

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 380 113**

51 Int. Cl.:  
**G01F 23/22** (2006.01)  
**G01F 23/24** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **09741781 .0**  
96 Fecha de presentación: **19.03.2009**  
97 Número de publicación de la solicitud: **2274583**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **19.01.2011**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para vigilar el nivel de llenado de un líquido en un recipiente para líquidos**

30 Prioridad:  
**06.05.2008 DE 102008022363**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**08.05.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**08.05.2012**

73 Titular/es:  
**Areva NP GmbH  
Paul-Gossen-Strasse 100  
91052 Erlangen, DE**

72 Inventor/es:  
**NIEDZBALLA, Günter**

74 Agente/Representante:  
**Carpintero López, Mario**

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 2 380 113 T3

## DESCRIPCIÓN

Procedimiento y dispositivo para vigilar el nivel de llenado de un líquido en un recipiente para líquidos

La presente invención se refiere a un procedimiento para vigilar el estado de llenado de un líquido en un contenedor de líquido, en particular para vigilar el nivel de llenado del medio refrigerante en un recipiente reactor a presión en una instalación de reactor de agua a presión, en donde basado en la diferencia de temperatura entre un termoelemento calentado y un termoelemento no calentado correspondiente, ambos de los cuales se encuentran dispuestos en el contenedor de líquido, se puede deducir el descenso del nivel de líquido por debajo de la altura de instalación del termoelemento calentado. Adicionalmente, la invención se refiere a una unidad de evaluación y control electrónica para llevar a cabo el procedimiento, así como un dispositivo para vigilar el nivel de llenado mediante dicha unidad de evaluación y control.

Los dispositivos de medición o las sondas de nivel de llenado, donde basado en la atención térmica generada por un termoelemento calentado se puede deducir el nivel de llenado en un contenedor de líquido, se utilizan sobre todo en centrales nucleares, ya que comparado con los dispositivos de medición basados en otros principios de medición son comparativamente insensibles contra la radiación radiactiva y por consiguiente pueden funcionar de manera fiable incluso bajo condiciones de radiación eventualmente aumentadas en un caso de fallo. Los dispositivos de medición de esta clase se emplean por ejemplo en el recipiente de un reactor a presión en una aplicación de reactor de agua a presión, con la finalidad de vigilar allí, en particular durante la operación de arranque y parada y durante los estados operativos no estacionarios, el nivel de llenado de líquido refrigerante que fluye a través del circuito primario de la central eléctrica por encima de los elementos combustibles.

El principio de medición aprovecha las diferentes características de transición del calor que ocurre en durante la transición del calor desde un elemento calefactor a un medio refrigerante líquido circundante por una parte, y sobre un medio gaseoso o en forma de vapor por otra parte. Mientras el elemento calefactor esté rodeado por el medio refrigerante líquido, el calor generado por él será disipado rápidamente, de tal manera que incluso en su proximidad inmediata la temperatura se ubicará sólo insignificante mente por encima de aquella temperatura ambiente que se observaría en ausencia de la calefacción. Pero si por ejemplo durante la operación regular del reactor o también en un caso de fallo del reactor se presenta la situación de que debido a la operación como debido a una pérdida de presión en el circuito primario el nivel de líquido en el recipiente del reactor desciende por debajo del altura del elemento calefactor, que en ese momento estaría rodeado por el medio refrigerante en forma de vapor, se empeorarían las propiedades de transferencia de calor. Esto tiene como consecuencia que la temperatura en la proximidad del elemento calefactor aumenta, lo cual puede ser comprobado mediante un termómetro o un sensor medidor de temperatura instalado en forma adyacente al elemento calefactor.

Debido a su modo de funcionamiento fiable y robusto, para el uso como sensores de medición de temperatura normalmente se emplean termoelementos que suministran una tensión térmica esencialmente proporcional a la temperatura.

Normalmente, varios termoelementos calentados se encuentran dispuestos a ciertos intervalos en un soporte en forma de varilla o de tubo y/o en un tubo de medición alargado, el cual se sumerge dentro del líquido cuyo nivel se quiere vigilar y dentro del cual también se encuentran dispuestos los conductores de suministro y señalización requeridos para la alimentación de corriente de los elementos calefactores y para la transmisión de señales a la unidad de evaluación externa. No ascensores dispuestos en diferentes alturas o posiciones de medición por lo tanto hacen posible una visualización digital, espacialmente discreta de la altura de llenado en el recipiente, en donde la resolución (local) depende del número de sensores térmicos por sección de altura.

Un dispositivo de medición de esta clase se conoce, por ejemplo, del documento DE 10 2006 025 220 A1. Junto a los termoelementos calentados que actúan como emisores de señal primarios, también hay termoelementos no calentados dispuestos en el interior del tubo de medición, los cuales suministran una señal de referencia correspondiente a la respectiva señal primaria. De esta manera, en la evaluación de la información de temperatura y la determinación derivada de ello del nivel de llenado, también se puede considerar una variación cronológica de la temperatura del líquido o del entorno. Con ello se evita que por ejemplo un incremento o un descenso de la temperatura del líquido puedan interpretarse erróneamente como una variación de la altura de llenado o que un cambio real de la altura de llenado pueda ser "encubierto" por un cambio simultáneo en la temperatura del líquido.

El documento DE 10 2006 025 220 A1 revela además que el incremento repentino de la diferencia de temperatura entre termoelementos mutuamente correspondientes tanto calentados como no calentados es un indicador seguro de un descenso en el nivel de llenado.

Normalmente, en la evaluación de las señales de medición se determina la diferencia de temperatura entre un termoelemento calentado y un correspondiente termoelemento (de referencia) no calentado. Se genera una alarma cuando la diferencia de temperatura alcanza un cierto valor predeterminado, el cual ya no pueda ser confundido con fluctuaciones de temperatura normales del medio en el reactor, sino que se realiza de manera fiable que el nivel de líquido ha descendido por debajo de la altura de instalación del termoelemento calentado dentro del contenedor de líquido. Por lo tanto, para la generación de la alarma se requiere es o bien información sobre la temperatura es del

termoelemento calentado y del correspondiente termoelemento no calentado (temperatura de referencia) y la diferencia de temperatura se calcula entonces en la electrónica de evaluación o alternativamente los termoelementos calentados y no calentados se interconectan de tal manera que la señal resultante refleje directamente en la diferencia de temperatura entre ambos.

5 En el contexto técnico de los reactores nucleares, esto significa: Mediante un uso de esta naturaleza de la medición de temperatura de referencia, los cambios en la temperatura del medio refrigerante en el reactor durante la arranque y la parada o los cambios de temperatura repentinos debido a incrementos de potencia extraordinarios o las así llamadas "mechas frías" no actúan sobre la diferencia de temperatura, o casi no lo hacen, ya que los termoelementos calentados y los correspondientes termoelementos no calentados se ven igualmente afectados por  
10 ello.

Sin embargo, esto sólo es aplicable estrictamente en un modo de consideración idealizado. En la práctica, por el contrario, es necesario tener en cuenta los efectos de orden secundario:

De esto forma parte sobre todo el hecho de que en ausencia de una regulación activa de la corriente de calefacción, la diferencia de temperatura entre los termoelementos calentados y los no calentados disminuye a medida que  
15 aumenta la temperatura del entorno, es decir, a medida que aumenta la temperatura del medio refrigerante del reactor. Esto se debe, entre otras cosas, que con la creciente temperatura del medio en el contenedor de líquido también se calienta con mayor intensidad (desde afuera) el alambre de calefacción con los elementos calefactores o las zonas de calefacción (secciones del alambre calefactor con una resistencia incrementada). De esta manera se incrementa la resistencia del alambre calefactor y por consiguiente fluirá a través del mismo una menor corriente sin  
20 que haya un cambio en la tensión. En consecuencia también disminuye la potencia calorífica del elemento calefactor, debido a que la misma es proporcional al cuadrado de la corriente que fluye a través de él ( $P = R \cdot I^2$ ).

Esto significa: Debido a que por un lado, en ausencia de una regulación de la corriente de calefacción disminuye la diferencia de temperatura entre los termoelementos calentados y no calentados, rodeados de líquido, a medida que  
25 aumenta la temperatura del líquido, mientras que por otro lado, por razones de simplificación de la técnica de regulación, normalmente se emplea un solo valor límite constante de la diferencia de temperatura para generar la alarma, a medida que aumenta la temperatura también se incrementa el valor del aumento de temperatura del termoelemento calentado requerido para generar la alarma que se produce durante el descenso del nivel de líquido y al pasar a la fase de vapor debido al cambio de la característica de transición térmica.

Si el incremento de temperatura requerido hasta alcanzar el valor límite es demasiado grande, esto puede resultar  
30 en un tiempo de reacción inadmisiblemente largo, que ya no corresponde a las prescripciones técnicas de seguridad. Además, una menor potencia calorífica con un simultáneo aumento en la temperatura del entorno también resulta en un menor salto de señal cuando el nivel de líquido descienda por debajo de la altura del termoelemento calentado. Esto significa que en el caso más desfavorable ya no se generará la alarma.

Para compensar los efectos descritos, se ha desarrollado un procedimiento y un correspondiente dispositivo de  
35 medición adaptado, en donde la corriente de calefacción del alambre calefactor se regula de tal manera que no disminuya ni siquiera si aumentan las temperaturas operativas, o incluso llegue a incrementarse un poco, para acortar sobre todo en el alcance de las altas temperaturas el tiempo de reacción del sistema, es decir el tiempo de reacción en caso de alarma. Con una regulación de la corriente de calefacción de esta naturaleza en la práctica se logra que la diferencia de temperatura ("Delta-T") entre los termoelementos calentados los correspondientes  
40 termoelementos no calentados en el líquido sea aproximadamente constante, es decir, independiente de la temperatura de funcionamiento.

En otras palabras: la regulación de la corriente de calefacción resulta en una línea característica aproximadamente  
45 horizontal en un diagrama, en donde la diferencia de temperatura entre el termoelemento calentado y el no calentado, dentro del líquido, se coloca sobre la temperatura del medio ("Delta-T sobre T"). De esta manera es posible, determinar un solo valor límite para la diferencia de temperatura entre el termoelemento calentado y el no calentado,

- que al excederse genera una alarma que indica de manera fiable que el nivel de llenado ha descendido por debajo del termoelemento calentado,
- que sea aplicable a todo el alcance de temperatura admisible del líquido vigilado (medio refrigerante del  
50 reactor),
- y que permita tiempos de respuesta aceptables.

Sin embargo, junto a estas ventajas evidentes, el método de regulación de la corriente de calefacción también presenta desventajas:

55 Una desventaja considerable consiste en que la regulación de la corriente de calefacción podría fallar bajo circunstancias desfavorables. En caso de un fallo de la regulación de la corriente de calefacción, la línea característica de la diferencia de temperatura entre el termoelemento calentado y el no calentado, aplicados sobre la temperatura de funcionamiento, volvería a cambiar de manera desfavorable.

En el caso de aplicación dentro del ámbito de la técnica nuclear, esto significa: Si después de tal fallo de regulación durante el funcionamiento bajo potencia se incrementa manualmente la corriente de calefacción para reducir el tiempo de respuesta o para asegurar que se genere la alarma, ello resultará en una generación de la alarma durante el apagado del reactor, aunque el nivel del medio refrigerante en realidad no haya descendido (falsa alarma).

5 Dependiendo de los enclavamientos eventualmente realizados, la generación de una falsa alarma podría soltar en un arranque automático de las bombas de alimentación de alta presión y con ello finalmente a un aumento indeseable de la presión en el circuito primario con una subsiguiente reacción de las válvulas de seguridad. Debido a este comportamiento, el sistema de medición no puede hacerse funcionar en todas las temperaturas de operación con la potencia calorífica ajustada para la máxima temperatura de funcionamiento, lo cual en realidad sería deseable en vista de la altura que se quiere obtener para el salto de señal en caso de respuesta.

10 Adicionalmente existen otros problemas: Sí algunas partes del alambre calefactor son rodeadas por un medio más frío, ello resultará en una disminución de la corriente de calefacción y con ello junto a una reducción de la diferencia de temperatura entre los termoelementos calentados y los no calentados también resultará en un menor salto de señal. Esto se debe a que la regulación utilizada actualmente capta el cambio en la temperatura del medio sólo indirectamente a través del cambio en la resistencia del alambre calefactor.

15 Esta regulación indirecta tiene como consecuencia que el alambre calefactor debe estar hecho de un material cuya resistencia específica cambie significativamente en dependencia de la temperatura, porque esto es un requisito previo para una regulación estable esta circunstancia tiene una fuerte influencia sobre el diseño de la sonda, debido a que es necesario asegurarse de que el alambre calefactor empleado posea las características requeridas. Esto puede ocasionar un considerable esfuerzo de coordinación en lo referente a la interfaz entre la sonda de medición propiamente y la electrónica de evaluación.

20 El objetivo de la presente invención por lo tanto consiste en proveer un procedimiento y un dispositivo correspondiente para vigilar el nivel de llenado, que con un reducido dispendio de aparatos y técnicas de regulación haga posible obtener una generación de alarma particularmente fiable con cortos tiempos de respuesta, en el momento en que el nivel de líquido vigilado descienda por debajo de un valor crítico.

25 En lo referente al procedimiento, dicho objetivo es resuelto de acuerdo con la presente invención a través de las características señaladas en la reivindicación 1.

30 La invención retoma el hilo de la idea sugerida por el documento DE 102 006 025 220 A1, en cuanto a que el desarrollo cronológico de la diferencia de temperatura se vigile de manera constante con un incremento significativo, en particular abrupto, dentro de un intervalo de tiempo de duración predeterminada ubicado antes del respectivo punto de tiempo de evaluación, en donde se genera una señal de alarma en el momento en que la diferencia de temperatura dentro del intervalo de tiempo alcance o exceda un valor límite previamente determinados.

35 Adicionalmente, la presente invención parte de la idea de que la evaluación de la diferencia de temperatura medida entre el termoelemento calentado y el no calentado debería configurarse de forma consecuente para una detección lo más temprano posible de flancos de ascensor comparativamente empinados o abruptos en la señal de diferencia, a fin de reconocer un descenso del nivel de líquido desde su mismo comienzo. Aquí, el cambio cronológico de la diferencia de temperatura dentro de un intervalo de tiempo de duración preestablecida se define como criterio desencadenador. Si el valor de la diferencia de temperatura se aplica en forma de un gráfico de función sobre el tiempo, en cierto modo también se desplazará simultáneamente el intervalo de tiempo o "ventana de tiempo" relevante para la evaluación junto con el desarrollo de la función que progresa en dirección del eje de tiempo, es decir que se actualiza constantemente.

40 La longitud del intervalo de tiempo convenientemente se selecciona de tal manera que esencialmente corresponda en el orden de magnitud es a la escala de tiempo de los sucesos a ser vigilados, es decir, los cambios de nivel y los consiguientes cambios en la dinámica térmica en los termoelementos, o incluso algo más corta. Además, el principio de medición se adapta convenientemente para una vigilancia en tiempo real. El punto final del intervalo de tiempo relevante para la evaluación por lo tanto coincide esencialmente con el punto de evaluación, el cual a su vez coincide esencialmente con el punto de tiempo para el cual se encuentra disponible el último valor de medición de la diferencia de temperatura entre el termoelemento calentado y el no calentado.

45 De acuerdo con la presente invención, a lo largo de una pluralidad de puntos de tiempo de medición sucesivos se determina una serie de temperaturas diferenciales, en donde en un punto de evaluación se calculan las diferencias entre el último valor determinado y todos sus predecesores, cuyos puntos de medición se sitúan dentro de un intervalo de tiempo de longitud preestablecida, y en donde se genera una señal de alarma en el momento en que al menos una de las diferencias alcance o exceda un valor límite previamente fijado. Aquí, el proceso de evaluación convenientemente se repite en forma de un procedimiento iterativo para cada punto de tiempo de medición.

50 Una variante del procedimiento de esta clase resulta particularmente bien adecuada para la puesta en práctica en el contexto de una electrónica de evaluación digital, en particular en el contexto de una técnica de conducción de seguridad digital en una central nuclear. El lapso de tiempo entre los distintos puntos de tiempo de medición convenientemente se selecciona más corto que la duración para la evaluación del intervalo de tiempo relevante.

Debido al tipo de formación de diferencia mencionado entre las posiciones sucesivas de la serie de mediciones se captan en forma particularmente consecvente los cambios abruptos en la diferencia de temperatura entre los termoelementos calentados y los no calentados. En el caso extremo, ya un correspondiente salto de señal entre dos pasos de tiempo sucesivos (punto de tiempo de evaluación y punto de tiempo de medición inmediatamente precedente) resultaría en un disparo inmediato de la alarma. Por otra parte, también un incremento no tan abrupto de la diferencia de temperatura resultará en el disparo de la alarma, en la medida en que sólo el valor límite ajustado para el cambio sea excedido dentro del intervalo de evaluación prescrito.

Particularmente conveniente en una aplicación en el ámbito de la técnica nuclear es que la distancia cronológica entre dos puntos de tiempo de medición inmediatamente sucesivos se ajusta en el alcance entre 50 ms y 1000 ms, en particular en el alcance entre 100 ms y 350 ms. La longitud del intervalo de tiempo relevante para el respectivo proceso de evaluación convenientemente se ajusta en el alcance entre 30 segundos y 100 segundos y en particular es de aproximadamente 50 segundos. Esto corresponde aproximadamente a un lapso de tiempo, dentro del cual típicamente culminan los procesos de compensación térmica en los termoelementos y en su blindaje, después de que el nivel de llenado del medio refrigerante en el recipiente a presión del reactor haya descendido por debajo del termoelemento calentado.

Por ejemplo, si la distancia cronológica entre dos puntos de medición sucesivos es de 250 ms y el plazo de tiempo relevante para la evaluación se ajustó en 50 segundos, para un solo proceso de evaluación es necesario almacenar en forma intermedia en la electrónica de evaluación 200 señales de medición para el diferencial de temperatura entre el termoelemento calentado y el no calentado. Convenientemente, este almacenamiento intermedio se realiza en un componente de memoria que funciona según el principio de "First-in-First-out" (FIFO) ("primero que entra, primero que sale"). Al igual que en un registro de desplazamiento, el contenido de la memoria avanza con cada paso del tiempo una posición en la memoria y la posición de memoria que queda libre es ocupada por el valor de medición determinado de último.

Si la formación de la diferencia de temperatura entre el termoelemento calentado y el no calentado recién ocurre dentro del dispositivo de evaluación y no se proporciona previamente mediante la correspondiente interconexión de los termoelementos una correspondiente señal de diferencia, también es posible proveer convenientemente un almacenamiento intermedio de las distintas señales de temperatura de los dos termoelementos correlacionados. La formación de la diferencia en lo referente a los dos termoelementos se realiza entonces en la unidad de evaluación, en donde las distintas temperaturas diferenciales entre el termoelemento calentado y el no calentado convenientemente también se almacenan en forma intermedia, con el propósito de no tener que volver a calcular las durante la formación de las diferencias entre posiciones cronológicamente sucesivas (aunque esto último en principio también sería posible).

En un desarrollo conveniente de la presente invención, está previsto un escalonamiento de la alarma, en donde para el respectivo proceso de evaluación se predetermina una pluralidad de valores límite diferentes, que al ser alcanzados o excedidos desencadenan respectivamente diferentes avisos de alarma, dado el caso también con reacciones consecuentes diferentes. Por ejemplo, se pueden generar avisos de advertencia en caso de saltos de temperatura diferencial comparativamente bajos, previamente establecidos, para llamar así la atención del operador sobre problemas eventualmente estén tres. En otras palabras, en primer lugar puede proveerse un preámbulo de disposición para la alarma, al cual seguirían estados de alarma de diferente severidad o prioridad.

También es conveniente, si una alarma disparada o una condición de alarma preliminar vuelve a ser cancelada cuando el nivel de llenado en el recipiente vigilado vuelva a subir después de un descenso inicial.

En una primera variante, que puede ser aplicada por igual en termoelementos con o sin regulación de la corriente de calefacción, la alarma es desactivada cuando después de dispararse la alarma se determina un descenso de la temperatura diferencial entre el termoelemento calentado y no calentado por un valor predeterminado. Es decir que también aquí es decisivo el cambio del valor de medición dentro de un plazo de tiempo determinado.

En una segunda variante, que sin embargo sólo es útil en presencia de una regulación de la corriente de calefacción, una alarma disparada se desactiva si después de haberse disparado la alarma se registra un descenso de la temperatura diferencial a un valor umbral predeterminado independiente de la temperatura o por debajo del mismo.

Alternativamente, en una tercera variante se mide la temperatura y/o la presión del medio a ser vigilado en cuanto a su nivel de llenado en el contenedor de líquido y una alarma disparada se vuelve a desactivar cuando después de haberse disparado la alarma se detecta un descenso del diferencial de temperatura entre el termoelemento calentado y el no calentado a un valor umbral prescrito en función de la temperatura momentánea y/o de la presión momentánea o por debajo del mismo.

En lo referente al dispositivo, el objetivo de la invención mencionado inicialmente se resuelve a través de una unidad electrónica de evaluación y control para el uso en un dispositivo para la vigilancia del nivel de llenado de un líquido dentro de un contenedor de líquido, de acuerdo con las características de la reivindicación 10.

La unidad electrónica de evaluación y control convenientemente forma parte de un dispositivo para la vigilancia del nivel de llenado de un líquido en un recipiente de líquido, en particular para vigilar el nivel de llenado del medio

refrigerante en un recipiente de reactor a presión de un reactor de agua a presión, que comprende al menos un termoelemento calentado y un correspondiente termoelemento no calentado, los cuales están conectados a la unidad de evaluación y control.

5 El concepto de acuerdo con la presente invención presenta toda una serie de ventajas en comparación con los conceptos conocidos y utilizados hasta ahora:

1. Se elimina la necesidad de una línea característica de temperatura diferencial horizontal.

10 Según será descrito en la introducción, hasta el momento es necesario que en la fase líquida se alcance una diferencia de temperatura aproximadamente igual entre los termoelementos correspondientes calentados y no calentados, la cual es independiente de la temperatura de funcionamiento. Gracias al nuevo método de evaluación, se elimina esta necesidad de una línea característica horizontal, paralela al eje de tiempo para la temperatura diferencial, ya que sólo se evalúan cambios de temperatura diferencial ocurridos dentro de un determinado lapso de tiempo, por ejemplo, dentro de los últimos 50 segundos.

2. El fallo de la regulación de la corriente de calefacción no es problemático.

15 Para el caso de que esté prevista una regulación de la corriente de calefacción, el único requisito planteado a la corriente de calefacción ahora consiste en que la misma debe estar configurada de tal manera que incluso a la temperatura de funcionamiento máxima aún esté asegurado un salto de señales suficientemente grande (cambio de la temperatura diferencial) dentro de un tiempo suficientemente corto, cuando el nivel de llenado de líquido descienda por debajo del termoelemento calentado. Si la regulación de la corriente de calefacción está concebida de tal manera que la corriente de calefacción en un caso de fallo de la regulación adopta su valor previsto para temperaturas de funcionamiento máximas (tensión máxima admisible), la función de la medición del nivel de llenado tampoco se verá perjudicada por un fallo en la regulación de la corriente de calefacción.

3. Es posible renunciar a una regulación activa de la corriente de calefacción.

25 Con el nuevo tipo de evaluación de la señal, en principio también es posible utilizar el alambre calefactor para el termoelemento calentado siempre con la tensión prevista para las máximas temperaturas de funcionamiento. Se puede prescindir de una regulación activa, sin que yo resulte en falsas alarmas durante los procesos de arranque y apagado. Una tensión constante aplicada al alambre de calefacción durante el enfriamiento del reactor resulta en una mayor corriente debido al descenso de la resistencia del alambre calefactor. Con ello se incrementa la temperatura diferencial entre el termoelemento calentado y el no calentado, a medida que disminuye la temperatura del medio refrigerante en el reactor, lo cual hasta ahora siempre podía generar falsas alarmas. Sin embargo, esto ya no es un problema gracias al nuevo método para la evaluación de las señales, debido a que este aumento de la temperatura del medio del reactor no tiene un carácter abrupto. Además, debido al incremento de la corriente de calefacción se acortan los tiempos de respuesta y los saltos de señal son mayores.

35 Si se prescinde de la regulación activa, también es posible optimizar el material del alambre calefactor entre los elementos de calefacción de tal manera que tenga un valor de resistencia lo más pequeño posible y se reduzca el consumo de corriente del sistema de medición. Aquí ya no se tendrá que considerar como hasta ahora el cambio mínimo en la resistencia del alambre calefactor en función de la temperatura, que hasta ahora era necesario para lograr una regulación estable. Por el contrario, el cambio en el valor de resistencia del alambre calefactor en su totalidad misión de la temperatura ahora debería ser lo más reducido posible, para que las corrientes no se vuelvan demasiado grandes bajas temperaturas.

40 Cuando se calientan varios termoelementos con el mismo alambre calefactor, con la nueva evaluación de la señal ahora también es posible calibrar sólo el termoelemento con la peor respuesta a la temperatura de funcionamiento máxima. Los demás termoelementos no tendrán que ser calibrados de manera adicional, debido a que ya no se requiere una línea característica horizontal de la temperatura diferencial.

45 Esto representa una ventaja particular para el diseño de tales sondas de medición, en donde varios termoelementos son calentados por un único alambre calefactor y en donde el hecho de alcanzar simultáneamente una línea característica horizontal para todos los diferenciales de temperatura medidos es particularmente difícil que ocurra.

4. En caso de requerirse, es posible una regulación simplificada de la corriente de calefacción.

50 Si no se quiere renunciar por completo a una regulación de la corriente de calefacción en función de la temperatura de operación (por ejemplo, para ahorrar aún más corriente), es posible evitar los problemas de la actual regulación de la corriente de calefacción con los periodos fríos, si la corriente de calefacción se establece directamente en función de la temperatura promedio del medio. Esto ahora es posible, debido a las exigencias reducidas que se plantean a la línea característica de la temperatura diferencial y con ello también a la magnitud de la corriente de calefacción.

5. Tiempos de respuesta reducidos.

A pesar de la regulación de la corriente de calefacción y sobre todo en caso de un fallo de la misma, hasta ahora se requieren diferentes aumentos de la temperatura diferencial entre los termoelementos calentados y no calentados para que se dispare la alarma. Debido a que a través del nuevo método de evaluación de las señales una alarmas se genera siempre que la temperatura diferencial se haya incrementado dentro de un plazo de tiempo determinado por un valor preestablecido fijo, se acortan los tiempos de respuesta para todas las temperaturas de funcionamiento para corresponder a las que hasta ahora fueron los tiempos de respuesta más cortos alcanzables con el método de evaluación actual.

6. Valores límites individuales flexibles y tiempos de respuesta optimizados.

En combinación con una arquitectura sistema digital, es posible definir o parametrizar de una manera fácil y rápida valores límites individuales (saltos de temperatura diferencial) para cada par de termoelementos, bajo consideración de las particularidades condicionadas por la fabricación. Mediante el uso de un sistema de automatización libremente programable que también interactúa o intercambia información con las demás instalaciones de la técnica de conducción, los valores límite además pueden ser optimizados en función de la temperatura de funcionamiento y de la presión del circuito primario.

7. Avisos de alarma escalonados.

La posibilidad de proveer avisos de alarma escalonados y sus ventajas ya se han discutido previamente.

8. Adaptación y comentario de avisos de alarma.

Mediante el uso de la información disponible en el sistema de protección digital del reactor también es posible evaluar las señales de las sondas de nivel de llenado en función de las desviaciones de la instalación de reactor con respecto al funcionamiento normal (por ejemplo, fallo de las bombas de medio refrigerante, cambios de presión en el circuito primario, etc.). Si el sistema de protección del reactor detecta tales desviaciones y debido a pruebas o cálculos efectuados previamente o debido a la experiencia operativa se sabe que dichas desviaciones pueden tener efecto sobre la medición del nivel de llenado, entonces un sistema experto automático adecuadamente configurado podrá adaptar los valores límite para la medición del nivel de llenado a través de una correspondiente concatenación de los valores o comentar las señales emitidas, respectivamente. Si ocurren tales casos de funcionamiento extraordinario, dichos comentarios pueden aparecer automáticamente en un monitor del sistema de vigilancia junto a las señales de advertencia o alarma, previniendo así las interpretaciones erróneas por parte del operador humano.

Las ventajas arriba mencionadas en primer lugar son independientes del diseño concreto de la sonda de medición que porta los termoelementos calentados y no calentados y pueden realizarse ya sólo a través de una correspondiente configuración o programación de la unidad electrónica de evaluación y control.

Adicionalmente, también se obtienen otras ventajas añadidas si el diseño de la sonda se adapta a las circunstancias y posibilidades ahora existentes en la evaluación de las señales:

Según se ha expresado anteriormente, la evaluación de señales prevista ahora disminuye las exigencias planteadas a la regulación de la corriente de calefacción, o incluso hace que la misma sea completamente prescindible. Debido a esto también se elimina la hasta ahora onerosa calibración de la línea característica de la corriente de calefacción, la cual es difícil sobre todo cuando se utiliza el mismo alambre calefactor para calentar varios termoelementos en una sonda. Por lo tanto, ahora es posible calentar varios termoelementos mediante el mismo alambre calefactor, sin que ello perjudique la calidad de la medición. Esto a su vez trae consigo, sin que varíen los requisitos de redundancia, una reducción del volumen de cableado dentro de una sonda o, respectivamente, con el mismo volumen de cableado ahora se pueden realizar más posiciones de medición que hasta el momento, en particular para una resolución de altura más fina de la medición del nivel de llenado. Esta resolución de altura mejorada permite una mejor observación del desarrollo cronológico del nivel de llenado, así como dado el caso una mejor predicción del desarrollo futuro, por ejemplo mediante la extrapolación de los datos obtenidos hasta entonces. Adicionalmente, con una vinculación de la información, a través de la velocidad del descenso en el nivel de llenado (o a través de los cambios en la velocidad de descenso), mediante modelos físicos simples de la dinámica del nivel de llenado y dado el caso mediante otros datos de medición del sistema protector del reactor, es posible reducir información sobre el tamaño de la fuga o sobre la eficacia de las medidas correctivas.

En resumen, el nuevo método de evaluación con el mismo diseño de las lanzas de medición como se ha venido usando hasta ahora, ante todo permite:

- Prescindir de la regulación de la corriente de calefacción o limitarse a una realización simplificada de la misma;
- tiempos de respuesta más cortos;
- optimizar los tiempos de respuesta en función de la temperatura o la presión;
- avisos de alarma escalonados;
- evaluación y comentario de las señales de la sonda con fenómenos transitorios;
- reducir la posibilidad de falsas alarmas;

- reducir el consumo de corriente.

Conjuntamente con la nueva evaluación de la señal, un diseño de lanza correspondientemente modificado permite lo siguiente:

- 5
- Más puntos de medición por unidad de altura;
  - predicciones sobre el desarrollo del nivel de llenado,
  - información deducida sobre el tamaño de la fuga.

Adicionalmente, a través de los cambios propuestos se simplifica el acoplamiento de la electrónica de evaluación a las lanzas de medición del nivel de llenado de diferentes fabricantes y ocurren menos problemas de interfaz.

10 Un ejemplo de realización de la presente invención será descrita más detalladamente a continuación con referencia a los dibujos, en los cuales:

La Fig. 1 es una vista lateral fuertemente esquematizada de un dispositivo para la vigilancia del nivel de llenado de un líquido en un recipiente de reactor a presión con varios pares de termoelementos calentados y no calentados mutuamente correspondientes;

15 la Fig. 2 es un ejemplo del desarrollo cronológico de la diferencia de temperatura entre un termoelemento calentado y uno no calentado durante un proceso de descenso del nivel de líquido a una temperatura de funcionamiento de aproximadamente 115 °C;

la Fig. 3 es una tabla que corresponde al desarrollo cronológico de la diferencia de temperatura según la Fig. 2, cuyos valores ilustran un procedimiento de evaluación preferido para la vigilancia del nivel de llenado y el disparo de la alarma;

20 la Fig. 4 es otro ejemplo del desarrollo cronológico de la diferencia de temperatura entre un termoelemento calentado y uno no calentado durante el proceso de descenso del nivel de líquido, en este caso a una temperatura de funcionamiento de aproximadamente 330 °C; y

la Fig. 5 es una tabla de evaluación correspondiente al desarrollo de la diferencia de temperatura según la Fig. 4.

25 El dispositivo 2 para la medición del nivel de llenado, representado a título de ejemplo en la vista lateral esquemática de la Fig. 1, sirve para vigilar el nivel de llenado del líquido refrigerante F en el recipiente de reactor a presión 4 de un reactor de agua a presión que aquí no se representa en mayor detalle. El dispositivo 2 comprende tres tubos de medición alargados 6 configurados respectivamente en forma de una lanza de medición, los cuales se introducen durante el montaje del dispositivo de medición 2 desde arriba a través de orificios previstos para ello en la placa de cubierta 8 hacia el interior del recipiente de reactor a presión 4 y que durante el funcionamiento del reactor nuclear se sumergen al menos parcialmente en el líquido refrigerante F. La altura del nivel de llenado sobre el fondo del recipiente se designa en la Fig. 1 con la letra H, aunque obviamente también pueden ser utilizados otros niveles de referencia. Por encima del nivel de líquido 10 hay medio refrigerante en forma de vapor, denominado en forma abreviada como: vapor D.

35 Los tres tubos de medición 6 del dispositivo 2 están orientados respectivamente en la dirección vertical y se encuentran montados dentro del recipiente de reactor a presión 4 separados mutuamente por una determinada distancia; es decir que se encuentran en una posición paralela entre ellos, pero sin tocarse los unos a los otros. Cada uno de los tres tubos de medición 6 presenta en un extremo inferior un alojamiento cilíndrico herméticamente cerrado al agua 12, el cual consiste de un material impermeable al agua, estable a la presión, resistente a la corrosión y con buena capacidad de conducción térmica: En el ejemplo de realización se utiliza acero fino para este fin.

40 En el espacio interior 14 de cada tubo de medición 6 se encuentra dispuesto un número de termoelementos. El tubo de medición designado como "tubo 1" contiene dos termoelementos calentados (heated thermocouples), concretamente el termoelemento calentado HT1 ubicado a una altura  $h_1$  y el termoelemento calentado HT3 ubicado encima a una altura  $h_2$ . El tubo de medición designado como "tubo 3" contiene en su espacio interior 14 tres termoelementos calentados, concretamente el termoelemento calentado HT2 ubicado a una altura  $h_1$ , el termoelemento calentado HT4 ubicado encima a una altura  $h_3$  y finalmente el termoelemento calentado HT5 ubicado a una altura  $h_4$ . Rige que  $h_4 > h_3 > h_2 > h_1$ . Adicionalmente, en el espacio interior 14 del tubo 1 y del tubo 3 se encuentran dispuestos los elementos calefactores (heating elements), concretamente HE1 en el tubo 1 y HE2 en el tubo 3. Los elementos calefactores están configurados respectivamente como alambres calefactores que pasan junto a los termoelementos a ser calentados HT1 y HT3 o HT2, HT4 y HT5, respectivamente, en donde los alambres calefactores en la proximidad de dichos termoelementos presentan zonas de calefacción posicionadas, mediante las cuales se calienta el entorno inmediato.

55 Tanto los elementos calefactores HE1 o HE2 como también los termoelementos HT1 y HT3 o HT2, HT4 y HT5, respectivamente están en contacto directo con la pared interior del respectivo alojamiento 12 que le corresponde y que presenta una buena capacidad de conducción térmica. Los alambres calefactores, así como las líneas de

suministro y de señalización requeridas para el abastecimiento de corriente y la transmisión de las señales se encuentran dispuestas en el espacio interior 14 del respectivo tubo de medición 6, llegando hasta un adaptador de conexión 16 localizado en el exterior de la placa de cubierta 8 del recipiente de reactor a presión 4. Por medio de los dos adaptadores de conexión 16 correspondientes al tubo 1 y al tubo 3 (de los cuales en la Fig. 1 sólo se representa el que corresponde al tubo 3) los termoelementos HT1 hasta HT5 están conectados en el lado de la señal con una unidad electrónica de evaluación y control 18 que aquí se muestra sólo en forma esquemática, la cual por su parte se comunica con otros componentes de un sistema de protección de reactor, en particular con un emisor de señal de alarma (no representada). El emisor de señal de alarma también puede estar integrado en la unidad electrónica de evaluación y control 18.

El tubo de medición 6 designado como "tubo 2" contiene en su espacio interior 14 cinco termoelementos no calentados (unheated thermocouples), dos de los cuales están dispuestos en la altura  $h_1$  (UHT1 y UHT2) y respectivamente uno en la altura  $h_2$ ,  $h_3$  y  $h_4$  (concretamente UHT 3, UHT4 y UHT5). También los termoelementos no calentados UHT1 hasta UHT5 están respectivamente en contacto directo con la pared interior del alojamiento 12 con buena capacidad termoconductiva y en el lado de la señal están conectados a través de un adaptador de conexión, no representado aquí con mayor detalle, con la unidad de evaluación 18 estacionada en forma externa. Sin embargo, en el tubo 2 no está prevista ninguna clase de instalación calefactora o algo similar.

Para la evaluación de la señal y la determinación del nivel de llenado, se combina respectivamente un termoelemento calentado (emisor de señal primario) y un termoelemento no calentado ubicado a la misma altura dentro de otro tubo de medición (emisor de la señal de referencia). Es decir que durante el procesamiento de la señal en la unidad de evaluación 18 se forman los cinco pares HT1, UHT1 hasta HT5, UHT5, según se indica en forma esquemática en la Fig. 1 por medio de las líneas continuas que enmarcan a los termoelementos mutuamente complementarios. A partir de la tensión térmica medida de cada termoelemento se deduce la temperatura existente en esta posición. Adicionalmente, para cada uno de los pares HT1, UHT1 hasta HT5, UHT5 se determina la diferencia de temperatura entre el termoelemento calentado y el no calentado.

El modo de funcionamiento de los termoelementos calentados y no calentados y su uso para la medición del nivel de llenado se describen a título de ejemplo con referencia a la pareja de emisores de señal HT5, UHT5. En la Fig. 2 se parte de la suposición de una operación del reactor con una altura de llenado  $H$  en el recipiente de reactor a presión 4 y con un circuito refrigerante intacto a una temperatura del medio refrigerante de aproximadamente  $115\text{ °C}$  (por ejemplo, durante la operación de arranque, donde el aumento de la temperatura del medio refrigerante es de aproximadamente  $10\text{-}30\text{ °C}$  por hora). Mientras el nivel de llenado de líquido refrigerante  $F$  se ubique por encima de la altura de instalación del termoelemento calentado HT5 ( $H > h_4$ ), el calor liberado por el elemento calefactor HE2 en el entorno del termoelemento HT5 es disipado en forma comparativamente efectiva a través de la pared del alojamiento 12 y transmitido al líquido refrigerante  $F$ . Debido a que constantemente fluye nuevo líquido refrigerante  $F$ , es decir, líquido refrigerante comparativamente frío, hacia el interior del recipiente de reactor a presión (sistema abierto en el sentido de la termodinámica), apenas se incrementa la temperatura de la pared en el entorno del termoelemento HT5 en comparación con el caso sin calefacción, representado por el termoelemento no calentado UHT5.

Esto significa que la diferencia de temperatura  $\Delta T$ , abreviada como  $DT$  e indicada en la Fig. 2 como función del tiempo  $t$ , entre el termoelemento calentado HT5 y el termoelemento no calentado UHT5 se ubica en la proximidad de cero (más precisamente, en este caso en  $5\text{ °C}$ ). Esto tampoco cambiaría en forma perceptible si con una altura de llenado constante  $H$  el líquido refrigerante  $F$  en el recipiente de reactor a presión 4 cambiará su temperatura (global), por ejemplo aumentando la misma, debido a que los dos termoelementos relevantes HT5, UHT5 se verían igualmente afectados por ello. Tampoco juegan un papel los efectos eventualmente presentes de una estratificación de temperaturas o gradientes de temperatura en dirección vertical en el recipiente de reactor a presión, puesto que las dos posiciones de medición mutuamente correspondientes están ubicadas a la misma altura, específicamente la altura  $h_4$ .

Esta situación cambia, si en un punto de tiempo  $t = 100$  (asumido aquí en forma arbitraria) el nivel de llenado  $H$  del líquido refrigerante  $F$  cae por debajo del nivel  $h_4$  ( $H < h_4$ ). Si bien al principio no cambian en forma considerable las temperaturas del entorno en los dos termoelementos relevantes HT5 y UHT5, ya que el vapor  $D$  localizado por encima del nivel de líquido 10 presenta temperaturas similares al líquido refrigerante  $F$ . Sin embargo, las propiedades de transmisión de temperatura empeoran abruptamente en relación a la transmisión de temperatura en la posición del termoelemento calentado HT5. El calor liberado por el elemento calefactor HE2 ya no puede ser disipado hacia el entorno en la misma medida que antes, de tal manera que la temperatura medida por el termoelemento calentado HT5 se incrementa drásticamente, mientras que la temperatura medida por el termoelemento no calentado UHT5 permanece aproximadamente constante. Condicionado por los procesos de compensación térmica comparativamente lentos (conducción térmica) en la pared del alojamiento 12, el incremento de la temperatura en el termoelemento calentado HT5 sin embargo ocurre en forma retardada con respecto al descenso del nivel de líquido. Por lo tanto, el ascenso paulatino de la diferencia de temperatura entre el termoelemento calentado y el no calentado, aquí en la Fig. 2 un incremento de aproximadamente  $100\text{ °C}$ , es un indicador seguro de que el nivel de llenado ha descendido por debajo del altura  $h_4$ .

Pensamientos análogos se aplican también en lo relacionado con los niveles  $h_3$ ,  $h_2$  y  $h_1$  y sus correspondientes termoelementos.

Debido a que el descenso del líquido refrigerante F por debajo del nivel  $h_1$  se considera como particularmente crítico, la vigilancia del nivel de llenado en relación a dicho nivel se asegura en forma particular: Con los dos pares de sensores HT1, UHT1 y Ht2, UHT2 se proveen dos mediciones redundantes e independientes entre sí. En una forma de realización alternativa, no mostrado aquí, sólo existe una redundancia en lo relacionado con los dos termoelementos calentados HT1 y HT2, mientras que solamente un único termoelemento no calentado UHT1 o UHT2 está previsto como emisor de señal de referencia para dichos dos termoelementos calentados.

Con una mayor temperatura del líquido refrigerante F de por ejemplo aproximadamente 330 °C, la altura del salto de señal al descender el nivel de llenado por debajo del termoelemento calentado es menor, debido a que el efecto de la calefacción local ejercido por el elemento calefactor no es demasiado perceptible debido a la temperatura del entorno que de todas maneras es comparativamente alta. Esto se puede apreciar claramente basado en el desarrollo cronológico representado en la Fig. 4 para la temperatura diferencial entre el termoelemento calentado y el no calentado (por ejemplo, HT5 y UHT5). El suceso desencadenador, es decir el descenso del nivel de llenado, también aquí fue supuesto con un valor  $t = 100$  s. El subsiguiente cambio cronológico del diferencial de temperatura entre el termoelemento calentado y el no calentado en totales aquí de aproximadamente 30 °C.

Por lo tanto, en ausencia de una regulación de la corriente de calefacción en función de la temperatura para el respectivo elemento calefactor, no tiene mucho sentido fijar un único valor límite en función de la temperatura para el salto de señal, que al ser alcanzado o excedido permite deducir el nivel de llenado, desencadenando una correspondiente alarma. Incluso con una regulación compensadora de la corriente de calefacción, bajo ciertas circunstancias podría tardar un tiempo relativamente largo hasta que los procesos de compensación térmica dentro de los tubos de medición 6 hayan culminado y se haya alcanzado un valor límite definido globalmente de esa clase. Más allá de esto, un fallo de la regulación de la corriente de calefacción sería problemático.

Para prevenir tales dificultades, a través de la presente invención se provee una evaluación de la señal particularmente fiable y rápida en su respuesta a situaciones de peligro potencial en forma de la unidad de evaluación 18 que subsiguientemente será descrita con referencia al desarrollo cronológico representado en la Fig. 2 para el diferencial de temperatura entre el termoelemento calentado y el no calentado con una temperatura del medio refrigerante de aproximadamente 115 °C, así como con referencia a la correspondiente tabla de evaluación (Tabla I) en la Fig. 3.

A intervalos regulares, aquí por ejemplo cada  $\delta t = 1000$  ms, se realiza un almacenamiento intermedio de los valores de medición de temperatura del termoelemento calentado y del correspondiente termoelemento no calentado. Los distintos puntos de tiempo de medición ...,  $t_2$ ,  $t_1$ ,  $t_0$ ,  $t_1$ ,  $t_2$ , ... se indican en la columna 2 de la Tabla I; los correspondientes valores de medición de temperatura figuran en las columnas 3 y 4. También cada  $\delta t = 1000$  ms, en la unidad de evaluación 18 se determinan las diferencias de temperatura Delta-T, abreviado como DT, entre el termoelemento calentado y el correspondiente termoelemento no calentado, y al igual que las temperaturas individuales se almacenan en forma intermedia. Los correspondientes valores se indican en la columna 5 de dicha tabla.

La evaluación se realiza en tiempo real para cada uno de los puntos de tiempo de medición ...,  $t_2$ ,  $t_1$ ,  $t_0$ ,  $t_1$ ,  $t_2$ , ..., en donde los índices reflejan la secuencia numérica de los puntos de tiempo de medición. La correspondiente secuencia de temperaturas diferenciales medidas se designa como ..., DT( $t_2$ ), DT( $t_1$ ), DT( $t_0$ ), DT( $t_1$ ), DT( $t_2$ ), ..., en donde con  $t_0$  se designa en punto de tiempo de medición momentáneo.

Para la evaluación, se utiliza el valor de medición de DT para el punto de tiempo  $t_0$ , es decir DT( $t_0$ ), así como sus N = 50 predecesores DT( $t_1$ ), ..., DT( $t_N$ ), lo que para la duración de paso seleccionada de  $\delta t = t_0 - t_1 = t_1 - t_2 = \dots = 1000$  ms = 1 s corresponde a un intervalo de evaluación de  $\Delta t = t_0 - t_N = 50$  s. Para ello, se determinan todas las diferencias  $\delta t = DT(t_0) - DT(t_1)$ ...,  $\delta_N = DT(t_0) - DT(t_N)$  entre el último valor de medición determinado DT( $t_0$ ) y todos sus predecesores almacenados en la memoria intermedia, ubicados dentro del mencionado intervalo de evaluación  $\Delta t$ , es decir, aquí en dos últimos 50 s. Estas diferencias  $\delta_1$  hasta  $\delta_N$  se indican respectivamente en forma de una línea para cada punto de tiempo de medición en el campo 6 de la tabla. Una alarma se dispara cuando una de las diferencias determinadas de esta manera (cambios en Delta-T) han alcanzado o excedido un determinado valor límite previamente fijado, por ejemplo  $\Delta DT = 5$  °C, 10 °C o 25 °C. Para ello puede estar previsto en particular un escalonamiento de la alarma con varios valores límites y reacciones subsiguientes respectivamente diferentes. Para el siguiente punto de tiempo de medición se repite el proceso de evaluación con valores correspondientemente actualizados.

Según se puede apreciar basado en los valores enmarcados en la Tabla I, con la curva ejemplar (ficticia) representada en la Fig. 2, para aproximadamente 115 °C de temperatura del medio refrigerante con un valor límite ajustado en un cambio de temperatura diferencial de 5 °C, ya después de 2 s luego de que el nivel de llenado haya descendido por debajo del termoelemento calentado se dispararía una alarma. Si el valor límite se ajusta en 10 °C, en dicho ejemplo el disparo de la alarma se produciría después de 3 s, a 25 °C después de 6 s.

En la Tabla II según la Fig. 5, se ilustra el mismo proceso de evaluación con los mismos parámetros ajustados para la curva ejemplar representada en la Fig. 4, con una temperatura del medio refrigerante de aproximadamente 330 °C. Los umbrales de alarma se vuelven a fijar en valores de 5 °C, 10 °C y 25 °C y ahora son alcanzados después de 4 s, 6 s y 50 s.

- 5 Por razones de simplificación, la duración del paso en el ejemplo fue fijada en  $\delta t = 1000$  ms; en la práctica, sin embargo, para un comportamiento de respuesta óptimo resultarían concebibles y prácticos lapsos de tiempo más cortos de por ejemplo  $\delta t = 250$  ms.

Lista de símbolos de referencia

	2	Dispositivo de medición / sonda de nivel de llenado
10	4	Recipiente de reactor a presión
	6	Tubo de medición
	8	Placa de cubierta
	10	Nivel de líquido
	12	Alojamiento
15	14	Espacio interior
	16	Adaptador de conexión
	18	Unidad de evaluación
	D	Vapor
	F	Líquido refrigerante
20	H	Altura del nivel de llenado
	HT	Termoelemento calentado
	UHT	Termoelemento no calentado
	HE	Elemento calefactor
	DT	Diferencial de temperatura
25	$\Delta T$	Aumento del diferencial de temperatura
	t	Tiempo
	$\delta t$	Paso de tiempo
	$\Delta t$	Intervalo de tiempo / intervalo de evaluación

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para vigilar el nivel de llenado de un líquido (F) en un contenedor de líquido, en particular para girar el nivel de llenado de medio refrigerante en un recipiente de reactor a presión (4) en una instalación de reactor de agua a presión, en donde basado en el diferencial de temperatura medido (DT) entre un termoelemento calentado (HT) y un correspondiente termoelemento no calentado (UHT), ambos de los cuales están dispuestos dentro del contenedor de líquido, se deduce el descenso del nivel de líquido (10) por debajo de la altura de instalación del termoelemento calentado (HT), **caracterizado porque** el transcurso cronológico del diferencial de temperatura (DT) es vigilado de manera continua para detectar un ascenso significativo, en particular abrupto dentro de un intervalo de tiempo ubicado antes del respectivo punto de tiempo de evaluación ( $t_0$ ) de duración predeterminada ( $\Delta t$ ), en cuanto el cambio ( $\Delta DT$ ) del diferencial de temperatura (DT) dentro del intervalo de tiempo alcance o exceda un valor límite previamente fijado, en donde a lo largo de una pluralidad de puntos de medición periódicamente sucesivos (... ,  $t_{-2}$ ,  $t_{-1}$ ,  $t_0$ ,  $t_1$ ,  $t_2$ , ...) se determina una serie de diferenciales de temperatura (... ,  $DT(t_{-2})$ ,  $DT(t_{-1})$ ,  $DT(t_0)$ ,  $DT(t_1)$ ,  $DT(t_2)$ , ...), en donde para un punto de tiempo de evaluación ( $t_0$ ) se determinan las diferencias ( $\delta_1 = DT(t_0) - DT(t_{-1})$ , ...,  $\delta_N = DT(t_0) - DT(t_{-N})$ ) entre la última posición determinada ( $DT(t_0)$ ) y todos sus predecesores ( $DT(t_{-1})$ , ...,  $DT(t_{-N})$ ), cuyos puntos de tiempo de medición se ubican dentro de un intervalo de tiempo ( $t_{-N}$ , ...,  $t_0$ ) de longitud predeterminada ( $\Delta t = t_0 - t_{-N}$ ), y en donde se emite una señal de alarma tan pronto como al menos una de las diferencias ( $\delta_1$ ,  $\delta_N$ ) alcanza o excede de un valor límite previamente fijado.
2. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el procedimiento de evaluación es repetido en forma de un procedimiento iterativo para cada punto de tiempo de medición (... ,  $t_{-2}$ ,  $t_{-1}$ ,  $t_0$ ,  $t_1$ ,  $t_2$ , ...).
3. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en donde la distancia cronológica entre dos puntos de tiempo de medición inmediatamente sucesivos ( $\delta t = t_2 - t_1 = t_1 - t_0 = \dots$ ) se predetermina en el alcance entre 50 ms y 1000 ms, en particular en el alcance entre 100 ms y 350 ms.
4. Un procedimiento de acuerdo con alguna de las reivindicaciones 1 a 3, en donde la longitud ( $\Delta t$ ) del intervalo de tiempo se predetermina en el alcance entre 30 s y 100 s, en particular en aproximadamente 50 s.
5. Un procedimiento de acuerdo con alguna de las reivindicaciones 1 a 4, en donde los diferenciales de temperatura medidos (DT) se almacenan en una memoria intermedia FIFO.
6. Un procedimiento de acuerdo con alguna de las reivindicaciones 1 a 5, en donde se predetermina una pluralidad de diferentes valores límite, que al ser alcanzados o excedidos respectivamente desencadenan diferentes avisos de alarma.
7. Un procedimiento de acuerdo con alguna de las reivindicaciones 1 a 6, en donde una alarma una vez activada se vuelve a desactivar si dentro de un plazo de tiempo predeterminado después de dispararse la alarma se detecta un descenso del diferencial de temperatura (DT) por un valor predeterminado.
8. Un procedimiento de acuerdo con alguna de las reivindicaciones 1 a 6, en donde una alarma una vez activada se vuelve a desactivar si después de dispararse la alarma se detecta un descenso del diferencial de temperatura (DT) hasta o por debajo de un valor de umbral predeterminado en forma independiente de la temperatura.
9. Un procedimiento de acuerdo con alguna de las reivindicaciones 1 a 6, en donde en donde la temperatura y/o la presión del medio a ser vigilado en cuanto a su nivel de llenado se mide dentro del contenedor de líquido, y en donde una alarma una vez disparada se vuelve a desactivar si después de dispararse la alarma se detecta un descenso del diferencial de temperatura (DT) hasta o por debajo de un valor de umbral predeterminado en forma dependiente de la temperatura momentánea y/o de la presión momentánea.
10. Una unidad electrónica de evaluación y control (18) para el uso en un dispositivo (2) para vigilar el nivel de llenado de un líquido (F) en un contenedor de líquido, comprendiendo
  - Respectivamente una entrada de señal para las señales de medición de un correspondiente termoelemento calentado (HT) y un termoelemento no calentado (UHT), así como una unidad de substracción que a partir de las señales de medición forma una señal de referencia del diferencial de temperatura característica para el diferencial de temperatura (DT) referido a los dos termoelementos (HT, UHT),
  - o alternativamente una entrada de señal para una señal de referencia del diferencial de temperatura de un circuito con un termoelemento calentado (HT) y un termoelemento no calentado (UHT),
  - una unidad de evaluación (18) con medios para una vigilancia continua del desarrollo cronológico del diferencial de temperatura (DT) para detectar un ascenso significativo, en particular abrupto, dentro de un intervalo de tiempo ubicado antes del respectivo punto de tiempo de evaluación ( $t_0$ ) de duración predeterminada ( $\Delta t$ ),
  - así como medios para la emisión de una señal de alarma tan pronto como el ascenso ( $\Delta DT$ ) del diferencial de temperatura (DT) dentro de un intervalo de tiempo alcance o exceda un valor límite previamente fijado,

- 5 en donde la unidad de evaluación (18) está configurada de tal manera que a lo largo de una pluralidad de puntos de medición periódicamente sucesivos (... $t_2$ ,  $t_1$ ,  $t_0$ ,  $t_1$ ,  $t_2$ , ...) determina una serie de diferenciales de temperatura (... $DT(t_2)$ ,  $DT(t_1)$ ,  $DT(t_0)$ ,  $DT(t_1)$ ,  $DT(t_2)$ , ...) en donde para un punto de tiempo de evaluación ( $t_0$ ) se determinan las diferencias ( $\delta_1 = DT(t_0) - DT(t_1)$ ...,  $\delta_N = DT(t_0) - DT(t_N)$ ) entre la última posición determinada ( $DT(t_0)$ ) y todos sus predecesores ( $DT(t_1)$ , ...,  $DT(t_N)$ ), cuyos puntos de tiempo de medición se ubican dentro de un intervalo de tiempo ( $t_N$ , ...,  $t_0$ ) de longitud predeterminada ( $\Delta t = t_0 - t_N$ ), y en donde se emite una señal de alarma tan pronto como al menos una de las diferencias ( $\delta_1$ , ...,  $\delta_N$ ) alcanza o excede de un valor límite previamente fijado.
- 10 11. Un dispositivo (2) para vigilar el nivel de llenado de un líquido (F) en un contenedor de líquido con un termoelemento calentado (HT) y un termoelemento no calentado (UHT) y con una unidad electrónica de evaluación y control (18) de acuerdo con la reivindicación 10.

FIG. 1

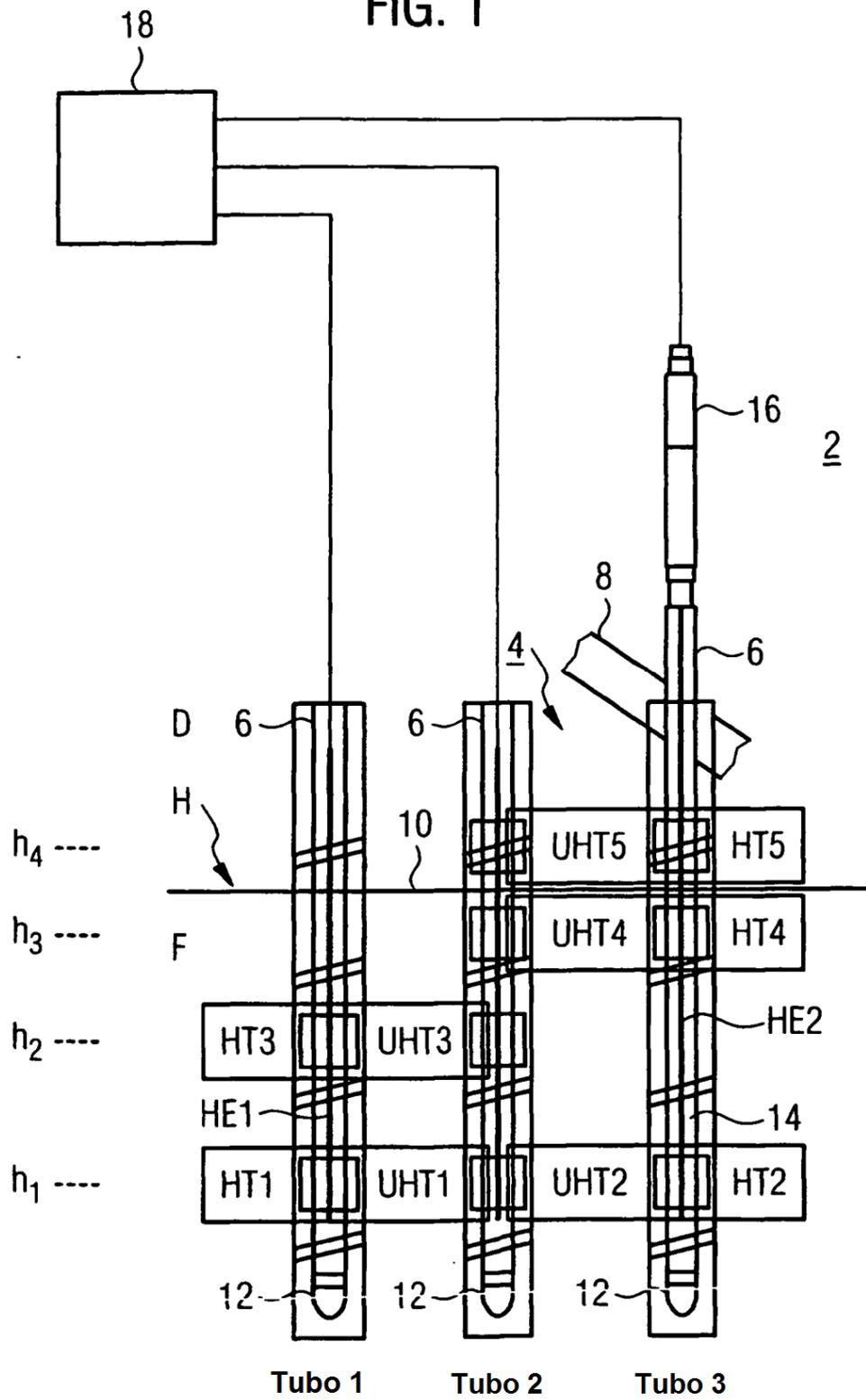


FIG. 2

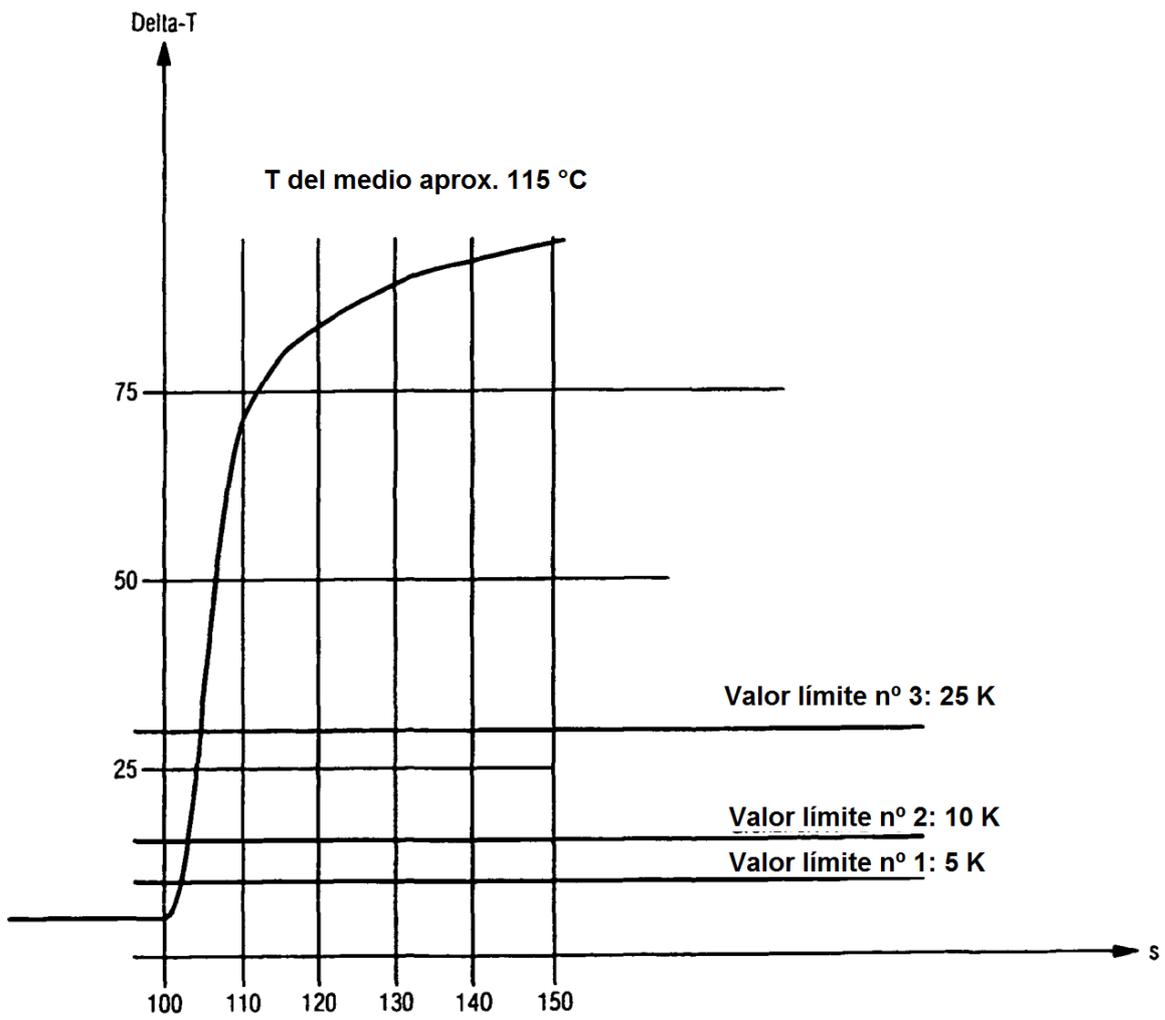




FIG. 4

