

A1 428230 770816 G 21C 17/80



Int. Cl.: G 21 C

428230

# MEMORIA DESCRIPTIVA

correspondiente a la solicitud de concesión de una

## PATENTE DE INVENCIÓN

SOLICITANTE: WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION

RESIDENCIA: Westinghouse Building, Gateway Center,  
PITTSBURGH, Pennsylvania 15222 ESTADOS UNIDOS.

ENUNCIADO: UN METODO DE VIGILANCIA DE LA OPERACION  
DE POTENCIA DE UN REACTOR NUCLEAR.

Prioridad: Patente estadounidense nº 379.159 del 13-7-73

BAD ORIGINAL



1

Esta invención se refiere en general a un método para vigilar la distribución de potencia de un reactor nuclear y más especialmente a un método de vigilancia de un reactor nuclear que emplea detectores neutrónicos intranucleares móviles.

5

10

En muchos de los reactores actualmente en funcionamiento, la confianza para las medidas del nivel de flujo neutrónico, utilizadas en los sistemas de control del reactor y protección, se ha puesto en los detectores extranucleares suplementados por el sistema cartográfico de flujo intranuclear que ha estado en uso ya desde 1957; también se ha confiado en los detectores extranucleares para proporcionar ciertas medidas de calibración.

15

20

25

30

Con la creciente tendencia hacia núcleos mayores de los reactores, ha surgido cierta preocupación en cuanto a los posibles efectos adversos de una distribución inapropiada de la potencia del núcleo y sobre si los detectores extranucleares podrían detectar adecuadamente esta posible distribución inapropiada. Los datos obtenidos en las pruebas han demostrado que los detectores extranucleares de sección dividida, actualmente en uso, respondían a inclinaciones del flujo axial, pero la precisión de las medidas de la inclinación era afectada por la geometría y por los materiales de construcción empleados en los pozos detectores y por la distancia entre la vasija y los detectores. Se pusieron a punto factores de corrección para estos efectos pero todavía quedan algunas dudas en cuanto a si los detectores extranucleares proporcionarán en todos los casos una indicación adecuada de una distribución inapropiada de potencia.

Un departamento gubernamental preocupado ha sugerido



1 do que se proveyera de un sistema de vigilancia y alarma uti-  
lizando detectores intranucleares fijos en las centrales con  
un  $F_z$  de diseño (la relación de la potencia local de pico  
5 a la densidad de potencia media del núcleo) inferior a un va-  
lor de 2,50, de manera que el operador pudiera ejercer una  
inspección continua de la distribución axial. La posición gu-  
bernamental comprende una cláusula que indica que el sistema  
requerido debería ser un sistema detector intranuclear fijo  
o "un sistema mejor".

10 Se obtiene una evaluación relativa del funcionamien-  
to del sistema detector fijo por comparación con otros siste-  
mas que están actualmente funcionando. Los otros sistemas  
considerados son: el sistema de cámara iónica larga fuera del  
núcleo; un sistema de cámara iónica aumentado por una terce-  
15 ra sección y un sistema donde frecuentemente se toman seña-  
les seleccionadas del detector intranuclear móvil.

Para estar seguro de cualquier sistema de inspec-  
ción, primero debe ser preciso, en segundo lugar, debe estar  
disponible cuando es posible que se llegue a los valores lí-  
20 mites y, en tercer lugar, debe ser útil para indicar al ope-  
rador la mejor acción correctora.

Un sistema intranuclear fijo constituido por un  
número considerablemente mayor de detectores cumpliría sola-  
mente el segundo criterio. Se ha demostrado que el uso fre-  
25 cuente de un sistema detector intranuclear móvil puede cons-  
tituir la solución más útil a la vigilancia del factor de pi-  
co axial medio del núcleo,  $F_z$ .

La invención reside en un método de vigilancia de  
la distribución de potencia de un reactor nuclear empleando  
30 detectores neutrónicos intranucleares móviles dispuestos en



1 una multiplicidad de grupos, cuyo método comprende las opera-  
ciones de: insertar automáticamente los detectores alterna-  
tivamente por grupos en la región del núcleo del reactor du-  
rante una operación normal del reactor de acuerdo con un pro-  
5 grama de tiempos intermitente predeterminado; mover los de-  
tectores, después de su inserción, a través de la región del  
núcleo a lo largo de una trayectoria predeterminada fija; y  
registrar la salida de los detectores en función de la po-  
sición en el núcleo.

10 Para una mejor comprensión del invento, podemos re-  
ferirnos a la siguiente descripción de una realización prefe-  
rida, ilustrativa de la invención, que será leída en combina-  
ción con los dibujos que acompañan a esta memoria, en los  
cuales:

15 La Figura 1 es una perspectiva que ilustra el sis-  
tema cartográfico de flujo básico empleado en el método de  
esta invención;

La Figura 2 es un diagrama de bloque del circuito  
electrónico empleado en el método de esta invención;

20 La Figura 3 es un diagrama de bloque más detalla-  
do de la circuitería de propulsión del detector de esta  
invención;

La Figura 4 es una representación gráfica de la ló-  
gica de ciclado de exploración de la Figura 3;

25 Las Figuras 5A y 5B son diagramas de bloque que  
ilustran el circuito electrónico de lectura de salida del de-  
tector de la realización ilustrada;

30 La Figura 6 ilustra un circuito temporizador típi-  
co para conseguir la lógica de ciclado de exploración mostrada  
en la Figura 3;



1

La Figura 7 es una ilustración conceptual de la presentación de la lectura de salida de las Figuras 5A y 5B.

5

En una realización preferida de esta invención, se enseña un método que proporciona una lectura de salida automática y frecuentemente actualizada del factor de pico axial del núcleo del reactor derivada de la nueva operación de un sistema detector intranuclear móvil en reactores de agua a presión. La función básica del método es proporcionar mapas parciales o totales del núcleo para la determinación y verificación de la distribución de potencia del núcleo que se produce durante la operación normal del reactor o de la distribución anormal de potencia resultante de la colocación errónea de las barras o de otras anomalías.

10

15

El sistema está constituido por 4, 5 o 6 conjuntos detector/propulsor, dependiendo del tamaño de la central (2, 3 o 4 circuitos), que están interconectados de tal manera que pueden determinar diversas combinaciones de manguitos de flujo intranucleares. Para obtener la capacidad de interconexión de los manguitos, cada detector lleva asociado con él un dispositivo de transferencia mecánica rotatorio de 5 trayectorias y 10 trayectorias. Se hace un mapa del núcleo seleccionando, mediante los dispositivos de transferencia, los manguitos particulares a través de los cuales son propulsados los detectores. Para reducir al mínimo el tiempo de formación del mapa, todos los detectores pueden funcionar a gran velocidad (72 pies, 22 m, por minuto) desde su posición extraída hasta un punto inmediatamente debajo del núcleo. En este punto, la velocidad del detector se reduce a 12 pies (3,7 m) por minuto y el detector se mueve hasta la parte superior del núcleo, se invierte su dirección y se mueve el detector hasta

20

25

30



1 el fondo del núcleo. Entonces se aumenta la velocidad del de-  
tector hasta 72 pies (22 m) por minuto y el detector se lle-  
va a su posición extraída. Se selecciona un nuevo manguito de  
flujo para formar el mapa, haciendo girar los dispositivos  
5 de transferencia y se repite el procedimiento anterior.

La Figura 1 muestra el sistema básico para la inser-  
ción de los detectores miniatura móviles. Los manguitos re-  
tráctiles 10, en los que se mueven los detectores miniatura  
12, siguen aproximadamente las rutas mostradas. Los manguitos  
10 se insertan en el núcleo 14 del reactor a través de los con-  
ductos que se extienden desde el fondo de la vasija 16 del  
reactor a través del área de blindaje de hormigón 18 y des-  
pués hasta una mesa de sellado de manguitos 20. Como los man-  
guitos detectores móviles están cerrados por el extremo ante-  
rior (reactor), están secos en su interior. Así los manguitos  
15 sirven como barrera de presión entre la presión de agua del  
reactor (2500 psig según diseño,  $176 \text{ kg/cm}^2$ ) y la atmósfera.  
Los sellos mecánicos entre los manguitos retráctiles y los  
conductos son proporcionados en la mesa de sellado 20. Los  
20 conductos 22 son esencialmente prolongaciones de la vasija  
del reactor 16, permitiendo los manguitos la inserción de  
los detectores miniatura móviles de la instrumentación in-  
tranuclear. Durante la operación, los manguitos 10 están es-  
tacionarios y serán retraídos solamente bajo condiciones des-  
25 presionadas, durante las operaciones de recarga o manteni-  
miento. La extracción de un manguito hasta el fondo de la va-  
sija del reactor también es posible si hay que trabajar so-  
bre las partes internas de la vasija.

30 El sistema propulsor para la inserción de los de-  
tectores miniatura comprende básicamente las unidades propul-



1 soras 24, los sistemas de interruptores de fin de carrera 26,  
los dispositivos de transferencia giratorios de 5 trayectorias  
28, los dispositivos de transferencia giratorios de 10 trayec-  
5 torias 30 y las válvulas de aislamiento 32, como muestra la  
figura.

Cada unidad accionadora capuja un cable accionador  
hueco, envuelto helicoidalmente, al interior del núcleo con  
un detector miniatura fijado al extremo anterior del cable  
y un cable coaxial de pequeño diámetro, que comunica la sa-  
10 lida del detector, ensartado a través del centro hueco has-  
ta el extremo posterior del cable propulsor.

Los actuales requisitos del sistema cartográfico  
de flujo consisten en múltiples mapas totales del núcleo en  
combinación con las medidas físicas de puesta en marcha del  
15 núcleo (típicamente 25 mapas durante un periodo de 6 sema-  
nas) y después mapas completos del núcleo mensualmente. Ade-  
más se realizan mapas parciales o totales del núcleo (equiva-  
lentes a unas 150 inserciones del detector por año) en apoyo  
del trabajo de investigación y desarrollo. Esta utilización  
20 del sistema representa un promedio de unas 500 inserciones  
cíclicas para cada detector durante el primer año de funcio-  
namiento de la central.

El método de esta invención aplica el sistema de-  
25 tector móvil descrito a la obtención de medidas frecuentes  
de los factores de pico del núcleo sobre una base repetitiva,  
manual o automática y representa, en algunos aspectos, una  
aplicación menos severa del sistema. En la realización pre-  
ferida de esta invención, se preseleccionan cuatro manguitos  
de flujo que proporcionarán las medidas de flujo representa-  
30 tivas. Habiendo seleccionado las trayectorias, los detecto-



1 res correspondientes se estacionan en el interior de la va-  
sija a presión pero debajo del núcleo. En esta forma de ope-  
ración, los detectores se moverán a poca velocidad (12 pies,  
3,7 m, por minuto) desde su posición estacionada hasta el  
5 fondo del núcleo, serán movidos hasta la parte superior del  
núcleo, se invertirá la dirección y los detectores se extrae-  
rán a través del núcleo (todavía a poca velocidad) hasta el  
fondo de este último y finalmente se extraerán a pequeña ve-  
locidad hasta su posición de estacionamiento. Los cálculos  
10 del flujo se realizarán sobre la dimensión del núcleo. El  
tiempo total en el núcleo es aproximadamente de 2 minutos, lo  
que representa el mismo tiempo de exposición que experimen-  
ta cada detector durante una inserción en la forma normal de  
operación del sistema cartográfico de flujo. Una ventaja obte-  
15 nida cuando se siguen las operaciones del método de esta in-  
vención que requiere almacenar los detectores en el interior  
de la vasija a presión, es la eliminación de los severos efec-  
tos de las inversiones de las tensiones térmicas. Además, los  
detectores estarán sometidos solamente a una simple trasla-  
20 ción lineal en lugar de a una complicada trayectoria a través  
de los dispositivos de transferencia. Ambos factores contri-  
buyen a una mayor fiabilidad en el modo de vigilancia de la  
invención con respecto a la obtenida en el modo normal de  
operación del sistema cartográfico del flujo si este último  
25 fuera a ser utilizado con la mayor frecuencia anticipada  
por esta invención.

Después de que los detectores se encuentran en su posi-  
ción de estacionamiento, se producirá la actuación de los  
propulsores ya sea a demanda del operador de la central, auto-  
30 máticamente o por una variación de la posición de las barras



1 de control cortas o largas. Para proporcionar una banda muer-  
ta en la puesta en marcha del sistema, se requiere un total  
de aproximadamente 5 pasos (en una dirección) del movimiento  
de las barras cortas o largas. Naturalmente, debe entenderse  
5 que esta memoria puede modificarse para adaptarla a cualquier  
aplicación. En la forma preferida, las medidas de la potencia  
extranuclear desactivarán el sistema de vigilancia por debajo  
de un nivel de potencia preestablecido, tal como un 80 % de  
la potencia. El programa de vigilancia ilustrativo, presenta-  
do gráficamente en la Figura 4, que depende de las caracterís-  
10 ticas físicas del núcleo del reactor, ciclará dos detectores  
de una vez, es decir, los primeros datos del factor de pico  
se obtendrán empleando dos detectores y la segunda serie de  
datos se obtendrá empleando un segundo juego de detectores.  
15 Normalmente no se utilizará como parte de este sistema un ter-  
cer juego de detectores, si existe. Sin embargo, si un detec-  
tor particular dejara de ser utilizable, los restantes detec-  
tores pueden disponerse para operar en este sistema. Como so-  
lo es necesario un detector para proporcionar la información  
20 requerida sobre el flujo, el sistema puede mantenerse operati-  
vo incluso con múltiples detectores inoperantes. Así, la re-  
dundancia de emplear dos detectores en un juego o grupo aumen-  
ta la fiabilidad global del sistema de vigilancia.

25 Para acomodar el mapa de flujo normal mensual del núcleo,  
utilizando el método corriente descrito, la potencia de la cen-  
tral debe ser reducida por debajo del nivel de la potencia re-  
querido para desactivar al sistema de vigilancia de esta in-  
vención y el control debe ser conmutado al sistema cartográfi-  
co de flujo existente normal. Entonces se realizará el mapa  
30 total mensual del núcleo, como en la actualidad, utilizando



1 el sistema cartográfico de flujo y los procedimientos estable-  
cidos.

5 En esta realización, la circuitería de acondicionamien-  
to de señales asociada con cada detector calcula el factor  
de pico a promedio para cada traza; un punto fijo de alarma  
para cada detector es calculado continuamente en el equipo  
en función de la potencia; un sencillo anunciador es acciona-  
do si cualquier cálculo supera al punto fijo de alarma calculado;  
10 el sistema de presentación proporciona una indicación  
digital del factor de pico y una presentación de tiempos que  
indica el tiempo de la medida; y un registro miniatura de  
plumas múltiples proporciona un trazo de la distribución del  
flujo axial así como la posición de la batería de control de  
barras cortas. Además, asociadas con la presentación se en-  
15 encuentran las luces indicadoras y conmutadores que proporcio-  
nan información sobre el estado del sistema y permiten el con-  
trol por el operador.

20 Una descripción general del sistema en forma de bloque  
se muestra en la Figura 2. Se presentan seis detectores 34,  
normalmente asociados con una central de cuatro circuitos,  
con sus correspondientes propulsores, denominados respectiva-  
mente A, B, C, D, E y F, conectados al sistema cartográfico  
de flujo existente. La intercomunicación entre el sistema  
existente y la modificación proporcionada por el método de  
25 esta invención está indicada por el bloque denominado acondi-  
cionamiento y control de la señal  $F_2$ . La intercomunicación  
entre las salidas del sistema y la sala de control está indi-  
cada por la unidad marcada panel del operador  $F_2$ . Además, se  
muestran las entradas para el sistema de control escalonado  
30 de las barras cortas y largas para reiniciar la propulsión



1 del detector de inserción programada gráficamente ilustrada  
en la Figura 4. También se proporcionan señales de entrada  
para los detectores del intervalo de potencia de la instrumen-  
tación extranuclear para inhabilitar automáticamente el sis-  
5 tema.

La circuitería de control para los propulsores del de-  
tector está ilustrada con más detalle en forma de bloque en  
la Figura 3. Los detectores individuales generalmente están  
ilustrados por sus correspondientes unidades propulsoras, A,  
10 B, C y D. Cada propulsor del detector tiene el correspondien-  
te codificador  $\Phi_n$  que registra la posición del detector con  
respecto al núcleo. Los codificadores respectivos están aco-  
plados a las correspondientes unidades 58 decodificador/compa-  
rador, que comparan la salida del codificador con un punto  
15 fijo preseleccionado  $S_p$ , correspondiente a una posición pre-  
determinada del detector dentro del reactor. Las respectivas  
unidades descodificador/comparador proporcionan salidas, dic-  
tadas por los puntos fijos individuales, a las unidades lógi-  
cas 36 asociadas del propulsor del detector, que controlan el  
20 movimiento y la dirección de los correspondientes detectores  
conectados. Se dispone de un interruptor principal 38 para  
reconectar la circuitería eléctrica del sistema cartográfico  
de flujo existente, representado por los acoplamientos de  
contacto  $F_1$ , al aparato proporcionado para realizar el modo  
25 de operación de esta invención, indicado por los contactos  
 $F_2$ . Por consiguiente, cuando se emplea el método de esta in-  
vención, el interruptor principal 38 se mueve a la posición  
 $F_2$  conectando las respectivas unidades descodificador/compa-  
rador que indicarán la posición relativa de los correspon-  
30 dientes detectores a la lógica del propulsor del detector que,



1 a su vez, accionará la inserción de los detectores conectados  
apropiados en sus posiciones de almacenamiento por debajo del  
núcleo del reactor. Aunque se muestra una entrada programada  
de punto fijo para cada unidad descodificador/comparador, se  
5 observará que en esta realización se proveerán por lo menos  
3, correspondientes a la parte superior del núcleo, al fondo  
del núcleo y a las posiciones de almacenamiento dentro del  
reactor. A continuación, salvo que sea interrumpida por se-  
ñales externas, la lógica 36 del propulsor del detector accio-  
10 nará el movimiento de los correspondientes detectores a lo  
largo de sus trayectorias preseleccionadas de movimiento den-  
tro de los manguitos de flujo dados de acuerdo con el progra-  
ma de inserción ilustrado en la Figura 4. La ilustración  
esquemática proporcionada por la Figura 3 muestra los detec-  
15 tores A y C conectados en su posición exploratoria. Después  
de cada exploración, la lógica 36 del propulsor del detector  
es reconectada a los otros propulsores del detector, es de-  
cir, B y D, a través de un interruptor principal interconec-  
tado 44, controlado por la lógica 42 de selección del ciclado  
20 del detector. La lógica 42 de selección del ciclado es  
disparada al final de cada ciclo de la lógica del propulsor  
del detector a través de los conectores eléctricos 41, para  
mover el interruptor principal 44 al otro contacto 40 del  
propulsor del detector.

25 Para identificar el uso esperado del sistema es neces-  
ario hacer referencia a sus requisitos funcionales. La in-  
tención básica de este método es determinar los factores de  
pico siempre que los parámetros del núcleo, que pueden produ-  
cir una variación del flujo, sean perturbados. Siguiendo a  
30 estas perturbaciones, es necesario proporcionar una vigilan-



1       cia periódica del núcleo para demostrar que los factores de  
pico convergen hacia valores permisibles. Unas perturbaciones  
significativas del núcleo surgen del movimiento de las barras  
de control cortas y largas. El efecto resultante sobre los  
5       factores de pico necesita una determinación renovada de la  
distribución del flujo. El factor de perturbación secunda-  
rio que sigue al movimiento de las barras está relacionado  
con la redistribución del xenon. La redistribución axial del  
xenon prosigue durante un periodo de 8 a 10 horas. Por lo tan-  
10       to, el periodo sugerido de frecuencia para el ciclo programa-  
do de medidas es de 8 horas. Esta última consideración esta-  
blece el intervalo máximo de tiempo entre las trazas del flu-  
jo. Así, con objeto de proporcionar una información significa-  
15       tiva sobre la distribución de potencia del núcleo, deben rea-  
lizarse trazas del flujo después del movimiento de las barras  
y después de la tendencia inicial de redistribución de la  
potencia. En una central cargada básica, las variaciones de  
potencia serán mínimas y la vigilancia del núcleo se realiza-  
rá automáticamente por lo menos cada 8 horas. Para el caso que  
20       sigue a la carga, este ciclo debe ser iniciado después del mo-  
vimiento de las barras o debe revertir a una traza de flujo  
cada 8 horas en ausencia de movimiento de las barras.

      En el diagrama de temporización de la inserción ilustra-  
do en la Figura 4 se muestra un programa periódico capaz de  
25       proporcionar la información más importante sobre la distribu-  
ción del flujo axial en el núcleo. El programa de inserción  
preferido para conseguir este objetivo efectuará la inserción  
de grupos o juegos alternantes de detectores a los intervalos  
indicados. Después de la inserción inicial del primer juego  
30       de detectores, se insertará un segundo juego una vez transcu-



1974

1 rrido un intervalo de 10 minutos; el primer juego se reinserta después de un intervalo de 30 minutos y el segundo se reinserta después de un intervalo de 60 minutos, etc.

5 La inserción programada para cada traza es efectuada por la lógica de ciclado exploratorio 44, ilustrada en la Figura 3. Cada uno de los circuitos lógicos descritos puede ser construido a partir de componentes de la técnica actual empleando una aplicación rutinaria del análisis de circuitos y de las técnicas lógicas. La Figura 6 ilustra uno de estos

10 circuitos para conseguir la lógica de ciclado exploratoria. La Figura muestra 8 contadores denominados respectivamente  $T_1$  a  $T_8$ . Cuando está conectada, la señal de inserción inicial pondrá en marcha el contador  $T_1$ , que proporcionará cuentas durante 10 minutos. Al final de este intervalo de 10 minutos,

15 será procesada una inserción a través de la lógica de actuación exploratoria hasta la lógica del propulsor del detector, que efectuará la primera traza del flujo. Al mismo tiempo, una segunda salida iniciará un recuento de 30 minutos en el segundo contador  $T_2$ . Al final del intervalo de 30 minutos, el

20 segundo contador proporcionará otra salida de actuación exploratoria así como iniciará un recuento de 60 minutos en el tercer contador  $T_3$ . Los restantes contadores describen un ciclo a través de sus correspondientes intervalos de forma similar. Al final del octavo ciclo, la salida del octavo contador,  $T_8$ , se emplea para restablecer la posición de los 8 contadores y reiniciar el programa. Las salidas de los respectivos contadores son "OR" juntas en la lógica de actuación exploratoria 46, que proporciona las señales necesarias para programar

25 la lógica del propulsor del detector 36 para realizar las

30 órdenes de inserción y extracción a los correspondientes pro-



1974

1 pulsores a motor de los detectores individuales conectados.  
La señal iniciadora de la lógica de ciclado de la exploración  
es proporcionada desde uno de los dos contadores 48 o 50 o  
por una entrada manual. Los contadores 48 y 50 cuentan res-  
5 pectivamente los pasos de las barras cortas y largas y pro-  
porcionan las correspondientes salidas cuando se produce un  
número predeterminado de pasos indicado por los puntos fijos  
del programa Sp. Las salidas de los contadores 48 y 50 y la  
entrada manual son "OR" juntas en la lógica de ciclado de la  
10 exploración para poner en marcha los terminales de restable-  
cimiento de la cadena temporizadora mostrada en la Figura 6,  
de manera que el movimiento de las barras cortas o de las ba-  
rras largas sobre un número predeterminado de pasos, o una  
entrada manual adicional, reiniciará todo el programa de ci-  
15 clado de exploración. Las entradas también son suministradas  
desde la instrumentación extranuclear, denominada señales del  
intervalo de potencia NIS, a través de los correspondientes  
biestables 52 y 54, hasta la lógica de actuación exploratoria.  
Cuando el intervalo de potencia desciende por debajo de los  
20 valores de los puntos fijos especificados por las entradas  
Sp programadas sobre los biestables 52 y 54, las salidas de  
los biestables son comunicadas con la lógica de actuación  
exploratoria a través de la unidad 56 para inhibir una nue-  
va inserción de los detectores en el núcleo e incapacitar al  
25 sistema de manera que puedan acomodarse los procedimientos  
normales de formación de mapas del flujo. Las entradas manua-  
les también son proporcionadas a la lógica de actuación ex-  
ploratoria para efectuar una sola traza de flujo a discreción  
del operador de la central.

30 Cuando un juego dado de detectores entra en el núcleo,



1 se inicializa la electrónica de salida y continúa vigilando  
el funcionamiento del detector a través de toda la exploración  
del flujo de ese juego. La señal iniciadora de salida para  
activar la electrónica de vigilancia se obtiene de las unida-  
5 des descodificador/comparador de la Figura 3. Las unidades  
descodificador/comparador proporcionan una salida 58 sobre  
una lectura del descodificador igual a un punto fijo del pro-  
grama indicativo del fondo de la posición del núcleo. Análo-  
gamente, cuando los detectores abandonan el núcleo, se pro-  
10 porcionará una segunda salida en la terminal 58 para desco-  
nectar las correspondientes unidades de la electrónica de pro-  
cesado de lecturas de salida.

Una vista más detalla de la electrónica de vigilancia  
es la ilustrada en las Figuras 5A y 5B, mostrándose en la  
15 Figura 7 una disposición conceptual de la presentación. Las  
salidas 58 procedentes de los comparadores del descodificador  
de la Figura 3 están conectadas a los correspondientes comu-  
tadores 82 de la Figura 5A y permiten la comunicación entre  
los respectivos detectores y la electrónica de vigilancia.  
20 La electrónica de lectura de salida se utiliza en agrupacio-  
nes repetidas, una para cada detector de un juego. El inte-  
rruptor principal 60, controlado por una salida procedente  
de la lógica de selección del ciclado del detector 42 en la  
Figura 3 conecta los detectores apropiados que están siendo  
25 insertados en el núcleo con las correspondientes unidades de  
vigilancia. Las salidas de los respectivos detectores que  
están siendo ciclados son comunicadas con las correspondien-  
tes unidades 62 de cálculo de  $F_{1/2}$ , que están mostradas con  
más detalle en la Figura 5B. Las entradas del flujo proce-  
30 dentes de los detectores son alimentadas en paralelo a un



1 detector de picos 72 y a un circuito integrador 74 que respec-  
tivamente calculan las medidas del flujo axial de pico y pro-  
medio. Estos valores son comunicados a un detector 76 de re-  
lación que proporciona la medida  $F_z$  de flujo de pico a pro-  
5 medio. La medida  $F_z$  se compara con un punto fijo prescrito en  
el biestable 78 y si se sobrepasa el punto fijo funciona una  
alarma 70. Al mismo tiempo, la medida  $F_z$  es procesada a través  
de un convertidor 80 de analógico en digital para su presen-  
tación sobre la lectura de salida 68. Las correspondientes  
10 salidas de las unidades compiladoras 62 también se comparan  
entre sí en una unidad comparadora 64 para determinar cual-  
quier desviación que pudiera existir. Teóricamente, la dis-  
tribución de flujo radial dentro del núcleo debe ser la mis-  
ma, dentro de un pequeño porcentaje de desviación, tal como  
15 el 5 %, en cada posición axial dada del núcleo. Cuando la  
unidad de desviación 64 observa una desviación que supera a  
un punto fijo predeterminado, funciona una alarma para aler-  
tar al operador de la central. Además de las salidas ya ob-  
servadas, se utiliza un registro 66 de 3 canales para presen-  
20 tar las salidas de los dos detectores que en ese momento es-  
tán siendo vigilados, así como la posición de la barra cor-  
ta. Como las barras cortas se emplean para controlar la ope-  
ración normal del reactor, esto debe ser suficiente. Sin em-  
bargo, cuando se desea, también puede ser presentada la posi-  
25 ción de las barras largas. La unidad temporizadora 84 se uti-  
liza simplemente para ayudar al operador de la central a re-  
gistrar las lecturas de salida de cada traza.

30 La presentación está conceptualmente ilustrada en la  
Figura 7 e incluye una indicación digital del factor de pico



1974

1  $F_z$  (A, C) para los detectores A y C y  $F_z$  (B, D) para los de-  
tectores B y D y el tiempo presentado indica el tiempo de me-  
dida. Un registro miniatura de múltiples plumas 66 proporció-  
na una traza de la distribución del flujo axial así como de  
5 la posición de la batería de control de barras cortas. Tam-  
bién están asociadas con el panel presentador las luces indi-  
cadoras y los conmutadores que proporcionan información sobre  
el estado del sistema y permiten el control por el operador.  
Por ejemplo, se muestra la posición digital de cada detector  
10 en operación y se proporciona una disposición de las entra-  
das manuales a los puntos fijos anteriormente descritos, ta-  
les como los de las unidades descodificador/comparador que  
indican la parte superior del núcleo, el fondo del núcleo y  
la posición de estacionamiento de los detectores.

15 Aunque el método de esta invención ha sido aplicado pa-  
ra determinar el factor de pico axial  $F_z$ , pueden obtenerse  
otras medidas de las señales derivadas de los detectores in-  
tranucleares móviles. Por ejemplo, también pueden calcularse  
los picos normalizados, los desplazamientos axiales y las in-  
clinaciones del cuadrante.  
20

Por lo tanto, el método de vigilancia de esta invención  
proporciona la operación automática del sistema cartográfico  
de flujo intranuclear de detectores móviles actualmente exis-  
tente para dar mapas parciales del flujo del núcleo del reac-  
tor de acuerdo con un ciclo programado predeterminado, que  
25 puede ser reiniciado durante los cambios de carga o a deman-  
da del operador del reactor para proporcionar cálculos de  
ciertos parámetros del núcleo. Esta técnica permitirá utili-  
zar mejor el equipo de trazado de mapas de flujo actualmente  
30 existente, proporcionando al operador de la central una ayuda



1 visual precisa, repetidamente actualizada, para modificar la  
distribución del flujo del reactor a medida que sea necesario.

LEYENDA DE LAS FIGURAS

- 5  
10  
15  
20  
25  
30
- Figura 1.- 14. Núcleo
  - 20. Mesa de sellado
  - 32. Válvulas de aislamiento
  - 30. Transferencias de 10 trayectorias
  - 28. Transferencias de 5 trayectorias
  - 26. Interruptor de fin de carrera
  - Interruptores de seguridad
  - 24. Unidades propulsoras
  - Figura 2.- (1) Detectores intranucleares móviles
  - (2) Señal de movimiento de la barra corta
  - (3) Señales de movimiento de las barras largas
  - (4) Señales del intervalo de potencia NIS
  - (5) Sistema cartográfico del flujo existente
  - (6) Acondicionamiento y control de la señal  $F_Z$
  - (7) Panel del operador  $F_Z$
  - Figura 3.- 36. Lógica del propulsor del detector
  - 46. Lógica de actuación exploratoria
  - 44. Lógica de ciclado de la exploración
  - 48. Contador
  - 42. Lógica de selección del ciclado del detector
  - 50. Contador
  - (1) Señales del intervalo de potencia NIS
  - (2) Barras cortas (P/L)  $\pm$  pasos
  - (3) Barras largas (F/L)  $\pm$  pasos
  - (4) Manual
  - Figura 4.- (1) Movimiento de la barra
  - (2) Tiempo



- 1      Figura 5A y B.- 82. Conmutador
42. Lógica de selección del ciclado del detector
66. Registro de tres canales
62. Cálculo de  $F_z$
- 5      68. Lectura de salida de  $F_z$
84. Tiempo de  $F_z$
72. Selector de pico
74. Integrador
76. Circuito de relación
- 10     80. Convertidor A/D
- (1) Posición P/L
- (2) Anuncia una  $F_z$  alta
- (3) Alarma
- 15     Figura 6 .- (1) Salida de actuación
- (2) Puerta en marcha
- (3) Restablecimiento
- (4) Cadena temporizadora
- 20     Figura 7 .- (1) Posición del detector "A"
- (2) Posición del detector "C"
- (3) Entradas manuales para los puntos fijos (posi  
             ciones de los manguitos)
- (4) Parte superior del núcleo
- (5) Parte inferior del núcleo
- 25     (6) Posición de estacionamiento
- (7) Ambos
- (8) Apagado
- (9) Registro gráfico
- (10) Tiempo
- 30     (11) Posición del detector "B"
- (12) Posición del detector "D"



1

(13) Entradas manuales para los puntos fijos

(14) Luces

En resumen, la Patente de Invención que se solicita deberá recaer sobre las siguientes:

5

REIVINDICACIONES

10

1. Un método de vigilancia en línea de la operación normal de potencia de un reactor nuclear empleando detectores neutrónicos intranucleares móviles dispuestos en una multiplicidad de grupos, siendo movidos dichos detectores después de la inserción a través de la región del núcleo, a lo largo de trayectorias fijas predeterminadas, y siendo la salida de los detectores registrada en función de la posición en el núcleo, caracterizado por la operación de: insertar y retirar automáticamente un detector al menos por cada grupo adentro y afuera de la región del núcleo, durante la operación de potencia normal en intervalos de secuencia, predeterminados, escalonados, intermitentes, temporales, programados.

15

20

2. Un método según la Reivindicación 1, que comprende la operación de almacenar los detectores dentro del ambiente térmico del reactor, fuera de la región reactiva del núcleo, una posición de almacenamiento previamente dispuesta, antes de la inserción en el núcleo y donde las trayectorias predeterminadas fijas de movimiento de los detectores terminan en la posición de almacenamiento.

25

3. Un método según la Reivindicación 1, donde dicha operación de movimiento consiste en mover los detectores a lo largo de trayectorias predeterminadas correspondientes distintas, a través del núcleo.

30

4. Un método según las Reivindicación 1, 2 o 3,



1 donde se emplean cuatro detectores intranucleares para vigi-  
lar el reactor, dispuestos en grupos de dos detectores cada  
uno.

5 5. Un método según la Reivindicación 1, que com-  
prende la operación de repetir periódicamente la secuencia  
de tiempos predeterminada.

6. Un método según la Reivindicación 5, donde  
el programa predeterminado se repite cada 8 horas.

10 7. Un método según la Reivindicación 1, donde  
los detectores son insertados en el núcleo del reactor a in-  
tervalos separados variables de acuerdo con la secuencia de  
tiempos predeterminada.

15 8. Un método según la Reivindicación 1, donde  
la reactividad del núcleo es alterable por medios de con-  
trol, que incluye la operación de reiniciar automáticamente  
la secuencia de tiempos después de un cambio dado en la reac-  
tividad del núcleo causado por los medios de control.

20 9. Un método según la Reivindicación 8, donde  
los medios de control comprenden unas barras de control y la  
secuencia de tiempos es reiniciada después de un movimiento  
dado de las barras de control dentro del núcleo.

25 10. Un método según la Reivindicación 1, que  
comprende la operación de calcular automáticamente la rela-  
ción de los valores pico a promedio del flujo de neutrones in-  
dicado por la salida del detector.

11. Un método según la Reivindicación 1, donde  
las trayectorias predeterminadas fijas del detector son li-  
neales.

12. Un método de vigilancia de la operación de  
potencia de un reactor nuclear según la Reivindicación 1, -

30



1 que comprende la operación de presentar una exploración de  
la distribución del flujo de neutrones para su observación  
por un operador.

5 13. Un método de vigilancia de la operación de  
potencia de un reactor nuclear según la Reivindicación 10 que  
comprende la operación de dar automáticamente una alarma -  
cuando la relación de la densidad de potencia local de pico  
a la densidad de potencia promedia del núcleo sobrepasa un  
límite predeterminado.

10 14. Se reivindica por último como objeto sobre  
el que ha de recaer la patente de invención que se solicita  
por: UN METODO DE VIGILANCIA DE LA OPERACION DE POTENCIA DE  
UN REACTOR NUCLEAR.

15 Todo conforme queda descrito y reivindicado en  
la presente memoria descriptiva que consta de veintitres pá-  
ginas mecanografiadas y dibujos adjuntos.

Madrid, 12 de Julio de 1.974

BERNARDO UNGRIA  
p.p.

20

25

30

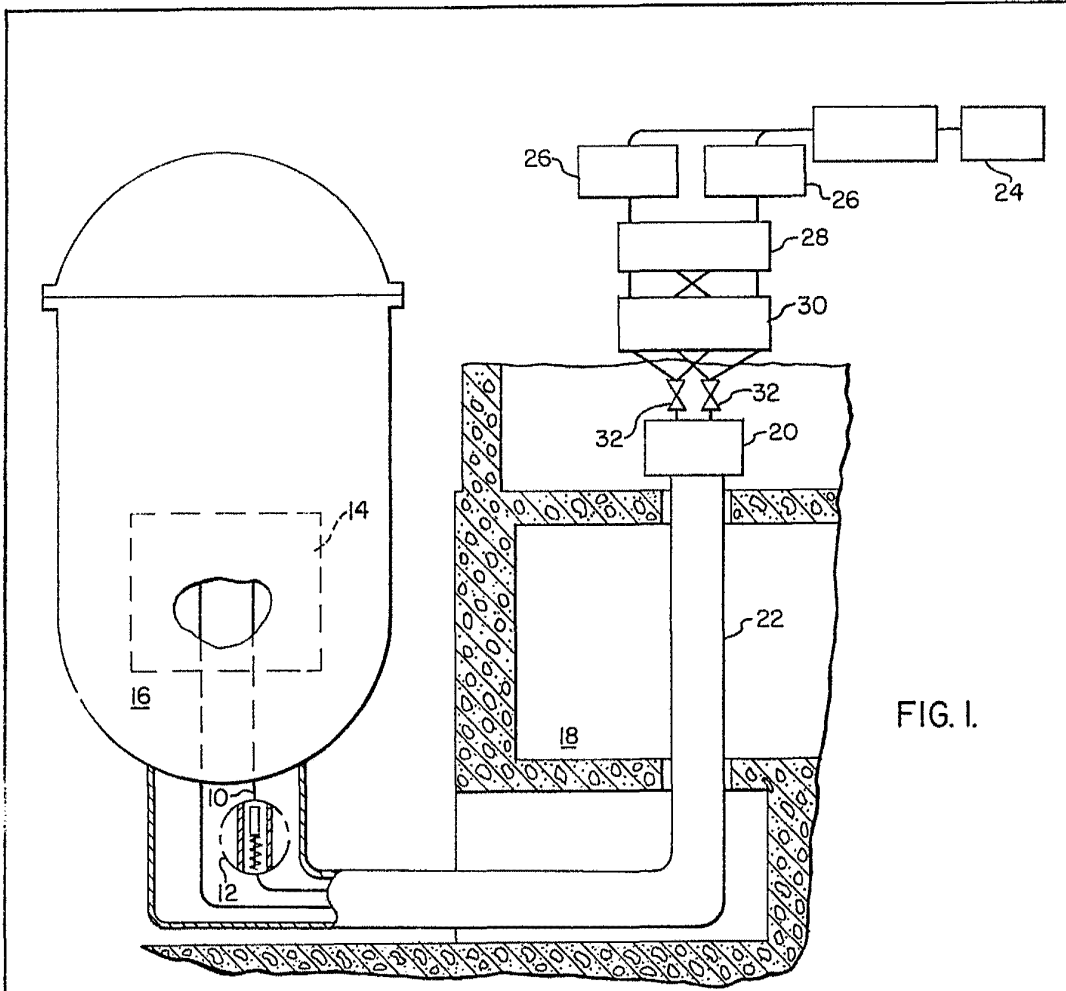


FIG. 1.

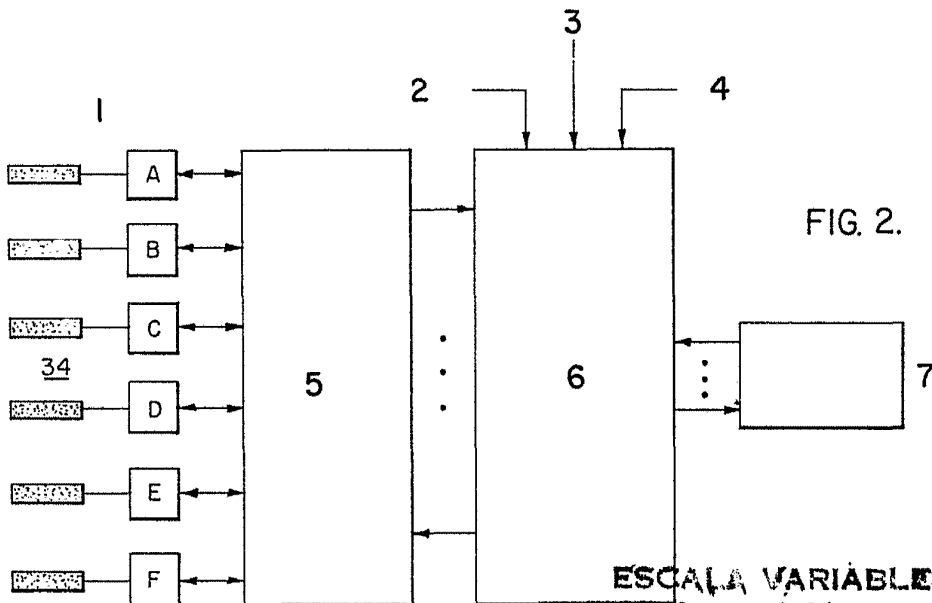


FIG. 2.

ESCALA VARIABLE  
MADRID, 12 DE julio DE 1974  
BERNARDO UNGRÍA  
P. P.

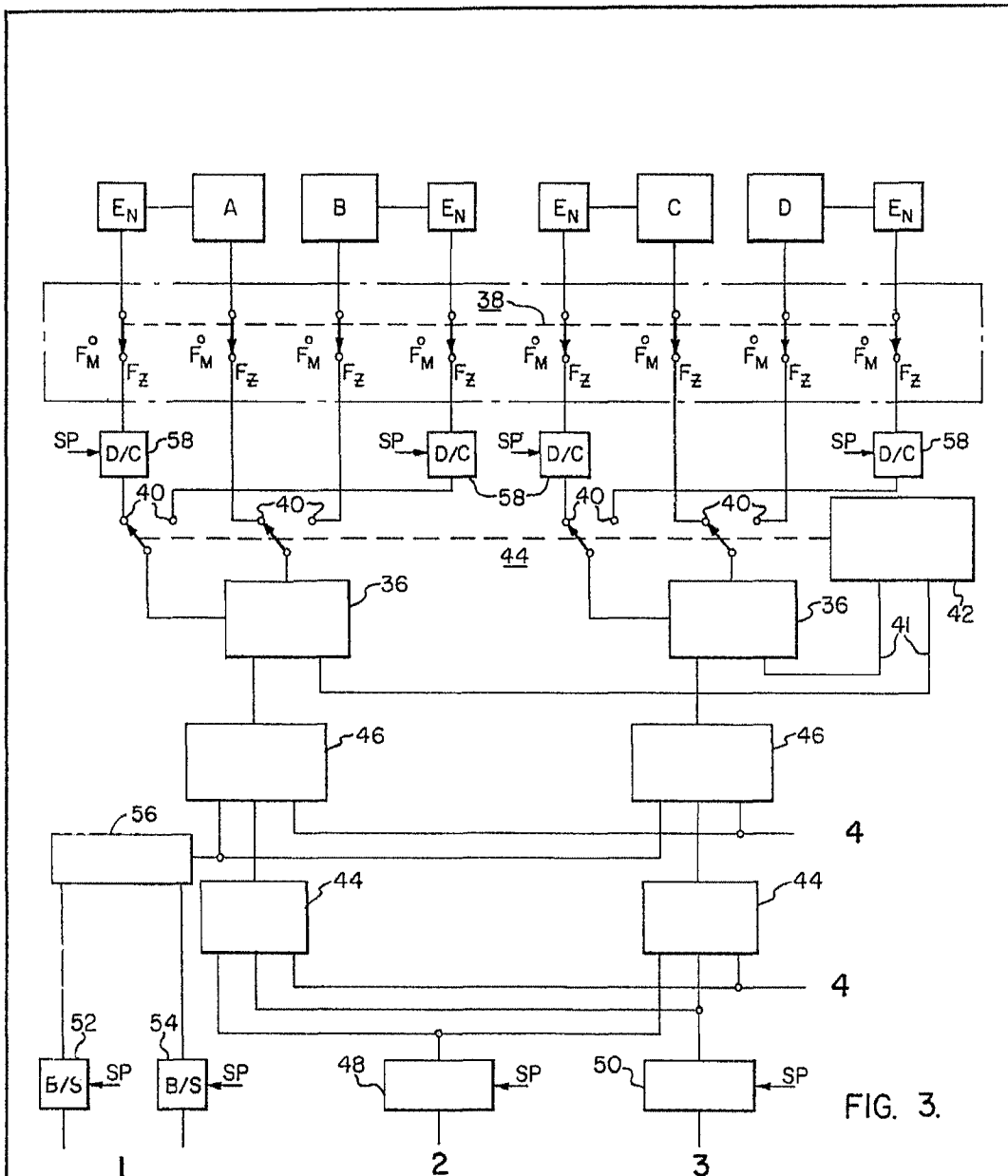


FIG. 3.

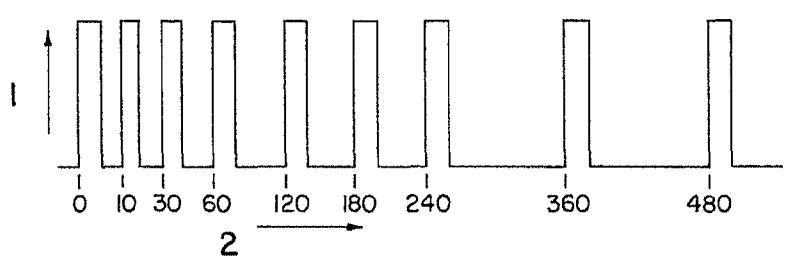


FIG. 4.

ESCALA VARIABLE  
 MADRID 2 DE julio DE 19 74  
 BERNARDO UNGRIA  
 P. P.

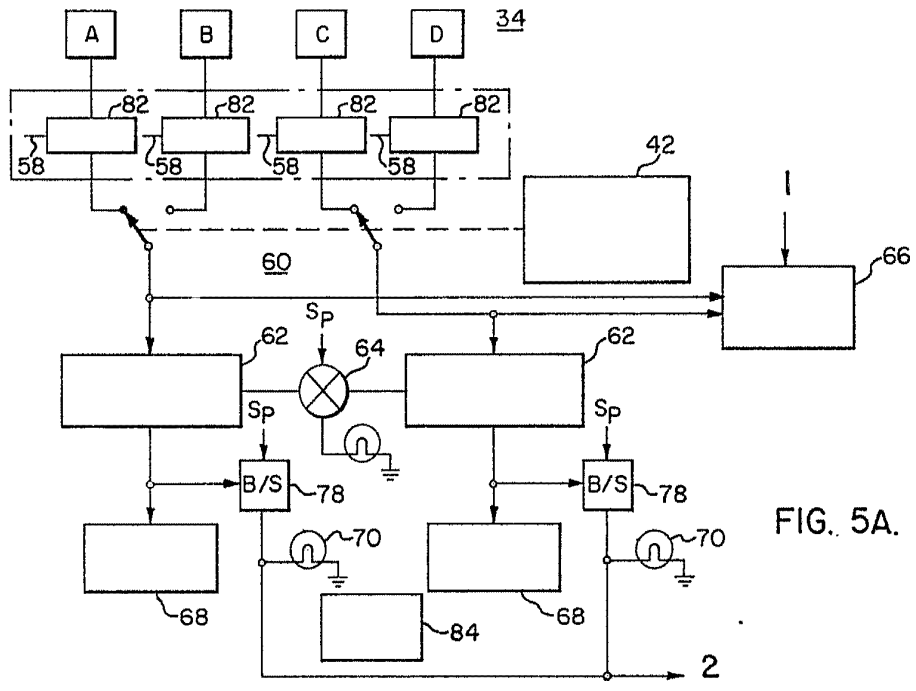


FIG. 5A.

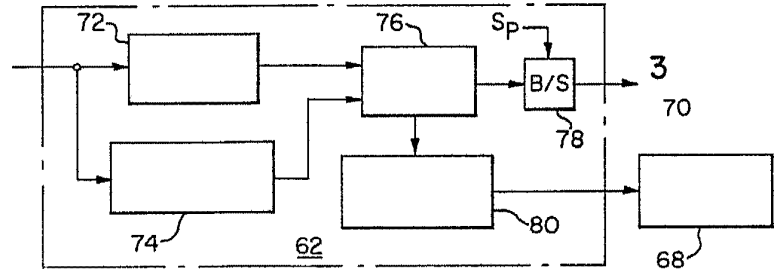


FIG. 5B.

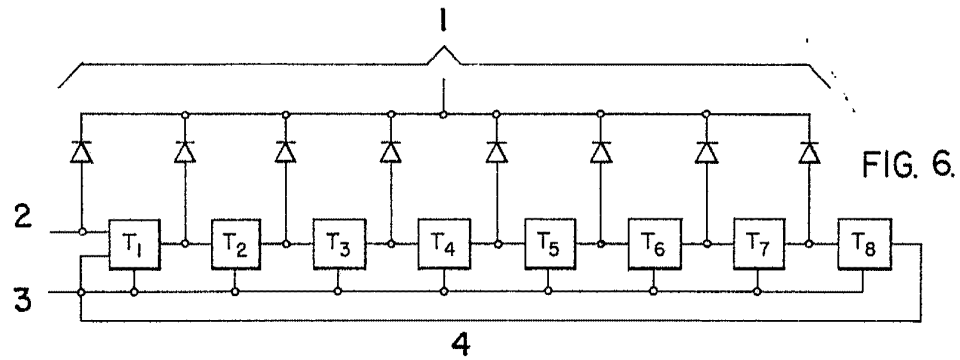


FIG. 6.

ESCALA VARIABLE  
 MADRID, 12 DE julio DE 1974  
 BERNARDO UNGRÍA  
 P. P.

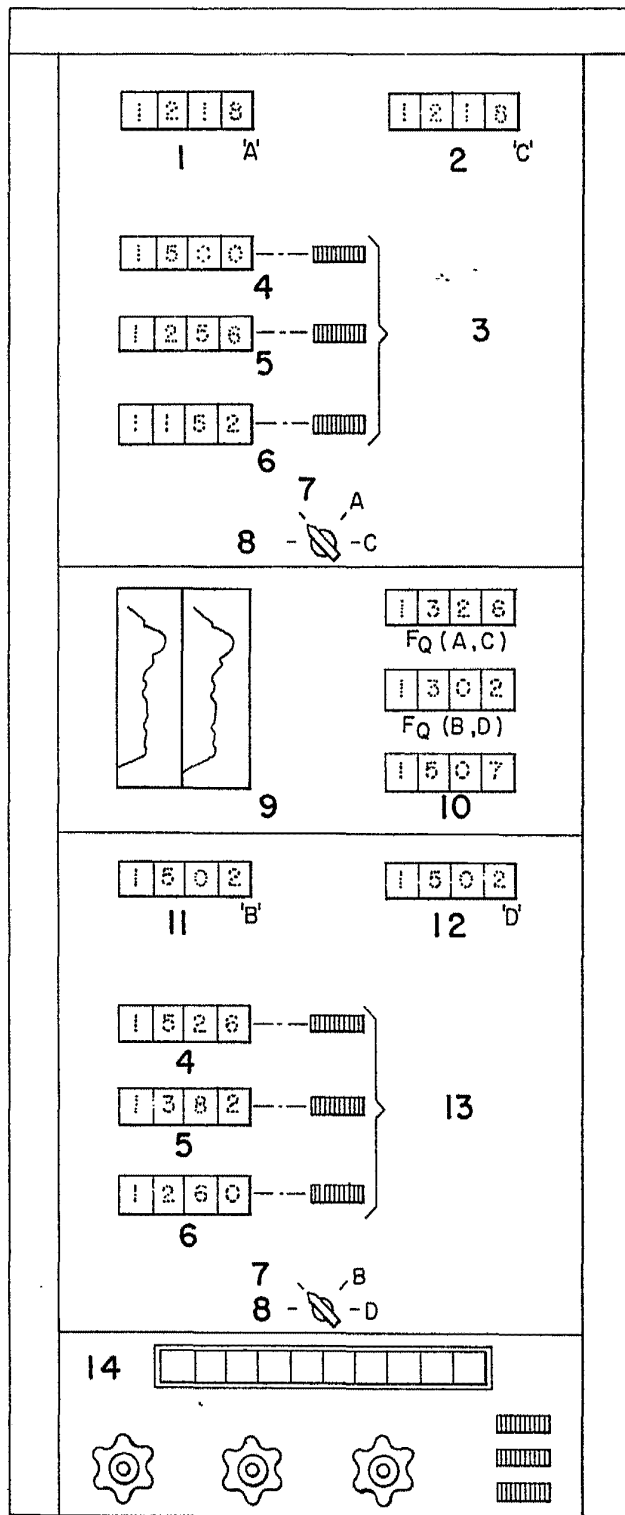


FIG. 7

ESCALA VARIABLE  
 MADRID, 12 DE julio DE 1974  
 BERNARDO UNGRÍA  
 P. P.