

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 379 971**

51 Int. Cl.:
G01R 23/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **05848360 .3**
96 Fecha de presentación: **09.12.2005**
97 Número de publicación de la solicitud: **1828788**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **05.09.2007**

54 Título: **Filtro variable con frecuencia de corte dinámica**

30 Prioridad:
17.12.2004 US 16278

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
07.05.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
07.05.2012

73 Titular/es:
**TEXACO DEVELOPMENT CORPORATION
6001 BOLLINGER CANYON ROAD, THIRD FLOOR
SAN RAMON, CALIFORNIA 94583, US**

72 Inventor/es:
**SUN, Hongqiao;
MIRKOVIC, Vesna, R. y
WHEAT, W., Spencer**

74 Agente/Representante:
Carvajal y Urquijo, Isabel

ES 2 379 971 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

Filtro variable con frecuencia de corte dinámica.

Antecedentes de la invención

1. Campo de la invención

5 La presente invención corresponde a un control de proceso, y, más particularmente, a la calidad de señal en un sistema de control de proceso.

2. Descripción de la técnica relacionada

10 Una técnica de control de proceso común es detectar alguna característica o parámetro del proceso y ajustar una señal de entrada para ajustar el parámetro del proceso. Por ejemplo, un proceso puede ser diseñado de tal manera que se efectúe una operación de proceso particular a una temperatura específica. Cuando inicia la operación del proceso, el control de temperatura se ajusta a la temperatura deseada. Sin embargo, no es común que la temperatura efectiva varíe desde la temperatura deseada durante la operación del proceso y que tal variación tenga consecuencias indeseables. La temperatura efectiva se monitorea por lo tanto de tal manera que, si ésta se desvía de la temperatura deseada, la señal de entrada se puede modificar para llevar la temperatura efectiva a la temperatura deseada. Nótese que ésta técnica se utiliza no solamente para la temperatura, sino también para otros tipos de parámetros tal como la presión, la tasa de flujo y el volumen.

15 En la práctica, el parámetro se mide, o se detecta, mediante un tipo adecuado de sensor. El sensor típicamente saca una señal eléctrica que es representativa del parámetro detectado. Un sistema de control puede entonces muestrear esta señal a intervalos predeterminados y extrapolar el parámetro detectado de la característica pertinente de la muestra. Por ejemplo, en el escenario de temperatura introducido anteriormente, el detector de temperatura podría sacar una señal eléctrica cuyo voltaje (o corriente) sea proporcional a la temperatura que se detecte. Cada 0,05 segundos, un sistema de control podría muestrear esa señal eléctrica. El sistema de control determina entonces del voltaje de esa señal en esa muestra cual era la temperatura efectiva al momento en que se midió.

20 Esta técnica de control se basa en la precisión de la información que lleva el parámetro efectivo, o medido. Un problema a este respecto es el "ruido" eléctrico en la señal que muestrea el sistema de control. El ruido eléctrico altera las características de la señal. Si el ruido es lo suficientemente severo, el sistema de control lo puede determinar de manera precisa cual es el parámetro detectado, conduciendo de esta manera a un control de proceso de gravado. El ruido eléctrico surge de muchas fuentes y es principalmente inevitable. Sin embargo, este se puede mitigar.

25 Existen muchas maneras de reducir o mitigar el ruido eléctrico. Una técnica filtra las frecuencias no deseadas en la señal de muestra bajo la presunción de que ellas son ruido. Más particularmente, un filtro de paso bajo con una frecuencia de corte fija se puede utilizar para eliminar el ruido cuando el espectro de la frecuencia de ruido está más allá de la frecuencia de corte especificada. Sin embargo, la señal de ruido podría tener un espectro de frecuencia amplio y dinámico y algunas veces consume mucho tiempo averiguar el rango del espectro del ruido en cierto proceso. El espectro del ruido podría también ser diferente en el mismo proceso si el sistema de adquisición de datos se localiza en un lugar diferente. Si el filtro tiene una frecuencia de corte muy baja, se podría eliminar la mayor parte del ruido, sin embargo, este también podría hacer más lento el tiempo de respuesta del detector en el sistema de adquisición de datos de manera significativa.

30 La presente invención está dirigida a resolver, o al menos reducir, uno o todos los problemas mencionados anteriormente.

La EP 0908706 A 1 describe un aparato de combinación de peso que tiene un filtro automático que ajusta la capacidad que es efectiva para asegurar la precisión de peso y también para ajustar una característica de filtro de un filtro digital que tiene un tiempo de respuesta corto.

35 La WO 0124363 A2 describe un circuito integrado que incluye un filtro con unos capacitores conmutados para ajustar dinámicamente una frecuencia de corte del filtro.

Resumen de la invención

40 La presente invención, en sus varios aspectos y realizaciones, incluye un método y aparato. El aparato comprende una medición de corriente del detector un almacenamiento de al menos una medición del detector histórico, un almacenamiento de las frecuencias de corte potenciales, y un filtro. Cada frecuencia de corte potencial se asocia con una diferencia de potencial respectiva entre la medición del detector de corriente y la medición histórica almacenada del detector. El filtro tiene una frecuencia de corte dinámicamente seleccionada de las frecuencias de corte potenciales almacenadas sobre la base de una diferencia entre la medición histórica almacenada del detector y la medición de corriente del detector. El método comprende almacenar al menos una medición histórica del detector, almacenando las frecuencias de corte potenciales, determinando una diferencia entre una medición de corriente del

detector y una medición histórica del detector; y seleccionando dinámicamente una frecuencia de corte para un filtro para la medición de corriente del detector de la diferencia.

Breve descripción de los dibujos

5 La invención se puede entender mediante referencia a la siguiente descripción tomada en conjunto con los dibujos que la acompañan, en los cuales los numerales de referencia similares identifican elementos similares, y en los cuales:

La FIG.1 es un diagrama de bloque de una técnica de filtrado de acuerdo con la presente invención;

La FIG. 2 ilustra un método de filtrar una medición de detector de acuerdo con la presente invención;

10 La FIG3A – FIG.3E comparan el desempeño de un método y de un aparato efectuado de acuerdo con la presente invención a una técnica de filtrado convencional en donde el filtro comprende un filtro de paso bajo;

La FIG.4 ilustra una realización particular de la técnica de filtrado mostrada primero en la FIG.1;

La FIG. 5 es un diagrama de bloque funcional de la realización de la FIG. 4;

La FIG.6A y la FIG. 6B ilustran conceptualmente un aparato de cómputo como se puede utilizar en la ejecución de una realización particular de la presente invención;

15 La FIG. 7 y la FIG. 8 ilustran conceptualmente un contexto particular en el cual se puede emplear la presente invención.

20 Aunque la invención es susceptible de varias modificaciones y formas alternativas, los dibujos ilustran realizaciones específicas aquí descritas en detalle por vía de ejemplo. Se debe entender, sin embargo, que la descripción que aparece aquí de las realizaciones específicas no pretende limitar la invención a las formas particulares descritas, sino por el contrario, la intención es cubrir todas las modificaciones, equivalentes, y alternativas que caben dentro del alcance de la invención como se definió mediante las reivindicaciones finales.

Descripción detallada de la invención

25 Las realizaciones ilustrativas de la invención se describen adelante. Por interés de claridad, no todas las características de la ejecución presente se describen en esta especificación, por su puesto se aprecia que en el desarrollo de cualquiera de tales realizaciones presentes, numerosas decisiones específicas de la ejecución se pueden hacer para lograr las metas específicas de los desarrolladores, tal como el cumplimiento con las restricciones relacionadas con el sistema y las relacionadas con el negocio, que variarán de una ejecución a otra. Más aún, se apreciará que tal esfuerzo de desarrollo, aún si es complejo y consume tiempo, sería un emprendimiento de rutina para aquellos expertos en la técnica que tengan el beneficio de esta descripción.

30 La FIG. 1 es un diagrama de bloque de un aparato que ejecuta una técnica de filtrado de acuerdo con la presente invención. Un filtro 100 comprende un almacén 103 de al menos una medición histórica del detector; un almacén 106 de frecuencia de corte potencial, y un filtro 109 que tiene una frecuencia de corte dinámico. El filtro 109 puede ser un filtro de paso bajo, un filtro de paso alto, o un filtro de paso de banda, dependiendo de la implementación. Cada frecuencia de corte potencial en el almacén 106 se asocia con una diferencia de potencial respectiva 112 entre una medición del detector 115 y la medición histórica almacenada del detector 118. El filtro 109 tiene una frecuencia de corte 121 seleccionada dinámicamente de las frecuencias de corte potenciales almacenadas 106 sobre la base de una diferencia 112 entre la medición histórica almacenada del detector 118 y la medición de corriente del detector 115.

40 La FIG. 2 ilustra un método 200 de filtrar una medición del detector por ejemplo la medición de corriente del detector 115, de acuerdo con la presente invención con, por ejemplo el aparato 100 en la FIG. 1. El método 200 comienza a determinar (en 203) una diferencia 112 entre una medición del detector de corriente 115 y una medición histórica del detector 118 y luego seleccionar dinámicamente (en 206) una frecuencia de corte 121 para un filtro 109 para la medición de corriente del detector 115 de la diferencia 112. La aplicación del método 200 en la FIG.2 es una medición filtrada del detector 127 en la FIG.1.

45 Así, la presente invención suministra un filtro de propósito general 100 con una respuesta dinámica para reducir el ruido en la adquisición de datos y el sistema de control (no mostrado) a través de la cual, por ejemplo, la medición de corriente del detector 115 se puede acondicionar. Las FIG. 3A – FIG.3E comparan el desempeño de la presente invención en una realización particular con una técnica de filtrado convencional. Más particularmente, para una realización en la cual el filtro 109 es un filtro de paso bajo:

- 50
- La FIG. 3A compara el desempeño en la presencia de la medición de cambio rápido del detector;
 - La FIG. 3B compara el desempeño durante las condiciones de estado continuo para el parámetro del proceso;

- La FIG.3C compara una respuesta para un cambio de proceso rápido, y muestra una respuesta igualmente rápida y una respuesta de estado continuo igualmente buena como el filtro convencional;
- La FIG. 3D compara la respuesta variante de la frecuencia dinámica en una visión de escala; y
- La FIG.3E compara la respuesta de estado continuo variante de la frecuencia dinámica en una visión de escala.

5 En cada dibujo, la respuesta del filtro variante de la frecuencia de corte representada por el rastro 300 y la respuesta del filtro convencional se representa mediante el rastro 303. La única excepción es en la FIG. 3C, en la cual los rastros 300 y 303 se superponen cada uno para generar el rastro compuesto 306.

10 Como las FIG. 3A – FIG. 3E muestran, la técnica de filtrado variante de la frecuencia de corte dinámico demuestra mejor respuesta en cambios variables de proceso rápido o en el estado continuo. Más particularmente, la técnica de filtrado de la presente invención exhibe la misma respuesta de estado continuo como un filtro de frecuencia de corte bajo y la misma naturaleza rápida de la respuesta como un filtro base. Así, el filtro de paso bajo variante de la frecuencia de corte dinámico cambia su frecuencia de corte dinámicamente con el fin de eliminar el ruido aunque manteniendo una respuesta más rápida.

15 Para un entendimiento adicional de la presente invención, se presentará ahora una discusión adicional con relación a una realización particular de la presente invención. La FIG. 4 ilustra un filtro particular 400. El filtro 400 es una realización particular del filtro 100 en la FIG. 1, con partes similares que llevan números similares. En general, la medición de corriente del detector 115 es muestreada en el sistema de adquisición de datos cada 50 milisegundos y es convertida a un formato digital mediante el convertidor 403 análogo a digital (“A/D”).

20 Un filtro de paso bajo preliminar 406 con unas características de respuesta rápida filtran preliminarmente la medición de la corriente del detector 115'. El filtro de paso bajo preliminar 406 emplea una frecuencia de corte constante para filtrar preliminarmente ciertas frecuencias que serán ruido conocido en la ejecución particular. El filtro de paso bajo preliminar 406 es opcional desde el punto de vista de la invención en razón a que, en algunas realizaciones, los detectores (no mostrados) a través de los cuales se toman las mediciones pueden ser de suficiente calidad para que ellos produzcan niveles mínimamente bajos de ruido. De manera similar, el contexto en el cual se emplea la invención puede ser tal que los factores ambientales podrían no introducir niveles significativos de ruido. Sin embargo, en general, un filtro de paso bajo preliminar 406 será deseable en la mayoría de aplicaciones.

25 Unos pocos puntos de muestreo histórico en el almacén 103' se comparan con la medición de corriente del detector 115' para determinar la tasa de cambio de este proceso particular variable representado por la medición de corriente del detector 115'. Más particularmente, como se discutirá adicionalmente adelante, la medición del detector histórico 118' es de hecho un promedio de 4 mediciones del detector pasado 115'. Cada muestra filtrada de medición del detector 115', es regresada al almacén de medición histórico del detector 103' a través de una retroalimentación 409 para poblar el almacén 103'. El almacén de frecuencia de corte 106' que contiene la tasa de cambios versus las frecuencias de corte se utiliza para establecer la frecuencia de corte 121' del filtro de paso bajo 109'.

35 En esta realización particular, el proceso de toma de decisión de la frecuencia de corte se actualiza durante cada periodo de muestreo para evitar la filtración de la señal real del detector. Más particularmente, como aquellos en la técnica que reciban el beneficio de esta descripción lo apreciarán, la técnica de filtrado se aplica durante el tiempo a través de múltiples iteraciones en la medida en que la medición del detector de corriente 115' es muestreado. En cada iteración, la medición histórica del detector 118' es un promedio de 4 mediciones pasadas del detector 115'. Periódicamente, una medición del detector 115' para la iteración de corriente se transmite al almacén para que tenga lugar la medición del detector 115', que es luego purgada. De esta manera, cuando el parámetro del proceso representado por la medición de corriente del detector 115' está en un estado continuo, las señales de frecuencia altas, que son aparentemente los ruidos, se filtran. Cuando el parámetro del proceso está en un estado de cambio dinámico, la frecuencia de corte 121' es cambiada para evitar el filtro de la señal real

40 Nótese que, en esta realización de la Figura 104 la frecuencia de corte 121' es una función a manera de pieza de la diferencia 112'. En la realización ilustrada, si la diferencia (d) es $3\% \leq d \leq 10\%$ (escala completa), entonces la frecuencia de corte se ajusta a 0.01 - 0.02 (dominio Z normalizado). En tal realización, los parámetros precisos de la relación serán una función de las consideraciones específicas de la implementación, tal como el tipo de proceso monitoreado y qué tan rápidamente se espera que cambie. En la realización ilustrada, cuyo proceso monitoreado es una reacción de cambio de agua – gas en un reformador auto-térmico, que no se espera que cambie rápidamente durante las operaciones normales o de estado continuo. Algunas realizaciones alternativas podrían aún seleccionar y utilizar algún otro tipo de relación.

45 La FIG. 5 ilustra los componentes funcionales del filtro 400 en la FIG. 4. más particularmente, la FIG. 5 ilustra en un diagrama de bloque la función de transferencia 500 del primer filtro de orden 400 en la FIG.4 en el dominio Z. Nótese que, en esta realización, existen cuatro biestables 503. Cada uno almacena la diferencia entre unas mediciones históricas respectivas del detector 118' (solamente una indicada) y la medición de corriente del detector 115'. Los valores absolutos 506 (solo uno indicados) de las diferencias 111' (solo uno indicado) son promediados y la medición histórica promediada del detector 118' se utiliza para obtener la frecuencia de corte 121' de la tabla

indexada de frecuencia de corte 106'. Nótese también que los retrasos 509, (solo uno indicado) para los biestables 503 difieren, en que, colectivamente, ellos almacenan las últimas cuatro mediciones históricas del detector 118'.

Aún refiriéndose a la FIG. 5, en razón a que el filtro 400 está tomando lecturas tan rápido, las mediciones históricas del detector 115' en el almacén 103' no deben ser demasiado cercanas a la medición de corriente del detector 115'. Los retrasos 509 se muestran en la forma de Z^{-x} , aquí x es el número de lecturas que preceden la lectura de corriente. Así, Z^{-3} indica la tercera medición del detector 115' que precede la medición de corriente del detector 115', Z^{-10} indica la decima medición del detector 115', que procede la medición de corriente del detector 115', etc. El valor de X es arbitrario pero debe ser lo suficientemente grande para que la medición histórica del detector 115' no esté tan cercana a la medición de corriente del detector 115'.

Regresando a la FIG. 1, como aquellos de la técnica que tengan el beneficio de ésta descripción lo apreciarán, el filtro 100 se puede implementar el software, en hardware, o ambos. Así, uno o ambos del almacén de frecuencia de corte 106 y el almacén de lecturas históricas del detector 103 se puede ejecutar en el software como, por ejemplo, un almacén de datos tal como una tabla, una lista, una cola o una base de datos. En el filtro 400 de la FIG.4, el almacén de la frecuencia de corte 106' se pueden llevar a cabo en hardware, por ejemplo, almacenado en un dispositivo de memoria tal como una memoria eléctricamente programable borrable ("EEPROM"), y una memoria de acceso aleatorio ("RAM") de alguna clase. En el filtro 400 de la FIG.4, las lecturas históricas del detector se almacenan en una pluralidad de dispositivos de memoria, es decir, biestable 503 mostrados en la FIG.5

Así, al menos porciones significativas del método 200, mostrado en la FIG.2, pueden ser implementadas por ordenador en, por ejemplo, un aparato ordenador 600, ilustrado en la FIG.6A y en la FIG. 6B, en la forma de una aplicación 602, escrita utilizando, por ejemplo, SIMULINK, de Matlab. Aunque la realización ilustrada está montada en un bastidor, el aparato de cálculo 600 ni requiere estar montado en un bastidor en todas las realizaciones. De hecho, este aspecto de cualquier ejecución dada no es material a la práctica de la invención. El aparato de cálculo 600 se puede ejecutar en el ordenador personal de escritorio, una estación de trabajo, un ordenador portátil, o un procesador incrustado, o similar.

El aparato de cálculo 600 ilustrado en la FIG.6A y en la FIG. 6B incluye un procesador 605 que se comunica con un almacén 610 sobre el sistema de bus 615. El almacenaje 610 puede incluir un disco duro y/o una memoria de acceso aleatorio ("RAM") y/o almacenamiento removible de tal disco magnético floppy 617 y un disco óptico 620. El almacenamiento 610 se codifica con una estructura de datos 625 que almacena el conjunto de datos adquirido como se discutió anteriormente, un sistema operativo 630, el software de interfaz de usuario 635, y una aplicación 602. El software de interfaz de usuario 635, en conjunto con un exhibidor 640, ejecuta la interfaz de usuario 645. La interfaz de usuario 645 puede incluir dispositivos y/o periféricos tales como un "key pad" o teclado 650, o un ratón 655, un joystick 660. El procesador 605 corre bajo el control del sistema operativo 630, que puede ser prácticamente cualquier sistema operativo conocido en la técnica. La aplicación 602 es invocada por el sistema operativo 630 luego de conexión a la energía, reinicialización, o ambos, dependiendo de la ejecución del sistema operativo 630. En la realización ilustrada, la aplicación 602 incluye una técnica de filtrado ilustrado en la FIG.1.

Así, al menos algunos aspectos de la presente invención serán llevados a cabo típicamente como software sobre un dispositivo de cálculo adecuadamente programado, por ejemplo el aparato de cálculo 600 en la FIG.6A y la FIG.6B. Las instrucciones se pueden codificar en, por ejemplo, el almacenamiento 610, el floppy disk 617, y/o el disco óptico 620. La presente invención incluye por lo tanto, en un aspecto, un aparato de cálculo programado para efectuar el método de la invención. En otro aspecto, la invención incluye un dispositivo de almacenamiento de programa codificado con instrucciones que, cuando se ejecutan por un aparato de cálculo, efectúan el método de la invención.

Algunas porciones de las descripciones detalladas aquí son consecuentemente presentadas en términos de proceso ejecutado por software que involucra las representaciones simbólicas de operaciones sobre bits de datos dentro de una memoria en un sistema de cálculo o en un dispositivo de cálculo. Estas descripciones y representaciones son los medios utilizados por aquellos en la técnica para trasladar más efectivamente la sustancia de su trabajo a otros expertos en la técnica. El proceso y operación requiere manipulaciones físicas de las cantidades físicas. Usualmente, aunque no necesariamente estas cantidades toman la forma de señales eléctricas, magnéticas, u ópticas capaces de ser almacenadas, transferidas, combinadas, comparadas, o manipuladas de otra manera. Se ha probado conveniente en momentos, principalmente por razones de uso común, referirse a estas señales, como bits, valores, elementos, símbolos, caracteres, términos, números o similares.

Se debe tener en mente, sin embargo, que todos estos términos y similares están asociados con las cantidades físicas apropiadas y son simplemente tablas convenientes aplicadas a estas cantidades. A menos que se establezca de manera específica o de otra forma como será evidente, en toda la presente descripción, estas descripciones se refieren a la acción y a procesos de un dispositivo electrónico, que manipula y transforma datos representados por cantidades físicas (electrónica, magnética u óptica) dentro de algún almacenamiento de dispositivos electrónicos en otros datos representados similarmente como cantidades físicas dentro del almacenamiento, o en dispositivos de transmisión o exhibición. Ejemplos de estos términos que denotan tal descripción son, sin limitación, los términos "procesamiento", "informática", "cálculo", "determinación", "exhibición", y similares.

Nótese también que los aspectos ejecutados por software de la invención son típicamente codificados sobre alguna forma de medio de almacenamiento de programa o llevados a cabo sobre algún tipo de medio de transmisión. El medio de almacenamiento de programa puede ser magnético, por ejemplo (un floppy disk o un disco duro) u óptico (por ejemplo una memoria de solo lectura de disco compacto, o "CD ROM"), o puede ser de acceso de solo lectura o aleatorio. De manera similar, el medio de transmisión puede ser pares alambrados entorchados, cable coaxial, fibra óptica, o algún otro medio de transmisión conocido en la técnica. La invención no está limitada a estos aspectos de alguna ejecución dada.

La presente invención encontrará aplicación en una amplia variedad de contextos. Considere el contexto ilustrado en la FIG. 7 – FIG. 8. La FIG. 7 describe conceptualmente una ejecución particular de un reformador autotérmico ("ATR") 700, que se emplea como una parte integral de un procesador de combustible. El procesador de combustible convierte, o procesa, un tipo de combustible en otro. El ATR 700 se emplea en un procesador de combustible que procesa un combustible de hidrocarburo (por ejemplo gas natural) en hidrógeno (H_2). El ATR 700 comprende varias etapas 701 – 705, que incluye varios intercambiadores de calor 709 y calentadores eléctricos (no mostrados). El lecho de cambio de reformador 712, es decir, las secciones 701 -702, efectúan una reacción de cambio agua –gas que reduce la concentración de CO e incrementa la tasa de producción de H_2 . El ATR 700 se puede ejecutar con cualquier diseño adecuado conocido en la técnica. La temperatura de reacción dentro del lecho de cambio 712 es un factor en la reacción de cambio de agua gas y la composición del reformado producido.

Cada uno de los intercambiadores de calor 709 recibe un refrigerante a temperatura controlada (no mostrado) sobre las líneas IN_1 – IN_3 , respectivamente, y la regresa sobre las líneas $SALIDA_1$ – $SALIDA_3$, respectivamente. La tasa de flujo para el refrigerante en cada línea es controlada por una velocidad variable respectiva (es decir desplazamiento positivo) bomba 715 -717. Las bombas 715 -717 se controlan mediante un sistema de control automatizado (no mostrado) mediante señales recibidas sobre las líneas A_1 – A_3 , respectivamente. En realizaciones alternativas, una bomba única puede suministrar refrigerante bajo presión sobre las líneas IN_1 – IN_3 y se puede controlar una tasa de flujo mediante la válvula de control de flujo tal como la válvula de control de flujo 718. El o las temperaturas de reacción dentro de las secciones de lecho de cambio del ATR 700 se pueden controlar al controlar el o los flujos del refrigerante a través de los intercambiadores de calor 709. Nótese que la FIG. 7 se simplifica mediante la omisión de algunos elementos. Por ejemplo, los intercambiadores de calor mencionados anteriormente y varias entradas y salidas de las secciones 703 – 705 se han omitido por motivos de claridad y no obscurecer así la presente invención.

El lecho de cambios 712 también incluye una pluralidad de detectores T_1 - T_4 dispuestos aquí para detectar el o las temperaturas de reacción. El número preciso de detectores de temperatura T_x no es material aunque un número mayor posibilitará típicamente un grado más fino de control. En la realización ilustrada, los detectores de temperatura T_1 - T_4 son termocuplas, pero otro tipo de detector de temperaturas se pueden utilizar en realizaciones alternativas. Los detectores de temperatura T_1 - T_4 monitorean las temperaturas presentes en varios sitios dentro del lecho de cambio 712. Los puntos de detección de temperatura se seleccionan con base en la estructura del sistema refrigerante/de calentamiento y se deben seleccionar de tal manera que las temperaturas medidas reflejan las temperaturas de reacción reales en lugar de las temperaturas localizadas adyacentes a los serpentines de intercambio de calor 709.

Nótese que los detectores de temperatura T_1 – T_2 miden ambas temperaturas cercanas al mismo intercambiador de calor 709 en un detalle que es una ejecución específica. Ese intercambiador de calor particular 709 incluye solamente una entrada refrigerante única IN_1 . La mayor parte de los detectores de temperatura T_1 - T_4 miden la temperatura corriente abajo desde la sección del lecho del catalizador que contiene un intercambiador de calor 709. T_1 Se supone que lee la temperatura inmediatamente corriente abajo desde el lecho del catalizador más alto (no mostrado). Sin embargo, durante la instalación y el embarque el lecho de cambio 712 puede cambiar y asentarse de tal manera que T_1 está midiendo una temperatura del aire en lugar de una temperatura del lecho o reacción. Así, un segundo detector T_2 se agrega para monitorear la sección superior 701 del ATR 700. Cuando T_1 – T_2 están detectando diferentes temperaturas, el sistema de control (no mostrado) toma la mayor de las dos temperaturas. Típicamente, usualmente hay una menor diferencia entre las dos temperaturas.

Cada uno de los detectores de temperatura T_1 - T_4 saca una señal respectiva M_1 - M_4 representativa de la temperatura detectada o medida. Los detectores de temperatura T_1 - T_4 operan en paralelo, y así las señales M_1 - M_4 son sacadas en paralelo. Cada una de las señales T_1 - T_4 se acondicionan mediante un filtro respectivo 400, mostrado en la FIG. 4. Esta realización particular por lo tanto emplea cuatro filtros 400 en paralelo. Nótese, sin embargo, que se pueden multiplexar y acondicionar múltiples señales M_x en serie mediante un filtro único 400 en realizaciones alternativas.

Precalear y enfriar agua mantiene la temperatura de reacción en el lecho de cambio 712 dentro de un rango de temperatura de reacción deseado. Con el fin de lograr este objetivo en un reactor de cambio agrandado, múltiples serpentines de cambio de control de temperatura localizados 709 suministran control de temperatura localizada. En la realización ilustrada, el lecho de cambio alargado 712 utiliza tres diferentes serpentines de intercambio de calor 709 para controlar la temperatura de lecho de cambio 712. El flujo del refrigerante a través de cada uno de los serpentines 709 se puede ajustar manualmente y ajustado en respuesta a las mediciones del detector de temperatura filtrada. En una alternativa, las mediciones del detector de temperatura filtrada se pueden basar o comunicar a un sistema de control que tenga un ciclo de control capaz de ajustar automáticamente los flujos de los

refrigerantes en los serpentines 709 en respuesta a las mediciones del detector filtrado. Uno de tales ciclos puede incluir una estrategia de control de temperatura de reacción que varía como un resultado de combinación de la tasa de producción H_2 , en la etapa de reacción de cambio, el gradiente de temperatura vertical del lecho de cambio y los puntos de detección de la temperatura de la manera descrita más completamente adelante.

5 La FIG. 8 ilustra conceptualmente un ciclo de control 800 empleado en la modalidad ilh de acuerdo con la presente invención. Las configuraciones para cada una de las bombas de velocidad variable 715 – 717 se controlan mediante un sitio de control respectivo 800. La técnica de control de la presente invención emplea, en la realización ilustrada, el efecto de modelamiento del sistema completo (el reformador como un todo que incluye la sección ATR, la sección ZnO, la sección de cambio, la tasa de producción, etc.), desarrolla un sitio de control PID dinámico a la respuesta de
10 la planta, y los datos de prueba son utilizados para compensar el desfase del modelo para mejorar la robustez del controlador.

Más particularmente, el modelamiento del sistema tiene en cuenta la tasa de producción de origen objetivo con base en las tasas de flujo corrientes, y los perfiles de temperatura corriente arriba, la etapa de reacción y el gradiente de temperatura de lecho de cambio debido a la pérdida de calor y al efecto de reacción exotérmica. Un modelo de
15 sistema para cada sección del lecho de cambio se puede generar de las reacciones y condiciones que ocurren corriente arriba, las geometrías del o los reactores, la alimentación a la sección de lecho, el catalizador de cambio utilizado, etc. Varias técnicas de modelamiento de este tipo son conocidas en el arte, y se puede emplear cualquier técnica de modelamiento adecuada. El sistema de modelamiento se utiliza para generar puntos de ajuste para ser utilizados para el control de temperatura. Estos puntos de ajuste incluyen una composición reformada predicha, la
20 tasa de flujo y la temperatura que ingresarán a una sección de lecho de cambio particular. Así, el sistema de modelamiento genera un grupo de puntos de ajuste para las temperaturas medidas por los detectores de temperatura T_1 - T_4 . El sistema de modelamiento también produce un conjunto de resultados que se correlacionan, por ejemplo, las temperaturas que se pueden medir mediante los detectores de temperatura T_1 - T_4 y la tasa de producción de H_2 en la ATR 700.

25 Más particularmente, el modelo (no mostrado) utilizado por la realización ilustrada se desarrolló utilizando un Modelador Aspen Plus y un Aspen Custom. Estos paquetes de software están comercialmente disponibles de:

Aspen Technology, Inc.

Ten CentralPark

USA

30 Phone: + 1-617-949-1000

Fax: +1-617-949-1030

Email: info@aspentech.com

Sin embargo, otro software de modelamiento adecuado a la técnica se puede emplear en realizaciones alternativas.

35 El modelo tiene tanto capacidades de estado continuo como dinámicas. El desempeño del ATR 700 se estima mediante el modelo de los parámetros termodinámicos que resultan en un estado deseado a una temperatura y presión dadas. Las conversiones y composiciones de reacción se determinan de los datos cinéticos disponibles en la literatura para tales reacciones típicas o se estiman de modelos basados en experimentos conducidos en el laboratorio para reacciones específicas. La pureza del H_2 deseado y la tasa de flujo para el reformado son especificadas y el modelo calcula el flujo de gas natural, el flujo de aire (calculado de nuevo de la proporción O_2/C óptima), y el flujo de agua (calculado de nuevo de la proporción vapor/carbón óptimas).
40

La temperatura resultante del ATR 700 se calcula como el elevamiento de la temperatura adiabática que resulta de minimizar la energía libre de la reacción ATR. La composición del reformado se determina mediante el modelo (de las estimaciones del parámetro termodinámico y de reacción). Utilizando esta composición, el modelo calcula entonces la velocidad deseada necesaria para el uso final de las correlaciones empíricas.

45 El ciclo de control 800 mostrado en la FIG. 8 controla la temperatura de reacción del procesador de combustible, es decir, la temperatura en el lecho de cambio 712, mostrada en la FIG.7, donde se empleó. Los ciclos de control múltiple 800 se pueden emplear en serie o en paralelo para controlar la temperatura en una pluralidad de sitios a través del lecho de cambio 712 o en cualquier otra parte en el ATR 700. Un primer componente 803 para establecer el ajuste 806 para un accionador que gobierna una temperatura medida 809 en la sección de reacción del reactor se determina de la temperatura medida 809 y un punto de ajuste 812 para la temperatura medida. El punto de ajuste
50 812 se determina como una parte de los resultados modelados discutidos anteriormente. La temperatura medida 809 es la temperatura medida por el detector de temperatura T_x en el punto de interés en el lecho de cambio 712, mostrado en la FIG. 7, en el cual el detector de temperatura T_x se dispone en la realización ilustrada, la diferencia 815 entre el punto de ajuste 812 y la temperatura medida 809 es ingresada a un controlador derivado integral

proporcional ("PID") 818, como es conocido en la técnica. La salida del controlador PID 818 es el primer componente 803.

5 Un segundo componente 821 para el ajuste de la configuración 806 es luego determinado en la tasa de producción de H₂ 824 para el ATR 700. En la realización ilustrada, al menos las porciones seleccionadas de los resultados modelados previamente discutidos se tabulan en una forma indexable mediante una tasa de producción de H₂. Así, los resultados modelados 827 pueden ser, por ejemplo, una tabla indexada en donde varios ajustes de configuración para el accionador son indexados por la tasa de producción H₂ con la cual ellos se correlacionan. Nótese que los resultados modelados 827 son típicamente generados *a priori* al modelar la operación del ATR 700 en una variedad de escenarios de operación para obtener esta información. Nótese también que la determinación del primer y
10 segundo componente 803, 821 se puede efectuar en paralelo o en serie.

El ajuste de la configuración 806 se determina entonces del primero y segundo componentes 803, 821. En la realización ilustrada, el primero y segundo componentes 803, 821 se suman para obtener el ajuste de configuración 806, aunque realizaciones alternativas pueden utilizar técnicas más sofisticadas para la determinación. El ajuste de configuración 806 es luego señalado al accionador sobre la línea Ay. Nótese que el ajuste de configuración 806
15 puede ser 0, es decir ningún cambio es necesario porque la temperatura medida 809 coincide de manera adecuada con el punto de ajuste 812. Sin embargo, en cualquier momento dado, al menos uno de, y algunas veces todos, los primeros componentes 803, el segundo componente 821, y el ajuste de configuración 806 no serán 0.

Nótese que, en algunas circunstancias, el primer y segundo componente 803, 821 podrían trabajar en direcciones opuestas con alguno que le diga a la bomba que incremente el flujo y otro que le diga a la bomba que disminuya el flujo. Así, en la realización ilustrada, a los componentes 803, 821 no le son dados pesos iguales para controlar el flujo de refrigerante. Específicamente, la tasa de producción H₂ y la información de la tabla indexada, es decir, el segundo componente 821, es el componente dominante. El primer componente 803 que se deriva de las temperaturas detectadas 809 y los puntos de ajuste 812, se utilizan para la sintonía fina de la velocidad de la bomba. Por vía del ejemplo, el segundo componente 821 podría instruir a una bomba dada de operar al 80% de la capacidad, mientras que el primer componente se enfoca en el error y puede ajustar la velocidad de la bomba en
25 más o menos 5% de la capacidad.

Así, la temperatura del lecho de cambio 712 se puede controlar más exactamente que una aproximación convencional. Como se muestra en la FIG. 3A – FIG. 3E, la técnica de filtrado variante con frecuencia de corte dinámica demuestra mejor respuesta en un cambio variable de proceso rápido o en el estado continuo. Además de suministrar una mejor señal acondicionada al sitio de control 800, mostrado en la FIG. 8, la periodicidad más rápida ayuda a reducir el retraso allí. Nótese también que la técnica utilizada en la presente invención se puede utilizar para controlar otros aspectos de la operación del ATR 700, tal como presiones, tasas de flujo, datos de composición detectados etc., y en otros contextos generales diferentes de la reforma autotérmica y el procesamiento de combustible.

35 Esto concluye la descripción detallada. Las realizaciones particulares descritas anteriormente son solo ilustrativas, en razón a que la invención se puede modificar y practicar en maneras diferentes pero equivalentes evidentes para aquellos expertos en la técnica que tengan el beneficio de las presentes enseñanzas. Adicionalmente, no se pretende ningunas limitaciones a los detalles de construcción o diseño presentes mostrados, diferentes a los descritos en las reivindicaciones de adelante. De acuerdo con esto, la protección buscada aquí es como se establece en las reivindicaciones de adelante.⁴
40

REIVINDICACIONES

1. Un aparato, que comprende:
Una medición de un detector de corriente;
- 5 Un almacén de al menos una medición histórica del detector;
Un almacén de frecuencia de cortes potenciales, cada frecuencia de corte potencial está asociada con una diferencia de potencial respectiva entre la medición del detector de corriente y la medición histórica del detector almacenada;
- 10 Un filtro que tiene una frecuencia de corte dinámicamente seleccionada de las frecuencias de corte potenciales almacenadas sobre la base de una diferencia entre las mediciones históricas almacenadas del detector y la medición del detector de corriente.
2. El aparato de la reivindicación 1, en donde el filtro comprende un filtro de paso bajo.
3. El aparato de la reivindicación 1, en donde el filtro comprende un filtro de paso alto.
4. El aparato de la reivindicación 1, en donde el filtro comprende un piso de paso de banda.
- 15 5. El aparato de la reivindicación 1, que comprende además un filtro preliminar capaz de filtrar la medición del detector de corriente antes de tomar la diferencia con las mediciones históricas almacenadas.
6. El aparato de la reivindicación 5, en donde el filtro preliminar comprende un filtro ejecutado con software.
7. El aparato de la reivindicación 5, en donde el filtro preliminar comprende un filtro efectuado con hardware.
8. El aparato de la reivindicación 7, en donde el filtro efectuado con hardware comprende un circuito de resistor –
20 capacitor.
9. El aparato de la reivindicación 1, en donde al menos uno de los almacenes de mediciones históricas del detector y el almacén de frecuencia de corte potencial comprenden un almacén ejecutado por software y un almacén ejecutado por hardware.
10. El aparato de la reivindicación 1, en donde el almacén de las mediciones históricas desde el detector
25 comprenden un almacén ejecutado por hardware.
11. El aparato de la reivindicación 10 en donde el almacén ejecutado por hardware comprende una pluralidad de dispositivos de memoria
12. El aparato de la reivindicación 1, en donde el almacén de frecuencias de corte potencial comprende una estructura de datos ejecutado por software.
- 30 13. El aparato de la reivindicación 12, en donde la estructura de datos comprende una tabla, una lista, una cola, o una base de datos.
14. El aparato de la reivindicación 1, en donde el filtro comprende un filtro ejecutado por software.
15. El aparato de la reivindicación 1, en donde el filtro comprende un filtro ejecutado por hardware.
- 35 16. El aparato de la reivindicación 15, en donde el filtro ejecutado por hardware comprende un circuito resistor de un capacitor.
17. El aparato de la reivindicación 1, en donde la medición del detector de corriente comprende una medición de temperatura, una medición de presión, una medición de tasa de flujo, y una medición de una composición.
18. El aparato de la reivindicación 1, en donde la frecuencia de corte potencial es una función lineal en forma de pieza de la diferencia de potencial.
- 40 19. El aparato de la reivindicación 1, en donde la medición histórica comprende un promedio de una pluralidad de mediciones históricas.
20. Un método, que comprende:
almacenar al menos una medición histórica del detector;
almacenar frecuencias de corte potenciales;

determinar una diferencia entre una medición de un detector de corriente y una medición histórica de un detector; y seleccionar dinámicamente una frecuencia de corte para un filtro para la medición del corte corriente de la diferencia.

21. El método de la reivindicación 20, en donde seleccionar dinámicamente una frecuencia de corte para el filtro incluye seleccionar dinámicamente la frecuencia de corte para un filtro de paso bajo.

5 22. El método de la reivindicación 20, en donde seleccionar dinámicamente la frecuencia de corte para el filtro incluye seleccionar dinámicamente la frecuencia de corte para el filtro de paso alto.

23. El método de la reivindicación 20, en donde seleccionar dinámicamente la frecuencia de corte del filtro incluye seleccionar dinámicamente la frecuencia de corte para un filtro de paso de banda.

10 24. El método de la reivindicación 20, que comprende además tomar un promedio de una pluralidad de mediciones históricas almacenadas del detector para obtener una medición histórica del detector.

25. El método de la reivindicación 20, que comprende además filtrar la medición de corriente del detector para ruido antes de determinar la diferencia.

26. El método de la reivindicación 20, que comprende además obtener una medición del detector de corriente.

15 27. El método de la reivindicación 20, en donde almacenar la medición histórica incluye almacenar la medición histórica en un almacén implementado por hardware.

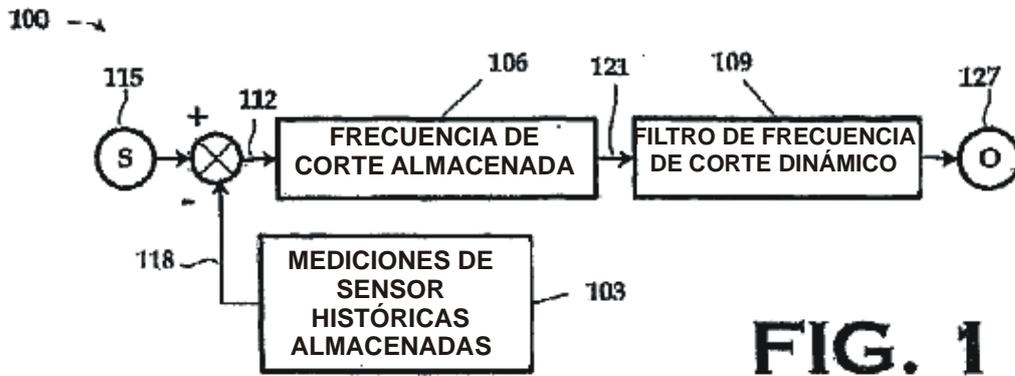
28. El método de la reivindicación 27, en donde almacenar la medición histórica en el almacén implementado por hardware incluye almacenar la medición histórica en un almacén de hardware que comprende una pluralidad de dispositivos de memoria.

20 29. El método de la reivindicación 20, en donde almacenar la medición histórica incluye almacenar la medición histórica en un almacén ejecutado por software.

30. El método de la reivindicación 29, en donde almacenar la medición histórica en el almacén ejecutado por software incluye almacenar la medición histórica en una tabla, una lista, una cola, o una base de datos.

31. El método de la reivindicación 20, que comprende además muestrear la medición del detector de corriente.

25 32. El método de la reivindicación 20, en donde seleccionar dinámicamente la frecuencia de corte incluye recuperar la frecuencia de corte del almacén implementado por software.



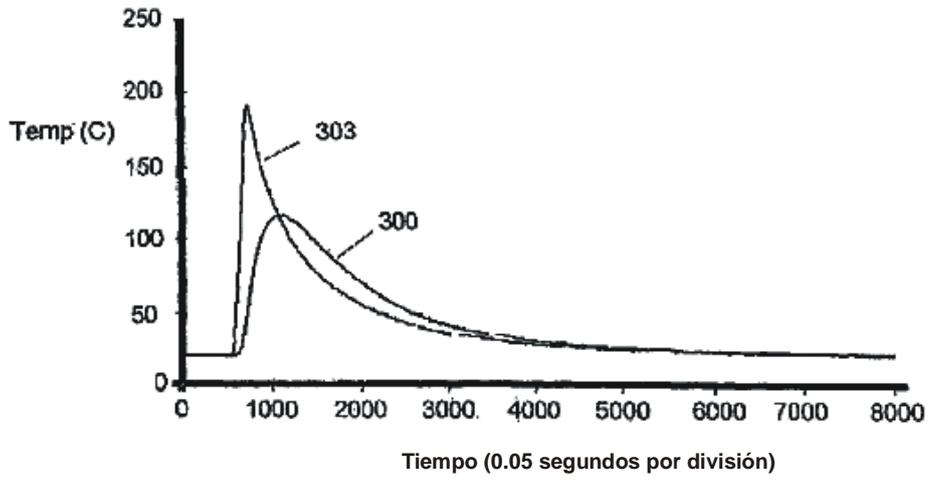


FIG. 3A

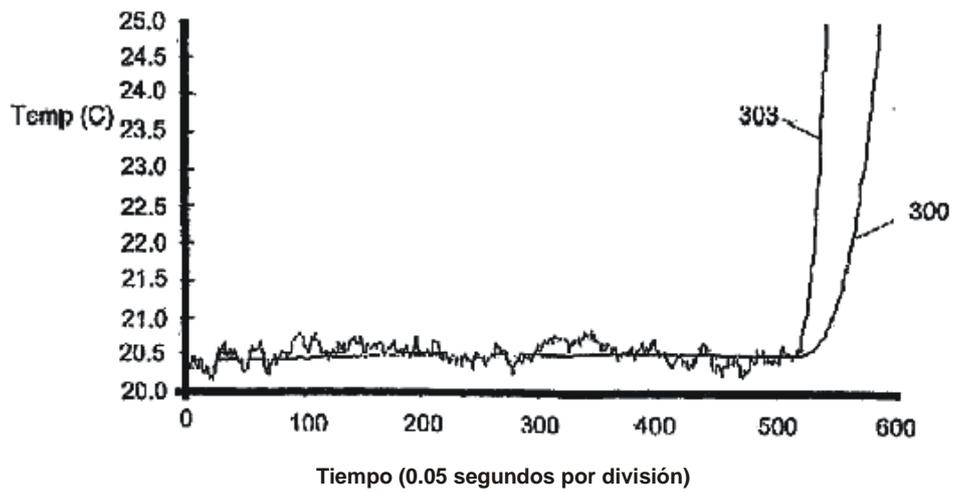


FIG. 3B

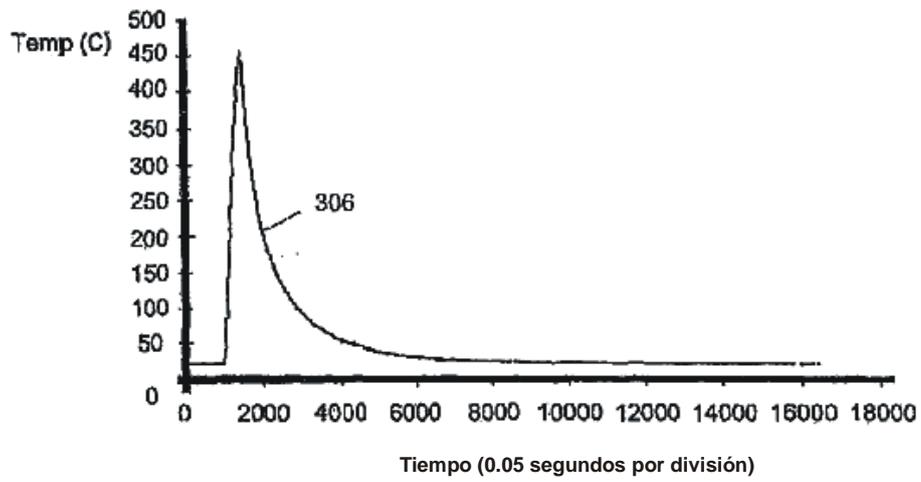


FIG. 3C

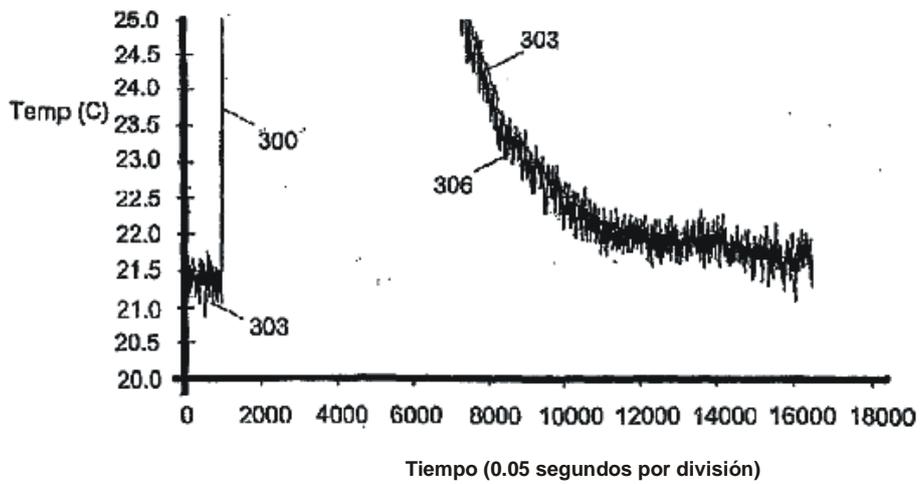


FIG. 3D

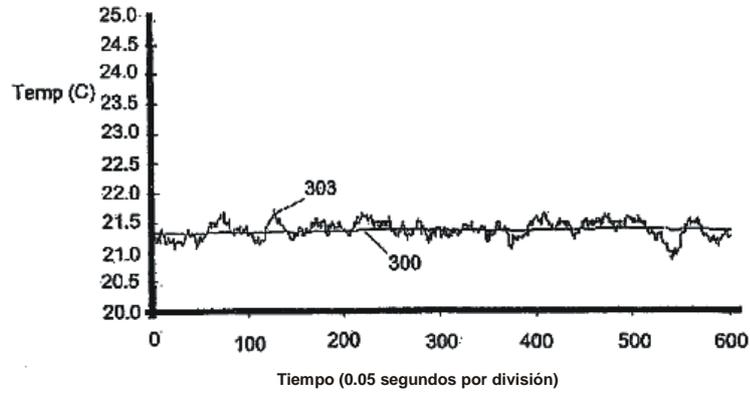


FIG. 3E

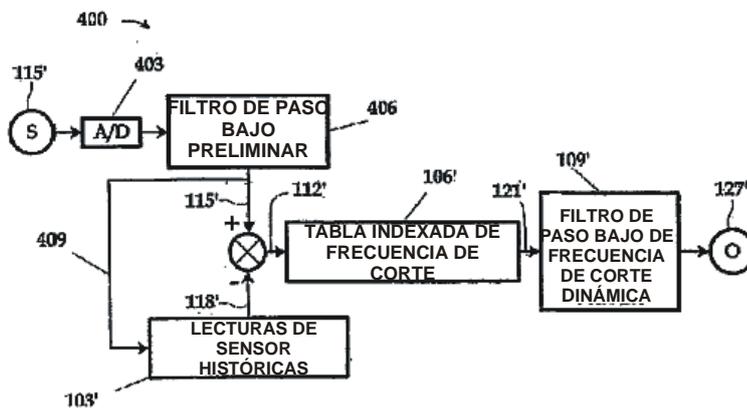


FIG. 4

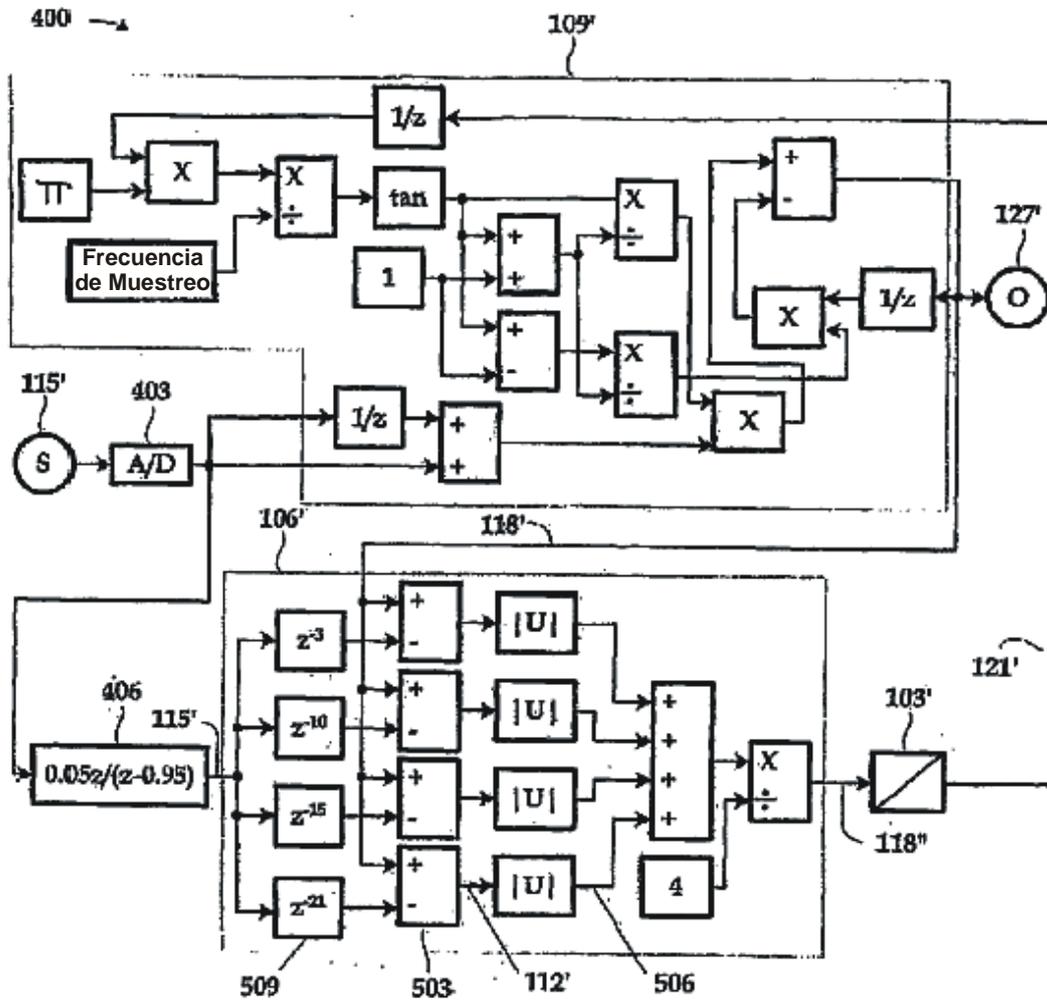


FIG. 5

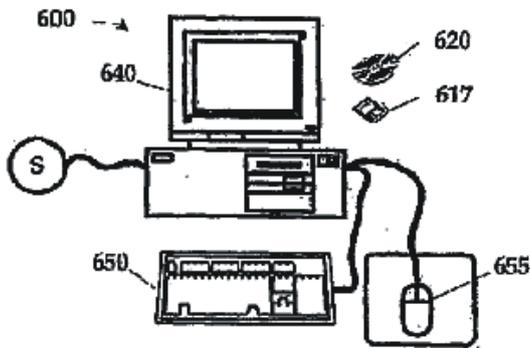


FIG. 6A

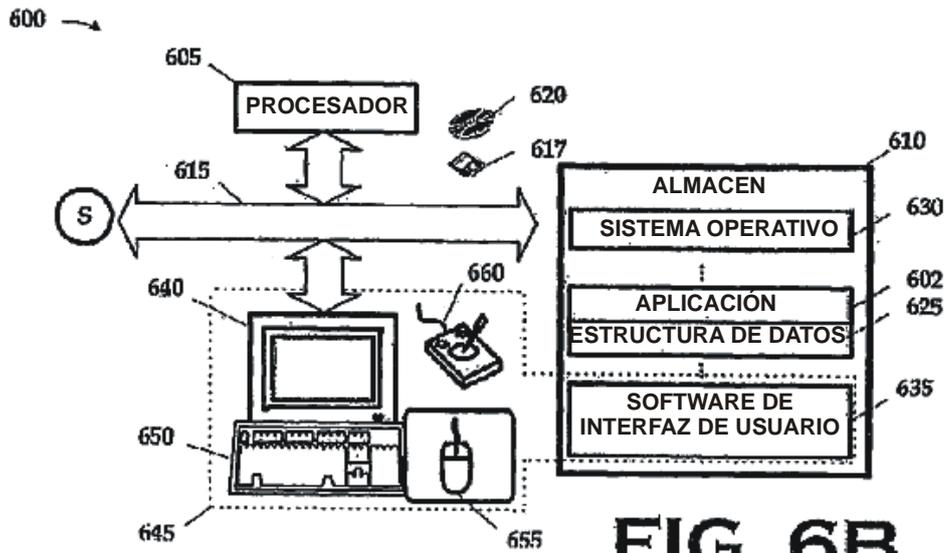


FIG. 6B

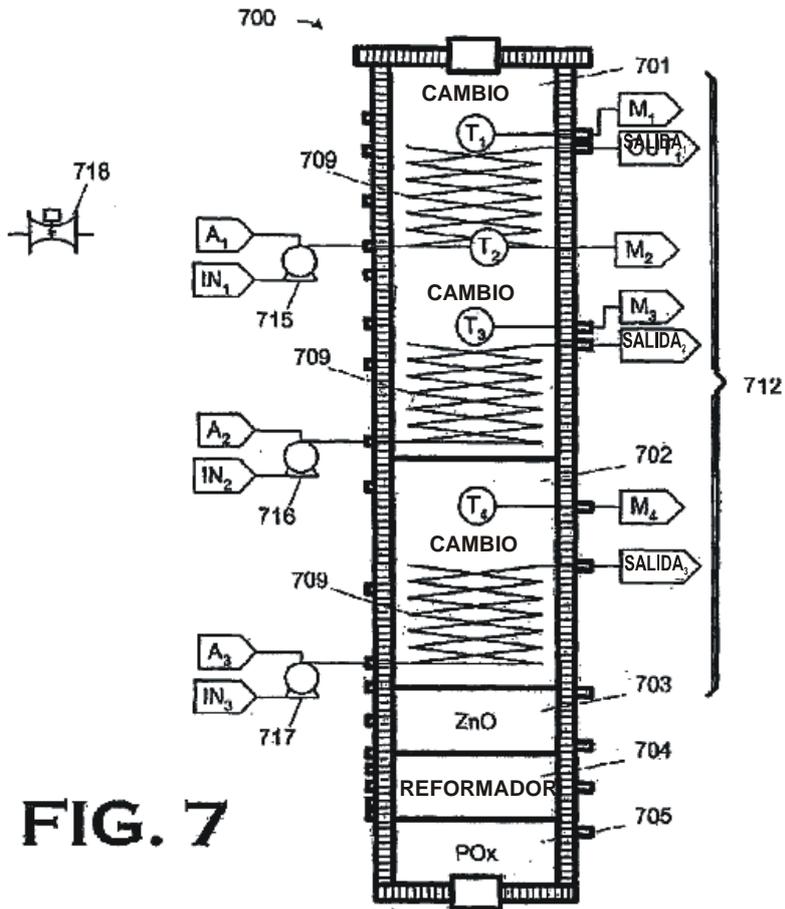


FIG. 7

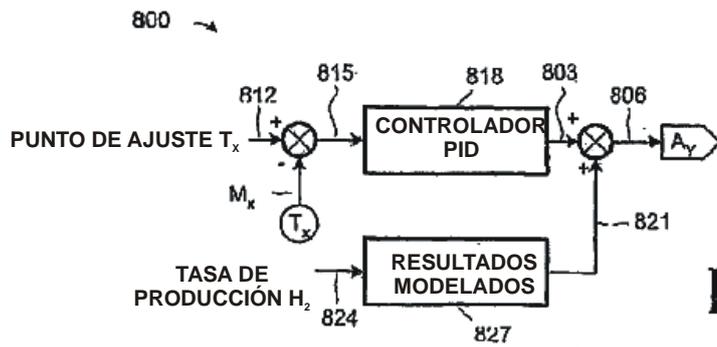


FIG. 8