

290703



PATENTE DE INVENCION

YOUR REF: PATE/24/1836/22

## *Memoria Descriptiva*

*sobre:*

**"Perfeccionamientos en reactores nucleares"**

- - - - -

*Solicitante:* UNITED KINGDOM ATOMIC ENERGY AUTHORITY, entidad inglesa, residente en 11, Charles II Street, Londres S.W.1., Inglaterra.

- - - - -

Este invento se refiere a un método de ensayo aplicable para el control de reactores nucleares, y se relaciona especialmente con el tipo de reactor nuclear térmico, enfriado con gas o vapor sometidos a presión, y en el que el refrigerante se hace circular, y emplea elementos de material fisil metálico, herméticamente encerrado en una envoltura y dispuestos en canales de un moderador.



290703

- En los reactores nucleares del tipo indicado, de los cuales son ejemplos típicos los de Calder Hall y los británicos construidos para la producción de electricidad, en escala comercial, los elementos fisiles revestidos, a
5. continuación denominados elementos de combustible, pueden contener, cada uno de ellos, una barra de uranio o de aleación a base de este metal, encerrada en el interior de una envoltura de aleación de magnesio que sirve para impedir que el refrigerante entre en contacto con la barra y sirve además para la retención de los productos gaseosos y sólidos de fisión, que se generan por irradiación. Para descubrir los elementos de combustible defectuosos, o sea, los elementos de combustible en los que no existe la integridad de la cubiera protectora, se dispone un aparato de detección
  10. que sucesivamente explora cada uno de los canales para elementos combustibles del reactor, para descubrir los productos de fisión efímeros que escapan del revestimiento por soluciones de continuidad. Las fugas en los revestimientos de los elementos de combustible, pueden ser de dos clases:
  15. 1 - Los que se presentan como resultado de una cavitación inter-granular del material de revestimiento y comunmente se desarrollan con lentitud relativa (los productos de fisión que escapan por estas fugas, se descubren por el aparato detector, que proporciona una advertencia anticipada de un peligro potencial), y
  20. 2 - Las producidas por cierre defectuoso en las soldaduras asociadas con el revestimiento protector.
  - 25.

En condiciones normales de trabajo del reactor, el segundo tipo de fuga o escape, permite el ingreso de refrigerante (CO<sub>2</sub> por ejemplo en el caso de Calder Hall y los reactores británicos generadores de electricidad) que impi-

30.

290703



de el alto grado del escape de productos de fisión, de tal modo que la fuga no se descubre fácilmente; además, el ingreso de refrigerante oxidante (en el caso de los reactores de Calder Hall y productores de electricidad mencionados)

5. puede dar lugar a la rápida acumulación de óxido de uranio, en grado tal que amenace con la fractura de la envoltura, - que si se presenta, daría origen a una contaminación del refrigerante del reactor por los productos de fisión desprendidos del interior del revestimiento. Este tipo de fractura se denomina a continuación estallido brusco.
- 10.

Se han adoptado ya técnicas para descubrir los estallidos bruscos potenciales, y se accionan especialmente cuando se introduce nuevo combustible en el reactor. Una de estas técnicas se conoce con el nombre de escalonamiento de presión, y se describe detalladamente en la Memoria de la Pa

15. tente núm. 891,-804 de los mismos solicitantes y consiste en un reactor Calder Hall, por ejemplo, en disminuir la presión del refrigerante aproximadamente a 0,105 kg/cm<sup>2</sup>., por minuto en un reactor de potencia constante (5 MW) a una velocidad -
20. mínima de circulación del refrigerante. Este procedimiento tiene el efecto de establecer una diferencia de presión a través de la fuga de tal modo que los productos de fisión, se empujan hacia el exterior del interespacio comprendido entre la envoltura y la barra, y pueden descubrirse por el aparato detector. Sin embargo, esta técnica para el descubri-
25. miento de los estallidos bruscos, potenciales, aunque eficaz, es costosa en cuanto al tiempo de aprovechamiento del reactor a causa del hecho de que la potencia se reduce durante el procedimiento, para ser eficaz, dado que la experiencia ha demostrado que ha de repetirse cada pocos días al funcionar a la
- 30.

290703

6 AGO.



potencia normal. Así, la producción de electricidad queda -  
afectada por estas operaciones. La oscilación de la presión  
en el recipiente de presión del reactor, constituye además  
una característica indeseable. Los experimentos han demos-  
5. trado que otra técnica disponible, denominada escalonamien-  
to de temperatura, que consiste en aumentar o disminuir la  
temperatura de la envoltura del elemento de combustible en  
5 a 15° C, a razón de hasta 15° C por minuto con una velo-  
cidad constante de circulación del refrigerante (como se  
10. describe en la Memoria de la Patente núm 917.937, de los -  
mismos solicitantes), puede ser eficaz solamente para des-  
cubrir fallos de la envoltura, por cavitación, en las pri-  
meras fases de su desarrollo.

Un objeto de este invento es proporcionar una -  
15. técnica distinta de operación para descubrir estallidos -  
bruscos potenciales, que reduzca al mínimo la presencia de  
los inconvenientes citados.

De acuerdo con este invento, un método para el -  
funcionamiento de un reactor nuclear del tipo antes indica-  
20. do, consiste en variar los parámetros operativos del reac-  
tor, de tal modo que en el caso de que un elemento físil -  
revestido tenga una fuga insospechada, se establezca una di-  
ferencia de presión a través de la fuga, con la presión dis-  
minuyendo hacia el exterior del revestimiento, y con la emi-  
25. sión consiguiente de productos de fisión detectables en la  
corriente de gas o vapor, manteniendo a la vez prácticamen-  
te constante la presión del gas o vapor en la corriente de  
refrigerante. La expresión "manteniendo prácticamente cons-  
tante la presión del gas o vapor en la corriente de refrige-  
30. rante", se destina a referirse a la presión total del circui

- 8 AGO



290703

to de refrigerante y a excluir la caída de presión necesaria (pequeña en comparación con la presión total citada), a través de los canales para elementos combustibles, asociados con la -

5. circulación de refrigerante.

La mencionada diferencia de presión puede obtenerse reduciendo el volumen interespacial entre la envoltura y el material fisible, aumentando la temperatura media del material fisible con respecto a la temperatura de la envoltura que lo rodea.

10. La mencionada reducción del volumen interespacial, puede llevarse a cabo elevando la potencia del reactor (por su presión de las varillas de control del mismo) para aumentar la temperatura media del material fisible, aumentando la circulación del refrigerante (aumentando la velocidad de circulación del -
15. mismo) para mantener prácticamente constante la temperatura de la envoltura del elemento de combustible. Este último procedimiento tiene la ulterior ventaja de que la disminución de presión al exterior de la envoltura, a causa de la mayor caída de presión a través del canal del elemento del combustible al aumentar la corriente tiende a aumentar la diferencia de presiones a través de la fuga, diferencia que puede aumentarse además por un efecto superior de aspiración o venturi, resultante de la mayor velocidad de circulación.

25. Como procedimiento variante para llevar a cabo la reducción del mencionado volumen interespacial se preve el aumentar la potencia del reactor para elevar la temperatura media del material fisible y la velocidad del circulador del refrigerante en proporción superior a la prevista en la técnica detallada en el párrafo anterior, o sea, suficientemente para reducir la
30. temperatura de la envoltura.



Otro procedimiento variante previsto, comprende el mantener la potencia de reactor y, por tanto, la temperatura media del material fisible prácticamente constante, aumenta sin embargo la velocidad del circulador, para llevar a cabo la reducción de la temperatura de la envoltura.

5. La reducción del volumen interespacial, conseguida por contracción de la envoltura del elemento de material fisible (o sea, empleando cualquiera de las técnicas que reducen la temperatura de la envoltura) se aumenta más aún por la diferencia en el coeficiente de expansión de los materiales; - el coeficiente de expansión del magnox (aleación de magnesio) es de  $28 \times 10^{-6}$ , por  $^{\circ}\text{C}$ , mientras que el del uranio es de  $17 \times 10^{-6}$  por  $^{\circ}\text{C}$ .

10. Con objeto de aclarar la naturaleza y el modo de aplicar este invento, se describen a continuación ejemplos de las técnicas experimentales aplicadas, y de los datos obtenidos mediante el funcionamiento de un reactor nuclear refrigerado con gas, haciendo referencia a las figuras 1 a 6, de los dibujos adjuntos, que constituyen una colección de gráficos. Los datos se obtuvieron de experimentos realizados con un reactor nuclear del tipo de Calder Hall, montado en Chapel cross en Escocia.

15. Para los experimentos, se cargaron varios canales del reactor con un elemento de combustible defectuoso, a propósito, con una fuga de tamaño conocido en la envoltura. Con elementos de combustible de integridad comprobada. Los elementos defectuosos ocupaban la posición 4 en cada canal (se disponían 6 elementos de combustible verticalmente amontonados en cada canal, siendo la posición 1 la de la parte interior del montón, y la posición 6 la superior), mientras que los elemen-

290703



- tos comprobados ocupaban las posiciones 1 a 3, 5 y 6. Los defectos de las envolturas, comprendían fugas naturales, definidas por defectos que se presentan naturalmente en las soldaduras entre el casquillo extremo y la envoltura, y fugas sintéticas que se hallaban constituidas por escapes preparados. Uno de los elementos defectuosos tenía una fuga natural de tamaño 144 clusecs y otros dos, tenían fugas sintéticas de 140 clusecs y 900 clusecs, respectivamente (1 clusec (centilusec) = 10<sup>-2</sup> lusec; una fuga de 1 lusec desde la atmósfera al interior de un recinto evacuado de volumen 1 litro, hace que la presión en el interior del recinto ascienda a razón de 1 micrón de mercurio/segundo, a 0°C). Un canal de referencia tenía un elemento de combustible de probada integridad en la posición n° 4.
- 5.
- 10.

- EXPERIMENTO 1 - Las velocidades del circulador o bomba de circulación (había cuatro) se aumentaron, en cinco veces, desde 150 a 940 revoluciones/minuto con cambio de potencia correspondientes de 5 MW por minuto, para mantener la temperatura - prácticamente constante, a 380° C., aproximadamente. Las señales de detección inequívocamente elevadas en el aparato detector del estallido del cartucho, de los canales que contenían combustible defectuoso, se registraron - como se representa en la fig. 1 que muestra el cómputo de las mediciones para el canal que contenía el elemento de combustible con la fuga de 144 clusecs con respecto al canal de referencia, mientras que las figuras 2 y 3 muestran el cómputo de las mediciones para 140 - clusecs y 900 clusecs de fuga, respectivamente.
- 15.
- 20.
- 25.
- 30.

- 8 -  
290703



EXPERIMENTO 2 - Las velocidades del circulador del refrigerante, que aumentaron, en cinco veces desde 200 a 900 revoluciones/minuto, con los correspondientes cambios de potencia de 5 MW por minuto, para mantener la temperatura de la envoltura prácticamente constante a 400° C. A causa de un fallo durante el primer salto, las velocidades del circulador del refrigerante se redujeron a 200 revoluciones/minuto, y el procedimiento se inició de nuevo dando así un total de 6 cambios de velocidad que se reflejan en las figs. 4 a 6, por las dobles crestas o máximos correspondientes a la primera etapa de velocidad del circulador, y las crestas sencillas correspondientes a las etapas o saltos restantes. También inequívocamente se registraron respuestas elevadas del canal que contenía elementos defectuosos. La figura 4, representa la respuesta correspondiente a la fuga de 144 clusecs - con respecto al canal de referencia, y las figuras 5 y 6, las respuestas para las fugas de 140 y 900 clusecs, respectivamente.

Los resultados de los experimentos, demuestran que ensayando un reactor nuclear mediante el empleo de la técnica de graduación de velocidad del circulador del refrigerante, pueden descubrirse fácilmente los estallidos bruscos potenciales, mejorando así los aspectos de seguridad del funcionamiento del reactor. Aunque la respuesta máxima se obtiene en la zona inferior de velocidades del circulador, y es necesario llevar a cabo la serie de grados de velocidad del circulador,

290703



llegando así a la potencia de las velocidades inferiores, la técnica comprueba que se consigue un ahorro considerable en cuanto al tiempo de funcionamiento del reactor, en comparación con la técnica de escalonamiento de presión a baja potencia.

5. Los detalles de las partes principales de los reactores de Calder Hall, o sea, bombas de circulación del refrigerante, elementos de combustible, canales para los mismos, circuitos de refrigeración y sistema de detección de cartuchos estallados, y aparatos para la misma se hallan convenientemente recogidos en The Journal of the British Nuclear Energy Conference, Tomo 2, abril de 1.957, que contienen detalles del Simposio sobre la instalación de potencia nuclear de Calder Hall.

15. NOTA

Descrita suficientemente la naturaleza del invento, así como la manera de realizarlo en la práctica, debe hacerse constar que las disposiciones anteriormente indicadas, son susceptibles de modificaciones de detalle, en cuanto no alteren su principio fundamental. También se hace constar que el invento corresponde a una solicitud de patente presentada en Inglaterra con fecha de 9 de agosto de 1.962 bajo el nº 30664/62, acogéndose por lo tanto a los beneficios que conceden los Convenios Internacionales en vigor y siendo lo que constituye la esencia del referido invento y por lo que se solicita Patente de Invención por 20 años, en España "Perfeccionamientos en reactores nucleares"; caracterizándose por lo siguiente:

1 - Perfeccionamientos en reactores nucleares, caracterizados por consistir en variar los parámetros funcionales del reactor, de tal modo, que en el caso de que un elemento fí

290703



sil con revestimiento metálico tenga una fuga insospechada, se establece una diferencia de presiones a través de la fuga, con la presión descendiendo hacia el exterior de la envoltura, y con la consiguiente emisión de productos de fisión detectables en el interior de la corriente de gas o vapor, manteniendo sin embargo constante en la práctica, la presión del gas o vapor - en la corriente del refrigerante.

10. 2 - Perfeccionamientos según reivindicación 1, caracterizados porque dicha diferencia de presiones se consigue reduciendo el volumen interespacial entre la envoltura y el material fisible, aumentando la temperatura media de éste con respecto a la temperatura de la envoltura que lo rodea.

15. 3 - Perfeccionamientos según reivindicación 2, caracterizados porque la mencionada reducción del volumen interespacial se realiza aumentando la potencia del reactor para elevar la temperatura media del material fisible, y elevando la corriente de refrigerante para mantener prácticamente constante la temperatura de la envoltura del elemento de combustible.

20. 4 - Perfeccionamientos según reivindicación 2, caracterizados porque dicha reducción del volumen interespacial se realiza elevando la potencia del reactor, para aumentar la temperatura media del material fisible, y elevando la corriente del refrigerante, lo suficiente para reducir la temperatura de la envoltura.

25. 5 - Perfeccionamientos, según reivindicación 2, caracterizados porque la reducción del volumen interespacial, se realiza manteniendo la potencia del reactor y, por tanto, la temperatura media del material fisible, prácticamente constante, a la vez que se eleva la circulación de refrigerante, para llevar a

29.7.3

- 8



cabo la reducción de la temperatura de la envoltura.

6 - Perfeccionamientos en reactores nucleares; tal y como queda sustancialmente descrito en la presente Memoria.

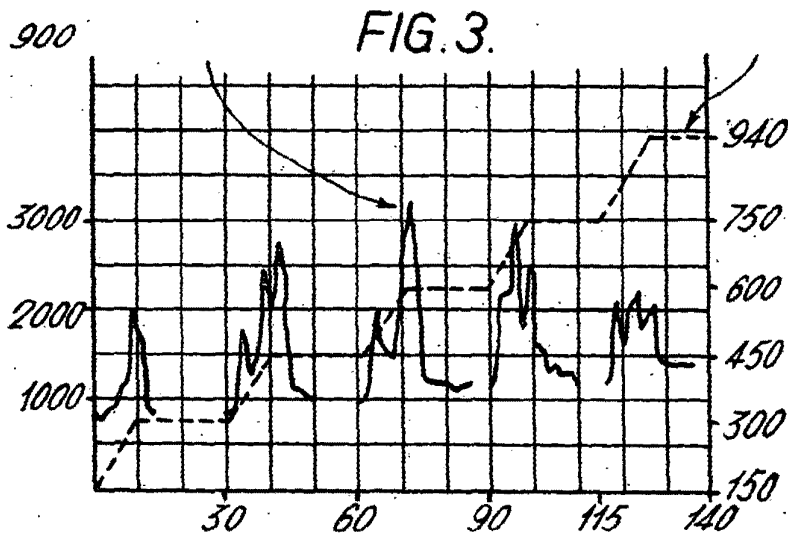
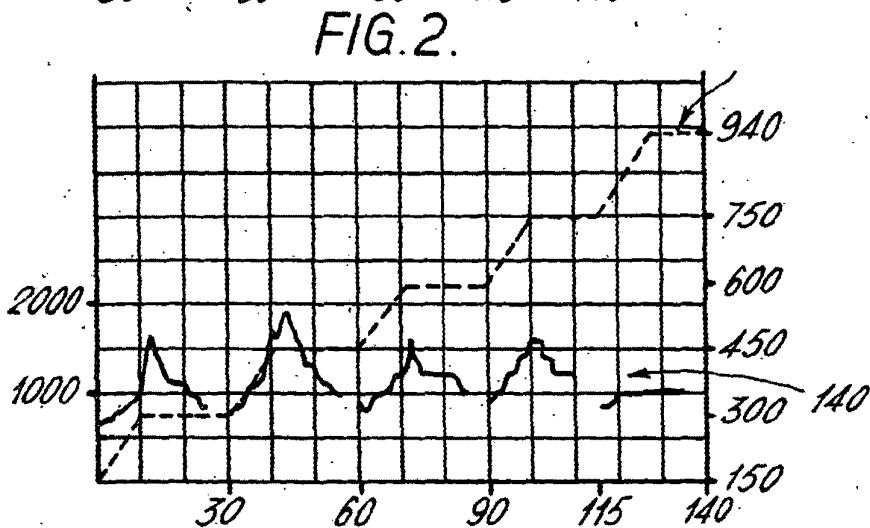
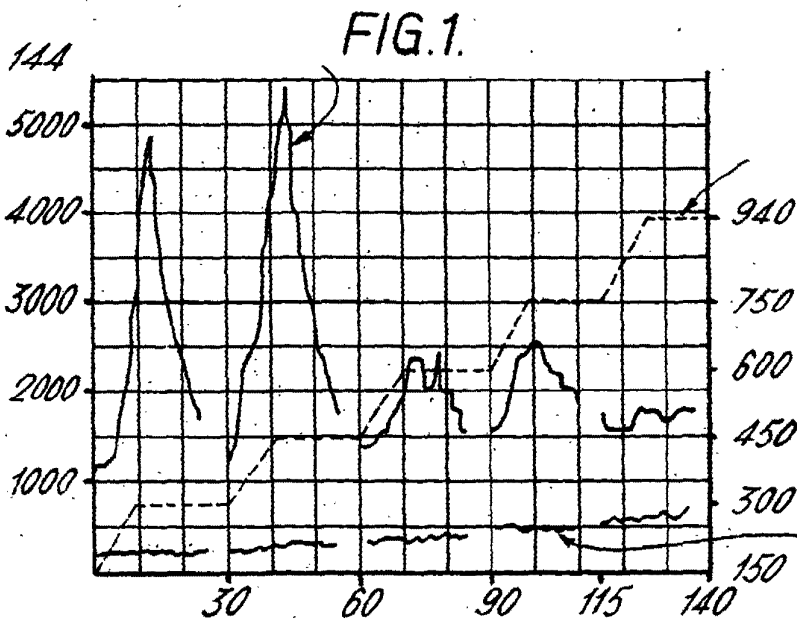
Esta Memoria consta de 11 hojas escritas a máquina por una sola cara.

Madrid, - 8 AGO. 1963

UNITED KINGDOM ATOMIC ENERGY AUTHORITY,

J. GÓMEZ ACEBO Y MODESTO  
S.A.

ESCALA VARIABLE

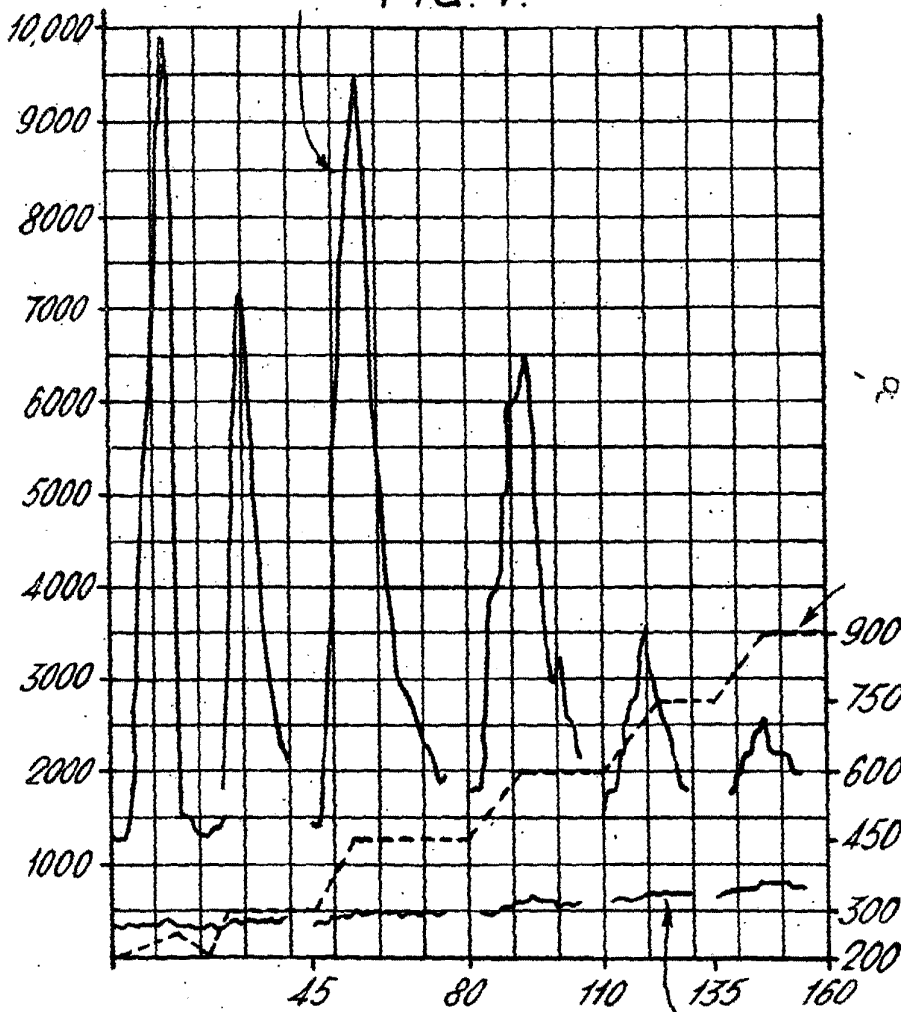


Madrid, 6 AGO. 1963

J. GONZALEZ ALBU Y FLORES

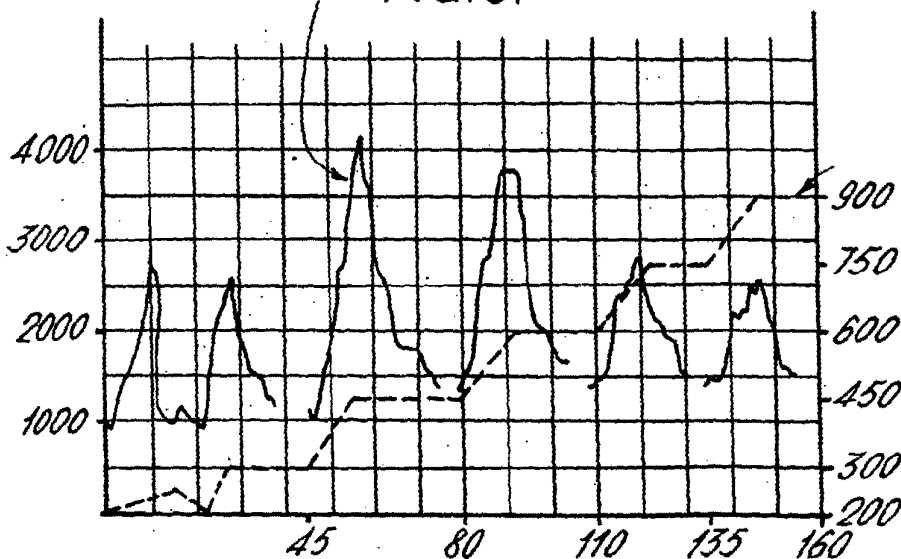
ESCALA VARIABLE

FIG. 4.



140

FIG. 5.



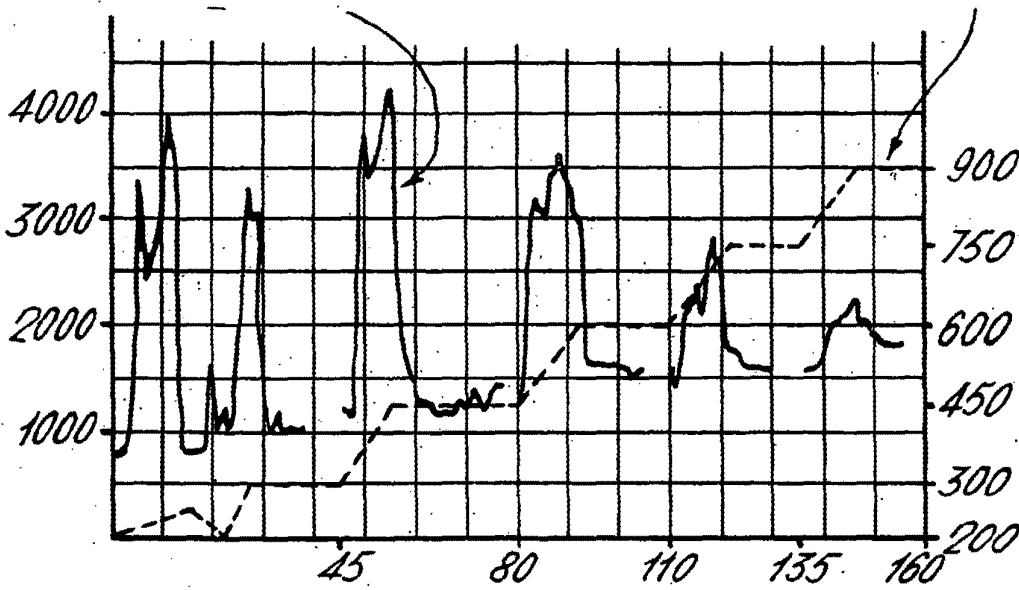
Madrid, - 2. 400. 1963

ESCALA VARIABLE



900

FIG.6.



Madrid, 10 AGO 1963  
I. MORALES  
M.A.