

405535



MEMORIA DESCRIPTIVA
DE
PATENTE DE INVENCION
EN

ESPAÑA

por veinte años

a favor de UNITED STATES ATOMIC ENERGY COMMISSION.

con domicilio en WASHINGTON, Distrito de Columbia 20545

de nacionalidad Norteamericana

por "DISPOSITIVO Y METODO DETECTOR DE REACTIVIDAD EN MEDIOS PARA ALMACENAR MATERIAS COMBUSTIBLES FISIO NABLES".

de la que es inventor, los señores Norman P. Baumann y Charles E. Ahfeld.

Reivindicandose prioridad de la patente depositada en Estados Unidos bajo el número 169.227, con fecha 5 de Agosto de 1.971.



RESUMEN DEL DESCUBRIMIENTO.

Un dispositivo para detectar materias fisionables tiene una fuente de neutrones que oscila entre un punto cercano y un punto distante o lejano de un detector de neutrones, El detector está adyacente a la presunta materia fisionable y está protegido por materias hidrogenadas del punto distante. La salida del detector es transmitida a un instrumental analítico con el fin de determinar el cómputo de neutrones instantáneos o retardados o el efecto retardado del ángulo de desfaseamiento entre el flujo medido de neutrones y la oscilación de la fuente de neutrones. De estas determinaciones, pueden obtenerse la reactividad del combustible fisionable y la concentración de materias fisionables, en medios de almacenamiento profundamente subcríticos.

FONDO DE LA INVENCION.

La presente invención se efectuó en el curso, o en virtud, de un contrato con la Comisión de Energía Atómica de los Estados Unidos.

Campo de la invención.

La materia fisionable, como es el uranio-233, el uranio-235 o el plutonio-239, puede capturar un neutrón y separarlo al nivel nuclear para producir neutrones adicionales, por ejemplo, alrededor de 2,5 - neutrones por cada fisión del núcleo de uranio-235. Los neutrones de fisión producidos son instantáneos o retardados. Más del 99 por ciento de los neutrones iniciales de fisión son instantáneos y se emiten en un tiempo de aproximadamente 10^{-14} segundos después de



resultado de la fisión. Los restantes neutrones retardados se emiten durante un prolongado intervalo de tiempo y son de mayor importancia en las mediciones de reactividad y control del reactor.

5 Si un sistema puede producir los suficientes neutrones de fisión para mantener una reacción en cadena se dice que es crítico. La relación de un sistema con la criticidad puede expresarse en términos del factor de reproducción efectivo k_{eff} , esto es, la relación
10 del número medio de neutrones producidos por fisión en cada generación con el número total de los neutrones correspondientes absorbidos por la materia fisiónable o perdido del sistema. En un sistema subcrítico, k_{eff} es menor que 1,0 mientras que un sistema supercrítico tiene un k_{eff} de más de 1,0. Otro concepto para medir la criticidad de un sistema es la reactividad. La reactividad se define como la relación del exceso del factor de reproducción efectivo ($k_{eff}-1$) con el factor de reproducción. Glasstone, Principios de la Técnica de Reactores Nucleares, párrafo 4.17. D. von Nostrand Co., Inc. 1955.

La detección de la reactividad se realiza ordinariamente en medios subcríticos, interrogando al sistema con una fuente exterior de neutrones. La respuesta de los neutrones se examina con respecto a la fuente exterior de neutrones, con el fin de determinar la criticidad y reactividad del sistema. Las mediciones de radiación tomadas mientras el sistema se está interrogando por la fuente exterior de neutrones proporcionarán un cálculo del cómputo total de neutrones instan-



táneos; esto es, la suma de todas las generaciones de neutrones instantáneos presentes menos las pérdidas. Inmediatamente después de que la fuente exterior se extingue ó se retira, las mediones de radiación pueden emplearse para caracterizar el cómputo total de neutro
5 nes retardados; esto es, la suma de todas las generaciones de neutrones retardados presentes, multiplicada por el sistema menos las pérdidas.

La presente invención se refiere, generalmente,
10 a dispositivos detectores de reactividad que tienen aplicación en reactores subcríticos o en medios para almacenar materias combustibles fisiónables. En es- tanques receptores de combustible nuclear, por ejem- plo, es obligatorio mantener la reactividad a un ni-
15 vel de seguridad por bajo del punto crítico. Asimismo pueden inspeccionarse depósitos de almacenaje de des- perdicios profundamente subcríticos, o criptas, con el fin de proporcionar una anticipada detección de
20 gradientes de concentración o de acumulación de mate- rias fisiónables.

Descripción del arte anterior.

En los dispositivos detectores de reactividad anteriores, se han utilizadó fuentes de neutrones pul-
25 sados, tales como un pequeño acelerador que produce neutrones de reacciones de deuterio-tritio $T(D,n)^4He$. Esta faente de suministro puede producir reiteradamen- te impulsos de neutrones de muy corta duracción, por ejemplo, desde unos pocos microsegundos a milisengun- dos. Cada impulso decae dentro de la materia fisiona-
30 ble de una forma exponencial compleja que requiere -



componentes sofisticados de análisis de datos para
determinar la reactividad del sistema. Un analizador
de tiempo, de canales múltiples, se precisa usual-
mente para tener resoluciones precisas. Del comple-
5 jo instrumental y del propio acelerador pueden sur-
gir enormes problemas de operación y de mantenimien-
to. Por ejemplo, la materia de objetivo de tritio -
tiene una vida limitada y requiere reposición tan -
sólo al cabo de unas dos horas de tiempo "de trabajo"
10 (típicamente, de 20 a 50 horas de tiempo experimen-
tal total).

RESUMEN DE LA INVENCION.

Por lo tanto, es un objetivo de la presente in-
vención proporcionar un detector de precisión para
15 materias fisiónables que tienen una vida útil de ser-
vicio prolongada y exigencias de mantenimiento mí-
nimo.

Es otro objetivo de la misma, proporcionar un de-
tector de reactividad que tiene componentes simplifi-
20 cados de análisis de datos.

Es, también, un objetivo de la misma, proporci-
onar un detector para ensayar concentraciones de muy
bajo nivel de materias fisiónables en medios hidro-
genados, como, por ejemplo, en sistemas de almacena-
25 miento de desperdicios.

De acuerdo con la presente invención, se ha pre-
visto un detector para materias fisiónables que tie-
ne una fuente de suministro de neutrones isotópicos
unida a un dispositivo para hacer oscilar la fuente
30 de suministro entre un punto cercano a un detector de



1972

neutrones y un punto lejano o distante del detector de neutrones. En una de las formas de llevar a cabo la presente invención, la fuente de suministro de neutrones se retarda durante un primero y un segundo intervalo de tiempo, respectivamente, para producir un flujo de neutrones de onda rectangular aproximado en el detector. Se acoplan contadores dobles o contadores de impulsos a la salida del detector amplificada y se activan por separado por un circuito de desconexión periódica, en sincronización con la oscilación de la fuente de suministro de neutrones está retardada en el punto cercano, proporciona una lectura que se utiliza para determinar el cómputo total de neutrones instantáneos. El otro contador de impulsos se activa mientras la fuente de suministro de neutrones se retarda en el punto distante a su lectura se utiliza para conseguir el cómputo total de neutrones retardados. De la relación del total de neutrones retardados con el total de neutrones instantáneos puede calcularse la reactividad del sistema. En sistemas profundamente subcríticos, el cómputo total de neutrones retardados tomado en puntos diferentes puede dar un cálculo de la concentración relativamente de materia fisionable en los diferentes puntos.

En otra realización de la presente invención, la fuente de suministro de neutrones se fija a un elemento para la oscilación continua a una frecuencia conocida, para producir una oscilación del flujo de neutrones de tipo sinusoidal con respecto al de-



5 tector de radiaciones. La oscilación puede producirse, bien sea por rotación alrededor de un eje o bien mediante un movimiento alternativo continuo hacia y desde la materia fisionable y el detector. La respuesta de los neutrones del sistema se mide y su forma de onda se compara con la de la fuente de suministro oscilante. El efecto retardado del ángulo de desfase-
10 miento de la respuesta de los neutrones del sistema, detrás de la de la fuente de suministro oscilante, indica la reactividad del sistema, especialmente en medios casi críticos.

DESCRIPCION DE LOS DIBUJOS.

La presente invención está representada por los dibujos que se acompañan, en los que:

15 La Figura 1 es una vista esquemática de un detector de reactividad del tipo oscilante, utilizado conjuntamente con un combustible nuclear.

La Figura 2 es una representación gráfica de la respuesta de los neutrones del sistema mostrado en la fig. 1.
20

La Figura 3 es una vista esquemática de un detector oscilante para ensayar materias fisionables en un sistema de almacenamiento de desperdicios o similar.

25 La Figura 4 es una vista esquemática, en planta, de un detector oscilante que tiene un elemento rotativo para ser utilizado en medios casi críticos con altos niveles de neutrones de fondo.

La Figura 5 es una representación gráfica de la frecuencia oscilante y de la respuesta de los neutro-
30

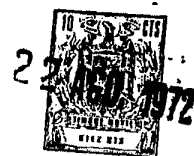


nes del sistema mostrado en la fig. 4.

DESCRIPCION DETALLADA DE LA REALIZACION PREFERIDA

Haciendo referencia, ahora, a la fig. 1, en ella se representa un elemento de combustible nuclear 11, que contiene materia fisionable 13, que es representativo de un elemento de una dispsición de elementos de combustible tal y como podría encontrarse en un estanque receptor o de almacenamiento de combustible. Esta disposición comprende un motor de vaivén 10, para hacer oscilar una fuente de suministro de neutrones, que está sustentado, por su extremo 19, cercano a o contra el elemento de combustible 11, y por su otro extremo, 21, en un punto lejano. Hay un detector de neutrones 15, como es un contador proporcional lleno de gas BF_3 , situado contra o cerca del elemento de combustible 11 o un elemento de combustible cercano. Aunque el detector 15 y el motor 10 pueden montarse en el mismo elemento de combustible, como se muestra, en una disposición compleja de elementos de combustible pueden obtenerse mediciones más exactas, montado el motor 10 en un elemento de combustible periférico y el detector 15 en un elemento de combustible hacia el centro o el lado opuesto de la disposición. En la mayor parte de las disposiciones, el detector 15 va montado en una superficie del elemento de combustible opuesta al motor 10, con el fin de reducir al mínimo la detección de neutrones procedentes de la fuente de suministro antes de su interacción con las materias fisionables.

El motor de vaivén 10, comprende un cilindro alar-



gado 17 con un conducto axial 29 que contiene una lanzadera móvil 27. La lanzadera 27 está formada por una fuente de suministro encapsulada de neutrones 31 encerrada dentro de una capa de plástico exterior 33, que puede ser de teflón (politetrafluoroetileno). La fuente de suministro 31 puede comprender una cantidad de californio-252 que emite neutrones por fisión espontánea u otra fuente de suministro de neutrones isotópicos. Por ejemplo, podría emplearse un suministro de plutonio-berilio o de antimonio-berilio que produce neutrones mediante reacción nuclear.

Se han previsto compuertas 23 y 25 en el cilindro 17, para admitir y descargar el fluido hidráulico en el conducto 29, con el fin de hacer oscilar la lanzadera 27 entre un punto cercano al detector de neutrones 15 y un punto lejano al mismo. El fluido hidráulico es un líquido hidrogenado, que puede ser agua, para porteger la fuente de suministro de neutrones 31 del elemento de combustible 11 y el detector 15, siempre que la lanzadera 27 se encuentre en el punto lejano, esto es, cerca del extremo 21. El cilindro 17 debe tener la longitud suficiente para permitir una relación de porcentaje de cómputo de neutrones de aproximadamente 160:1 entre los puntos cercano y lejano. En la mayor parte de los casos, la fuente de suministro de neutrones recorrerá 30 centímetros o más entre estos puntos, en un sistema lleno de agua.

Amortiguadores de plástico o de simil goma 35 absorben los golpes y el impulso de la lanzadera 27, a medida que oscila del punto cercano al punto lejano



del cilindro 17. Es preferible que la lanzadera 27 se
detenga encada extremo mediante una colisión inelás-
tica con el mortiguador 35, para evitar que la fuente
de suministro de neutrones rebote o vibre en los pun-
5 tos extremos.

Una válvula de control 37 regula el flujo o co-
rriente de agua que va al cilindro 17, la válvula 37
puede ser una válvula de solenoide de 4 vías accionada
eléctricamente, de tipo corriente, que tiene dos po-
10 siciones y cuatro compuertas. Las compuertas 39 y 41
están conectadas con las compuertas 23 y 25, respec-
tivamente, del cilindro hidráulico 17 y las compuer-
tas 43 y 45 están acopladas a un suministro de líqui-
do o agua a presión y de aire de ventilación. Cuando
15 la válvula 37 se encuentra en la primera posición, la
compuerta 39 se comunica con la compuerta 43 y la -
compuerta 41 se comunica con la compuerta 45, para -
ventilar el extremo cercano del cilindro 17 al tiempo
que presioniza el extremo distante o lejano. Por con-
20 siguiente, la lanzadera 27 es forzada al punto cerca-
no adyacente al extremo 19. Cuando la válvula se con-
muta a la segunda posición, las comunicaciones de las
compuertas se invierten, para accionar la lanzadera
27 al lado lejano del cilindro 17. Es evidente para
25 los entendidos en la materia que pueden utilizarse
disposiciones alternadas de valvulaje para hacer os-
cilar la lanzadera 27 dentro del cilindro 17.

El suministro de agua acoplado a la compuerta 45
de la válvula de control 37 está equipado con un tan-
30 que amortiguador o elástico 47, neumático. El tanque



47 está precoinizado y parcialmente lleno de agua u
otro líquido hidrogenado 49, con una cámara de aire
51 resultante en su parte superior. La cámara de ai-
re 51 absorbe los golpes hidráulicos y vibraciones
5 resultantes producidas a medida que la válvula de -
control 37 se conmuta de una posición a la otra.

La oscilación de la válvula de control 37 está
regulada eléctricamente por un dispositivo temporiz-
ador cíclico corriente 53, que proporciona una se -
10 ñal "conectada" durante un primer intervalo de tiem-
po seguida por una señal "desconectada" durante un
segundo intervalo de tiempo. Estas señales "conectadas"
y "desconectada" pueden ser cualquiera de varias se-
ñales eléctricas, como es la presencia o la ausencia
15 de una corriente eléctrica para excitar o desexcitar
un solenoide dentro de la válvula 37.

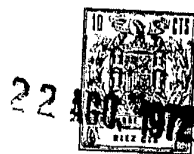
El temporizador 53 controla, también, el funcio-
namiento de dos contadores de impulsos o contadores
55 y 57. Los contadores de impulsos son dispositivos
20 contadores corrientes, de alta frecuencia, que se u-
tilizan a menudo con detectores de irradiación de sa-
lida de impulsos. Cada contador de impulsos está ac-
tivado por un dispositivo de conmutación interior aco-
plado eléctricamente al temporizador 53. El contador
25 de impulsos cercano 55 está activado y se le per-
mite contar o registrar solamente mientras la lanzade-
ra 27 está en el punto cercano y el contador de impuls-
os lejano 57 registra solamente mientras la lanza-
dera está en el punto lejano. Quizá sea de desear re-
30 tardar ligeramente la señal procedente del temporiz-

22 AGO 1972

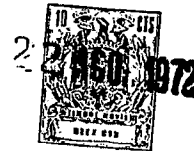
zador 53 a cada contador de impulsos después de que la señal a la válvula de control 37 es transmitida para permitir que la lanzadera llegue a su destino antes de activar el correspondiente contador de impulsos.

La señal de conteo de neutrones procedente del detector 15 se amplifica y se deriva en un amplificador-discriminador 59 y se transmite a los contadores de impulsos cercano y lejano 55 y 57, donde se registra por separado. La salida de los dos contadores de impulsos se transmite a un sistema procesador de datos 61 que puede ser un pequeño dispositivo computador. Si no se dispone de este dispositivo, puede utilizarse un operario para tomar las lecturas y realizar cálculos de menos importancia con el fin de determinar la reactividad de la disposición de combustible nuclear.

Al operar el detector de reactividad de la figura 1, se transmite una señal que representa el cómputo de neutrones, alternativamente a los dos contadores de impulsos 55 y 57 desde el detector de neutrones 15. En la figura 2, t_1 corresponde al tiempo cuando la lanzadera 27 llega al punto cercano y el contador de impulsos cercano es activado para poder registrar el cómputo de neutrones. El tiempo t_2 corresponde a cuando la lanzadera llega al punto lejano; el contador de impulsos lejano 57 es activado y el contador de impulsos cercano es inactivado. En t_3 , el sistema vuelve al estado o la condición que se describe en conjunción con t_1 , etc.



Las zonas marcadas N_p debajo de la forma de onda de la fig. 2, corresponden al total de la contribución del cómputo de neutrones instantáneos a la salida del detector de neutrones 15. Los lados verticales de las zonas señaladas N_p se inclinan ligeramente hacia agentro, debido al tiempo limitado, necesario para que la lanzadera 27 recorra la longitud del cilindro 17. Es de desear mantener este tiempo de recorrido e inclinación al mínimo, de modo que estas zonas puedan ser tratadas como rectángulos. Esto resultará evidente al examinar las ecuaciones 2 y 3 - que se dan más abajo. La zona señalada N_d corresponde al total del cómputo de neutrones retardados que también incluye neutrones instantáneos que se desprende de hechos de fisión producidos por neutrones retardados de una generación anterior. Expresado de forma diferente, el cómputo de neutrones retardados se multiplica por la material fisionable dentro de la disposición del elemento de combustible. La forma de onda entre t_2 y t_3 está ligeramente inclinada en sentido descendente, debido al decaimiento del tipo de cómputo total de neutrones retardados dentro de la material fisionable, mientras que la fuente de suministro de neutrones 31 está en el punto distante o lejano. Ya que la zona N_d , al igual que la zona N_p se trata como un rectángulo en las ecuaciones 2 y 3 que se dan más adelante, $t_3 - t_2$ no deben ser mayores con respecto a $t_2 - t_1$, con el fin de reducir este decaimiento. Asimismo, en la figura 2 se muestra el cómputo de fondo, en la zona designada BG y tiene que medirse y deducir-



se de las lecturas de ambos contadores de impulsos, para obtener una determinación de reactividad precisa.

La reactividad puede calcularse en sistemas subcríticos de la ecuación siguiente, hallada en Sjösttrand, "Mediciones en un reactor subcrítico utilizando una fuente de suministro de neutrones impulsados", Ark. Fys. 11,234 (1956):

$$p = -B_{eff} \frac{N_p}{N_d}$$

donde:

p = es la reactividad del sistema;

B_{eff} = es la fracción efectiva de los neutrones retardados a los neutrones totales emitidos en cada fisión promediada en numerosos actos de fisión. La fracción real de los neutrones retardados, B , es una constante para cada tipo de material fisionable, pero ya que los neutrones instantáneos tienen una energía media que es, substancialmente, mayor que la energía media de los neutrones retardados, se pierden del sistema más neutrones instantáneos. Por consiguiente, puede hacerse una ligera corrección basada en los cálculos de la teoría de difusión para la disposición de combustible nuclear particular, si la precisión agregada es un factor deseable. Keepin, Física de la Cinética Nuclear, 172-185, Addison-Wesley Publishing Co. Inc., (1965).

N_p = es el total del cómputo de neutrones instantáneos

N_d = es el cómputo total de neutrones retardados.

Es evidente, al estudiar la figura 2, que pueden calcularse valores para N_p y N_d , de las lecturas de



los contadores de impulsos, en las ecuaciones siguientes:

$$N_d = 1 + \frac{t_2 - t_1}{t_3 - t_2} n_r \quad \text{Ecuación 2}$$

5

$$N_p = n_p - \frac{t_2 - t_1}{t_3 - t_2} n_r \quad \text{Ecuación 3.}$$

donde:

10 n_r es el cómputo del contador lejano o a distancia después de la corrección de fondo;

n_p es el cómputo del contador cercano después de la corrección de fondo;

15 $t_2 - t_1$ es el intervalo de tiempo mientras el suministro de neutrones está en el punto cercano, y

$t_3 - t_2$ es el intervalo de tiempo mientras el suministro de neutrones está en el punto lejano.

20 Se ha comprobado que, para un sistema que contiene materia fisionable U-235, el detector de reactividad está óptimamente programado con $t_2 - t_1$ y $t_3 - t_2$, siendo ambos aproximadamente iguales a un segundo. Este valor se selecciona porque se encuentra entre el tiempo de decadencia de promedio máximo de neutrones
25 instantáneos de, aproximadamente, 0,1 segundo, y el tiempo de duración medio de neutrones retardados de, aproximadamente 10 segundos en un sistema de combustible nuclear U-235 subcrítico. Ambos intervalos de tiempo deben ser, aproximadamente iguales, para obtener
30 una sensibilidad máxima de una fuente de suministro



tro.

Haciendo ahora, referencia a la figura 3, en ella se muestra parte de un tanque o estanque de desperdicio nuclear subterráneo 65, con una cámara de
5 aire 67, una capa de líquido sobrenadante 69 y una capa de materia fangosa radioactiva 71, que contiene las materias líquida y sólida. Un tubo vertical o conducto 73 se extiende desde un punto exterior accesible hasta el fondo del tanque 65 y está obtu-
10 rado del material radioactivo y del líquido contenido dentro del tanque. Un disco o cilindro sólido 75 de material protector contra las irradiaciones gamma, por ejemplo, plomo, está montado de forma móvil dentro del paso 77 del conducto 73 y se muestra colocado por encima del fondo del tanque 65. Un detector de
15 neutrones 79, que puede ser una cámara de fisión ^{235}U , está centrado diametralmente dentro del disco 75. El material del disco protege el detector 79 contra las irradiaciones gamma, pero permite que pase la mayor parte de la irradiación de neutrones. La operación
20 del detector 79 es transmitida al instrumental instalado en la superficie, a través del cable eléctrico 87 que puede estar encerrado en un conducto protector - (que no se muestra). Este conducto o cualesquiera otros medios pueden utilizarse para elevar, descender
25 y sustentar el disco 75 dentro del paso 77.

Hay un cilindro hidráulico 81 unido, por su parte inferior, a la circunferencia exterior del disco 75, adyacente y generalmente paralelo a la pared del
30 conducto 73. Una lanzadera 83, que lleva un suministro



de neutrones, va colocada de forma deslizante dentro del diámetro interior del cilindro 81. El líquido hidrogenado se suministra a presión, alternativamente, a través de cada uno de los dos tubos 85, para
5 hacer oscilar la lanzadera 83 entre los extremos lejano y cercano del cilindro 81, con respecto al detector 79. El cilindro 81 tiene longitud suficiente para proporcionar una relación del flujo de neutrones de 10^6 a 1 en el detector 79, a medida que la lanzadera 83 se desplaza del extremo cercano al extremo
10 lejano. Por ejemplo, se comprobó que era suficiente una longitud de cilindro de aproximadamente un metro, en un sistema lleno de agua, utilizando una fuente de suministro de neutrones ^{252}Cf . Se han previsto
15 los componentes hidráulico y temporizador apropiados, como se muestra en la figura 1, para controlar la oscilación de la fuente de suministro de neutrones retenida dentro de la lanzadera 83 y la operación del detector de neutrones 79 es transmitida a un instru-
20 mental parecido al que se representa en la fig. 1.

Los estanques de almacenamiento de desperdicios o sobrantes, como el que se muestra en la fig. 3, contienen, usualmente, tan sólo concentraciones profundamente subcríticas de materias fisiónables y, por
25 consiguiente, y las mediciones de reactividad, tal y como se han descrito anteriormente, sobre estiman grandemente el N_p de la ecuación 1. No obstante, puede obtenerse una información útil comparando el cómputo total de neutrones retardados (N_p) dado en la
30 ecuación 2 anterior, en varios niveles o zonas espe-



5 cialmente a través de la capa fangosa 71. Caso de que la materia fisionable se acumulara en cualquier punto dentro del tanque de desperdicio, puede detectarse y remediarse mucho antes de que pudiera producirse un nivel de concentración peligrosa.

10 Aunque esta realización de la presente invención se representa y describe con respecto a un detector de neutrones y a una fuente de neutrones que se desplaza verticalmente entre niveles o zonas situados dentro de un tanque de almacenamiento de desperdicios, está claro que esta realización es igualmente aplicable a cualquier sótano o cámara para almacenar materias que pueden contener valores fisionables. La fuente oscilante de neutrones y la unidad
15 detectora pueden instalarse de modo que se desplacen horizontalmente, verticalmente o en cualquier otro sentido entre zonas de una masa donde se contengan, y posiblemente, se concentre n materias fisionables.

20 Las figuras 4 y 5 representan otra incorporación de la presente invención que tiene aplicación en medios casi críticos, tales como un reactor, a medida que se va llevando hacia la criticidad. Un motor rotativo 91 acciona un elemento 93 con una fuente encapsu-
25 lada de neutrones 95, montada de forma opuesta a una masa equilibradora 97. El motor 91 es, preferentemente, del tipo de velocidad variable o un motor eléctrico corriente, provisto de una transmisión de velocidad variable con el fin de permitir el ajuste de la frecuencia de oscilación de la fuente 95. La masa 97
30 es aproximadamente igual a la de la fuente encapsu-



lada 95 y tiene características de absorción de neutrones, coincidentes. De este modo, tanto la rotación mecánica del elemento 93 como el efecto ejercido sobre el flujo de neutrones en los elementos rotativos, se equilibran.

Hay colocado un detector de intensidad del cómputo de neutrones 101, en la superficie opuesta, o cerca de ella, de un elemento de combustible nuclear 103, del elemento giratorio 93 y de la fuente de neutrones 95. La rotación del elemento 93 en las proximidades del elemento de combustible 103 genera un flujo de neutrones sinusoidal por la acción recíproca o interacción de la fuente rotativa de neutrones 95 y la materia fisiónable de dentro del elemento de combustible. El detector 101 detecta este flujo o corriente variante de neutrones y transmite una señal, representada en la figura 5 por una curva de trazos cortos, a un comparador de formas de onda 105. El detector 101 puede ser una cámara de ionización corriente, forrada con boro, que funciona con impulsos y conectada a un circuito de cadencia del cómputo.

Se representa un transmisor de formas de onda 99 conectado por medios mecánicos, para detectar la rotación del elemento 93 y generar una forma de onda, como la representada en la figura 5 por medio de una curva de trazo continuo. Si se utiliza un motor eléctrico en 91 y no se interpone una transmisión de velocidad variable mecánica entre el motor y el elemento giratorio, puede detectarse una señal eléctrica procedente de los devanados del motor que represente esta forma



deonda. Por lo demás, el transmisor de formas de onda 99 puede ser un dispositivo del tipo de tacómetro conectado a un generador eléctrico apropiado. El rendimiento del transmisor 99 está orientado por fases de modo que se consigue un máximo (véase la curva de trazo continuo de la fig. 5) cuando la fuente de neutrones está en el punto más próximo o cercano al detector de cadencia de los neutrones 101 y el elemento combustible 103.

De forma parecida, se alcanza un mínimo cuando la fuente de neutrones está en el punto más lejano o distante con respecto al detector y el combustible nuclear.

Por consiguiente, el transmisor de formas de onda 99 produce una señal de referencia que corresponde a la cadencia e intensidad del cómputo de neutrones que se detectaría por el detector 101 si el combustible nuclear no estuviese presente.

Este rendimiento se transmite al comparador de formas de onda 105 junto con el del detector de la cadencia o intensidad del cómputo de neutrones 101.

El comparador de formas de onda 105 puede ser del tipo corriente de "cruce a cero", que determina la diferencia de tiempo entre los respectivos cruces a cero de referencia y las señales del detector, esto es, los puntos extremos para el ángulo representado en la figura 5.

El efecto retardado de fases de la respuesta de los neutrones del sistema detrás de la señal de referencia procedente de la fuente rotativa de neutrones se debe al retardo entre la emisión de neutrones proceden-



tes de la fuente de suministro 95 y las emisiones de neutrones instantáneos resultantes de la fisión del combustible nuclear. Una señal representativa del efecto retardado del ángulo de desfase θ es transmitida desde el comparador de formas de onda 105 al sistema de proceso de datos 107.

Como en la fig. 1, el proceso de datos puede realizarse con un dispositivo del tipo de computadora o calculadora o, si no se dispone de ella, mediante un operador que tome las lecturas y realice cálculos de menor importancia.

El margen de la parada de la reacción en cadena del reactor

$1 - k_{\text{eff}}$, para sistemas subcríticos, se da cuidadosamente por la relación siguiente:

$$1 - k_{\text{eff}} = 2 f l_p \cot(\theta) - B$$

donde:

k_{eff} = la constante de reproducción;
 f = la frecuencia de la oscilación de la fuente de neutrones;

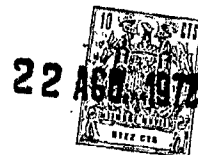
θ = el ángulo de efecto retardado de la fase entre las respuestas de los neutrones del sistema y la oscilación de la fuente,

l_p = la duración de vida de los neutrones instantáneos, y

B = la fracción de neutrones retardados.

Las cantidades l_p y B son propiedades del sistema multiplicador o reproductor y, por lo general, pueden calcularse con la suficiente precisión para la detección de reactividad.

22 AGO. 1972



La frecuencia de la oscilación de la fuente de neutrones se conoce por las características del motor 91 o pueden medirse fácilmente con un tacómetro.

5 Es de utilidad el poder ajustar la frecuencia de modo que θ sea aproximadamente de 45 grados con el fin de facilitar la discriminación entre las dos formas de onda que se muestran en la figura 5.

10 Como disposición alternativa, la fuente rotativa de neutrones de la fig. 4 puede substituirse por una fuente continuamente alternativa parecida a las que se muestran en las figuras 1 y 3.

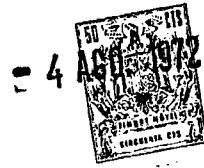
15 En lugar de retardar la fuente de neutrones en los puntos cercano y lejano como se explicó anteriormente, podría aproximarse un efecto sinusoidal, haciendo oscilar continuamente la fuente de neutrones atrás y adelante, por medios hidrogenados.

20 Caso de utilizarse una fuente de neutrones que emplee una reacción nuclear entre elementos, como una fuente de antimonio y berilio, entonces, por ejemplo debe hacerse oscilar continuamente una lanzadera de antimonio dentro y fuera de un manguito de berilio.

La presente invención proporciona un detector de reactividad o de materias fisionables, de precisión, que requiere un mantenimiento mínimo.

25 Sus diversas realizaciones pueden utilizarse para probar o investigar materias fusionables en un tanque de desperdicio profundamente subcrítico y detectar la reactividad en un estanque de almacenamiento de combustible o un reactor casi crítico.

30 Son innecesarios analizadores de tiempos de im-



pulsos de canales múltiples, complejos, para recoger y procesar la información generada dentro del sistema y solamente se requieren simples cálculos para obtener las características del sistema, de las variables medidas.

5 N O T A:

Se reivindicacion como propios y nuevos para que sean objeto de una Patente de Invencion en España, por veinte años, reivindicandose prioridad de la Patente depositada en Estados Unidos bajo el número 169.227, de fecha 5 de Agosto de 10 1971, los puntos siguientes:

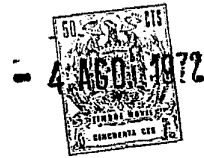
1.- Dispositivo y metodo detector de reactividad en medios para almacenar materias combustibles fisioables, según un dispositivo para detectar material fisioable, que comprende:

- 15 (a) una fuente de neutrones isotópicos;
 (b) un detector de neutrones colocado junto a dicho material fisioable;
 (c) medios oscilantes para desplazar dicha fuente de neutrones entre un punto cercano a dicho detector de neutrones y 20 un punto alejado de dicho detector de nutrones.

2.- Dispositivo y metodo detector de reactividad en medios para almacenar materias combustibles fisioables, según la reivindicación 1, en que se incluyen medios contadores para registrar, por separado, la capacidad de dicho detector de 25 neutrones cuando dicha fuente de neutrones está cerca de dicho detector y cuando dicha fuente de neutrones está lejos de dicho detector.

3.- Dispositivo y metodo detecotr de reactividad en medios para almacenar materias combustibles fisioables, según la reivindicación 1, en el que dichos medios oscilantes comprenden

30



den un motor alternativo acoplado a dicha fuente de neutrones, para posicionar reiteradamente dicha fuente de neutrones en dicho punto cercano durante un primer intervalo de tiempo y, después, en dicho punto lejano durante un segundo intervalo de tiempo, para producir una variación de flujo de neutrones de onda rectangular en dicho detector.

5
10
15
4.- Dispositivo y metodo detector de reactividad en medios para almacenar materias combustibles fisibles, según la reivindicación 3, en el que dicho motor alternativo comprende un cilindro alargado que tiene una alanzadora axial que sustenta dicha fuente de neutrones y medios hidráulicos para producir un movimiento de vaivén de dicha lanzadora entre los extremos de dicho cilindro unido fijamente a un extremo de la misma, cerca de dicho detector de neutrones; y medios móviles previstos para volver a colocar dicho cilindro y detector de neutrones con respecto a dicho material fisible.

20
5.- Dispositivo y metodo detector de reactividad en medios para almacenar materias combustibles fisibles, según la reivindicación 1, en el que dicho detector de neutrones y dichos medios oscilantes están dispuestos en superficie que se dan frente opuestamente de dicho material fisible.

25
6.- Dispositivo y metodo detector de reactividad en medios para almacenar materias combustibles fisibles, según la reivindicación 1, en el que el material hidrogenado líquido está situado entre dichos puntos cercano y lejano y dicho punto lejano se encuentra a una distancia de, aproximadamente 30 a 100 centímetros de dicho punto cercano.

30
7.- Dispositivo y metodo detector de reactividad en medios para almacenar materias combustibles fisibles, según la reivindicación 1, en el que dichos medios oscilantes comprenden



den un elemento rotativo que tiene dicha fuente de neutrones unida a una parte distal del mismo, y un motor rotativo para hacer girar dicha fuente de neutrones a través de dichos puntos cercano y lejano, con el fin de producir una variación de flujo de neutrones sinusoidal aproximada en dicho motor.

8.-Dispositivo y metodo detector de reactividad en medios para almacenar materias combustibles fisioables, según un procedimiento para detectar material fisioables que comprende:

10 (a) colocar un detector de neutrones junto a dicho material fisioable;

(b) hacer oscilar una fuente de neutrones entre un punto cercano a dicho detector de neutrones y un punto lejano de dicho detector de neutrones, con el fin de producir un flujo cíclico de neutrones; y

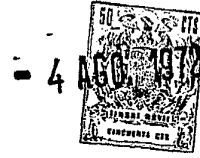
15 (c) sensibilizar dicho flujo cíclico de neutrones con dicho detector de neutrones.

9.- Dispositivo y metodo detector de reactividad en medios para almacenar materias combustibles fisioables, según la reivindicación 8, en el que la reactividad de dicho material fisioable se detecta:

(a) imprimiendo un movimiento de vaivén a la fuente de neutrones entre dichos puntos cercano y lejano, con respecto a dicho detector de neutrones;

25 (b) retardando dicha fuente de neutrones en dicho punto cercano durante un primer intervalo de tiempo y en dicho punto lejano durante un segundo intervalo de tiempo;

(c) registrando, por separado, la salida de dicho detector de neutrones durante dichos primero y segundo intervalos de tiempo; y



(d) deteminando la relación del total de neutrones instantáneos con el total de enutrones retardados y la reactivi-
dad de dicho material fisionable procedente de la salida de -
dicho detector de neutrones, durante dichos primero y segun-
do intervalos de tiempo.

5

10.- Dispositivo y metodo detector de reactividad en me-
dios para almacenar materias combustibles fisionables, según
la reivindicación 8, en el que la concentración relativa de
dicho material fisionables en diferentes zonas de una masa
que contiene dicho material fisionable se dectecta:

10

(a) posicionando dicha fuente de neutrones y dicho de-
tector de neutrones en una primera zona;

(b) imprimiendo un movimiento de vaiven a dicha fuente
de neutrones entre dichos puntos cercano y lejano, con respec-
to a dicho detector de neutrones;

15

(c) retardando dicha fuente de neutrones en dicho punto
cercano durante un primer intervalo de tiempo y en dicho pun-
to lejano durante un segundo intervalo de tiempo;

20

(d) registrando la salida de dicho detector de neutrones
durante dicho segundo intervalo de tiempo;

(e) desplazando dicho detector de neutrones y dicha fuen-
te de neutrones a una segunda zona y repitiendo las etapas (b)
a (d); y

25

(f) comparando la salida de dicho detector de neutrones
durante dicho segundo intervalo de tiempo en dicha primera zo-
na con la salida correspondiente en dicha segunda zana.

11.- Dispositivo y metodo detector de rreactividad en me-
dios para almacenar materias combustibles fisionables, según
la reivindicación 8, en el que la reactividad de dicho mate-
rial fisurable se detecta:

30



(a) haciendo oscilar continuamente dicha fuente de neutrones ente dichos puntos cercano y lejano con respecto a dicho detector de neutrones y dicho material fisionable, para producir un flujo sinusoidal de neutrones en dicho detector;

5 (b) detectando la oscilación de dicha fuente de neutrones, para producir una señal de referencia; y

(c) comparando la fase en forma de onda de dicho flujo de neutrones con la fase en forma de onda de dicha señal de referencia, para determinar el efecto retardado del ángulo de desfasamiento y la reactividad de dicho sistema.

10 12.- Dispositivo y metodo detector de reactividad en medios para almacenar materias combustibles fisionables, según la reivindicación 11, en el que dicha etapa de hacer oscilar continuamente dicha fuente de neutrones se consiguen haciendo girar dicha fuente a través de dichos puntos cercano y lejano una frecuencia que produce un efecto retardado del ángulo de desfasamiento de, aproximadamente 45 grados.

15 13.- DISPOSITIVO Y METODO DETECTOR DE REACTIVIDAD EN MEDIOS PARA ALMACENAR MATERIAS COMBUSTIBLES FISIONABLES.

20 Todo conforme se describe en la memoria que antecede, se ilustra como ejemplo de ejecución en los planos unidos a ella y se reivindica en su NOTA.

Esta memoria consta de veintisiete hojas foliadas, escritas a máquina por una sola cara y planos que la acompañan.

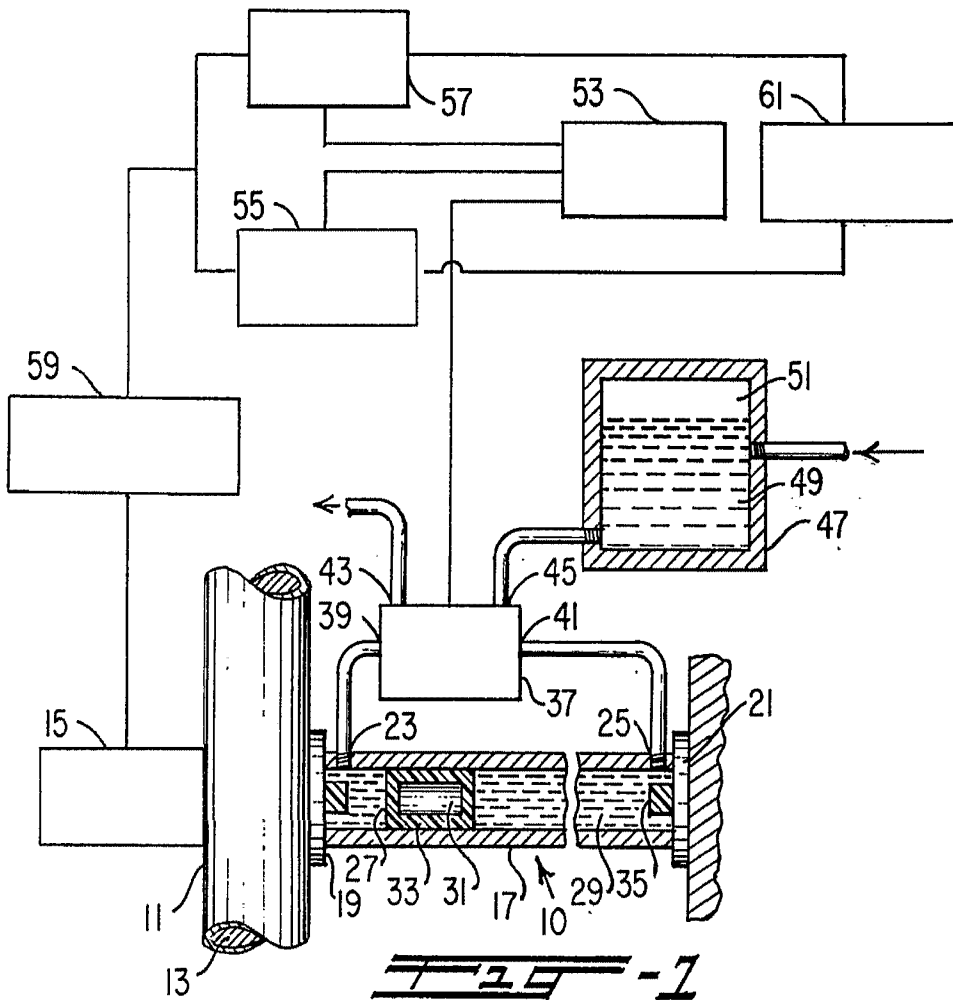
25.

Madrid, 4 de Agosto de 1972

UNITED STATES ATOMIC ENERGY COMMISSION.

P.A.

22 AGO 1972



ESCALA VARIABLE
Madrid 22 AGO, 1972
P. AI

JUAN BOTELLA PRADILLO
F. P.
FIRMADO
M. VAZQUEZ MOLERO

Car. Baquero

22 AGO 1972

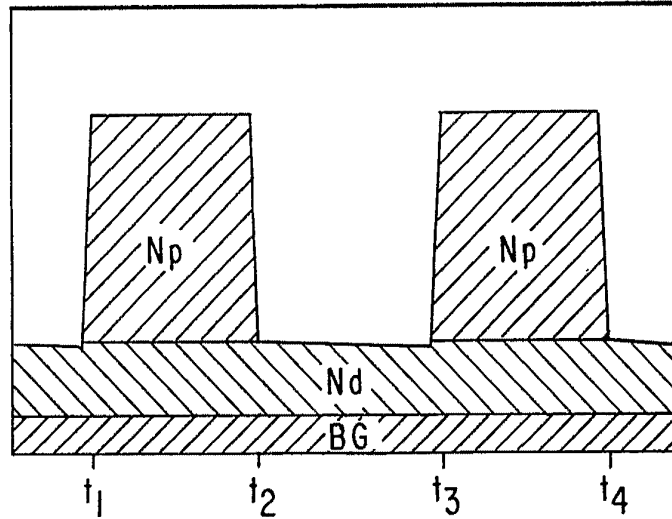


FIG - 2

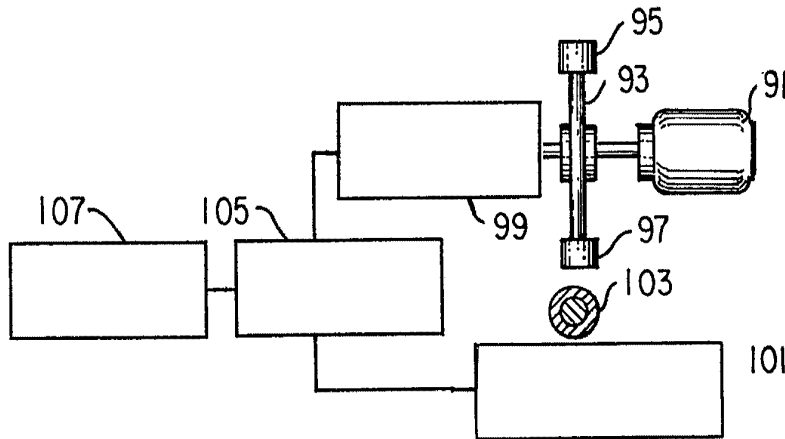


FIG - 4

ESCALA VARIABLE
Madrid 22 AGO. 1972
P. Aí

JUAN BOTELLA PRADILLO
F. P.
FIRMADO
M. VAZQUEZ MOLERO

M. Vazquez

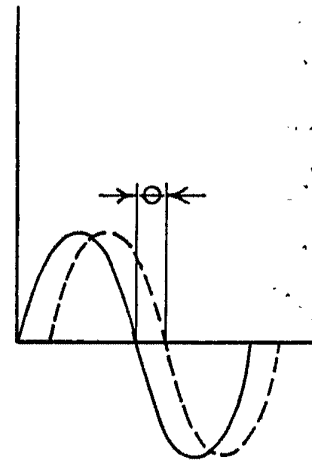
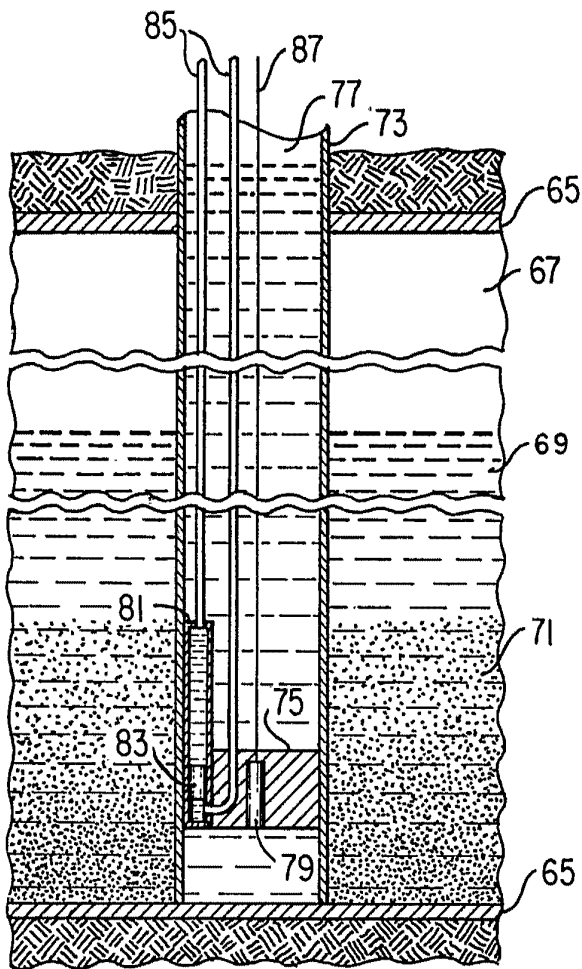


FIG - 5

FIG - 3

ESCALA VARIABLE
Madrid 22 AGO. 1972
P. A.

JUAN BOTELLA PRADILLO
P. P.
FIRMADO
M. VAZQUEZ MOLERO

M. Vazquez Molero