

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 399 678**

51 Int. Cl.:

G21C 17/032 (2006.01)

G21C 17/035 (2006.01)

G01F 23/284 (2006.01)

G01P 5/00 (2006.01)

G01F 1/688 (2006.01)

G01F 23/24 (2006.01)

G01P 5/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.06.2008 E 08157709 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.01.2013 EP 2053614**

54 Título: **Sistema y procedimiento para la determinación del nivel y de la velocidad de flujo del refrigerante en un reactor nuclear**

30 Prioridad:

14.06.2007 US 762986

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

02.04.2013

73 Titular/es:

**GENERAL ELECTRIC COMPANY (100.0%)
1 River Road
Schenectady, NY 12345, US**

72 Inventor/es:

**BRISSON, BRUCE WILLIAM;
MORRIS, WILLIAM GUY;
ZHENG, DANIAN;
MONK, DAVID JAMES;
FANG, BIAO;
SURMAN, CHERYL MARGARET y
ANDERSON, DAVID DELOYD**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 399 678 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

Sistema y procedimiento para la determinación del nivel y de la velocidad de flujo del refrigerante en un reactor nuclear

Antecedentes

5 La invención se refiere, en general, a un aparato para la determinación del nivel y de la velocidad de flujo del fluido en un sistema de fluido de una sola fase y / o de dos fases y, en particular, a un aparato para la determinación del nivel y de la velocidad del flujo del fluido en un tubo descendente de un reactor de agua en ebullición (BWR) de recirculación natural utilizando una combinación de sondas de conductividad eléctrica (EC) sondas de conductividad térmica (TC) y una o más sondas de reflectometría de dominio temporal (TDR).

10 Los reactores nucleares de agua en ebullición comprenden, en términos generales, unas plantas de generación de vapor en las cuales el refrigerante de agua del reactor es circulado a través de un núcleo del combustible nuclear fisionable de producción de calor para transferir la energía térmica desde el combustible hasta el refrigerante, generando de esta manera una mezcla de vapor de agua de dos fases que emerge del núcleo del combustible. Utilizando unos separadores del vapor de agua y unos secadores de vapor situados corriente abajo y por encima del
15 núcleo, la mezcla que fluye hacia arriba desde el núcleo de calentamiento resulta dividida en sus respectivas fases, tras lo cual el vapor es canalizado desde la vasija del reactor para su uso en unas turbinas accionadas por vapor u otro equipamiento mientras la fase de agua líquida es reciclada como agua refrigerante.

En los típicos reactores de agua en ebullición utilizados para la generación de energía, el agua refrigerante del reactor es circulada de forma continua alrededor de una vía de flujo tal y como sigue: hacia arriba a través de un
20 núcleo del combustible de producción de calor; a continuación hacia arriba a través de una cámara impelente de salida superior superpuesta por encima del núcleo de combustible la cual sirve para recoger y canalizar todo el refrigerante que discurre hacia arriba a través del núcleo del combustible. A continuación, el agua refrigerante pasa a través de un conjunto de separadores de vapor situado por encima de la cámara impelente de salida del núcleo; y, a continuación, se desplaza finalmente en sentido descendente hacia atrás fuera del núcleo a lo largo de una zona
25 anular, conocida como el "tubo descendente", para reciclar el refrigerante líquido y devolverlo al núcleo del combustible.

Es sabido desde hace tiempo que el nivel de un líquido se puede determinar utilizando sondas de conductividad eléctrica (EC). En una sonda de conductividad del tipo indicado, pueden ser utilizadas diversas formas de onda con fines de interrogación. En un ejemplo, un voltaje constante (CA) se impone a través de un espacio libre existente
30 entre dos electrodos. La magnitud de la corriente resultante se determina por la capacidad del medio para conducir la corriente, en la que la admitancia es la recíproca de la impedancia. En otro ejemplo, un voltaje constante (CC) se impone a través de un espacio libre de dos electrodos. La magnitud de la corriente resultante se determina por la capacidad del medio para conducir la corriente, en la que la conductancia es la recíproca de la resistencia.

En un dispositivo de medición del nivel basado en la TDR, una o una serie de impulsos electromagnéticos de baja energía generados por el conjunto de circuitos de sensor es propagado a lo largo de una fina guía de ondas (también designada como una sonda) por lo general consiste en un único conductor largo de ondas electromagnéticas o un conjunto de conductores largos, como por ejemplo una varilla de metal, un cable de acero, o un tubo fino de metal con una varilla de metal fijada de forma coaxial en la parte media. Cuando estos impulsos
35 inciden en la superficie del medio que va a ser medido, un desajuste de la impedancia (debido a las diferentes constantes dieléctricas de las dos fases) provoca que parte de la energía de impulsos que va a ser reflejada de regreso hacia arriba de la sonda hasta el conjunto de circuitos (debido al desajuste de la propiedad dieléctrica) la cual, a continuación, calcula el nivel del fluido a partir de la duración temporal entre el impulso enviado y el impulso reflejado (en nanosegundos).

En el funcionamiento de dichos reactores nucleares de circulación natural, la energía máxima por unidad de conjunto combustible depende totalmente de este flujo del refrigerante de recirculación a través del núcleo del combustible. Así mismo, un flujo significativo de circulación natural de los haces de combustible, el cual es casi compatible con los diseños de BWR de circulación forzada, se consigue en un diseño de Reactor de Agua en Ebullición Simplificado Económico (ESWR). De esta manera, es conveniente medir con precisión este caudal de flujo de ebullición a través
45 del tubo descendente del reactor nuclear, en particular, en un BWR de circulación natural. La Patente estadounidense No. 5,323,430 describe un procedimiento y un sistema para el control preciso de la energía térmica de un reactor nuclear de agua en ebullición (BWR) con circulación natural. La vasija del reactor, dentro de la cual se encierra el núcleo de dicho reactor, incorpora una parte interior de la vasija de un indicador del nivel del agua que contiene un sensor del nivel del agua, de tal manera que junto con la parte de fuera de la vasija del sistema, la cual es una unidad de acondicionamiento y tratamiento de señales, se puede medir con precisión el nivel efectivo del
50 agua y ser ajustado ya sea de forma automática o a mano. Un sensor termopar híbrido digital - analógico de codificación ternaria con capacidad autónoma se sitúa encerrado dentro del indicador del nivel del agua, proporcionando una señalización codificada ternaria (- 1,0m + 1) así como analógica (amplitud), de tal manera que, mediante la utilización de una unidad de acondicionamiento y tratamiento de señales apropiada, el nivel del agua del indicador con respecto a un nivel de referencia se determina de forma unívoca y precisa. Mediante el uso de la

señal analógica acerca del nivel del agua contenida en las curvas de transición de las señales, se pueden obtener lecturas del nivel del agua continuas, respecto de la total extensión diseñada del nivel del agua. Siendo esto independiente de la temperatura o de la presión del agua del reactor.

5 La Solicitud de Patente japonesa No. 2006-53082 describe un instrumento de medición del caudal del núcleo el cual mide los caudales del núcleo mediante unas señales ultrasónicas reduciendo al tiempo la influencia de la turbulencia de un campo del flujo sobre el lado corriente arriba de un tubo descendente.

Sería, por tanto, conveniente contar con un sistema y un procedimiento para la medición del nivel y de la velocidad del flujo dentro del núcleo en un sistema de fluido de múltiples fases, como por ejemplo, en un reactor nuclear de agua en ebullición.

10 **Breve descripción**

La invención se refiere a un reactor nuclear de agua en ebullición de acuerdo con lo definido en las reivindicaciones adjuntas.

Dibujos

15 Estas y otras ventajas, aspectos y características de la presente invención se comprenderán de forma más acabada cuando se considere la descripción detallada subsecuente de formas de realización, ofrecida solo a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos que se acompañan, en los cuales los mismos caracteres representan las mismas partes en todos los dibujos, en los que:

20 La FIG. 1 es un diagrama de un reactor nuclear de agua en ebullición del tipo de circulación natural que incorpora un sistema de sondas para la determinación del nivel y de la velocidad del flujo del refrigerante en el tubo descendente de acuerdo con una forma de realización de la invención;

la FIG. 2 es una vista lateral de una posible combinación del sistema de sondas que incluye una pluralidad de sondas de conductividad térmica (TC) en emplazamientos deseados dentro del tubo descendente;

25 la FIG. 3 es una vista lateral de otra posible combinación del sistema de sondas que incluye una pluralidad de sondas de conductividad térmica (TC) y una pluralidad de sondas conductivas eléctricas (EC) en emplazamientos deseados dentro del tubo descendente;

la FIG. 4 es una vista lateral de otra posible combinación del sistema de sondas que incluye una pluralidad de sondas de conductividad eléctrica (TC) en emplazamientos deseados dentro del tubo descendente, y una o más sondas reflectométricas de dominio temporal (TDR); y

30 la FIG. 5 es una vista lateral de otra posible combinación del sistema de sondas que incluye una pluralidad de sondas de conductividad eléctrica (EC) y de conductividad térmica (TC) en emplazamientos deseados dentro del tubo descendente, y una o más sondas reflectométricas de dominio temporal (TDR).

Descripción detallada

35 Con referencia a la FIG. 1, un reactor 10 de agua en ebullición comprende una vasija 12 de presión del reactor que presenta un orificio de admisión 14 de agua de alimentación para la introducción del refrigerante de vapor condensado y / o de reposición reciclado dentro de la vasija 12, y un orificio de salida 16 de vapor para la descarga del vapor producido para una función apropiada, como por ejemplo el accionamiento de turbinas generadoras de electricidad.

40 Un núcleo de un combustible 18 fisionable de producción de calor está situado dentro de un área inferior de la vasija 12 de presión. El núcleo de combustible 18 está rodeado por un escudo 20 del núcleo separado hacia dentro desde la pared de la vasija 12 de presión para proporcionar un tubo descendente 22 anular que forma una vía de flujo del refrigerante entre la pared de la vasija y el escudo 20 del núcleo.

45 Superpuesta por encima del núcleo de combustible 18 y del escudo 20 del núcleo de combustible se encuentra un área abierta que comprende la cámara impelente 24 del orificio de salida del núcleo definida ya sea por un espacio 26 de vapor abierto que se extiende hacia arriba desde el escudo 20 del núcleo del combustible hasta una porción superior de la vasija 12 del reactor. En algunos diseños, el espacio 26 de vapor abierto puede incluir una chimenea 36. La chimenea 36 (en el caso de que exista) y el escudo 20 del núcleo del combustible están separados en sentido radial hacia dentro desde la pared de la vasija 12 de presión del reactor para proporcionar el tubo descendente 22 anular, el cual forma una vía de flujo del refrigerante entre la pared de la vasija y el escudo 20 y la chimenea 36 (caso de que exista) que define el núcleo de combustible 18 y la cámara impelente 24 del orificio de salida del núcleo, respectivamente.

50 Extendiéndose desde la porción superior del espacio 26 de vapor abierto (o de la chimenea 36, caso de que exista), una pluralidad de separadores 28 de vapor. Separados a una cierta distancia por encima de la cámara impelente 24 del orificio de salida del núcleo se encuentra un área que comprende la cámara impelente 30 de vapor húmedo

definida por un escudo 32 periférico con una placa superior. Unos secadores 34 del vapor están montados sobre la placa superior para el suministro de vapor separado y seco al tubo 16 del orificio de salida de vapor.

El refrigerante de agua de alimentación entra en la vasija 12 de presión a través del orificio de admisión 14 y se mezcla con el refrigerante de agua líquida de circulación separado del vapor por los separadores 28 de vapor. El agua refrigerante combinada fluye hacia abajo por dentro del tubo descendente 22 anular entre la pared lateral de la vasija 12 y el escudo 20 y la chimenea 36 (en el caso de que exista) hasta la porción de fondo de la vasija 12. El agua refrigerante de circulación, a continuación, invierte su dirección alrededor del fondo del escudo 20 del núcleo y fluye hacia arriba a través de la cámara impelente del núcleo inferior y por dentro y a través del núcleo 18 de producción de calor del combustible nuclear, tras lo cual emerge como una mezcla de vapor y agua líquida por el interior de la cámara impelente 24 del orificio de salida del núcleo. Este circuito de recirculación del refrigerante es mantenido de forma continua en el curso del funcionamiento del reactor para retirar el calor del núcleo de combustible 18. El refrigerante de circulación, que comprende una mezcla de vapor y agua procedente del núcleo del combustible, pasa hacia arriba a través de la cámara impelente 24 del orificio de salida del núcleo y pasa hasta el interior de los pasadores 28 de vapor, donde la fase de vapor separada es dirigida avanzando hacia arriba hasta los secadores 34 y la fase de agua líquida es derivada lateralmente para unirse con el agua del refrigerante de circulación que fluye hacia abajo a través del tubo descendente 22 anular para de nuevo repetir el ciclo.

Tal y como se indicó con anterioridad, el flujo significativo de circulación natural de los haces de combustible, el cual es casi compatible con los diseños del BWR de circulación forzada, se puede conseguir en algunos diseños de reactores en ebullición de circulación natural, como por ejemplo el diseño de Reactor de Agua en Ebullición Simplificado Económico (ESBWR). Un aspecto de la invención consiste en proporcionar una medición precisa de la velocidad o del caudal del flujo y del nivel 38 del refrigerante del agua refrigerante de circulación que fluye hacia abajo a través del tubo descendente 22 anular, indicado mediante las flechas de la FIG. 1. Esto se lleva a cabo mediante la provisión de un sistema de sondas, mostrado de forma global en la referencia numeral 40, esto es al menos parcialmente situado dentro del tubo descendente 22 del reactor 10.

En una forma de realización, el sistema 40 de sondas comprende una combinación de una pluralidad de sondas conductoras eléctricas (EC) 42 y / o una pluralidad de sondas de conductividad térmica (TC) 44 (así mismo conocidas como termopares de unión calentada (HJT), y una o más sondas reflectométricas de dominio temporal (TDR) 46. Las sondas EC 42 con una constante de células fija es utilizada para medir la conductividad eléctrica o la impedancia del medio circundante. Dado que las propiedades eléctricas del vapor y el agua son drásticamente diferentes (el vapor es menos conductor que el agua), y que se conoce el emplazamiento de cada sonda EC 42, la composición del refrigerante que fluye hacia abajo a través del tubo descendente 22 anular puede ser determinada. Mediante la utilización de una pluralidad de sondas EC 42 dispuestas verticalmente en diversos emplazamientos conocidos dentro del tubo descendente 22, el nivel 38 del refrigerante respecto de una zona mayor del tubo descendente 22 anular puede ser determinado en puntos discretos en los que las sondas EC 42 sean situadas. De esta manera, las sondas de conductividad eléctrica 42 proporcionan una indicación acerca del nivel 38 del refrigerante por encima o por debajo de dos elevaciones de sonda EC discretas adyacentes, excepto en supuestos raros en los que el nivel 38 del refrigerante está situado de manera discernible exactamente en un punto de la sonda. Un ejemplo de una sonda EC 42 es un tipo comercialmente disponible en Solartrom Mobery Limited, Modelo No. TB / hyd009.

Las sondas TC (o HJT) 44 contienen una pluralidad de dispositivos termométricos de resistencia que son empleados para medir la conductividad térmica del medio circundante. Dado que las propiedades térmicas del vapor y el agua son drásticamente diferentes (el vapor es menos conductor que el agua), y que es conocido el emplazamiento de la sonda 44, se puede inferir la composición del refrigerante que fluye hacia abajo a través del tubo descendente 22 anular. Mediante la utilización de una pluralidad de sondas 44 verticalmente dispuestas en varios emplazamientos conocidos dentro del tubo descendente 22, se puede determinar el nivel 38 del refrigerante respecto de una zona mayor del tubo 22 descendente anular en puntos discretos en los que las sondas TC (o HJT) 44 están situadas. De esta manera, las sondas TC 44 proporcionan una indicación del nivel 38 del refrigerante por encima y por debajo de dos elevaciones de la sonda TC discretas adyacentes, excepto en los raros casos en los cuales el nivel 38 del refrigerante esté situado de manera discernible exactamente en un emplazamiento de la sonda. Así mismo, un material que fluye, como por ejemplo agua o vapor, retira más energía térmica de la sonda 44. En cuanto tal, puede ser determinada la velocidad del flujo del agua refrigerante que fluye hacia abajo a través del tubo descendente 22. Un ejemplo de una sonda TC 44 es un tipo comercialmente disponible en Magnetrol International, Inc., Thermatel®, Modelo No. TD1 / TD2.

La sonda TDR 46 emite uno o más impulsos electromagnéticos hacia abajo de un cable o varilla y mide el retardo de tiempo de la reflexión de los impulsos que se produce debido a las diferencias dieléctricas entre el vapor y el agua. En cuanto tal, la sonda TDR 46 es utilizada para medir el nivel del líquido del agua refrigerante que fluye hacia abajo a través del tubo descendente 22. Ejemplos de sondas TDR 44 son los tipos comercialmente disponibles en Magnetrol International, Inc. Eclipse® Enhanced Modelo No. 705, y Endress + Hauser, Inc., Modelo No. Levelflex M FMP41C y FMP45.

En funcionamiento, el sistema 40 de sondas comprende, o bien una combinación de sondas EC 42 y de sondas TDR 46, o una combinación de sondas TC 44 y de sondas TDR 46, o una combinación de sondas EC 42, de sondas

TC 44 y de sondas TDR 46. Esto es, el sistema 40 de sondas comprende una pluralidad de sondas de conductividad / resistividad (sondas EC 42 y / o de sondas TC (o HJT) 44) y una o más sondas TDR 46, reduciendo al mínimo de esta manera el número de penetraciones requeridas en la vasija 12 del reactor. Las sondas EC 42 o las sondas TC (o HJT) 44 están situadas en emplazamientos deseados para la medición del nivel de agua de un punto en combinación con las sondas TDR 46. Ambas mediciones discontinuas procedentes de las sondas 42, 44 de conductividad y las mediciones continuas procedentes de las una o más sondas TDR 46 son utilizadas para calibrar y corregir la medición del nivel del refrigerante existente dentro del tubo descendente 22 del reactor 10.

Mediante la combinación de los atributos los procedimientos técnicos de cada tipo de sonda 42, 44, 46 en un sistema 40 de sondas unificado para la medición del nivel del agua y de la velocidad del fluido existente en el interior del tubo descendente, se combinan las resistencias de cada tipo de sonda para proporcionar un efecto sinérgico que potencia al máximo la determinación del tiempo de respuesta, de la previsión y de los fallos y el funcionamiento de un entorno volátil (dos fases). De modo específico, debido a la relación entre la constante dieléctrica y la conductividad, las sondas EC 42 pueden ser utilizadas de consuno con las unas o más sondas TDR 46 para corregir las desviaciones de la conductividad del agua que puedan alterar la precisión de la sonda TDR 46.

Así mismo, para un entorno multifase, por ejemplo, un entorno de vapor y agua, los cambios de la constante dieléctrica influyen en la amplitud de la señal de los impulsos reflejada a partir de la sonda TDR 46, de forma que la compensación derivada del cambio de la conductividad debida a las sondas 42, 44 puede ser utilizada para ajustar la sensibilidad de recepción (y la precisión) de la sonda TDR 46. Así mismo, en el caso de un entorno multifase en el que exista una espuma entre las capas de vapor y agua, la información combinada de las sondas de conductividad 42, 44 discreta y de las sondas TDR 46 continua puede ser mucho más fiable e informativa que las mediciones procedentes de las sondas de conductividad y de las sondas TDR por separado. Por ejemplo, las sondas TDR 46 pueden medir las múltiples reflexiones procedentes de la superficie de contacto entre vapor / espuma y de la superficie de contacto entre espuma / agua, mientras que las sondas de conductividad 42, 44 pueden confirmar la información medida procedente de las sondas TDR 46 con mediciones de la conductividad diferentes procedentes de la capa de vapor, de la capa de espuma y de la capa de agua.

Tal y como se indicó con anterioridad, el sistema 40 de sondas comprende una combinación de una pluralidad de sondas conductivas eléctricas (EC) 42 y / o una pluralidad de sondas conductivas térmicas (TC) 44 (así mismo conocidas como termopares de conducción calentada (HJT), y una o más sondas reflectométricas de dominio temporal (TDR) 46. Con referencia ahora a las FIGS. 2 a 5, se describirán a continuación diversas combinaciones del sistema 40 de sondas. Una combinación se muestra en la FIG. 2, en la cual el sistema 40 de sondas incluye una pluralidad de sondas TC 44 situada en emplazamientos deseados que proporcionan tanto una detección discreta del nivel del refrigerante como una detección continua de la velocidad del flujo del refrigerante situado dentro del tubo descendente 22 del reactor 10.

Otra combinación se muestra en la FIG. 3, en la cual el sistema 40 de sondas incluye una pluralidad de sondas EC 42 situadas en emplazamientos deseados que proporcionan una detección discreta del nivel del refrigerante, y una pluralidad de sondas TC 44 situadas en emplazamientos deseados que proporcionan tanto una detección discreta del nivel del refrigerante como una detección continua de la velocidad del flujo del refrigerante existente dentro del tubo descendente 22 del reactor 10.

Otra combinación adicional se muestra en la FIG. 4, en la cual el sistema 40 de sondas incluye una pluralidad de sondas EC 42 situadas en emplazamientos deseados que proporcionan una detección discreta del nivel del refrigerante, y una sonda TDR 46 que se extiende desde sustancialmente la longitud del sistema 40 de sondas para proporcionar una detección continua del nivel del refrigerante existente dentro del tubo descendente 22 del reactor 10.

En otra combinación adicional mostrada en la FIG. 5, el sistema 40 de sondas incluye una pluralidad de sondas EC 42 situadas en emplazamientos deseados que proporcionan una detección discreta del nivel del refrigerante, y una pluralidad de sondas TC 44 situadas en emplazamientos deseados que proporcionan tanto una detección discreta del nivel 38 del refrigerante como una detección continua del flujo del refrigerante situado dentro del tubo descendente 22. Un sistema 40 de sondas incluye, así mismo, una sonda TDR 46 que se extiende desde sustancialmente la longitud del sistema 40 de sondas para proporcionar una detección continua del nivel del refrigerante existente dentro del tubo descendente 22 del reactor 10.

Tal y como se ha descrito con anterioridad, el sistema 40 de sondas determina el nivel del refrigerante existente en el tubo 22 del reactor 10. Así mismo, las sondas TC 44 hacen posible la determinación de la velocidad del flujo. Llevando esto a cabo, el sistema 40 de sondas elimina la necesidad de un sistema de presión diferencial que se requiere en diseños de reactores convencionales reduciendo de esta manera el coste y la complejidad del diseño del reactor.

Debe apreciarse que la invención no está limitada por el emplazamiento del sistema 40 de sondas y que la invención puede ser utilizada en otros emplazamientos para la determinación del nivel 38 del refrigerante y de la velocidad del flujo para un refrigerante de dos fases o para un refrigerante de una única fase. Por ejemplo, el sistema 40 de

sondas puede ser utilizado para medir el nivel del agua y la velocidad del flujo de un generador de vapor de un reactor de agua a presión (PWR).

Esta descripción escrita utiliza ejemplos para divulgar la invención, incluyendo el mejor modo, y, así mismo, para hacer posible que cualquier persona experta en la materia ponga en práctica y utilice la invención. El alcance patentable de la invención se define por las reivindicaciones.

5

REIVINDICACIONES

1.- Un reactor (10) de agua en ebullición, que comprende

una vasija (12) de presión del reactor;

5 un escudo (20) del núcleo dispuesto de forma concéntrica dentro de la vasija (12) de presión del reactor para proporcionar un tubo descendente (22) anular que forma una vía de flujo del refrigerante entre una pared de la vasija de presión del reactor y el escudo (20) del núcleo; y

un sistema (40) de sondas para la determinación de un nivel (38) del refrigerante y de una velocidad del flujo existente dentro del reactor

caracterizado porque:

10 el sistema (40) de sondas comprende una sonda de conductividad (42, 44) y una sonda reflectométrica de dominio temporal (46), en el que el sistema (40) de sondas está, al menos parcialmente, dispuesto dentro de un tubo descendente (22) del reactor (10) nuclear, para la determinación del nivel (38) del refrigerante y de la velocidad del flujo en el tubo descendente (22) del reactor (10), y en el que el sistema (40) de sondas comprende así mismo un medio para calibrar y corregir las mediciones del nivel (38) del refrigerante utilizando mediciones discontinuas procedentes de la sonda de conductividad (42, 44) y mediciones continuas procedentes de la sonda reflectométrica de dominio temporal (46).

2.- El reactor de acuerdo con la Reivindicación 1, en el que la sonda de conductividad (42, 44) comprende una sonda entre una sonda de conductividad eléctrica (42) y una sonda de conductividad térmica (44).

20 3.- El reactor de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la sonda de conductividad comprende una sonda de conductividad térmica (44) dispuesta para la determinación de la velocidad del flujo existente dentro del tubo descendente (22).

4.- El reactor de acuerdo con una cualquiera de las Reivindicaciones precedentes, en el que el reactor (10) de agua en ebullición es un reactor de agua en ebullición de circulación natural.

25

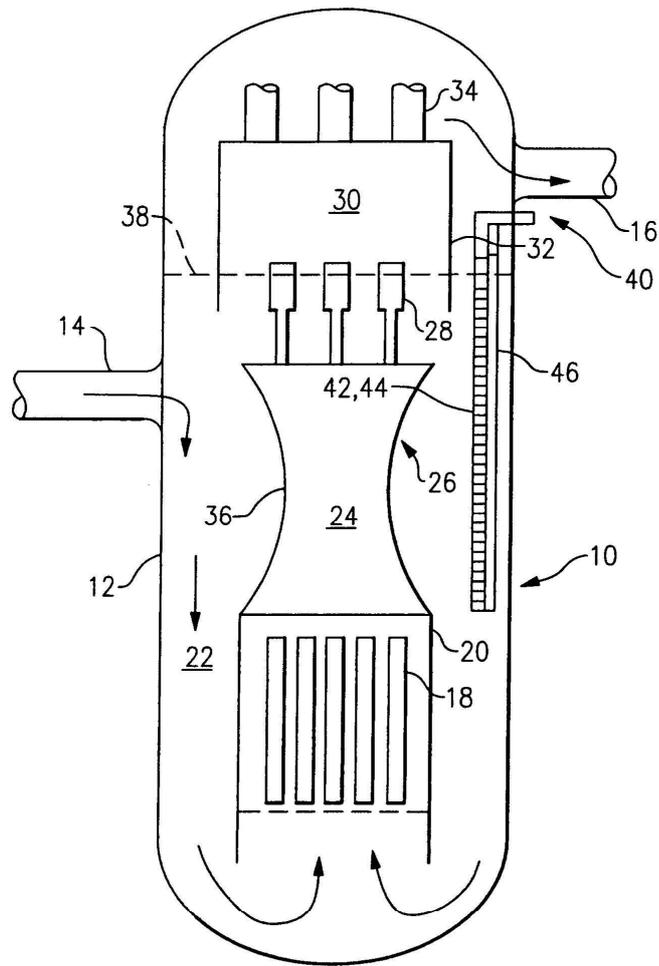
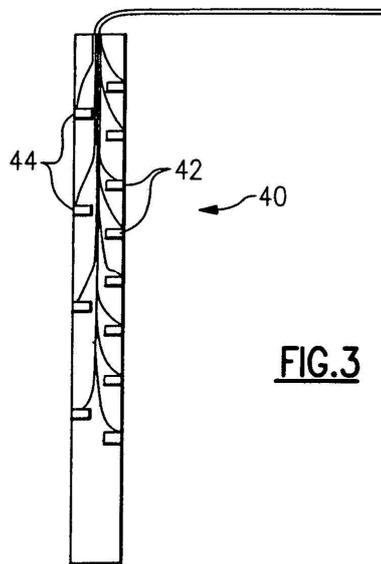
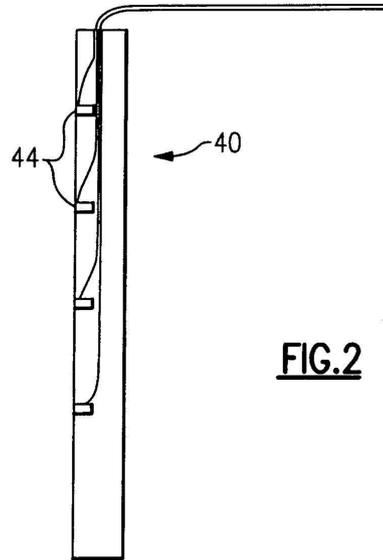


FIG. 1



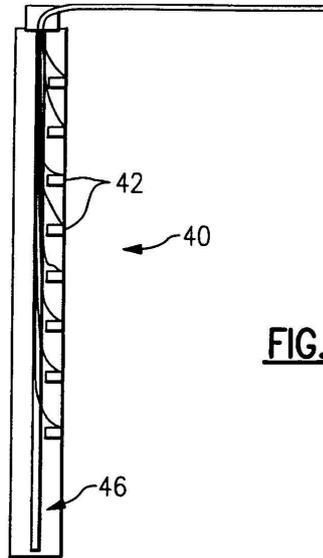


FIG. 4

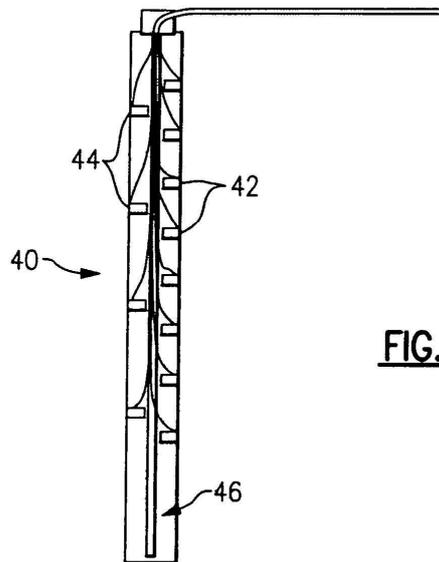


FIG. 5