

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 606 155**

51 Int. Cl.:

G21D 3/00 (2006.01)

G21C 7/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.10.2012 PCT/US2012/059628**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.07.2013 WO13103421**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.10.2012 E 12864322 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.09.2016 EP 2771886**

54 Título: **Procedimiento de obtención de un control de distribución de potencia axial automático**

30 Prioridad:

24.10.2011 US 201113279596

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

23.03.2017

73 Titular/es:

**WESTINGHOUSE ELECTRIC COMPANY LLC
(100.0%)**

1000 Westinghouse Drive

Cranberry Township, Pennsylvania 16066, US

72 Inventor/es:

**DRUDY, KEITH, J.;
MUELLER, NORMAN, P. y
RICHTER, ELIJAH, A.**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 606 155 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Procedimiento de obtención de un control de distribución de potencia axial automático

Antecedentes**1. Campo**

- 5 La presente invención se refiere en general a un procedimiento para operar un reactor nuclear de agua a presión y, más particularmente, a un procedimiento para controlar automáticamente la temperatura media del refrigerante y la distribución de potencia axial de un reactor de este tipo.

2. Descripción de la técnica relacionada

10 El lado primario de los sistemas de generación de potencia de reactores nuclear que se enfrían con agua a presión comprende un circuito cerrado que está aislado y en relación de intercambio de calor con un circuito secundario para la producción de energía útil. El lado primario comprende el recipiente del reactor que encierra una estructura interna de núcleo que soporta una pluralidad de conjuntos de combustible que contienen el material fisionable. El circuito primario dentro de los generadores de vapor de intercambio de calor, el volumen interior de un presurizador, bombas y tuberías para la circulación de agua a presión; conectando las tuberías cada uno de los generadores de vapor y las bombas al recipiente del reactor de forma independiente. Cada una de las partes del lado primario que comprende un generador de vapor, una bomba, y el sistema de tuberías que se conectan al recipiente forman un bucle del lado primario.

20 Para fines de la ilustración, la Figura 1 muestra un sistema primario de reactor nuclear simplificado, que incluye un recipiente 10 a presión generalmente cilíndrico que tiene un cabezal 12 de cierre encierra un núcleo 14 nuclear. Un refrigerante de reactor líquido, tal como agua o agua borada, se bombea en el recipiente 10 por la bomba 16 a través del núcleo 14, donde se absorbe la energía térmica y se descarga a un intercambiador 18 de calor, que se denomina normalmente un generador de vapor, en el que el calor se transfiere a un circuito de utilización (no mostrado), tal como un generador de turbina accionado por vapor. El refrigerante de reactor se devuelve a la bomba 16, completando el circuito primario. Normalmente, una pluralidad de los bucles descritos anteriormente se conecta a un único recipiente 10 del reactor por medio de tuberías 20 de refrigerante del reactor.

30 Un diseño de reactor ejemplar se muestra con más detalle en la Figura 2. Además del núcleo 14 compuesto de una pluralidad de conjuntos 22 de combustible paralelos, verticales, de extensión conjunta, para la finalidad de esta descripción, las otras estructuras internas del recipiente se pueden dividir en estructuras 24 internas inferiores y estructuras 26 internas superiores. En los diseños convencionales, la función de las estructuras internas inferiores es soportar, alinear y guiar los componentes del núcleo y la instrumentación, así como dirigir el flujo dentro del recipiente. Las estructuras internas superiores restringen o proporcionan una restricción secundaria para los conjuntos 22 de combustible (solo dos de los que se muestran por simplicidad en la Figura 2), y soportan y guían la instrumentación y componentes, tales como las barras 28 de control. En el reactor ejemplar mostrado en la Figura 2, el refrigerante entra en el recipiente del reactor a través de una o más boquillas 30 de entrada, se hace fluir hacia abajo a través de un espacio anular entre el recipiente del reactor y el cuerpo 32 del núcleo, girar 180° en una cámara 34 impelente inferior, pasar hacia arriba a través de una placa 37 de soporte inferior y una placa 36 de núcleo inferior sobre las que los conjuntos de combustible se asientan y pasan a través y alrededor de los conjuntos. En algunos diseños, la placa 37 de soporte inferior y la placa 36 de núcleo inferior se sustituyen por una única estructura, una placa de soporte de núcleo inferior que tiene la misma elevación que 37. El flujo de refrigerante a través del núcleo y las áreas 38 circundantes es normalmente grande en el orden de 400.000 galones (1.514,16 m³) por minuto a una velocidad de aproximadamente 20 pies (6,1 m) por segundo. La caída de presión resultante y la fricción de las fuerzas tienden a hacer que los conjuntos de combustible se eleven, cuyo movimiento está restringido por las estructuras internas superiores, incluyendo una placa 40 de núcleo superior circular. El refrigerante que sale del núcleo 14 fluye a lo largo de la cara inferior de la placa 40 de núcleo superior y hacia arriba a través de una pluralidad de perforaciones 42. El refrigerante fluye después hacia arriba y radialmente a una o más boquillas 44 de refrigerante.

50 Las estructuras 26 internas superiores se pueden soportar por el recipiente o cabezal del recipiente e incluir un conjunto 46 de soporte superior. Las cargas se transmiten entre el conjunto 46 de soporte superior y la placa de núcleo superior, principalmente por una pluralidad de columnas 48 de soporte. Una columna de soporte se alinea por encima de un conjunto 22 de combustible seleccionado y de las perforaciones 42 en la placa 40 de núcleo superior.

55 Las barras 28 de control que se mueven de forma rectilínea, incluyendo normalmente un eje 50 de accionamiento y conjunto 52 de cruceta de barras de veneno neutrónico, se guían a través de las estructuras 26 internas superiores y en los conjuntos 22 de combustible alineados mediante tubos 54 de guía de las barras de control. Los tubos de guía se unen fijamente al conjunto 46 de soporte superior y a la parte superior de la placa 40 de núcleo superior. La disposición de columna 48 de soporte ayuda a retardar la deformación del tubo de guía en condiciones de accidente lo que podría afectar negativamente a la capacidad de inserción de las barras de control.

La Figura 3 es una vista en alzado, representada en forma acortada verticalmente, de un conjunto de combustible que se designa en general con el carácter 22 de referencia. El conjunto 22 de combustible es del tipo utilizado en un reactor de agua a presión y tiene un esqueleto estructural que, en su extremo inferior, incluye una boquilla 58 inferior. La boquilla 58 inferior soporta el conjunto 22 de combustible en la placa 36 de núcleo inferior en la región del núcleo del reactor nuclear. Además de la boquilla 58 inferior, el esqueleto estructural del conjunto 22 de combustible incluye también una boquilla 62 superior en su extremo superior y un número de tubos o casquillos 84 de guía que se alinean con los tubos 54 de guía en las estructuras internas superiores. Los tubos o casquillos 84 de guía se extienden longitudinalmente entre las boquillas 58 y 62 inferior y superior y en extremos opuestos se conectan rígidamente a las mismas.

El conjunto 22 de combustible incluye además una pluralidad de rejillas 64 transversales separadas axialmente a lo largo de y montadas en los casquillos 84 de guía y una matriz organizada de barras 66 de combustible alargadas separadas transversalmente y soportadas por las rejillas 64. También, el conjunto 22 de combustible, como se muestra en la Figura 3, tiene un tubo 68 de instrumentación situado en el centro del mismo que se extiende entre y se captura por las boquillas 58 y 62 inferior y superior. Con una disposición de partes de este tipo, el conjunto 22 de combustible forma una unidad integral capaz de ser convenientemente manejada sin dañar el montaje de las partes.

Como se ha mencionado anteriormente, las barras 66 de combustible en la matriz de las mismas en el conjunto 22 se mantienen en relación de separación entre sí por las rejillas 64 separadas a lo largo de la longitud del conjunto de combustible. Cada barra 66 de combustible incluye una pluralidad de pastillas 70 de combustible nuclear y se cierra en sus extremos opuestos por tapones 72 y 74 superior e inferior. Las pastillas 70 se mantienen en una pila por un resorte 76 de separación dispuesto entre el tapón 72 superior y la parte superior de la pila de pastillas. Las pastillas 70 de combustible compuestas de material fisión, son responsables de crear la potencia reactiva del reactor. El revestimiento que rodea las pastillas funciona como una barrera para evitar que los subproductos de fisión entren en el refrigerante y contaminen adicionalmente el sistema de reactor.

Para controlar el proceso de fisión, un número de barras 78 de control se pueden mover recíprocamente en los casquillos 84 de guía situados en posiciones predeterminadas en los conjuntos 22 de combustible. Un mecanismo 80 de control del grupo de barras, situado por encima de la boquilla 62 superior, soporta una pluralidad de los controles 78. El mecanismo de control tiene un miembro 82 de cubo cilíndrico internamente roscado con una pluralidad de aletas o brazos 52 que se extienden radialmente que forman la cruceta señalada anteriormente con respecto a la Figura 2. Cada brazo 52 se interconecta con una barra 78 de control, de tal manera que el mecanismo 80 de barra de control se puede operar para mover las barras de control verticalmente en los casquillos 84 de guía para controlar de este modo el proceso de fisión en el conjunto 22 de combustible bajo la potencia motriz de un eje 50 de accionamiento de barras de control que se acopla al cubo 80 de barras de control, todo de manera bien conocida (véase por ejemplo, el documento US2008/069288).

Los reactores más nuevos, como el diseño de la planta nuclear AP1000 ofrecido por Westinghouse Electric Company LLC, Cranberry Township, Pensilvania, emplean dos tipos diferentes de barras de control, es decir, las barras de control tradicionales (barras de control de color negro) y las barras de control de color gris, teniendo estas últimas un valor de reactividad reducida, es decir, absorbiendo las barras de control menos neutrones por unidad de superficie que las barras de control tradicionales. Las barras de control de color gris se emplean para implementar una estrategia de operación y control MSHIM que tiene como objetivo compensar el control de desfase axial constante. El término MSHIM se deriva del hecho de que el control de la reactividad utiliza los bancos de barras de control de color gris como una "cuña mecánica" en lugar de la cuña química, es decir, cambios en la concentración de boro soluble, empleados en un número de reactores comerciales operativos hoy en día, para proporcionar un preciso control de la reactividad. La estrategia MSHIM emplea dos grupos de barras de control controladas independientemente para proporcionar un control preciso tanto de la reactividad del núcleo como de la distribución de potencia axial durante una amplia gama de escenarios de operación.

En el diseño del reactor AP1000, la estrategia de operación y control MSHIM se implementa mediante un sistema de barras de control digital que controla automáticamente la reactividad del núcleo (temperatura del sistema de refrigerante del reactor) utilizando cuatro bancos de barras de control de color gris y dos bancos de barras de control tradicionales, moviéndose todo en una superposición definida. Además, el control de la distribución de potencia axial automática (es decir, el desfase axial, también conocido como la diferencia de flujo axial del núcleo) se proporciona utilizando un único banco pesado de barras de control tradicionales que se mueven de forma independiente de los bancos de control de reactividad. Los cambios en la concentración de la cuña química dentro del refrigerante del reactor están generalmente limitados solamente a los requeridos para compensar directamente el combustible y/o el agotamiento del absorbedor consumible durante un ciclo de combustible dado.

El sistema de control de barras digital que se encarga de implementar la estrategia de control y operación MSHIM se caracteriza básicamente por el uso de dos controladores de barras separados que mantienen de forma independiente la distribución de la temperatura y potencia del núcleo del reactor, respectivamente, dentro de las bandas de preseleccionados. Para lograr un control estable del reactor en la gama de escenarios de operación previstos, los dos controladores de barras son interdependientes en ciertos aspectos. Por ejemplo, hay un esquema de prioridades para los dos controladores de barras en escenarios en los que los dos controladores determinan que el movimiento de barra es demandado. En tal caso, se le da prioridad al controlador responsable del mantenimiento

de la potencia del núcleo (temperatura de núcleo media) en una banda especificada. Sin embargo, se ha reconocido por los presentes inventores que hay ciertas circunstancias en las que el funcionamiento del núcleo podría mejorarse aún más mediante una desviación de esta estrategia.

5 Por consiguiente, un objeto de las realizaciones descritas a continuación es proporcionar una nueva estrategia de operación que mejore aún más la estabilidad del núcleo y el rendimiento de combustible.

Sumario

Estos y otros objetos se consiguen mediante las invenciones reivindicadas a continuación que prevén un procedimiento de operar un reactor de agua a presión que tiene un núcleo de una pluralidad de conjuntos de combustible y al menos un primer banco de barras de control que se mueven principalmente dentro y fuera de los conjuntos de combustible seleccionados en el núcleo para ajustar la diferencia de flujo axial para mantener o restaurar sustancialmente la diferencia de flujo axial dentro de una banda diana. Adicionalmente, el reactor de agua a presión tiene al menos un segundo banco de barras de control que se mueven principalmente dentro y fuera de otros conjuntos de combustible seleccionados en el núcleo para ajustar la temperatura media del núcleo para mantener o retornar sustancialmente la temperatura media dentro de una segunda banda diana. La operación del primer banco de barras de control y del segundo banco de barras de control es tal que el primer banco de barras de control y el segundo banco de barras de control no se mueven juntos. El procedimiento da al segundo banco de barras de control prioridad de movimiento cuando el primer banco de barras de control y el segundo banco de barras de control reciben una señal de demanda al mismo tiempo para moverse en diferentes direcciones. Además, el procedimiento da al primer banco de barras de control prioridad de movimiento cuando el primer banco de barras de control y el segundo banco de barras de control reciben una señal de demanda al mismo tiempo para moverse en la misma dirección. En una realización, cuando el primer banco de barras de control se está moviendo y el segundo banco de barras de control crea una señal que ordena al segundo banco de barras de control moverse en una dirección diferente, el primer banco de barras de control dejará de moverse y el segundo banco de barras de control asumirá el movimiento, que se le ha instruido.

Breve descripción de los dibujos

Una comprensión adicional de la invención se puede ganar a partir de la siguiente descripción de las realizaciones preferidas cuando se lee conjuntamente con los dibujos adjuntos en los que:

La Figura 1 es un esquema simplificado de un sistema de reactor nuclear en el que se pueden aplicar las realizaciones descritas a continuación;

30 La Figura 2 es una vista en alzado, parcialmente en sección, de un recipiente de reactor nuclear y de los componentes internos en los que se pueden aplicar las realizaciones descritas a continuación;

La Figura 3 es una vista en alzado, parcialmente en sección, de un conjunto de combustible ilustrado en forma verticalmente acortada, con partes separadas para mayor claridad;

La Figura 4 es un mapa de núcleo que muestra los diferentes bancos de barras de control empleados por las realizaciones descritas a continuación;

35 Las Figuras 5A, 5B, 5C y 5D son representaciones gráficas que muestran los efectos sobre la fracción de potencia, temperatura, AFD y movimiento de barra de control de una disminución de potencia gradual del 100 % al 75 % empleando una estrategia de control de bancos AP1000 M y AO estándar;

La Figura 6 es una representación gráfica que ilustra las variaciones AFD a medida que los bancos M se insertan en el núcleo;

40 La Figura 7 es una representación esquemática de un diagrama de flujo lógico que muestra una disposición de puertas lógicas que implementarán la estrategia de control que se describe en la presente memoria; y

Las Figuras 8A, 8B, 8C y 8D son representaciones gráficas de los cambios de parámetros de núcleo correspondientes a los mostrados en las Figuras 5A, 5B, 5C y 5D, pero que resultan de la estrategia de control descrita en el presente documento.

Descripción de la realización preferida

Hay dos aspectos del control del reactor en reactores que emplean el diseño AP1000. Los bancos de control M (MA, MB, MC, MD, M1 y M2) regulan automáticamente la temperatura media del refrigerante del reactor (T_{media}) y el banco de barras AO regula automáticamente la diferencia de flujo axial (AFD) del núcleo. Un mapa del núcleo que muestra la ubicación de cada uno de los bancos de barras de control se muestra en la Figura 4 y la Tabla 1 identifica los tipos de barras empleadas por cada uno de los bancos, el número de grupos dentro de cada banco y su función.

TABLA 1

ID del Banco	Asociación de Grupo	Tipo de Diseño de Grupo	# de Grupos
MA	Control MSHIM	Gris (GRCA)	4
MB			4
MC			4
MD		Negro (RCCA)	4
M1			4
M2			8
AO	9		
S1	Parada	Negro (RCCA)	8
S2			8
S3			8
S4			8
Total			69

El controlador de T_{media} mueve los bancos M dentro o fuera del núcleo durante las maniobras de energía para regular la temperatura del refrigerante y restaurarlo a una banda muerta de $\pm 1,5^\circ F$ en torno a un valor programado que es una función de la carga de la turbina. Del mismo modo, el controlador AFD regula la distribución de potencia axial del núcleo y la restaurarlo a una banda muerta $\pm 1\%$ en torno a un valor diana. Un supuesto en el análisis de seguridad de diseño del reactor AP1000 requiere que el control de T_{media} tenga prioridad sobre el control de AFD. Como resultado, durante una maniobra de potencia, los bancos M se mueven primero para regular T_{media} . A medida que avanzan, causan cambios en la AFD. Cuando el líquido refrigerante alcanza su banda muerta de control $\pm 1,5^\circ F$, los bancos M se detienen y el banco AO comienza a regular la AFD. El banco AO se moverá hasta que la AFD quede dentro de su banda muerta diana. El movimiento del banco AO puede hacer que la temperatura del líquido refrigerante exceda su banda muerta de control. Si esto ocurre, el banco AO se detendrá y los bancos M volverán a moverse para corregir la temperatura del refrigerante. Cuando esto se completa el banco AO se moverá de nuevo para reanudar la corrección AFD.

La Figura 5, que incluye los gráficos mostrados en las Figuras 5A, 5B, 5C y 5D, muestra los cambios de AFD, T_{media} , y de los bancos M y AO durante un transitorio de operación normal. Debido a que los bancos M tienen preferencia, el transitorio de T_{media} está bien regulada. La corrección de bancos AO cerca del extremo del transitorio restaura la AFD a dentro del 1% de su diana. En este ejemplo, la desviación máxima de la AFD de su banda de control es el 8% . Para los transitorios más graves o en condiciones normales de descanso, la desviación AFD podría ser lo suficientemente grande como para comprometer los factores máximos o límites de interacción de revestimiento de pastillas (valores tan grandes como $20-30\%$ se han visto en cálculos preliminares).

Una comprensión más detallada de la estrategia de operación y control MSHIM se pueden encontrar en un documento titulado ROBUSTEZ DE LA ESTRATEGIA DE OPERACIÓN Y CONTROL MSHIM EN EL DISEÑO AP1000 (Documento n.º ICONE17-75314), que había sido ofrecido en las Actas de la 17ª Conferencia Internacional sobre Ingeniería Nuclear, julio 12-16, 2009 Bruselas, Bélgica.

Los inventores han reconocido que permitir que el banco AO regule la AFD durante un transitorio de operación de la planta, incluso cuando el refrigerante del reactor medio está fuera de su banda muerta, reduciría las desviaciones AFD; pero, a primera vista, el requisito de preferencia del control de T_{media} impuesto por el análisis de seguridad AP1000 parece excluir ese tipo de operación. Sin embargo, un examen minucioso de las características de respuesta de los bancos M y AO proporciona una oportunidad para la corrección AFD durante una porción importante de cualquier cambio de potencia. Específicamente:

1. Mover cualquiera de los bancos AO o M más profundamente en el núcleo causará una reducción de la T_{media} y mover cualquiera de ellos más lejos del núcleo hará que la T_{media} aumente.
2. Mover el banco AO (dentro de su banda de operación permitida) más profundamente en el núcleo hará que la AFD se vuelva más negativa y moverlo más lejos del núcleo hará que la AFD se vuelva más positiva.

Por consiguiente, los conceptos subyacentes proporcionados en el presente documento son los siguientes:

1. Si los bancos M se están moviendo dentro del núcleo para reducir la T_{media} y el banco AO tiene una demanda de hacer de la AFD más negativa, permitiendo que el banco AO se mueva se reducirá la T_{media} y se corregirá la AFD.

2. Del mismo modo, si los bancos M se están moviendo fuera del núcleo para aumentar la T_{media} y el banco AO tiene una demanda de hacer de la AFD más positiva permitiendo al banco AO moverse, se aumentará la T_{media} y se corregirá la AFD.

5 La implementación de estos conceptos se puede enunciar como sigue: En el AP1000, cuando ambos bancos AO y M tienen la demanda de moverse en la misma dirección (ambos dentro o ambos fuera del núcleo), inhabilitan los bancos M y dejan que el banco AO se mueva. Esto producirá el movimiento correcto de la T_{media} y AFD.

10 La observación normal sería que permitir que los bancos AO y M se muevan juntos (puesto que ambos tienen la demanda de moverse en la misma dirección) mejoraría la regulación tanto de la T_{media} como de la AFD. Esto es cierto para el control de la T_{media} . Permitir que ambos bancos se muevan en la misma dirección aceleraría la corrección de la T_{media} . Sin embargo, lo mismo no es cierto para el control de la AFD. Los valores de reactividad y solapamientos de los bancos M en el diseño AP1000 son tales que a medida que los bancos M se mueven en una dirección (dentro o fuera) causan alternativamente que la AFD se vuelva más negativa y más positiva. Esto se muestra en la Figura 6. Por lo tanto, es probable que permitir que ambos bancos AO y M se muevan simultáneamente para acelerar el control de la T_{media} sea perjudicial para el control de AFD. Además, el diseño y la disposición de las fuentes de alimentación del control de barras pueden impedir el movimiento simultáneo de los bancos AO y M.

20 El principio fundamental que subyace en las invenciones reivindicadas a continuación es el hecho de que las respuestas del núcleo natural, es decir, cambios en la temperatura/densidad del moderador, generalmente dan como resultado respuestas consistentes de T_{media} y AFD. Por ejemplo, cuando se reduce la potencia del núcleo, la reactividad aumenta lo que da como resultado un aumento de la T_{media} . Coincidentemente, la AFD se vuelve también más positiva. Ambas requerirían de inserción de barras para su compensación. La invención que se reivindica a continuación se aprovecha del hecho de que las barras de control pesadas, es decir, las barras de control de color negro, utilizadas para el control AFD/AO tienen, inherentemente, mayor valor de reactividad que las barras de color gris en los bancos M utilizadas normalmente para el control de la T_{media} ; lo que significa que el banco AO compensaría ambos parámetros en tales condiciones. En otras palabras, las respuestas de núcleo inherentes y a corto plazo se encuentran que son naturalmente consistentes y el procedimiento reivindicado a continuación aprovecha de esa consistencia. Este no es necesariamente el caso de las respuestas del núcleo a largo plazo, por ejemplo, los transitorios de xenón, pero los intervalos de tiempo son mucho más largos para estos efectos, de manera que la "independencia" de los dos controladores es adecuada para el control de estos efectos a largo plazo.

30 Una disposición de la lógica del sistema de control que va a implementar los conceptos reivindicados a continuación se muestra en la Figura 7. El sistema de control del reactor y el sistema de control AFD generará una demanda de movimiento de los bancos banco M y AO basándose en la necesidad de corrección de la temperatura del refrigerante media (T_{media}) o la distribución de potencia axial del núcleo. La demanda para reducir la T_{media} moverá los bancos M hacia dentro excepto cuando hay una demanda para que la AFD sea más negativa. En este caso, la demanda de los bancos M será ignorada y el banco AO se moverá hacia dentro para reducir la T_{media} , al mismo tiempo que la AFD se vuelve más negativa. La demanda de aumentar la T_{media} moverá los bancos M hacia fuera excepto cuando hay una demanda para que la AFD sea más positiva. En este caso, la demanda de los bancos M será ignorada y el banco AO se moverá hacia fuera para aumentar la T_{media} y al mismo tiempo hacer que la AFD sea más positiva. La demanda para hacer que la AFD sea más negativa moverá el banco AO hacia dentro solo cuando hay una demanda correspondiente para mover los bancos M hacia dentro o cuando la demanda de los bancos M está en su banda muerta de control. Del mismo modo, una demanda para hacer que la AFD positiva moverá el banco AO hacia fuera solo cuando hay una demanda correspondiente para mover los bancos M hacia fuera o cuando la demanda de los bancos M está en su banda muerta controlada. Cuando el banco AO alcanza su banda muerta y detiene el movimiento, los bancos M asumirán el movimiento si T_{media} no está en su banda muerta. Esta lógica, que se muestra en la Figura 7, muestra cómo se prefiere el control de la T_{media} sobre el control de la AFD al tiempo que permite el control de la AFD durante la mayoría del tiempo durante un transitorio de operación. Las Figuras 8A, 8B, 8C y 8D muestran el efecto de esta estrategia de control en el mismo transitorio representado previamente en la Figura 5 para la estrategia de control de la técnica anterior. La mejora en el control de la AFD, sin comprometer el control de la T_{media} y al tiempo que se da preferencia a la T_{media} , es significativa.

50 Aunque las realizaciones específicas de la invención se han descrito en detalle, se apreciará por los expertos en la técnica que diversas modificaciones y alternativas a esos detalles podrían desarrollarse en vista de las enseñanzas globales de la divulgación. Por consiguiente, las realizaciones particulares descritas pretenden ser ilustrativas y no limitantes en cuanto al alcance de la invención al que se le debe dar la amplitud completa de las reivindicaciones adjuntas.

55

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de operación de un reactor (10) de agua a presión que tiene un núcleo (14) de una pluralidad de conjuntos (22) de combustible y al menos un primer banco (AO) de barras (78) de control que se mueven principalmente dentro y fuera de los conjuntos de combustible seleccionados en el núcleo para ajustar la diferencia (AFD) de flujo axial para mantener o restaurar sustancialmente la diferencia de flujo axial dentro de una primera banda diana y al menos un segundo banco (M) de barras de control que se mueven principalmente dentro y fuera otros conjuntos de combustible seleccionados en el núcleo para ajustar la temperatura media del núcleo (T_{media}) para mantener o retornar sustancialmente la temperatura media dentro de una segunda banda diana, en el que el primer banco de barras de control y el segundo banco de barras de control no se mueven juntos, **caracterizado por**
- 5 dar al segundo banco (M) de barras (78) de control prioridad de movimiento para moverse primero cuando el primer banco (AO) de barras de control y el segundo banco de barras de control reciben al mismo tiempo una señal de demanda de moverse en diferentes direcciones; y
- 10 dar al primer banco (AO) de barras (78) de control prioridad de movimiento para moverse primero cuando el primer banco de barras de control y el segundo banco (M) de barras de control reciben al mismo tiempo una señal de demanda de moverse en la misma dirección.
- 15
2. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que cuando el primer banco (AO) de barras (78) de control está en movimiento y el segundo banco (M) de barras de control crea una señal que instruye al segundo banco de barras de control a moverse en una dirección diferente, el primer banco de barras de control dejará de moverse y el segundo banco asumirá el movimiento, como ha sido instruido.
- 20
3. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que cuando el primer banco (AO) de barras (78) de control tiene prioridad de movimiento y se mueve para alterar la diferencia de flujo axial (AFD) dentro de una primera banda muerta preseleccionada a la que el primer banco de barras de control detiene el movimiento, el segundo banco (M) de las barras de control iniciará el movimiento si la temperatura media (T_{media}) no está dentro de una segunda banda muerta preseleccionada.

25

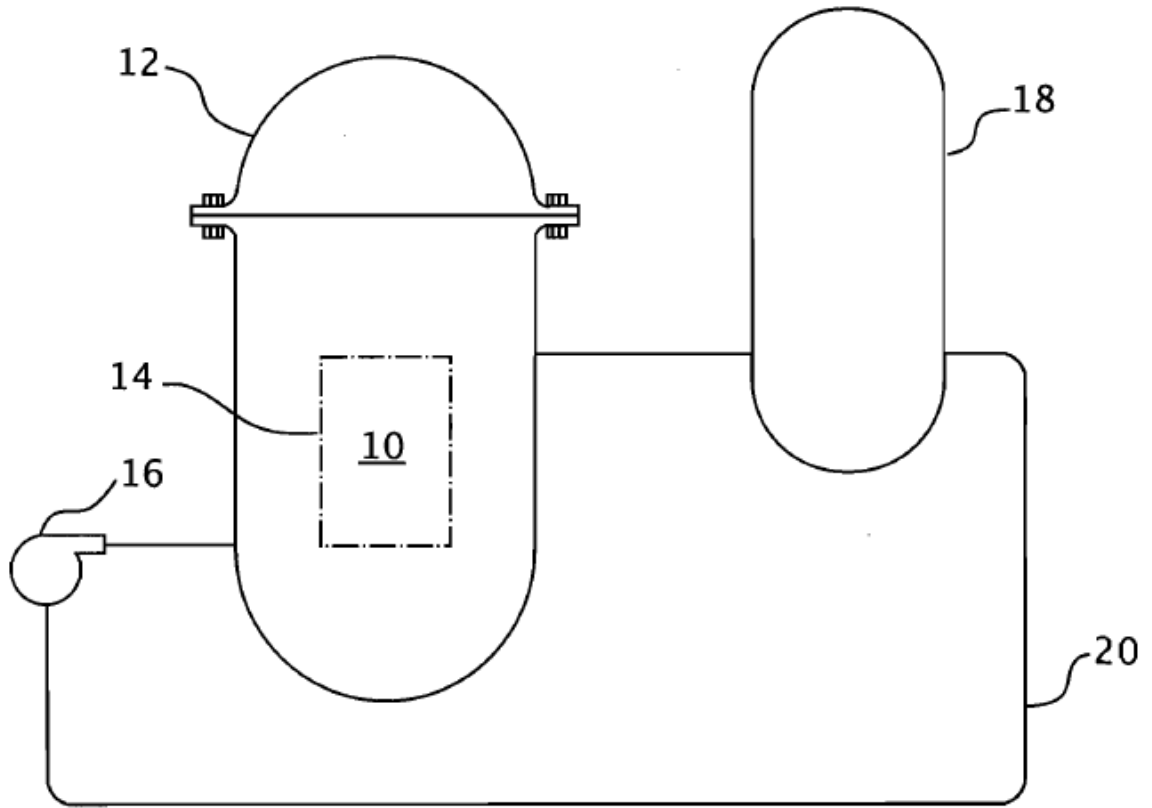
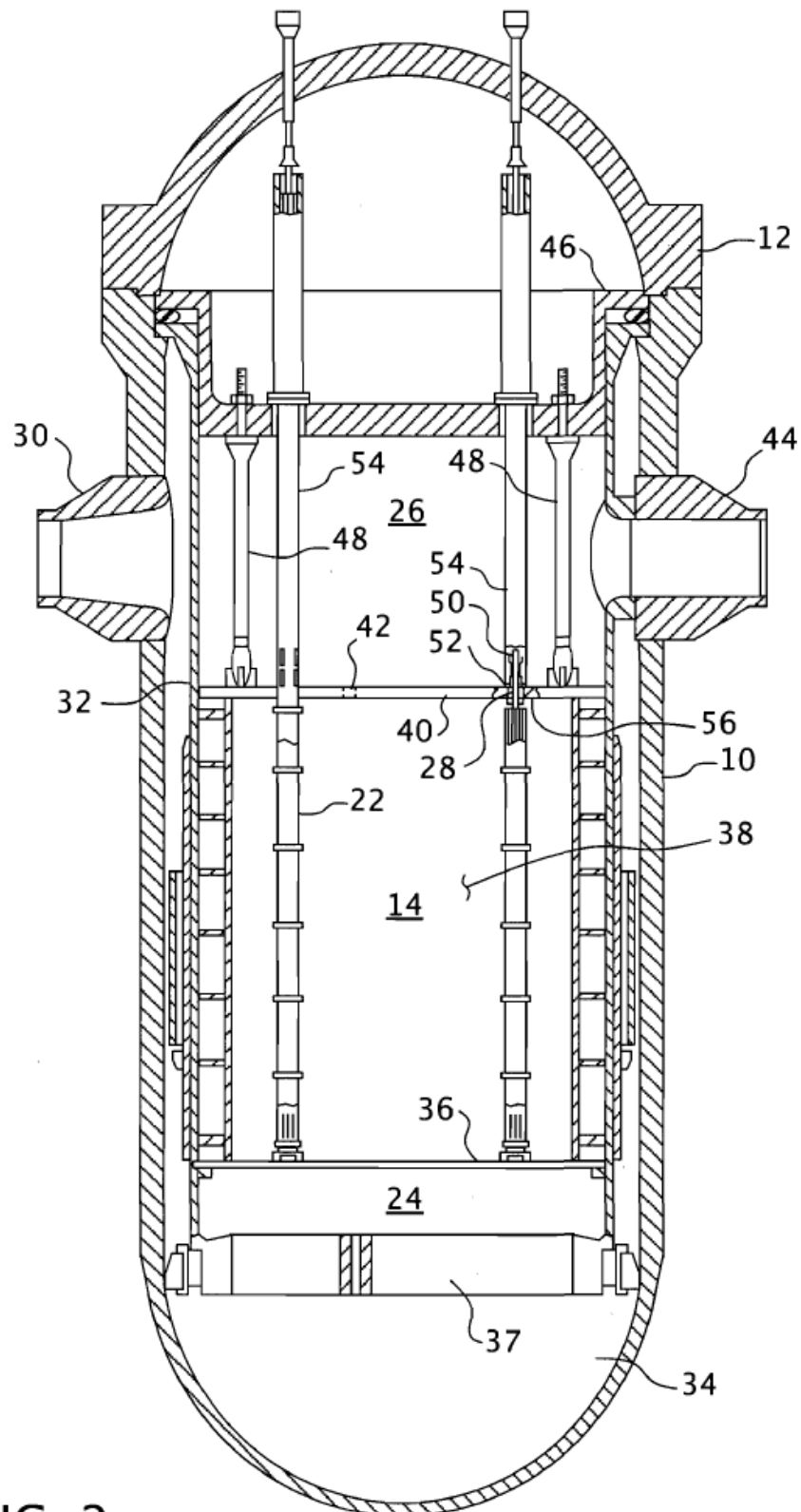


FIG. 1 Técnica Anterior



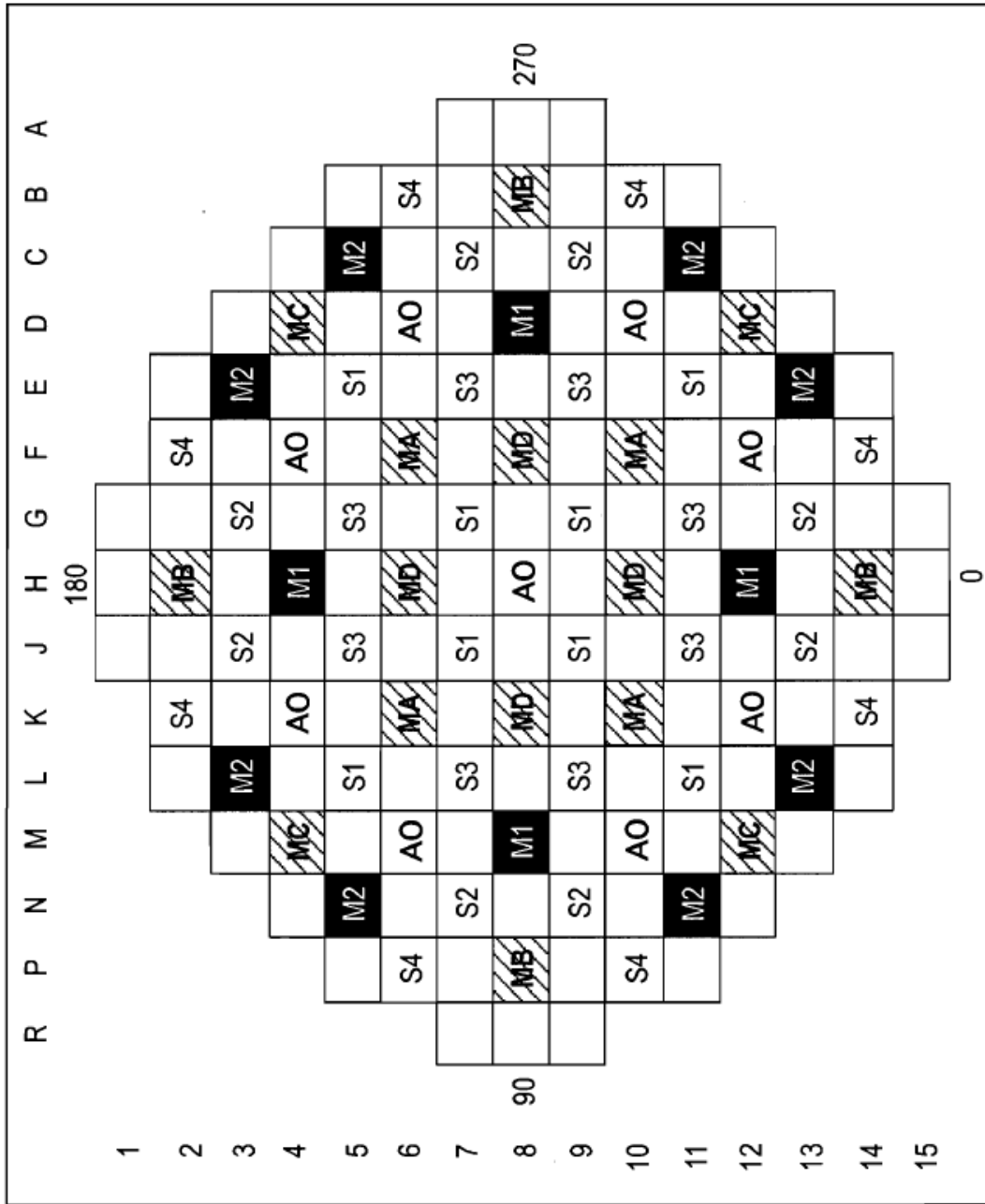


FIG. 4

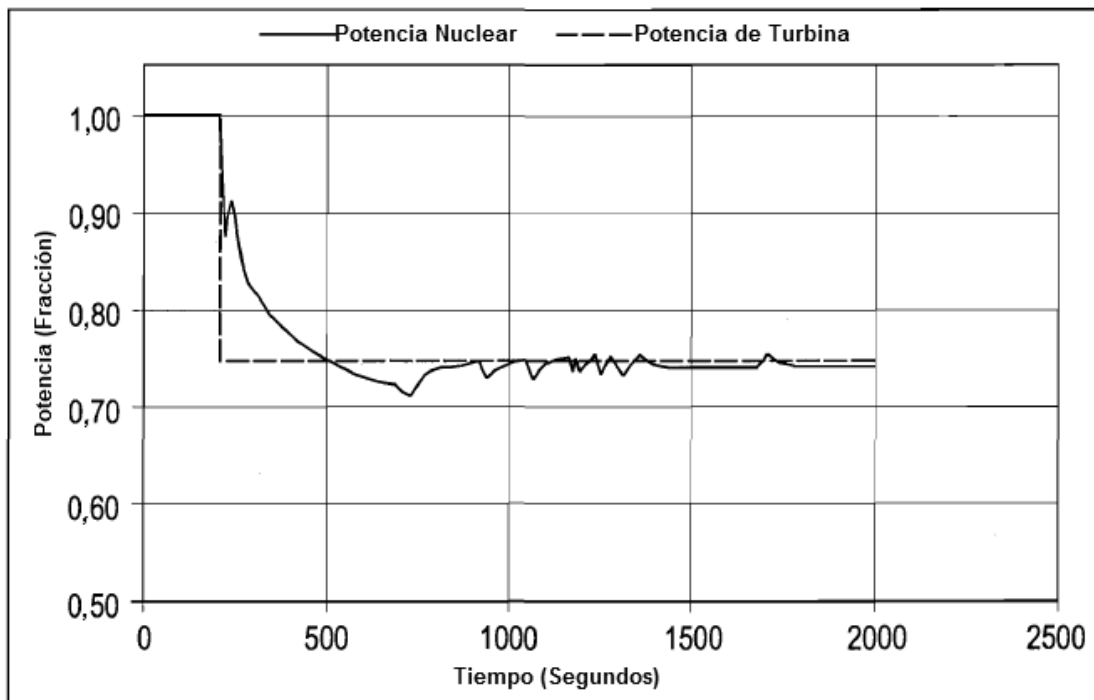


FIG. 5A

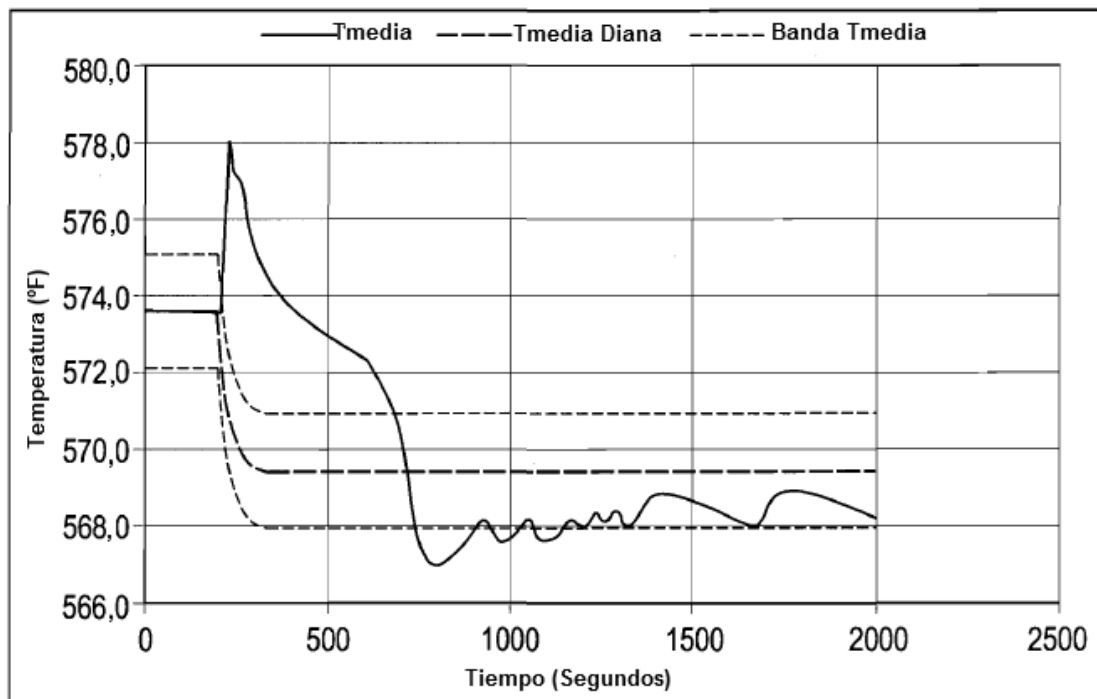


FIG. 5B

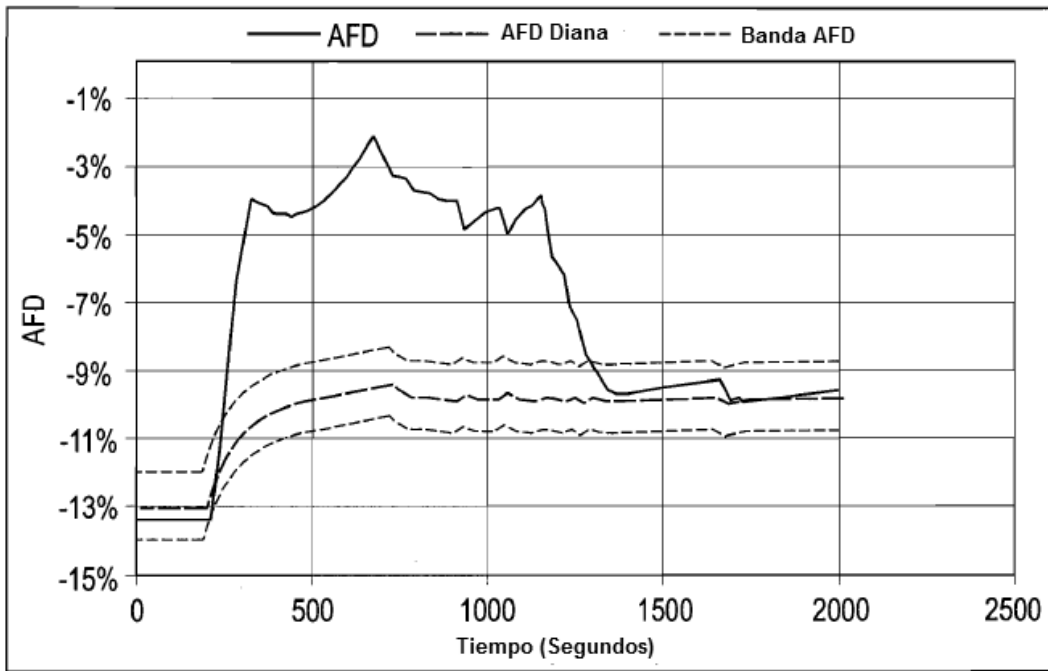


FIG. 5C

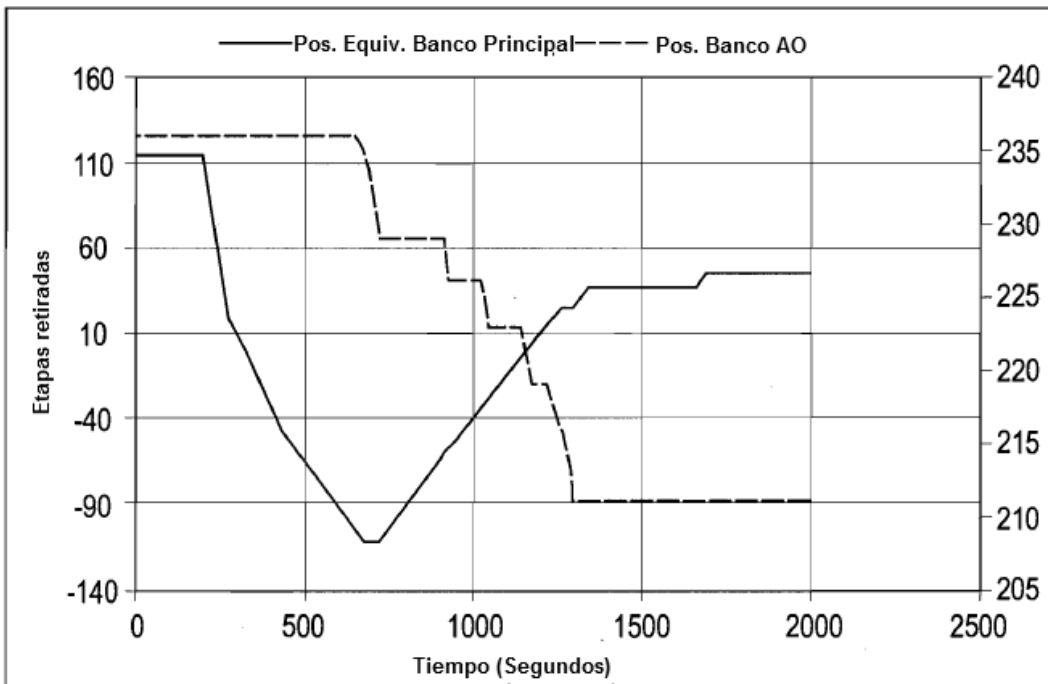


FIG. 5D

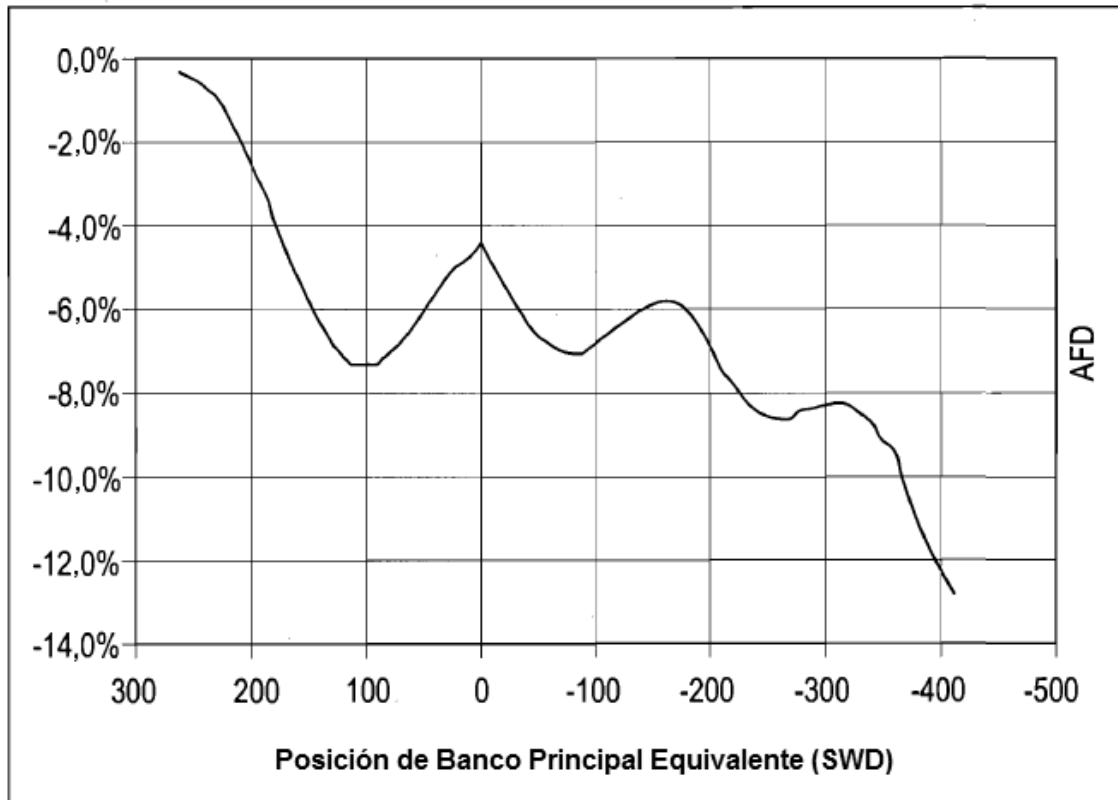


FIG. 6

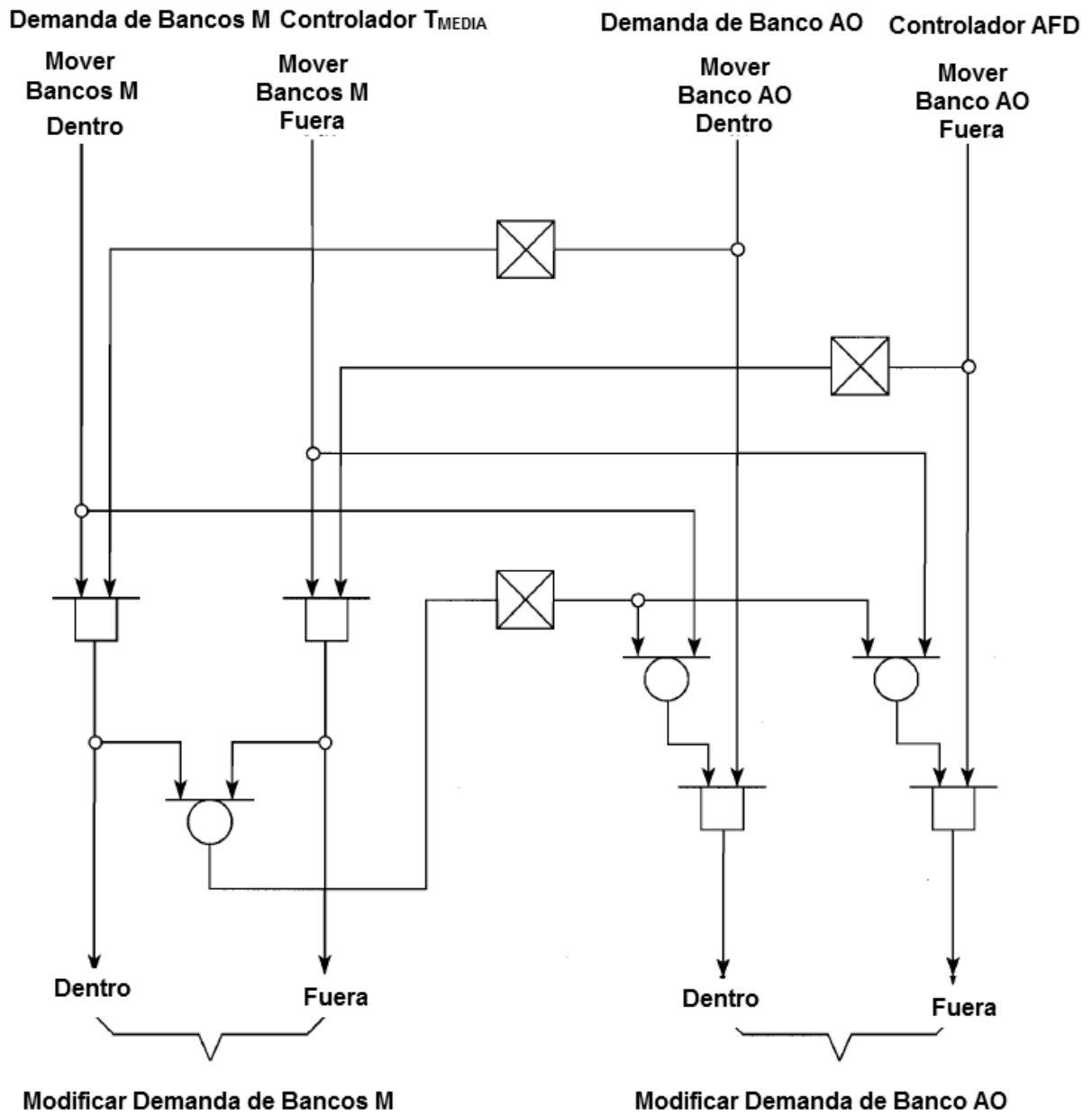


FIG. 7

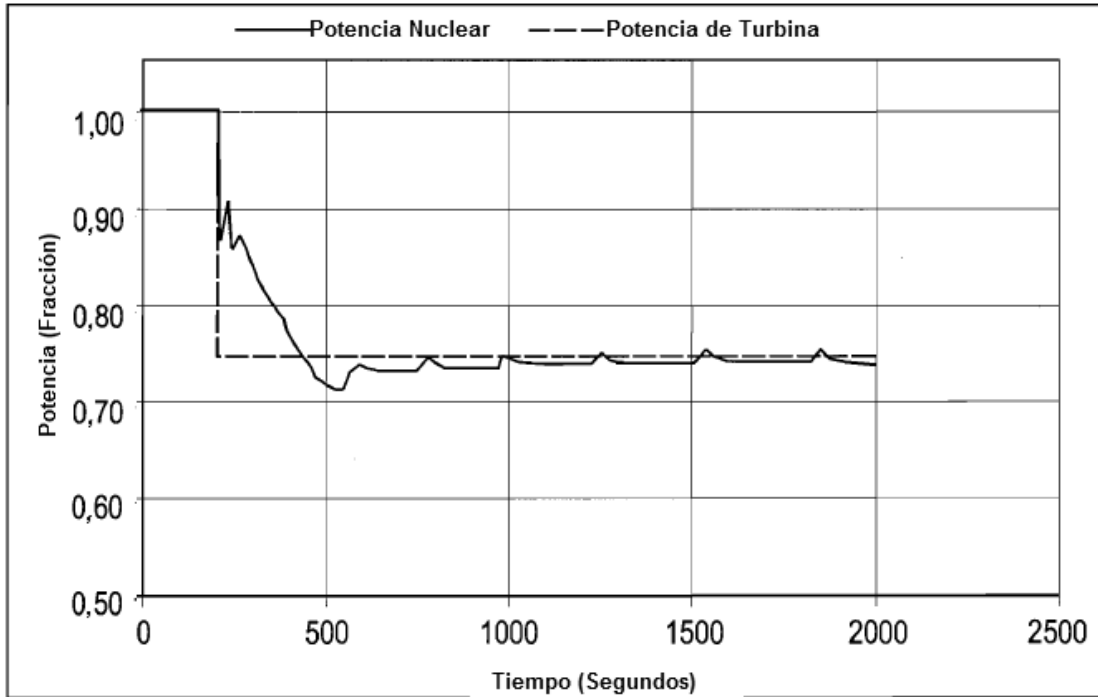


FIG. 8A

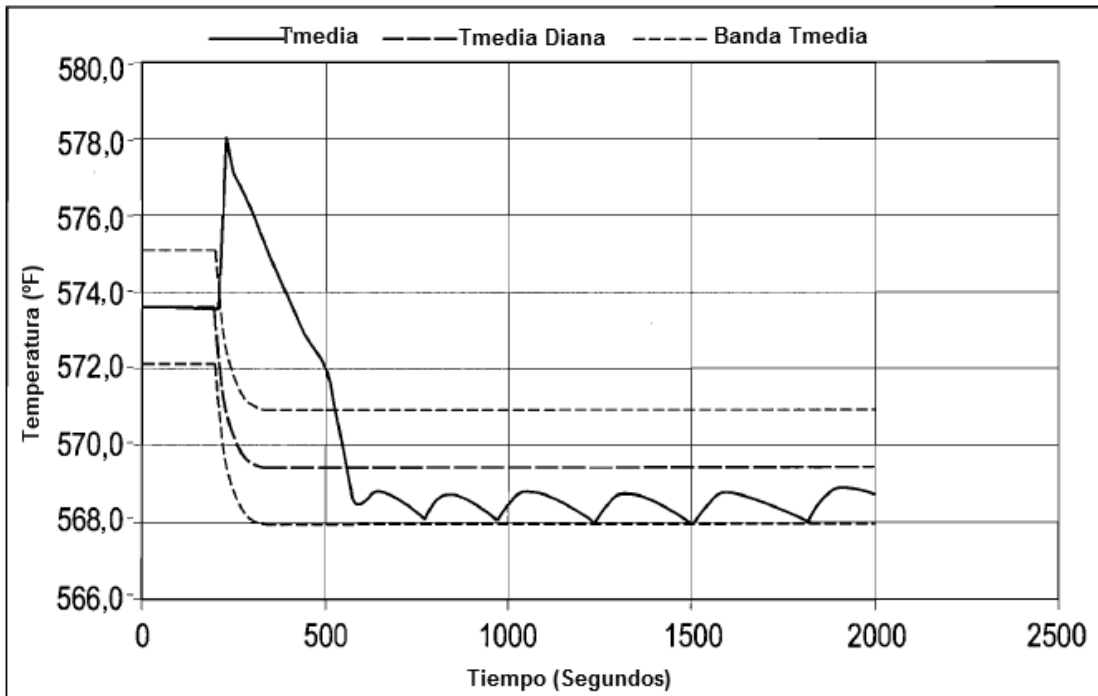


FIG. 8B

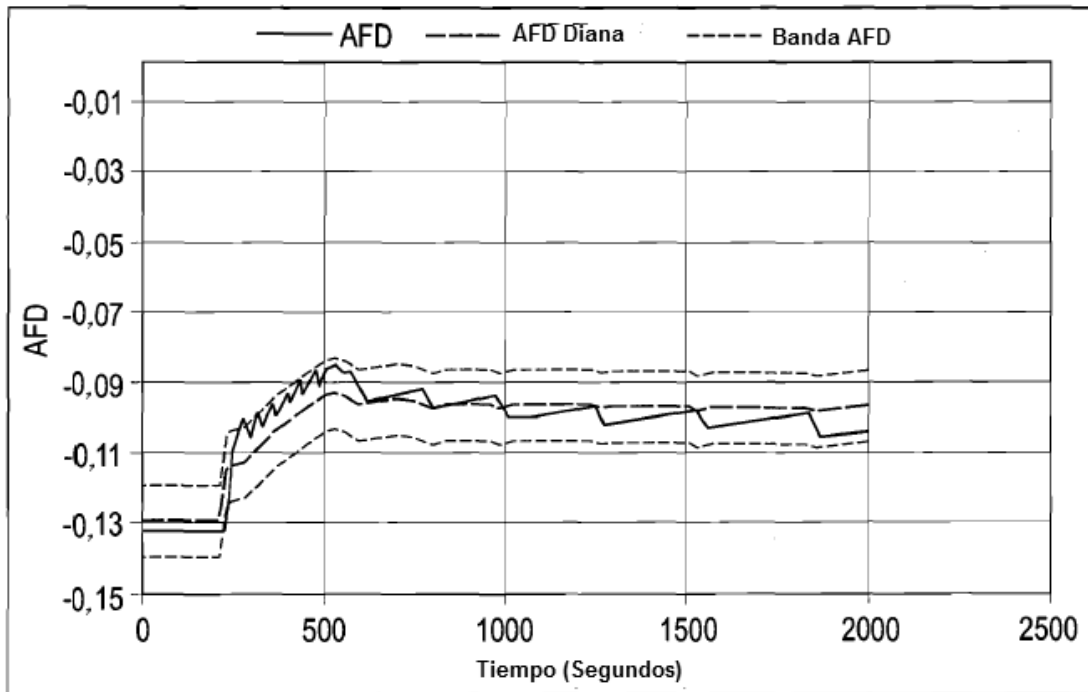


FIG. 8C

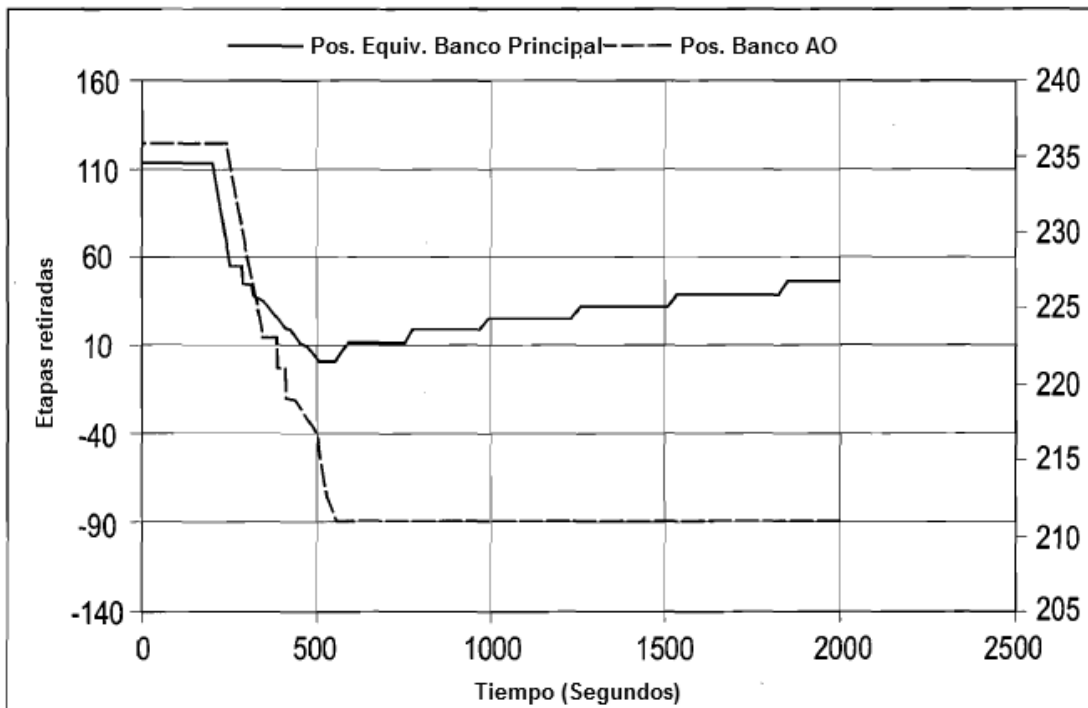


FIG. 8D