

Int. No. COIN

44782

MEMORIA DESCRIPTIVA
correspondiente a la solicitud de una
PATENTE DE INVENCION

Solicitante: WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION

Domicilio: Westinghouse Building, Gateway Center, PITTSBURGH, Pennsylvania 15222 Estados Unidos.

Enunciado: METODO PARA DETECTAR EL ARRASTRE DE UN GAS EN UN LIQUIDO.

Prioridad: De la solicitud de patente estadounidense n° 517.117 del 23 de Octubre de 1.974.

IN.-

**POOR
QUALITY**

1 El invento se refiere de manera general a un método para vigilar el arrastre de un gas y, más particularmente, se refiere a un método que facilita simultáneamente una indicación de la iniciación del arrastre del gas, así como de la concentración del gas no disuelto en un líquido.

5 En la técnica anterior, por ejemplo en la Patente de los Estados Unidos No. 3.240.674 a nombre de Ledwidge, se ha intentado vigilar la ebullición utilizando técnicas acústicas de supervisión de ruido, pero sin embargo no existe actualmente ningún método que sea capaz de proporcionar una indicación precisa del comienzo de la ebullición y que deje un tiempo suficiente para que puedan tomarse medidas correctivas.

10 El objeto principal del invento consiste en proporcionar un método de vigilancia antes de la iniciación de la ebullición.

15 El invento consiste de manera general en un método de detección de arrastre de gases en un líquido, que incluye las fases que consisten en generar una señal ultrasónica, propagar la señal ultrasónica a través del líquido, recibir la señal propagada, separar las armónicas de orden más alto de la frecuencia fundamental dada en la señal recibida, y supervisar los cambios que se producen en las armónicas de orden más alto para medir el comienzo del arrastre de los gases.

20 La figura 1 es una vista en sección de un reactor nuclear refrigerado por líquido que incorpora el aparato utilizado de acuerdo con el método del invento.

25 Haciendo referencia a la figura 1, se observará que se ilustra en ella una forma de reactor nuclear, del tipo de metal líquido, que tiene una vasija tubular 12 que constituye un recipiente presurizado que está herméticamente cerrado por su cie

1 rre superior 4. La vasija presurizada incluye un núcleo de reac
tor 6 provisto de una multiplicidad de barras de combustible en
vainadas 8 situadas longitudinalmente y separadas las unas de
las otras, formando conjuntos de barras paralelas. Las extremi
5 dades inferiores de las barras de combustible están soportadas
en el interior de una placa de soporte inferior de núcleo 10
que cuelga de las paredes laterales de la vasija presurizada 2.
El sodio utilizado como refrigerante penetra a través del ori-
ficio de entrada 12 y sale por el orificio de salida 14 que es
10 tán formados en las paredes cilíndricas de la vasija presuriza
da 2 y que la atraviesa. Cuando penetra en la vasija, el re-
frigerante ocupa la cámara de pleno inferior 16 del núcleo y su
be a través de los conductos formados entre las barras de com-
bustible. Después de atravesar el núcleo, el refrigerante sa-
15 le de la vasija por el conducto de la vasija 14.

Cada conjunto de elementos de combustible tiene
por lo menos un tubo de instrumentación correspondiente 18 que
penetra a través del cierre superior del reactor en el interior
de la vasija presurizada y que se termina en la extremidad su-
20 perior del conjunto de combustible. En el interior de cada tu
bo de instrumentación se halla por lo menos un conducto de so-
nido adecuadamente constituido por una barra metálica hueca o
maciza, la cual, a título de ilustración, se extiende más allá
del orificio superior del tubo de instrumentación 18. Dos guía -
25 ondas de este tipo 20 y 26 se indican a título de ilustración
en la figura. Las extremidades inferiores de los guía-ondas es
tán en contacto directo con el sodio de refrigeración. Unos
transductores acústicos 22 y 28, así como sus equipos de instru-
mentación correspondientes 24 y 30, están conectados con los ter-
30 minales externos de los guía-ondas. Los conjuntos de guía-on-

1 das/transductores/equipos de instrumentación se utilizan para
llevar a la práctica el método según el invento de la manera
que se describirá más adelante.

5 De acuerdo con las fases de vigilancia del inven
to, se generan unos impulsos acústicos en el transductor piezo
eléctrico 22 y se transmiten por medio del guía-ondas 18 a tra
vés de la boquilla de salida de refrigerante de los conjuntos
de combustible del reactor. Un segundo guía-ondas 26 está dis
10 puesto de modo que pueda recibir la señal acústica después de
su propagación a través del refrigerante para excitar las bo
quillas del conjunto de combustible. La señal recibida se trans
forma en una tensión de salida eléctrica por medio de un segun
do transductor piezo eléctrico 28 y es tratada por un analizador
de frecuencia para obtener la frecuencia fundamental y las armó
15 nicas de orden más elevado de la frecuencia transmitida. El e
quipo de instrumentación 30 interpreta las variaciones que se
producen en las armónicas como medición de la iniciación del
arrastre de los gases y de la concentración de los gases en sus
pensión en el refrigerante.

20 El fluido, en este caso el refrigerante metálico
líquido, que está situado entre los terminales del guía-ondas
puede ser considerado como formando una línea de transmisión y
su compresibilidad (deformación volumétrica por cada unidad de
incremento de selección) puede ser considerada como análoga a
25 la capacitancia en derivación por cada unidad de longitud. Cuan
do se forman burbujas en el interior del líquido, la compresi
bilidad del gas no disuelto introduce una capacitancia deriva
da suplementaria en la línea de transmisión análoga. La defor
mación volumétrica está relacionada con el incremento de pre
30 sión por la siguiente ecuación:

1 Término del primer orden

$$\frac{V-V_0}{V_0} \approx \left[7 \cdot (1/a_L) \left(1 + \delta (a_L/a_g) \left(\frac{P-P_0}{P_0} \right) \right) \right] +$$

5 Término del segundo orden

$$\left[\left(\frac{b_L}{2a_L^3} \right) \left(1 + \delta (a_L/a_g)^2 \right) \left(\frac{P-P_0}{P_0} \right)^2 \right] \quad (1)$$

10 en la cual a_L , a_g y b_L están definidos en el artículo "no linealidad acústica debida a micro burbujas en agua" por Welsby y Safar, Acoustica, 22, 178-182, 1.959/70 y

$\frac{V-V_0}{V_0}$ es la deformación volumétrica,

15 P es la presión instantánea,

P_0 es la presión hidrostática,

con $\delta = v_g/v_L$ es la fracción media, en volumen del medio que está ocupado por las burbujas, refiriéndose los subfijos g y L al gas y al líquido, respectivamente.

20 y a_L/a_g es la relación entre los módulos volumétricos del líquido y del gas.

T A B L A I

25 Relación de compresibilidad líquido/vapor del sodio líquido en función de la temperatura.

T	a_L/a_g
°C	
300	5,82
30 400	145,17

1 500 156,24

 600 9.702,00

Se observará que $a_L/a_g = 3 \text{ (SVP)} \times 10^5$.

siendo SVP la presión de saturación del vapor,

5

y $a_L \simeq 2 \times 10^5 \text{ atm}^{-1}$ desde 300°C hasta 600°C .

En la ecuación 1, puede verse que el término de primer orden de la deformación volumétrica no estará afectado por la presencia de burbujas hasta que $\delta (a_L/a_g)$ sea igual a 1 aproximadamente. Sin embargo, el término de segundo orden empieza a ser afectado cuando la salida $(a_L/a_g)^2$ es aproximadamente igual a 1. Como se ve en la tabla I, a 600°C (1.120°F) en el sodio líquido, (a_L/a_g) es aproximadamente igual a 10^4 . Por consiguiente, a esta temperatura, las burbujas empezarán a cambiar el término del segundo orden en la ecuación 1 y por consiguiente la no linealidad efectiva del medio, cuando δ es inferior o igual a 10^{-8} , es decir cuando el volumen de las burbujas es inferior o igual a 10^{-8} del volumen total. Por otra parte, se necesitará una relación volumétrica igual a 10^{-4} para producir el mismo tipo de variación en el término del primer orden de la deformación volumétrica.

10

15

20

Ya que el incremento del término de segundo orden en la ecuación 1 hace que la compresibilidad del medio dependa del incremento de presión aplicado, se producirán armónicas del segundo orden y de orden más elevado de la frecuencia transmitida cuando las burbujas empiezan a formarse. Sin embargo, las variaciones de la velocidad del sonido que están asociadas con los cambios en el primer término de la ecuación 1, se producirán solamente con concentraciones de burbujas mucho más importantes, tal y como se ha indicado más arriba.

25

30

1 Por tanto, las armónicas de segundo orden y de
ordenes más elevados de la frecuencia transmitida se supervi-
san para indicar el comienzo de la ebullición. Simultáneamen-
te, se utilizan técnicas normales tales como la supervisión del
5 efecto de variación Doppler del espectro de frecuencia de la
forma de onda recibida o la medición de la atenuación del pri-
mer armónico, para detectar los cambios en el término del pri-
mer orden de la ecuación 1, cuando existe una elevada concen-
tración de burbujas que indica una ebullición activa.

10 Por tanto, vigilando simultáneamente los nive-
les de umbral de primer orden y de segundo orden del medio, el
método según el invento es extremadamente sensible a la presen-
cia y a la concentración del gas arrastrado. Los expertos en
la materia se darán cuenta de que la electrónica asociada con
15 el equipo de instrumentación 24 facilita la fuerza de acciona-
miento del transductor generador 22 y que el analizador de fre-
cuencias 30 es un aparato bien conocido.

Además de efectuar una medición del comienzo de
la ebullición y del grado de la misma, el método según el inven-
20 to puede ser utilizado simultáneamente para supervisar la inte-
gridad del combustible situado en el núcleo. En el caso impro-
bable de un fallo estructural de los elementos de combustible
que diese lugar a una rotura de la vaina del combustible, unas
burbujas de gas de varios tamaños debidas a la fisión radioac-
25 tiva se formarían en el refrigerante primario. Estos fallos
pueden ser diferenciados de la ebullición, de acuerdo con el in-
vento, mediante una comparación de la medición ultrasónica de
las burbujas con una medición de radioactividad. Por consiguien-
te, además de los guía-ondas mencionados más arriba, se sitúa en
30 el refrigerante supervisado un detector de radioactividad tal

1 como una cámara de ionización. Si la formación de las burbujas
es seguida por un incremento del nivel de radioactividad del re
frigerante indicado por el dispositivo de alarma de salida 32,
las burbujas pueden ser atribuídas a una rotura de la vaina.
5 Aunque se haya ilustrado solamente un grupo de instrumentación
de supervisión, se entiende que cada conjunto de combustible pue
de estar dotado de los guía-ondas apropiados y de un detector de
radioactividad. Por tanto, es posible localizar cualquier fa-
llo en un conjunto particular observando la posición del detec
10 tor que identifica el fallo.

Aunque el invento proporcione ventajas particu-
lares en una aplicación a reactores enfriados por líquido, y
en particular a reactores enfriados con sodio en razón de su am
biente extremadamente agresivo, se observará que el método fun
15 cionará adecuadamente en cualquier fluido conductor acústico
para medir el gas arrastrado. En una aplicación particular a
reactores nucleares, sin embargo, se obtienen ventajas cuplemen
tarias ya que se consiguen resultados que indican no solamente
la iniciación del arrastre del gas y la concentración del gas
20 disuelto en el líquido sino también la integridad estructural
del combustible.

TRADUCCION DE LAS INSCRIPCIONES DEL DIBUJO ORIGINAL.

- 22.- Transductor acústico.
- 25 24.- Circuito de excitación.
- 28.- Transductor acústico.
- 30.- Analizador de frecuencias.
- 32.- Dispositivo de alarma de salida.

En resumen, la presente Patente de invención que se soli-
30 cita deberá recaer en las siguientes:

1

REIVINDICACIONES

1.) Método para detectar el arrastre de un gas en un líquido refrigerante en un reactor nuclear, que incluye las fases que consisten en generar una señal ultrasónica, propagar la señal ultrasónica a través del líquido refrigerante a lo largo de un paso en el reactor nuclear, recibir la señal propagada, separar las armónicas de orden más elevado de la frecuencia fundamental de la señal recibida, y supervisar los cambios en las armónicas de orden más alto para medir la iniciación del arrastre del gas.

10

2.) Método según la reivindicación 1, caracterizado porque la fase de separación consiste en separar la segunda armónica y la fase de supervisión vigila los cambios en la segunda armónica para indicar la iniciación de la ebullición.

15

3.) Método según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque las variaciones en la frecuencia fundamental son representativas de la concentración del gas arrastrado y porque en la fase de supervisión se vigila simultáneamente las variaciones en la frecuencia fundamental y las variaciones en las armónicas de orden más alto para obtener una indicación de la iniciación del arrastre del gas y de la concentración del gas arrastrado.

20

4.) Método según la reivindicación 1, 2 ó 3, caracterizado porque se utiliza para supervisar los fallos del combustible en el interior de un reactor nuclear y porque dicho líquido incluye un refrigerante de reactor, incluyendo dicho método las etapas que consisten en detectar los incrementos de radioactividad en el refrigerante, y comparar los incrementos detectados en la radioactividad del refrigerante con los cambios observados en la frecuencia fundamental y en las armónicas de orden más elevado para medir los fallos del combustible.

25

30

5.) Método según la reivindicación 4, caracte-

1 rizado porque las fases de generación, propagación, recepción
y detección se efectúan en cada conjunto de elementos de com-
bustible, y porque incluye además la fase que consiste en iden-
5 tificar los emplazamientos de los conjuntos que presentan simul-
táneamente un incremento de radioactividad del refrigerante y
unas variaciones en la frecuencia fundamental y en las armóni-
cas de orden más alto controladas, lo que permite localizar los
fallos de combustible.

6.) Se reivindica por último como objeto sobre
10 el que ha de recaer la patente de invención que se solicita:
METODO PARA DETECTAR EL ARRASTRE DE UN GAS EN UN LIQUIDO.

Todo conforme queda descrito y reivindicado en
la presente memoria descriptiva que consta de diez páginas me-
15 canografiadas y dibujos adjuntos.

Madrid, 22 de Octubre de 1.975

BERNARDO UNGRIA

p.p.



20

25

30

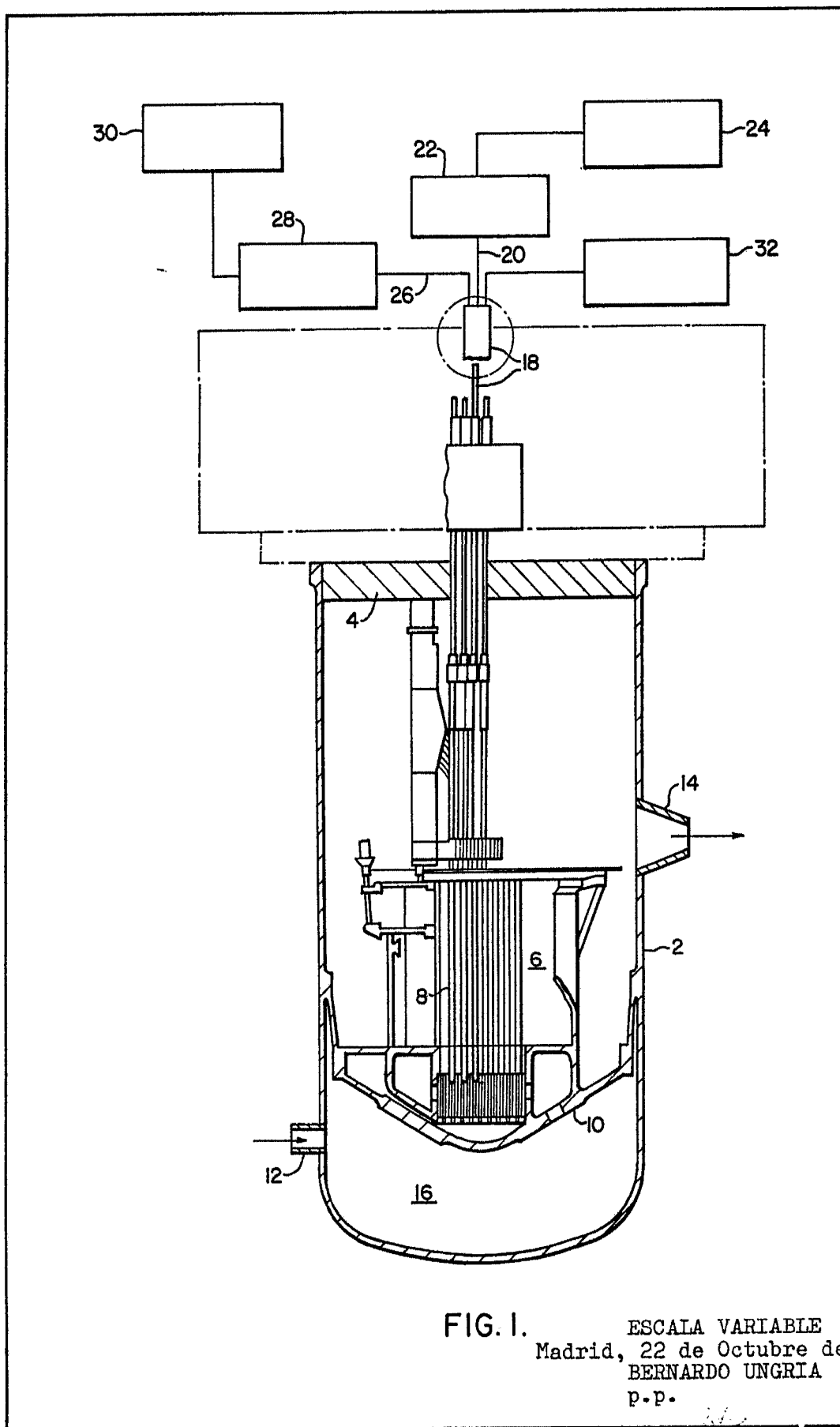


FIG. 1.

ESCALA VARIABLE
Madrid, 22 de Octubre de 1.975
BERNARDO UNGRIA
P.P.