

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 634 794**

51 Int. Cl.:

G21C 17/022 (2006.01)

G21C 17/035 (2006.01)

G21C 17/112 (2006.01)

G21C 19/07 (2006.01)

G01F 23/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.09.2013 E 13183581 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.06.2017 EP 2706534**

54 Título: **Procedimiento y sistema para medir una temperatura y nivel de líquido en piscina de combustible agotado sin alimentación eléctrica externa**

30 Prioridad:

11.09.2012 US 201213609466

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

29.09.2017

73 Titular/es:

**GE-HITACHI NUCLEAR ENERGY AMERICAS LLC
(100.0%)
3901 Castle Hayne Road
Wilmington, NC 28401, US**

72 Inventor/es:

**BASS, JOHN ROBERT y
GINSBERG, ROBERT JOSEPH**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 634 794 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Procedimiento y sistema para medir una temperatura y nivel de líquido en piscina de combustible agotado sin alimentación eléctrica externa

Antecedentes**5 Campo de la invención**

Las realizaciones a modo de ejemplo se refieren en general a los reactores nucleares y, más particularmente, a un procedimiento y sistema para medir una temperatura y nivel de líquido de piscina de combustible agotado (SFP) que se puede conseguir sin el uso de alimentación eléctrica externa. El sistema puede ser particularmente beneficioso en caso de una emergencia de planta que hace que la alimentación eléctrica planta se interrumpa, o cuando el enfriamiento normal de las piscinas de combustible agotado se ve alterado de otro modo.

Técnica relacionada

La Figura 1 es una vista en corte de un edificio 5 de reactor del reactor nuclear de agua en ebullición (BWR) convencional, que es un ejemplo de un reactor de agua ligera (LWR). Se debe entender que esto es solamente un ejemplo, puesto que las realizaciones a modo de ejemplo pueden aplicarse igualmente a otras disposiciones de diseño del reactor, tales como reactores de agua a presión (PWR) u otros reactores de agua ligera. En el BWR, la piscina 10 de combustible agotado (SFP) es una agrupación de almacenamiento utilizado para almacenar el combustible 7 agotado que queda después del uso del combustible para alimentar el reactor 1 de BWR. La SFP 10 se sitúa generalmente en una ubicación adyacente a, y hacia la parte superior, del reactor 1 (como se muestra en la Figura 1, la SFP 10 se encuentra en la contención secundaria, fuera del recipiente 3 de contención de acero y de la carcasa 4 de hormigón que protege el reactor 1). Cabe señalar que en otros diseños de reactores, la piscina de combustible agotado se puede situar en la misma elevación de planta que el reactor 1, o en una elevación que está por debajo del reactor 1. El combustible 7 agotado se almacena generalmente en las piscinas 10 de combustible agotado durante un periodo de al menos 5 años antes de enviarse a reprocesamiento o almacén de contenedores. La SFP 10 tiene normalmente 12,2 m (40 pies) o más en profundidad, con un suelo que está equipado para soportar el combustible 7 agotado. Alrededor de 2,44 m (8 pies) de agua (por encima de la parte superior del combustible 7 agotado, en sí) es generalmente necesario para mantener los niveles de radiación de la SFP 10 dentro de límites aceptables.

Un flujo de agua de enfriamiento, proporcionado por un sistema de enfriamiento y limpieza de piscinas de combustible agotado convencional (no mostrado), proporciona protección frente a la radiación y mantiene la SFP 10 a temperaturas frías que aseguran que el agua de enfriamiento no hierva (exponiendo de este modo el combustible agotado al aire libre). Específicamente, las bombas de enfriamiento de las piscinas de combustible convencionales transfieren el agua de la piscina de combustible agotado al sistema de enfriamiento y limpieza de piscinas de combustible agotado. El sistema de enfriamiento y limpieza de piscinas de combustible agotado convencional enfría y limpia el agua, utilizando un intercambiador de calor y desmineralizadores (eliminación de algunos radioisótopos, y otras impurezas). Las bombas de enfriamiento de piscinas de combustible agotado envían, a continuación, el agua fría, limpia de nuevo a la SFP 10.

Durante un accidente de planta grave, la alimentación eléctrica normal de la planta se puede ver interrumpida. En particular, la planta puede no tener alimentación eléctrica normal para hacer funcionar las bombas de enfriamiento de piscinas de combustible agotado convencionales, operar el sistema de enfriamiento y limpieza de piscinas de combustible agotado, ni alimentar la instrumentación de piscinas de combustible. Si se interrumpe la alimentación eléctrica durante un largo período de tiempo, la interrupción en el uso del sistema de enfriamiento y limpieza de piscinas de combustible puede hacer que el agua en la piscina de combustible agotado se caliente y, finalmente, hierva. Cuando se produce suficiente ebullición, los niveles de agua en la piscina pueden caer a niveles que ya no proporcionan suficiente agua de enfriamiento para proteger eficazmente la radiación que puede causarse por el combustible agotado. En emergencias muy graves, el agua en la SFP 10 puede hervir y evaporarse hasta el punto de que el combustible 7 agotado puede llegar quedar expuesto al aire libre. Además, otros eventos, tales como terremotos, incendios o explosiones, pueden hacer que se pierda agua de la piscina de combustible agotado, incluso en ausencia de ebullición. Una emergencia de este tipo puede representar un grave peligro para el personal de la planta y el medio ambiente.

Convencionalmente, el nivel de la SFP 10 se controla indirectamente a través de instrumentos de medición de nivel (que requieren alimentación eléctrica externa) en un tanque de compensación y separador (que se adjunta a la SFP 10). Además, la temperatura de la SFP 10 se mide indirectamente en el sistema de enfriamiento de piscinas de combustible agotado a través de instrumentos de temperatura (que también requieren de alimentación eléctrica externa). Por lo tanto, durante un accidente de planta grave cuando la alimentación de la planta se puede ver interrumpida, no se pueden utilizar los instrumentos de temperatura ni de medición de nivel convencionales. Esto puede causar que los operarios de plantas no sean conscientes de la verdadera temperatura y/o nivel de líquido del agua en la SFP 10. Al no conocer esta información, no se pueden adoptar medidas preventivas para enfriar y/o restaurar un volumen de agua en la SFP 10 para evitar que se produzca un accidente grave.

El documento US 5.211.904 se refiere a un monitor de nivel de agua en recipientes para su montaje dentro de un recipiente del reactor de un reactor de agua en ebullición para proporcionar una lectura del nivel de agua colapsada dentro del recipiente del reactor.

Sumario de la invención

5 La invención proporciona un sistema y procedimiento de acuerdo con las reivindicaciones adjuntas.

Breve descripción de los dibujos

10 Las características y ventajas de las realizaciones a modo de ejemplo anteriores y otras se harán más evidentes describiendo en detalle, las realizaciones a modo de ejemplo con referencia a los dibujos adjuntos. Los dibujos adjuntos pretenden describir las realizaciones a modo de ejemplo y no deben interpretarse como limitantes del alcance previsto de las reivindicaciones. Los dibujos adjuntos no deben considerarse como dibujados a escala a menos que se indique explícitamente.

la Figura 1 es una vista en corte de un diseño a modo de ejemplo de un edificio de reactor del reactor nuclear de agua ligera convencional (LWR);

15 la Figura 2 es un esquema de un sistema de medición de temperatura y nivel, de acuerdo con una realización a modo de ejemplo; y

la Figura 3 es un diagrama de flujo de un procedimiento de utilización del sistema de medición de temperatura y nivel, de acuerdo con una realización a modo de ejemplo.

Descripción detallada

20 Las realizaciones detalladas a modo de ejemplo se divulgan en la presente memoria. Sin embargo, los detalles estructurales y funcionales específicos divulgados en la presente memoria son meramente representativos para fines de describir las realizaciones a modo de ejemplo. Las realizaciones a modo de ejemplo pueden, sin embargo, realizarse de muchas formas alternativas y no se deben interpretar como limitadas solamente a las realizaciones expuestas en la presente memoria.

25 En consecuencia, aunque las realizaciones a modo de ejemplo son capaces de diversas modificaciones y formas alternativas, las realizaciones de la misma se muestran a modo de ejemplo en los dibujos y se describirán aquí en detalle. Se debe entender, sin embargo, que no hay intención de limitar las realizaciones a modo de ejemplo a las formas particulares descritas, sino que por el contrario, las realizaciones a modo de ejemplo son para cubrir todas las modificaciones, equivalentes y alternativas comprendidas dentro del alcance de las realizaciones a modo de ejemplo. Los números iguales se refieren a elementos similares a lo largo de la descripción de las figuras.

30 [Se entenderá que, aunque los términos primer, segundo, etc. pueden utilizarse en la presente memoria para describir diversos elementos, estos elementos no deberían estar limitados por estos términos. Estos términos solo se utilizan para distinguir un elemento de otro. Por ejemplo, un primer elemento podría denominarse un segundo elemento, y, de manera similar, un segundo elemento podría denominarse un primer elemento, sin apartarse del alcance de las realizaciones a modo de ejemplo. Tal como se utiliza aquí, el término "y/o" incluye cualquiera y todas las combinaciones de uno o más de los elementos enumerados asociados.

35 Se entenderá que cuando un elemento se denomina como estando "conectado" o "acoplado" a otro elemento, puede estar conectado o acoplado directamente al otro elemento o elementos intermedios pueden estar presentes. Por el contrario, cuando un elemento se denomina como "estando directamente conectado" o "directamente acoplado" a otro elemento, no hay elementos intermedios presentes. Otros términos utilizados para describir la relación entre los elementos deben interpretarse de manera similar (por ejemplo, "entre" frente a "directamente entre", "adyacente" frente a "directamente adyacente", etc.).

40 La terminología utilizada en la presente memoria tiene la finalidad de describir solamente las realizaciones particulares y no pretende limitar las realizaciones a modo de ejemplo. Como se utiliza en la presente memoria, las formas singulares "un", "una" y "el/la" pretenden incluir las formas plurales también, a menos que el contexto indique claramente lo contrario. Se entenderá además que los términos "comprende", "comprendiendo", "incluye" y/o "incluyendo", cuando se utilizan aquí, especifican la presencia de características, números enteros, etapas, operaciones, elementos y/o componentes, pero no excluyen la presencia o adición de una o más de otras características, números enteros, etapas, operaciones, elementos, componentes, y/o grupos de los mismos.

45 También se debe observar que en algunas implementaciones alternativas, las funciones/actos observados pueden producirse fuera del orden observado en las Figuras. Por ejemplo, dos figuras que se muestran en sucesión pueden de hecho ejecutarse sustancialmente al mismo tiempo o pueden, a veces, ejecutarse en orden inverso, dependiendo de la funcionalidad/actos involucrados.

La Figura 2 es un esquema de un sistema 30 de medición de temperatura y nivel, de acuerdo con una realización a modo de ejemplo. El sistema 30 incluye un cable 20 con termopares (TC1-TCN) unidos a un extremo inferior del

5 cable 20. El extremo del cable 20 con los termopares se pueden montar verticalmente a lo largo de una pared 10a lateral de la SFP 10 a través de acotamientos 10d. El cable 20 se puede extender hacia abajo el lado de la SFP 10 y a una profundidad que está cerca del suelo 10b de la SFP 10. El cable 20 y los termopares (TC1-TCN) se pueden situar a una distancia alejada del combustible 7 agotado dentro de la SFP 10, para no interferir con el mantenimiento y/o el movimiento del combustible 7 agotado.

10 Los termopares (TC1-TCN) toman mediciones de temperatura dentro de la SFP 10. Al hacerlo, el nivel 10c de líquido de la SFP 10 se infiere mediante la comparación de las lecturas de temperatura de los termopares entre sí. Específicamente, los termopares expuestos al aire ambiente (tales como TC10-TC12) proporcionarán una lectura de temperatura apreciablemente diferente en comparación con los termopares (TC1-TC9) por debajo del nivel 10c de agua. Por ejemplo, cuando el agua en la SFP 10 y el aire ambiente por encima de la SFP 10 están aproximadamente a la temperatura ambiente, los termopares (TC1-TC9) por debajo del nivel 10c de agua proporcionarán normalmente una lectura de temperatura que está apreciablemente por debajo de la lectura de temperatura de los termopares (TC10-TC12) por encima del nivel 10c de agua. Por lo tanto, el nivel 10c de agua puede inferirse como estando situado entre el termopar TC9 y TC10. Al conocer la altura (en relación con el suelo 10b de la SFP 10) de los termopares TC9 y TC10, nivel 10c de agua líquida puede por tanto determinarse. Además, cuando se produce un accidente en una planta y el agua en la 10 SFP se calienta significativamente (a temperaturas que pueden alcanzar la ebullición, a aproximadamente 100 °C (212 °F)), el nivel de líquido en la SFP 10 puede caer (debido a la ebullición/evaporación del agua calentada) hasta un nivel 10e inferior. Debido a que el agua estaría caliente durante un accidente, los termopares por debajo del nivel 10e de agua (específicamente, los termopares TC1-TC6) proporcionarán una lectura de temperatura que es más alta que la de los termopares expuestos al aire (en concreto, los termopares TC10-TC12, así como los termopares TC7 -TC9 que fueron expuestos a aire debido al nivel de agua de ebullición/evaporación). Por lo tanto, el nivel 10e de agua se puede inferir como estando situado entre el termopar TC6 y TC7. Al conocer la altura (en relación con el suelo 10b de la SFP 10) de los termopares TC6 y TC7, el nivel 10e de agua líquida puede por tanto determinarse.

25 Los termopares TC pueden estar separados equidistantemente entre sí a lo largo del cable 20. Aumentar el número de termopares (y, de este modo, reducir la separación entre los termopares) puede aumentar la precisión de las mediciones del nivel de agua del sistema 30. Además, antes de tomar mediciones del nivel de agua, una medida exacta de la distancia entre el suelo 10b de la SFP 10 y cada termopar TC se debe obtener para que el sistema 30 proporcione mediciones precisas del nivel de líquido.

30 Debido a que el calor ambiental (del agua en la SFP 10, y del aire por encima de la SFP 10) puede alimentar los termopares (TC1-TCN), no se requiere ninguna fuente de alimentación externa para operar el sistema 30. El cableado 22 puede estar unido a la parte superior del cable 20. Una porción 21 terminal del cableado se puede extender a una ubicación remota colocada a cierta distancia de la SFP 10. La ubicación remota puede incluir un multi-metro 24 simple o indicador 24 de tensión múltiple unidos a los termopares TC a través del cableado 21. Esto puede proporcionar al personal de la planta la información de medición de temperatura y nivel en una ubicación que está a una distancia segura del entorno potencialmente peligroso de la SFP 10 durante un accidente de planta.

40 Un procesador 25 puede opcionalmente incluirse en el sistema 30. El procesador 25 puede estar en comunicación con el multi-metro 24 simple o con el indicador 24 de tensión múltiple. El procesador 25 se puede utilizar para comparar las temperaturas de salida de los termopares TC para inferir un nivel de líquido en la SFP 10. Alternativo al uso de un procesador 25, la comparación de la salida de temperaturas de los termopares TC se puede realizar manualmente (por una persona) para inferir un nivel de líquido en la SFP 10.

45 La Figura 3 es un diagrama de flujo de un procedimiento de utilización del sistema 30 de medición de temperatura y nivel, de acuerdo con una realización a modo de ejemplo. La etapa S40 incluye medir una temperatura de cada termopar (TC1-TC12). La etapa S42 incluye comparar las temperaturas de los termopares entre sí. Esta comparación puede incluir determinar una diferencia de temperatura apreciable entre dos grupos de los termopares (TC1-TC12). Por ejemplo, cuando el líquido en la SFP 10 está en 10c (como se muestra en la Figura 2), los termopares TC1-TC9 pueden compartir una lectura de temperatura común y los termopares TC10-TC12 pueden compartir una lectura de temperatura común (aunque las temperaturas de TC1-TC9 y TC10-TC12 pueden ser apreciablemente diferentes entre sí). La etapa S44 incluye inferir el nivel 10c de líquido de la SFP 10 basándose en la comparación de las lecturas de temperatura de los termopares. Por ejemplo, sabiendo que los grupos de termopares TC1-TC9 y TC10-TC12 comparten una apreciable diferencia de temperatura, se puede inferir que los termopares consecutivos TC9 y TC10 acotan el nivel 10c del agua. Si TC9 y TC10 están a una distancia conocida desde el suelo 10b de la SFP 10, la altura del nivel 10c de agua (en algún lugar entre TC9/TC10), se puede determinar a continuación. La etapa S44 se puede realizar manualmente (por una persona), o realizarse por el procesador 25.

55 Será obvio que las realizaciones a modo de ejemplo que se han descrito de este modo pueden variarse de muchas maneras. Tales variaciones no deberán considerarse como una desviación del alcance pretendido de las realizaciones a modo de ejemplo, y todas estas modificaciones, como sería obvio para un experto en la materia, pretenden incluirse dentro del alcance de las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema (30) adecuado para medir la temperatura y nivel de líquido de una piscina (10) de combustible agotado, comprendiendo el sistema de medición:
 - 5 un cable (20), adecuado para montarse verticalmente a lo largo de una pared (10a) lateral de la piscina (10) de combustible agotado;
 - una pluralidad de termopares (TC1-TCn) unidos al cable, estando los termopares verticalmente separados entre sí y configurados para tomar mediciones de temperatura; y
 - medios (24, 25) dispuestos para comparar las mediciones de temperatura y deducir un nivel de líquido en la piscina (10) de combustible agotado basándose en la comparación de las temperaturas; **caracterizado porque**
 - 10 el sistema se dispone para ser activado por el calor ambiental del agua en la piscina (10) de combustible agotado y el aire por encima de la piscina (10) de combustible agotado.
2. El sistema (30) de la reivindicación 1, en el que el extremo inferior del cable (20) es adecuado para extenderse hacia abajo hasta una posición cerca de un suelo (10b) inferior de la piscina (10) de combustible agotado.
3. El sistema (30) de cualquier reivindicación anterior, que comprende además:
 - 15 cableado (22) unido a la pluralidad de termopares (TC1-TCn);
 - uno de entre un multi-metro y un indicador (24) de tensión múltiple aptos para situarse en una ubicación remota con respecto a la piscina (10) de combustible agotado, estando la pluralidad de termopares eléctricamente conectados al multi-metro o al indicador de tensión múltiple a través del cableado.
4. El sistema (30) de cualquier reivindicación anterior, en el que,
 - 20 la separación entre los termopares (TC1-TCn) es aproximadamente equidistante, de manera que cada termopar pueden estar a una distancia conocida desde un suelo (10b) inferior de la piscina (10) de combustible agotado.
5. Un procedimiento de fabricación de un sistema (30) dispuesto para medir la temperatura y el nivel de líquido de una piscina (10) de combustible agotado, comprendiendo el procedimiento:
 - 25 montar de un cable (20) verticalmente a lo largo de una pared (10a) lateral de una piscina (10) de combustible agotado;
 - unir una pluralidad de termopares (TC1-TCn) al cable, estando los termopares verticalmente separados entre sí;
 - medir las temperaturas utilizando la pluralidad de termopares (TC1-TCn);
 - comparar la salida temperaturas de los termopares (TC1-TCn); y
 - inferir un nivel de líquido en la piscina (10) de combustible agotado basándose en la comparación de las
 - 30 temperaturas; y **caracterizado porque**
 - el sistema (30) se dispone para ser activado por el calor ambiental del agua en la piscina (10) de combustible agotado y el aire por encima de la piscina (10) de combustible agotado.
6. El procedimiento de la reivindicación 5, que comprende además:
 - 35 extender un extremo inferior del cable (20) hacia abajo hasta una posición cerca de un suelo (10b) inferior de la piscina (10) de combustible agotado.
7. El procedimiento de cualquiera de la reivindicación 5 o 6, que comprende además:
 - conectar eléctricamente la pluralidad de termopares (TC1-TCn) a uno de entre un multi-metro y un indicador (24) de tensión múltiple situado en una ubicación remota con respecto a la piscina (10) de combustible agotado.
8. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 5 a 7, en el que,
 - 40 la separación entre los termopares (TC1-TCn) es aproximadamente equidistante,
 - cada termopar está a una distancia conocida desde un suelo (10b) inferior de la piscina (10) de combustible agotado.
9. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 5 a 8, en el que comparar las temperaturas de los termopares (TC1-TCn) incluye determinar una diferencia de temperatura apreciable entre un primer grupo y un
- 45 segundo grupo de la pluralidad de termopares.
10. El procedimiento de la reivindicación 9, en el que inferir el nivel de líquido en la piscina (10) de combustible agotado incluye determinar dos termopares consecutivos, de la pluralidad de termopares, que muestran la diferencia de temperatura apreciable y acotan el nivel del líquido, estando los dos termopares consecutivos a una distancia conocida desde un suelo (10b) inferior de la piscina de combustible agotado.
- 50 11. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 5 a 10, en el que la comparación de las temperaturas se realiza por un procesador (25).

FIG. 1
(Técnica Convencional)

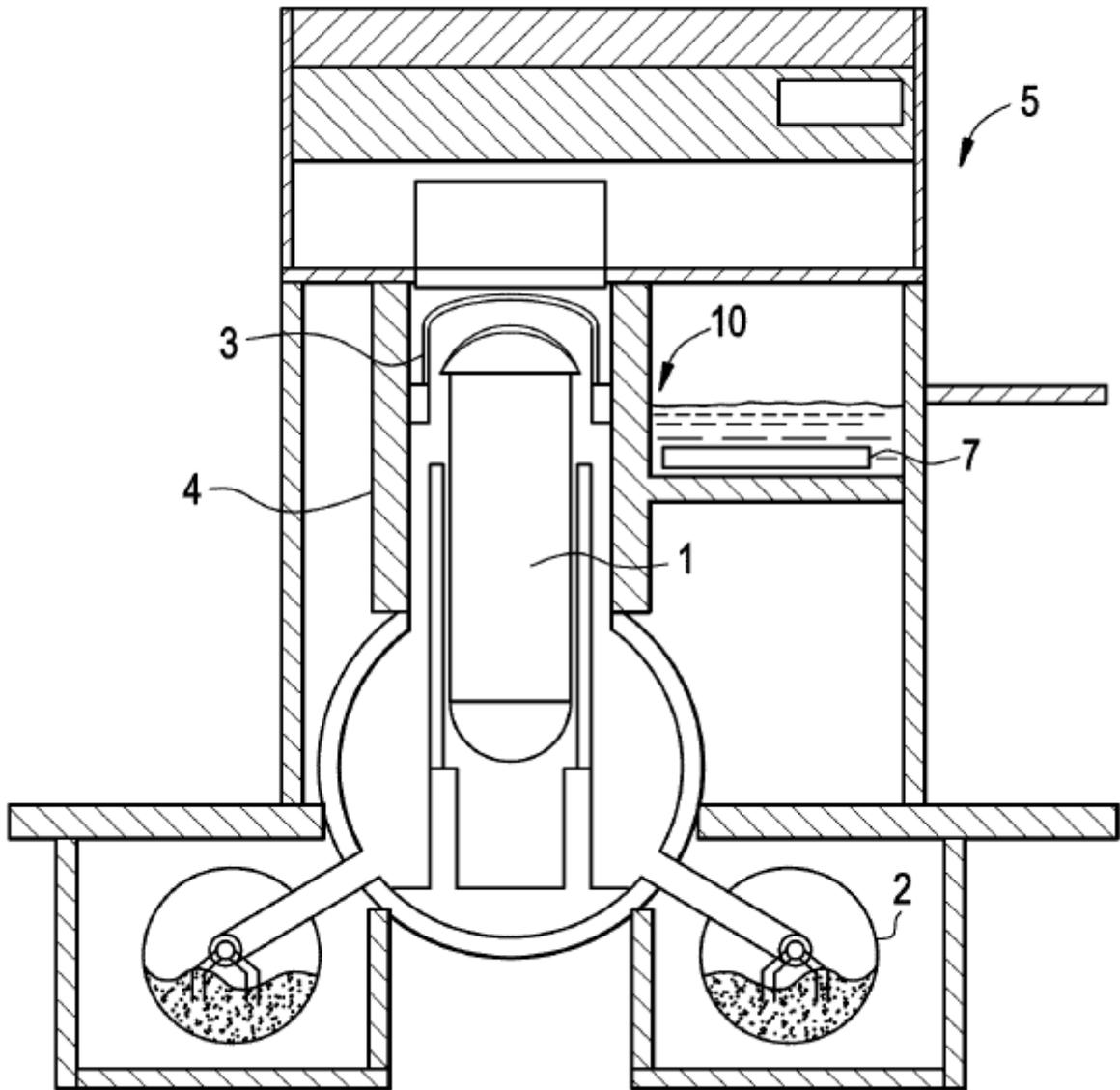


FIG. 2

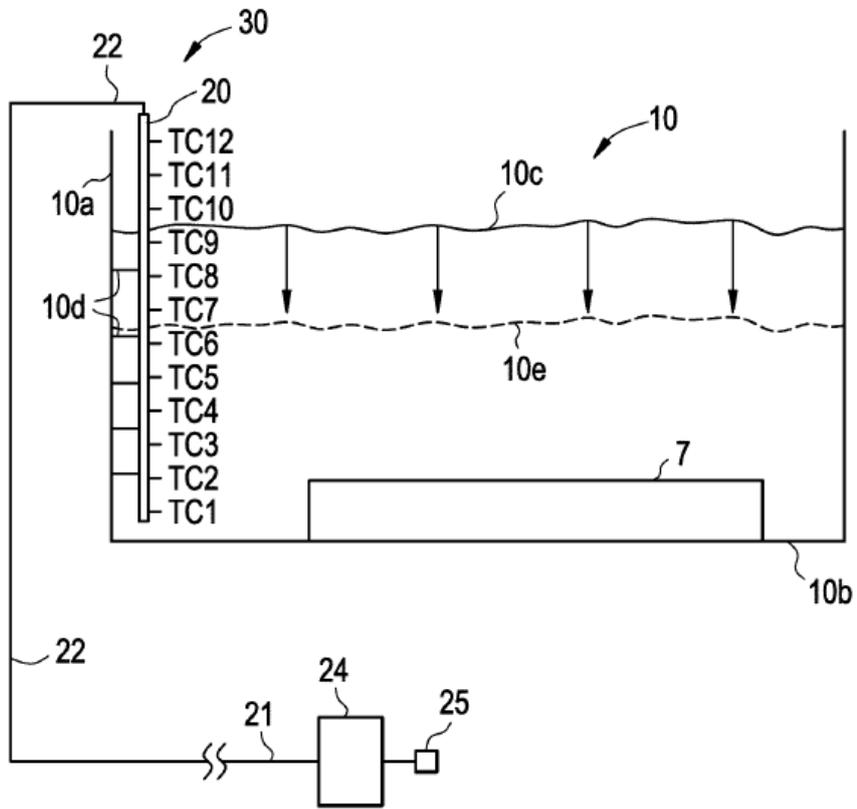


FIG. 3

