ventilación no representadas aquí en detalle, de forma que el nivel del líquido refrigerante F en el interior del tubo de protección 10 siempre se puede igualar con el nivel exterior en la vasija a presión del reactor 4 sin intervención exterior y sin retraso temporal esencial. Por ejemplo, las turbulencias de flujo existentes o similares se estabilizan en este caso, de forma que los tubos de medición 6 dispuestos en el interior del tubo de protección 10 están protegidos frente a influencias semejantes. En la vista lateral según la fig. 1, el tubo de protección 10 no está dibujado por motivos de visibilidad.

Cada uno de los tres tubos de medición 6 presenta una carcasa 12 cilíndrica cerrada de forma estanca al agua en el extremo inferior con un diámetro interior de aproximadamente 1 cm y con un espesor de pared de aproximadamente 2 mm, la cual está hecha de un material impermeable al agua, estable a la presión, resistente a la corrosión y buen conductor del calor: en el ejemplo de realización con esta finalidad se utiliza un acero inoxidable.

En el espacio interior 14 de cada tubo de medición 6 está dispuesto una serie de termopares. El tubo de medición designado con "tubo 1" contiene dos termopares calentados (heated thermocouples), es decir, el termopar HT1 calentado, situado a una altura  $h_1$  y el termopar HT3 calentado, dispuesto por encima a una altura  $h_2$ . El tubo de medición designado con "tubo 3" contiene en su espacio interior 14 igualmente dos termopares calentados, es decir, el termopar HT2 calentado a la altura  $h_1$  y el termopar HT4 calentado, dispuesto por encima a la altura  $h_3$ . Es válido  $h_3 > h_2 > h_1$ , siendo iguales las distancias entre los niveles en el ejemplo de realización. Además, en el espacio interior 14 del tubo 1 y tubo 3 están dispuestos elementos calefactores (heating elements), es decir, HE1 en el tubo 1 y HE2 en el tubo 3. Los elementos calefactores están configurados respectivamente como hilos calefactores que se conducen por delante de los termopares HT1 y HT3 o bien HT2 y HT4 a calentar, presentando los hilos calefactores zonas calefactoras posicionadas cerca de estos termopares, mediante las que se calienta el entorno. Tanto los elementos calefactores HE1 o bien HE2, como también los termopares HT1 y HT3 o bien HT2 y HT4 se sitúan directamente en la pared interior de la carcasa 12 buena conductora del calor, "encuadrándose" o flanqueándose los elementos calefactores respectivamente en ambos lados por los termopares (véase la fig. 2). Los hilos calefactores, así como las líneas de señal y suministro necesarias para el suministro de corriente o transmisión de señal de los termopares se conducen en el espacio interior 14 del tubo de medición 6 correspondiente hasta un adaptador de conexión 16 situado fuera de la placa cobertora 8 de la vasija a presión del reactor 4. Los termopares HT1 a HT4 están conectados en el lado de señal con una unidad electrónica de valoración 18 sólo indicada esquemáticamente aquí a través de los dos adaptadores de conexión 16.

El tubo de medición 6 designado con "tubo 2" contiene en su espacio interior 14 cuatro termopares no calentados (unheated thermocouples), de los que dos están dispuestos a la altura  $h_1$  (UHT1 y UHT2) y los otros a la altura  $h_2$  y en  $h_3$  (UHT3 y UHT4). También los termopares UHT 1 a UHT4 no calentados tienen respectivamente contacto directo con la pared interior de la carcasa 12 buena conductora del calor y están conectados en el lado de señal con la unidad de valoración 18 estacionaria externamente a través de un adaptador de conexión no representado aquí en detalle. No

obstante, no está previsto ningún dispositivo calefactor o similares en el tubo 2.

5 Con la finalidad de la valoración de señal y determinación del nivel de llenado se engloba cada termopar calentado (transmisor de señal primaria) y un termopar no calentado, situado a la misma altura – dentro de otro tubo de medición – (transmisor de señal de referencia). En el tratamiento de señales en la unidad de valoración se forman así los cuatro pares (HT1, UHT1) a (HT4, UHT4), lo que se indica esquemáticamente por las líneas a puntos que enmarcan los termopares complementarios entre sí.

10 El modo de acción de los termopares calentados y no calentados y su utilización para la medición del nivel de llenado se describen a modo de ejemplo mediante los pares de transmisores de señal (HT4, UHT4). En primer lugar se parte de un funcionamiento regular del reactor con altura del nivel de llenado  $H$  constante en la vasija a presión del reactor 4 y con un circuito intacto de refrigeración, es decir, temperatura del medio refrigerante constante temporalmente. Tan pronto como el nivel del líquido refrigerante  $F$  se sitúa por encima de la altura de montaje del termopar HT4 calentado ( $H > h_3$ ), así el calor entregado por el elemento calefactor HE2 al entorno del termopar HT4 se evacua de forma comparablemente efectiva a través de la pared de la carcasa 12 y se transmite al líquido refrigerante  $F$ . Ya que constantemente fluye nuevo líquido refrigerante  $F$ , es decir, frío en la vasija a presión del reactor (sistema abierto en el sentido de la termodinámica), la temperatura de la pared apenas aumenta en el entorno del termopar HT4 respecto al caso no calentado, representado por el termopar UHT4 no calentado. El desarrollo de temperatura derivado respectivamente de las tensiones termoeléctricas de los termopares asignados a ellas (temperaturas  $T_{HT}$  y  $T_{UHT}$ ) en el lugar de los termopares está representado a modo de ejemplo en la fig. 3 como función del tiempo. Hasta el instante  $t_1$  el desarrollo se corresponde con el escenario ilustrado ahora mismo. Igualmente en el diagrama está inscrita la diferencia de temperaturas  $T_{HT} - T_{UHT}$  que se sitúa cerca de cero hasta el instante  $t_1$ .

25 En el instante  $t_1$  se asume ahora un caso de avería del reactor que con una altura de nivel de llenado  $H$  del líquido refrigerante  $F$ , que en primer lugar permanece constante, en la vasija a presión del reactor 4 provoca una subida (global) de la temperatura del medio refrigerante. Por ello sube la temperatura en la pared exterior de los tres tubos de medición 6. En particular la temperatura detectada por los termopares UHT4 y HT4 sube en la misma medida. Los efectos presentes dado el caso de una estratificación de la temperatura, o sea gradientes de temperatura en la dirección vertical, no desempeñan un papel ya que las dos posiciones de mediciones asignadas una a otra se encuentran a la misma altura, es decir  $h_3$ . La diferencia de temperatura  $T_{HT} - T_{UHT}$  permanece próxima a cero por consiguiente en el intervalo de tiempo  $t_1$  a  $t_2$ .

30 Esto solo cambia en el instante  $t_2$ , si – según se adopta aquí – la altura del nivel de llenado  $H$  del líquido refrigerante  $F$  cae por debajo del nivel  $h_3$  ( $H < h_3$ ). No cambian esencialmente las temperaturas del entorno en las dos posiciones de medición, ya que el vapor  $D$  situado por encima del nivel de líquido presenta temperaturas similares al líquido refrigerante  $F$ . No obstante, se empeoran bruscamente las propiedades de transmisión del calor en referencia a la transmisión de calor en el lugar del termopar HT4 calentado. La cantidad de calor liberada por el elemento calefactor HE2 no se puede transportar al entorno en la misma medida que anteriormente, de forma que la temperatura  $T_{HT}$  medida por el termopar HT4 aumenta drásticamente, véase la fig. 3. Por consiguiente el aumento repentino de la diferencia de temperatura entre termopar calentado y no calentado desde el instante  $t_2$  es un indicador seguro para el nivel de llenado que baja por debajo de la altura  $h_3$ . Reflexiones análogas son válidas respecto a los niveles  $h_2$  y  $h_1$ .

40 Ya que la bajada del líquido refrigerante  $F$  se ve como especialmente crítico por debajo del nivel  $h_1$ , la supervisión del nivel de llenado está asegurada especialmente respecto a este nivel: con los dos pares de sensores (HT1, UHT1) y (HT2, UHT2) están previstas dos mediciones redundantes, independientes entre sí. En una forma de realización alternativa, no mostrada aquí, la redundancia existe sólo respecto a los dos termopares HT1 y HT2 calentados, mientras que sólo un único termopar no calentado, así bien UHT1 ó UHT2, está previsto como transmisor de señal de referencia para estos dos termopares calentados.

#### Lista de referencias

45	2	Dispositivo de medición / sonda de nivel de llenado
	4	Vasija a presión del reactor
	6	Tubo de medición
	8	Placa cobertura
	10	Tubo de protección
50	12	Carcasa
	14	Espacio interior

	16	Adaptador de conexión
	18	Unidad de valoración
	HT	Termopar calentado
	UHT	Termopar no calentado
5	HE	Elemento calefactor
	D	Vapor
	K	Líquido refrigerante
	H	Altura del nivel de llenado

## REIVINDICACIONES

- 5 1.- Dispositivo (2) para la medición del nivel de llenado en un recipiente para líquidos, en particular en una vasija del reactor (4) de una instalación nuclear, con al menos tres tubos de medición (6) oblongos, espaciados unos de otros, en el que cada tubo de medición (6) presenta un número de termopares (HT, UHT) dispuestos distribuidamente en la dirección longitudinal, y en el que a un termopar (HT) dispuesto en un primer tubo de medición (6), calentado por un elemento calefactor (HE) y que actúa como transmisor de señal primaria le está asignado, en el lado de señal, un termopar (UHT) no calentado, que está dispuesto en un tubo de medición (6) diferente del primer tubo de medición (6) y que actúa como transmisor de señal de referencia, caracterizado porque un termopar (UHT) no calentado, dispuesto en un primer tubo de medición (6) actúa como transmisor de señal primaria para al menos dos termopares (HT) calentados, estando dispuestos los al menos dos termopares (HT) calentados en tubos de medición (6) diferentes del primer tubo de medición (6).
- 10 2.- Dispositivo (2) según la reivindicación 1, con una pluralidad de termopares (HT) calentados y termopares (UHT) no calentados, asignados unos a otros por parejas, en el que a un respectivo termopar (HT) calentado le está asignado, en el lado de señal, un termopar (UHT) no calentado y en el que los dos termopares (HT, UHT) de un par semejante están dispuestos respectivamente en tubos de medición (6) diferentes.
- 15 3.- Dispositivo (2) según la reivindicación 1 ó 2, en el que los al menos dos termopares (HT) calentados están dispuestos en tubos de medición (6) diferentes uno de otro.
- 4.- Dispositivo (2) según una de las reivindicaciones 1 a 3, en el que los dos termopares (HT, UHT) de al menos un par de señal primaria / señal de referencia están dispuestos a la misma altura.
- 20 5.- Dispositivo (2) según una de las reivindicaciones 1 a 4, en el que los dos respectivos termopares (HT, UHT) de todos los pares de señal primaria / señal de referencia están dispuestos a la misma altura.
- 6.- Dispositivo (2) según una de las reivindicaciones 1 a 5, en el que un tubo de medición (6), preferentemente todos los tubos de medición (6), comprende / comprenden sólo termopares (HT) calentados o sólo termopares (UHT) no calentados.
- 25 7.- Dispositivo (2) según una de las reivindicaciones 1 a 6, con tres tubos de medición (6), de los que uno presenta sólo termopares (UHT) no calentados y los otros dos presentan sólo termopares (HT) calentados, en el que a un respectivo termopar (UHT) no calentado le está asignado, en el lado de señal, al menos un termopar (HT) calentado, situado a la misma altura.
- 30 8.- Dispositivo (2) según una de las reivindicaciones 1 a 7, en el que a todos los termopares (HT) calentados de un tubo de medición (6) les está asignado un hilo calefactor común.
- 9.- Dispositivo (2) según una de las reivindicaciones 1 a 7, en el que a cada uno de los termopares (HT) calentados de un tubo de medición le está asignado un elemento calefactor (HE) propio.
- 35 10.- Dispositivo (2) según una de las reivindicaciones 1 a 9, en el que los tubos de medición (6) están rodeados por una carcasa de protección o tubo de protección (10) común, que presenta una serie de aberturas de paso para la compensación del nivel de líquido con el entorno.
- 11.- Instalación nuclear, en particular reactor de agua a presión, con un dispositivo (2) para la supervisión del nivel de llenado según una de las reivindicaciones 1 a 10.

FIG. 1

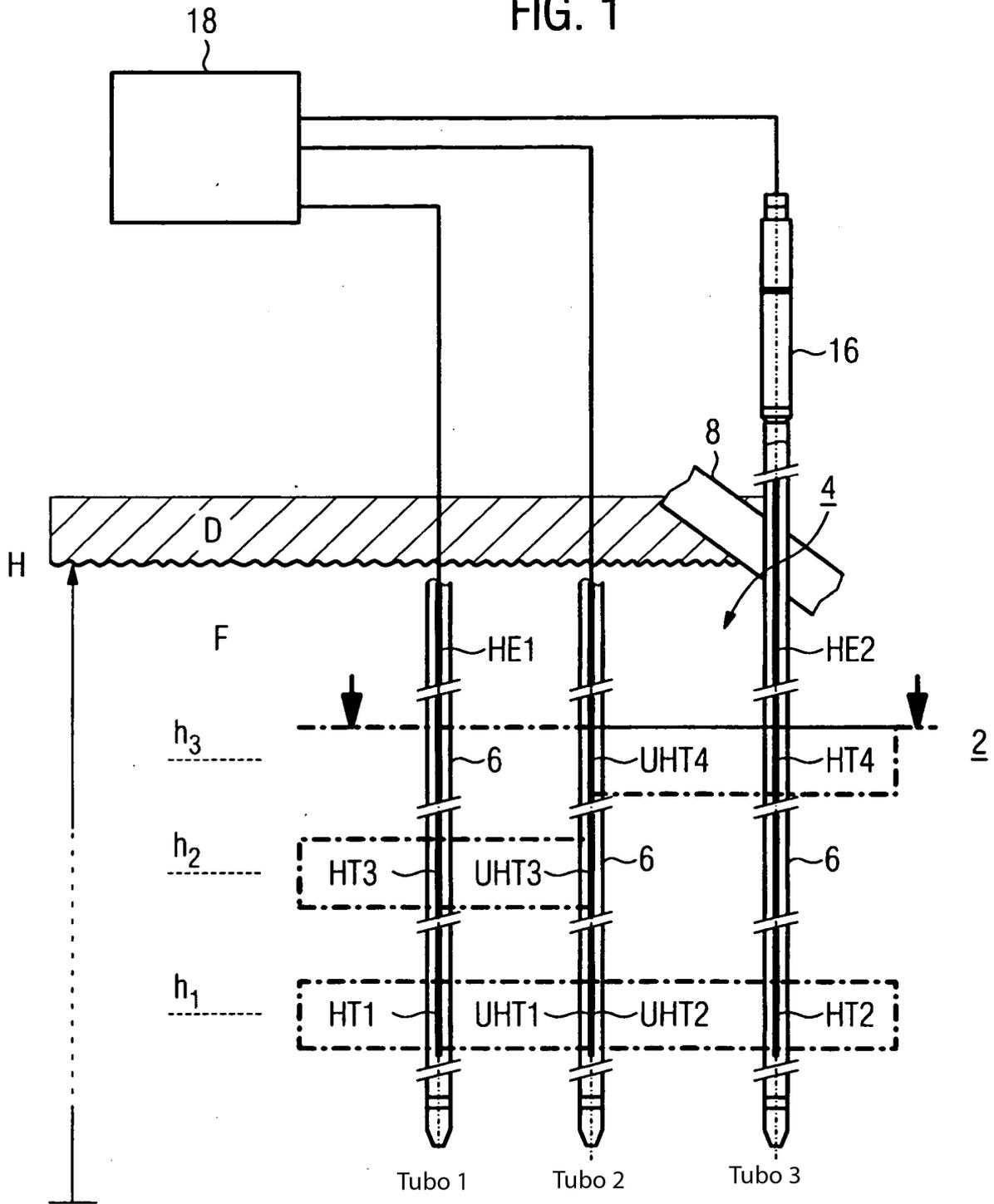


FIG. 2

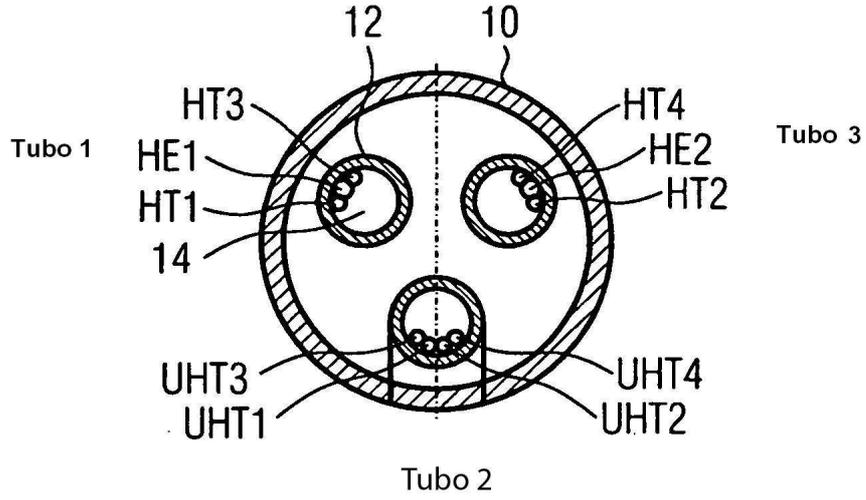


FIG. 3

