



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 186 645**

51 Int. Cl.<sup>7</sup>: F17C 5/06

12

TRADUCCION DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **00922390.0**

86 Fecha de presentación: **28.04.2000**

87 Número de publicación de la solicitud: **1 194 716**

87 Fecha de publicación de la solicitud: **10.04.2002**

54 Título: **Proceso y sistema de producción de hidrógeno como combustible.**

30 Prioridad: **12.05.1999 CA 2271450**

45 Fecha de la publicación de la mención BOPI:  
**16.05.2003**

45 Fecha de la publicación del folleto de patente:  
**16.05.2003**

73 Titular/es: **STUART ENERGY SYSTEMS  
CORPORATION  
5101 Orbitor Drive  
Mississauga, Ontario L4W 4V1, CA**

72 Inventor/es: **Fairlie, Matthew J.;  
Stewart, William J.;  
Stuart, Andrew T. B.;  
Thorpe, Steven J. y  
Dong, Charlie**

74 Agente: **Díez de Rivera y Elzaburu, Ignacio**

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).

## DESCRIPCION

Proceso y sistema de producción de hidrógeno como combustible.

### Campo del invento

Este invento se refiere a la producción electrolítica de hidrógeno para uso en particular como combustible para vehículos; y en particular a un sistema que comprende una cuba electrolítica para dicha producción y a una red de datos que comprende la recogida, el control y, opcionalmente, el almacenamiento de los datos.

### Antecedentes del invento

La electrosíntesis es un método para la producción de una o más reacciones químicas que es conducido eléctricamente mediante el paso de una corriente eléctrica, típicamente una corriente continua, a través de un electrolito entre un electrodo ánodo y un electrodo cátodo. Para las reacciones electroquímicas se usa una cuba electroquímica que comprende electrodos ánodo y cátodo sumergidos en un electrolito, haciéndose pasar la corriente eléctrica entre los electrodos desde una fuente de energía eléctrica externa. En ausencia de reacciones parásitas, el régimen de producción es proporcional al flujo de corriente. Por ejemplo, en una cuba para electrolisis de agua alcalina líquida, se hace pasar la corriente continua entre los dos electrodos en un electrolito acuoso para separar el agua, el reactivo, en sus componentes en forma de productos gaseosos, a saber: hidrógeno y oxígeno, donde los productos gaseosos se desprenden en las superficies de los respectivos electrodos.

Las cubas para electrolisis de agua se han basado típicamente en sistemas de control de la presión para controlar la presión entre las dos mitades de una cuba para electrolisis, para asegurar que los dos gases, es decir, el oxígeno y el hidrógeno, producidos en la reacción electrolítica se mantienen separados, y no se mezclan.

En uno de tales sistemas de control de la presión se proporciona una obturación del agua para igualar la presión en las dos mitades de la cuba. Esta es la solución que con más frecuencia se adopta en las cubas para electrolisis domésticas. Típicamente, la obturación del agua se produce a unos cinco centímetros de profundidad, y por consiguiente la cuba funciona con unos cinco centímetros de columna de agua de presión por encima de la presión atmosférica.

En un sistema alternativo se proporciona un separador de membrana que puede mantener una diferencia de presión entre las dos mitades de la cuba, sin mezcla de los gases. La cuba PEM (de Membrana de Polímero en el Electrolito) es el mejor ejemplo de este tipo de sistema. La cuba PEM puede mantener una diferencia de presión de hasta  $175 \text{ kg/cm}^2$  sin una pérdida significativa de pureza de los gases.

Un tercer sistema es uno de control activo que percibe la presión y controla el flujo de salida de gases desde las dos cubas. Se puede conseguir el control de una de dos formas: mediante un sistema mecánico basado en reguladores de la presión, tal como un regulador del flujo cargado en la cúpula para controlar la presión entre las dos cubas, en el cual se podría emplear, por

ejemplo, la presión del oxígeno como una presión de referencia para regular la presión en la mitad de hidrógeno de la cuba; y mediante un sistema electrónico basado en la medida de la diferencia de presión de los gases entre las dos cubas, para controlar los regímenes de los flujos de salida de los gases desde los dos lados de la cuba, para mantener así una diferencia de presión deseada de, usualmente, cero, o bien con la presión del lado del hidrógeno ligeramente superior.

Típicamente, sin embargo, para generadores de hidrógeno comerciales muy pequeños (de  $0,1 \text{ Nm}^3/\text{h}$ ), las instalaciones para electrolisis del tipo PEM son las preferidas. Aunque el coste de la cuba es bastante más alto que para las instalaciones para electrolisis alcalinas usuales, estos costes quedan más compensados por los controles que se precisan para los sistemas alcalinos usuales, en los que se usan actuadores mecánicos o electrónicos, y por la necesidad de unas presiones más altas y, por consiguiente, de compresión en las instalaciones para electrolisis en las que se usen sistemas de control de la presión de obturación de agua.

Hay un sistema de repostaje de combustible hidrógeno que funciona en al menos una ciudad norteamericana, en la que una flota de vehículos públicos, es decir, de autobuses de transporte, repostada sobre una base regular, es decir, en general diariamente, desde uno o más depósitos de almacenamiento en una estación base de autobuses.

El depósito del combustible hidrógeno en el autobús se une exclusivamente al depósito de almacenamiento, y se calcula la cantidad de hidrógeno que haya de ser suministrado a partir de la presión inicial y de la presión resultante deseada, tal como son leídas en los manómetros, ya sean del autobús o ya sean del depósito de almacenamiento en tierra.

En la estación central se proporciona hidrógeno al depósito o depósitos de almacenamiento desde una o más instalaciones para electrolisis en el lugar, las cuales mantienen la presión de hidrógeno en un valor predeterminado en los uno o más depósitos. El tiempo de repostaje es de aproximadamente 20-30 minutos.

Sin embargo, el sistema de repostaje de combustible hidrógeno antes citado adolece de un número significativo de desventajas, como sigue.

1. La modulación de la batería de instalaciones para electrolisis se efectúa únicamente mediante operaciones manuales.
2. La batería de cubas no es fácil de modular y, en consecuencia, si la demanda de hidrógeno a ser almacenado y de vehículos que hayan de repostar en tiempo real es menor que el régimen de suministro de las cubas, se hace necesario ventilar el hidrógeno, en general a la atmósfera.
3. No se puede modular en tiempo real batería de cubas para optimizar el uso de la electricidad en las horas favorables, de costes reducidos de la electricidad.
4. El llenado de cada vehículo se hace solamente por operación manual.

5. El llenado de cada vehículo se hace independientemente de los de los demás vehículos que haya en la estación central.
6. La naturaleza de la operación de llenado es de estado uniforme con respecto al régimen de llenado desde la batería de cubas. Al llenar de hidrógeno el depósito de un vehículo, la expansión y la compresión dentro del depósito hacen que aumente la temperatura del gas y que, por consiguiente, proporcione un valor falso de una alta presión (depósito lleno) si el régimen de llenado es demasiado rápido. Al producirse el subsiguiente enfriamiento, la presión en el depósito cae y el depósito requiere ser rellenado (hasta arriba) para conseguir una presión deseada más verdadera.
7. El uso del depósito o depósitos de almacenamiento aumenta la zona verde y el espacio en planta que se necesitan para una estación de llenado.
8. El uso de uno o más depósitos de almacenamiento representa un potencial riesgo de seguridad que exige una gestión apropiada.

En el documento GB2143848A, concedido a White y otros, publicado con fecha 20 de febrero de 1986, se describe un sistema combinado de generación y combustión de hidrógeno enlazado a través de una unidad de almacenamiento de hidrógeno. El sistema está o bien situado por entero en el lugar, es decir, en el terreno, o bien en un vehículo, en donde el sistema y el usuario final están permanentemente combinados y en donde el hidrógeno almacenado es para uso como un suministro intermitente de energía. En el documento GB2143848A nada se dice en cuanto al presente de una unidad de procesado central y su asociada activación por el usuario para proporcionar intercambio de flujo de datos entre el generador de hidrógeno y los usuarios. En el documento GB2143848A se describe un simple control de "conexión-desconexión" para controlar la cuba, el compresor y el flujo de gas a un motor.

Existe por lo tanto la necesidad de un sistema de repostaje de combustible hidrógeno que no adolezca de las antes citadas desventajas.

#### Sumario del invento

Un objeto del presente invento es el de proporcionar un sistema para la generación *in situ*, sobre demanda, de gas hidrógeno para uso en particular como combustible para vehículos, en el que el almacenamiento del hidrógeno en el lugar que se requiera es despreciable.

Otro objeto es el de proporcionar un sistema de repostaje de combustible hidrógeno que proporcione una interfaz de control y activación práctica amigable para el usuario.

Otro objeto del presente invento es el de proporcionar un método y un aparato eficaces para producir hidrógeno a una presión mínima deseada.

En consecuencia, en un aspecto, el invento proporciona un sistema de repostaje de hidrógeno para proporcionar hidrógeno a un aparato de re-

cepción de hidrógeno, comprendiendo dicho sistema.

- (i) una cuba electrolítica para proporcionar una fuente de hidrógeno;
- (ii) unos medios de compresor para proporcionar hidrógeno de salida a una presión de salida;
- (iii) medios para alimentar dicho hidrógeno de la fuente a dichos medios de compresor;
- (iv) medios para alimentar dicho hidrógeno de salida a dicho aparato de recepción de hidrógeno;
- (v) medios de unidad rocesado central para controlar dicha cuba y dicho compresor; y
- (vi) medios de activación por el usuario para activar para funcionamiento dichos medios de unidad de procesado central.

Tal como aquí se usan las expresiones "cuba", "cuba electroquímica", o "instalación para electrolisis", se hace referencia con ellas a una estructura que comprende al menos un par de electrodos, que incluyen un ánodo y un cátodo, estando cada uno de ellos convenientemente apoyado dentro de un recinto a través del cual se hace circular electrolito y se desprende producto. La cuba incluye un conjunto separador que tiene medios apropiados para obturar y apoyar mecánicamente al separador dentro del recinto. Se pueden conectar múltiples cubas en serie o en paralelo para formar una batería de cubas, y no hay límite en cuanto al número de cubas que se pueden usar para formar una batería. En una batería, las cubas están conectadas de una manera similar, ya sea en paralelo o en serie. Un bloque de cubas es una unidad que comprende una o más baterías de cubas, y los múltiples bloques de cubas se conectan juntos mediante una barra distribuidora externa. Una instalación para electrolisis funcional comprende una o más cubas que están conectadas juntas, en paralelo o en serie, o bien en una combinación de ambas formas.

La cuba electrolítica puede comprender los medios de compresión dentro de su estructura, en la que, en una realización, dentro de la cuba se acumula hidrógeno a presión hasta la presión deseada resultante para el usuario, y en la que el hidrógeno de salida comprende el hidrógeno de la fuente.

El sistema de acuerdo con el invento es de un valor particular para el repostaje de combustible hidrógeno para un vehículo, tal como un vehículo para personal, un camión, un autobús y similares.

Por consiguiente, el invento proporciona, en un aspecto preferido, el sistema tal como aquí se ha definido en lo que antecede, en el que dichos medios (iv) comprenden un aparato, preferiblemente, medios para fijación al vehículo que pueden ser unidos al aparato (vehículo) para proporcionar el hidrógeno de salida como combustible para el aparato (vehículo). En consecuencia, se proporciona un sistema tal como el aquí definido en lo que antecede en el que los medios (iv)

para alimentar el hidrógeno de salida al aparato de recepción de hidrógeno comprenden medios de conducto y medios de aplicación de acoplamiento adaptados para ser recibidos en aplicación de obturación por dicho aparato.

En una realización alternativa, se proporciona un sistema tal como el aquí definido en lo que antecede en el que los medios de conducto y los medios de aplicación de acoplamiento comprenden una pluralidad de conductos y miembros de aplicación de acoplamiento adaptados para recibir a una pluralidad de los aparatos de recepción de hidrógeno.

El hidrógeno de la fuente se bombea, preferiblemente, a través de un conducto, al compresor.

La CPU (Unidad de Procesado Central) comprende un sistema, tal como el aquí definido en lo que antecede, en el que la unidad de procesado central comprende medios de control de la cuba para activar la cuba para proporcionar la fuente de hidrógeno cuando la presión de salida cae a un valor preseleccionado. La CPU comprende preferiblemente los medios de activación por el usuario, que tienen medios de recepción de datos adaptados para recibir los datos desde, o mediante, medios de transferencia seleccionados del grupo compuesto por una tarjeta de datos electrónica, medios de activación por la voz, medios de selección y control accionables manualmente, longitud de onda radiada y transferencia electrónica o eléctrica. La CPU comprende, preferiblemente, medios para recibir y tratar datos de parámetros físicos seleccionados del grupo constituido por: temperaturas, presiones, niveles de líquido anolito (el electrolito que está en la zona del ánodo) y de líquido catolito (el electrolito que está en la zona del cátodo), continuidad de la barra distribuidora, concentración de KOH, purezas de los gases, y posiciones de las válvulas del proceso de la cuba, y modulación y control de la cuba como consecuencia de dicho tratamiento de los datos de la cuba. Comprende además aquella medios para recibir y tratar datos de parámetros físicos seleccionados del grupo constituido por temperaturas, presiones de entrada y de salida del hidrógeno, y estado de las válvulas de los medios de compresor; y modulación y control de los medios de compresor como consecuencia del tratamiento de los datos de los medios de compresión. La CPU comprende, preferiblemente, medios para recibir y tratar los datos seleccionados del grupo constituido por la demanda de hidrógeno del aparato de recepción de hidrógeno; y medios para determinar la cantidad, el régimen de entrega, y la duración de la entrega de hidrógeno al aparato como consecuencia de los datos de demanda de hidrógeno. La CPU comprende, preferiblemente, medios de almacenamiento para almacenar los datos seleccionados de los datos de demanda de hidrógeno, fechas, horas del día y de la noche, y número de aparatos de recepción de hidrógeno.

Lo más preferiblemente, la CPU está en comunicación directa, eléctrica o electrónica, con cada uno de los medios de cuba, de compresor, y de activación por el usuario, por medio de hilos conductores eléctricos.

Así, los medios de control y los medios de activación proporcionan una interfaz práctica con el

usuario.

El sistema tal como aquí se ha definido en lo que antecede, es también de utilidad preferida en cuanto que los medios de conducto y los medios de aplicación de acoplamiento comprenden una pluralidad de conductor y miembros de aplicación de acoplamiento adaptados para recibir una pluralidad de aparatos de recepción de hidrógeno, por ejemplo, una pluralidad de vehículos en una salida comercial, industrial o similar.

La introducción de los medios de activación por el usuario, en combinación con la CPU, permite el ventajoso intercambio de flujos de datos entre la cuba o cubas, el compresor, el vehículo o vehículos, y los diversos conductos y válvulas de control del proceso. Esta interfaz con el usuario permite:

1. demanda definida, en tiempo real, de las necesidades de hidrógeno para todos los vehículos, bien solos o bien en una pluralidad de los mismos conectados a la batería de cubas;
2. tiempo definido para llenar cada vehículo (o vehículos) conectados a la batería de cubas;
3. modulación de la batería de cubas para asegurar el exacto suministro de hidrógeno requerido por todos los vehículos a lo largo del tiempo;
4. modulación del compresor conjuntamente con la batería de cubas, para asegurar un suministro adecuado de oxígeno a todos los vehículos en ausencia de depósito (o depósitos) de almacenamiento, lo cual hace que disminuyan las preocupaciones en cuanto a seguridad;
5. modulación del régimen de llenado de cada vehículo por medio del control dinámico del llenado para proporcionar un régimen de llenado variable para estabilizar la temperatura del gas dentro del vehículo (o los vehículos) y para asegurar un valor correcto de la presión en tiempo real, de modo que determine el nivel de llenado del depósito (es decir, medio lleno, lleno del todo, etc.) y una terminación satisfactoria de la operación de llenado;
6. la consecución de lo antes indicado en (1) a (5), sin intervención manual del usuario;
7. completar la historia de datos del funcionamiento de la batería de cubas y del compresor almacenados/registrados en cuanto a horas de funcionamiento para poder programar el mantenimiento, y
8. que sea almacenada/registrada una historia de datos completa del almacenamiento de cada vehículo.

El invento es de un valor particular para una realización en la que el aparato comprende una cuba para proporcionar hidrógeno a una presión mínima deseada; que comprende una solución de anolito que tiene un nivel del líquido anolito;

una solución de catolito que tiene un nivel de líquido catolito;

medios de generación de oxígeno para generar oxígeno a una presión del oxígeno superior a la de dicho anolito;

medios de generación de hidrógeno para generar hidrógeno a una presión del hidrógeno superior a la de dicho catolito;

medios de salida del hidrógeno generado;

y que comprende medios de presión para aumentar la presión de oxígeno hasta por encima de la del anolito, para conseguir una diferencia de presión de niveles de líquido positiva entre dicho nivel del líquido catolito y dicho nivel del líquido anolito hasta un valor preseleccionado, para efectuar el cierre de dichos medios de salida del hidrógeno y un aumento de la presión del hidrógeno hasta un valor que efectúe la apertura de dichos medios de salida del hidrógeno, para proporcionar hidrógeno a dicha presión mínima deseada a través de dichos medios de salida.

Este aspecto preferido del invento, tal como aquí se ha definido en lo que antecede, se basa en crear una diferencia de presión de niveles de líquido entre los niveles del líquido catolito del líquido anolito, haciendo para ello que aumente la presión del oxígeno por encima de la del anolito y que caiga al nivel del líquido anolito, y un aumento en proporción similar del nivel de catolito, mientras que el hidrógeno queda en libertad de abandonar la cuba hasta que: (a) el nivel del anolito caiga a un nivel preseleccionado para disparar una válvula de control para impedir el desprendimiento de hidrógeno desde la cuba, o (b) el nivel de catolito aumente para disparar de un modo similar la válvula de control para impedir igualmente el desprendimiento de hidrógeno desde la cuba. El subsiguiente aumento de la presión de hidrógeno por encima de la del catolito invierte los respectivos niveles de líquido, para efectuar la apertura de las válvulas de control para proporcionar hidrógeno a la presión mínima deseada. La presión de hidrógeno aumenta en la situación de válvula de desprendimiento cerrada, debido a que se producen dos moles de hidrógeno por cada mol de oxígeno en el proceso electrolítico.

#### Breve descripción de los dibujos

Con objeto de que se pueda comprender mejor el invento, se describirán a continuación realizaciones preferidas, a modo de ejemplos únicamente, con referencia a los dibujos que se acompañan, en los que:

La Fig. 1 es un diagrama bloque en el que se han ilustrado las características principales de un sistema de suministro de combustible hidrógeno de acuerdo con el invento;

La Fig. 2 es un diagrama bloque lógico del programa de control de una realización del sistema de acuerdo con el invento;

La Fig. 3 es un diagrama bloque lógico de un bucle de control del bloque de cubas del programa de control de la Fig. 2;

La Fig. 4 es un diagrama bloque de una instalación para electrolisis de acuerdo con el invento;

La Fig. 5 es una realización alternativa de una instalación para electrolisis de acuerdo con el invento, y en la que los números que son iguales designan las mismas partes.

#### Descripción detallada de realizaciones preferidas

Con referencia a la Fig. 1, se ha ilustrado en ella un sistema de acuerdo con el invento representado en general por 100, que tiene una cuba electrolítica 112, la cual produce hidrógeno de fuente a una presión  $P_1$  deseada, alimentado al compresor 114 a través del conducto 116. El compresor 114 alimenta el hidrógeno de salida comprimido, a través del conducto 118, a la presión  $P_2$  al aparato 120, representado como ejemplo como un vehículo unido mediante un acoplamiento 122. La cuba 112, el compresor 114, y el usuario 124, están enlazados a unos medios 126 de control de unidad de procesado de ordenador, los cuales proporcionan tanto la adquisición de datos como el control del proceso.

Expuesto con más detalle, el usuario 124 define una demanda de llenado del vehículo 120. El usuario 124 puede transmitir su demanda usando para ello: (i) una tarjeta de crédito; (ii) una tarjeta inteligente; (iii) un sistema de activación por la voz; (iv) activación manual por medio del control del panel frontal, y por transmisión por, ejemplo, hilo conductor o por radiación de infrarrojos u otra adecuada desde el propio vehículo 120.

Una vez recibida la demanda, la CPU 126 determina el estado de la cuba electroquímica 112, la comprobación de cuyo estado inicial incluye la vigilancia de los parámetros del proceso para poner en funcionamiento la cuba 112 y, en particular, de la temperatura, la presión, el nivel del líquido anolito, el nivel del líquido catolito, la continuidad de la barra distribuidora, la concentración de KOH, y el estado de la válvula del proceso. Además, una vez recibida la demanda, la CPU 126 determina el estado inicial del compresor 114. Tales comprobaciones iniciales incluyen la vigilancia de la temperatura, y de la presión de entrada y de salida en una o más etapas.

Después de que la CPU 126 determine el estado inicial de la cuba 112 y del compresor 114, la CPU 126 analiza que se hayan satisfecho las necesidades del usuario 124 en términos de la cantidad de hidrógeno a entregar, el régimen de entrega, y la duración del tiempo para la entrega al vehículo 120. La CPU 126 inicia entonces la secuencia de puesta en funcionamiento de la cuba 112 para asegurar las demandas del usuario 124. Se aplica energía eléctrica a la cuba 112 y se vigilan y controlan los parámetros del proceso de temperatura, presión, nivel del líquido anolito, nivel del líquido catolito, concentración de KOH y estado de la válvula del proceso, de tal forma que se permita un funcionamiento seguro de la cuba 112 en la generación de gases hidrógeno y oxígeno de un cierto mínimo de pureza. Un estado incorrecto de cualquiera de los parámetros de funcionamiento antes indicados, o de la calidad/pureza de los gases obtenidos como producto hace que la CPU 126 altere o interrumpa el funcionamiento de la cuba 112 hasta que se haya alcanzado un estado apropiado.

Una vez que la cuba 112 esté en funcionamiento satisfactoriamente, la CPU 126 vigila entonces la presión,  $P_1$ , en el conducto entre la cuba 112 y el compresor 114 a través del sensor de presión instalado en la conducción 116. Una vez

alcanzada una presión mínima,  $P^*$ , en el conducto 116, la CPU 126, que ha reconocido previamente un estado apropiado para el compresor 114, conecta el compresor 114 y empieza a descargar gas en el conducto 118 a una cierta presión,  $P_2$ . La CPU 126 vigila entonces la presión en el conducto 118 por medio de un sensor de presión (no representado) para asegurar que la presión,  $P_2$ , alcanza un cierto valor mínimo de la presión,  $P_2^*$ , para la adecuada descarga en el vehículo 120, tal como lo demande el usuario 124.

El funcionamiento de la cuba 112 y del compresor 114 es convenientemente modulado y controlado por la CPU 126 a través de válvulas de proceso apropiadas, de modo que se proporcione la cantidad mínima de hidrógeno al régimen de entrega mínimo durante el espacio de tiempo mínimo, tal como haya sido especificado por el usuario 124, de tal modo que se satisfagan las necesidades para el vehículo 120. Una vez recibida la notificación desde el vehículo 120 de que se han satisfecho las necesidades satisfactoriamente, la CPU 126 da instrucciones a la cuba 112 y al compresor 114 para que cesen en su funcionamiento y para asegurar la descarga de cualquier presión que quede, hasta un cierto valor mínimo aceptable,  $P_2^*$ , en el conducto 118, de tal modo que el usuario 124 pueda facilitar la desconexión del vehículo 120 del conducto 118 y completar la operación de llenado.

Con referencia a la Fig. 2, se han representado en ella los pasos de control lógico efectivos en el funcionamiento del sistema en su conjunto, y en la Fig. 3 la sub-unidad de bucle de control de la cuba específica en un diagrama bloque lógico del programa de control de una realización del sistema de acuerdo con el invento; en que  $P_{MS}$  - Presión de arranque del compresor;  $P_L$  - Presión de parada del compresor;  $P_{LL}$  - Presión baja de entrada;  $P_{MO}$  - Presión de depósito lleno;  $\Delta P$  - Banda muerta de cambio de presión;  $P_{MM}$  - Presión máxima admisible de la cuba;  $L_L$  - Nivel mínimo de líquido admisible en la cuba;  $P_{HO}$  - Presión de salida de la cuba en el lado del hidrógeno; y  $P_C$  - Presión de salida del compresor.

Expuesto con más detalle, en la Fig. 2 se ha ilustrado el organigrama lógico del programa de control para la operación. Una vez puesta en funcionamiento la instalación, la cuba 112 genera gas hidrógeno a una cierta presión de salida,  $P_{HO}$ . Se usa la magnitud de tal presión,  $P_{HO}$ , para modular el funcionamiento del compresor 114. Si  $P_{HO}$  es menor que una cierta presión mínima relacionada con el nivel de líquido en la cuba 112, se genera una señal de alarma de presión baja y se sigue una secuencia de parada de la instalación. Si la presión de salida,  $P_{HO}$ , es mayor que  $P_{LL}$ , se realiza entonces otra comparación. Si la presión de salida,  $P_{HO}$ , es mayor que  $P_{MS}$ , la presión de entrada mínima para poner en marcha el compresor 114, este último inicia una secuencia de arranque. Si la presión de salida es menor que un cierto valor mínimo,  $P_L$ , entonces el compresor 114 permanece inactivo (parado) hasta el momento en que la magnitud de  $P_{HO}$  se hace superior a  $P_{MS}$ , para iniciar el funcionamiento del compresor.

Una vez puesto en marcha el compresor 114, el gas hidrógeno es comprimido en una o más etapas para alcanzar una presión de salida,  $P_C$ , desde la salida del compresor 114. Si la presión de salida,  $P_C$ , excede de un umbral de seguridad,  $P_{MO}$ , termina entonces el funcionamiento del compresor 114. Si la salida,  $P_C$ , es menor que un cierto mínimo deseado,  $P_{MO} - \Delta P$ , el compresor 114 funciona para suministrar y descargar hidrógeno.

La Fig. 3 comprende un diagrama bloque del aparato de repostaje de combustible hidrógeno representado en general por 200, usado para suministrar gas hidrógeno y/o gas oxígeno a una presión mínima deseada. El aparato 200 incluye un rectificador 210 para convertir una entrada de señal de corriente alterna en una salida de señal de corriente continua deseada, una barra distribuidora 212, una o más cubas electrolíticas 112, medios para medir la presión del oxígeno 214 y del hidrógeno 216 en los conductos 218 y 220, respectivamente, medios de válvula para controlar el flujo de oxígeno 222 y de hidrógeno 224, respectivamente, y un controlador de proceso/instrumento 226 para asegurar un funcionamiento deseado de la cuba o cubas electrolíticas 112 con las adecuadas alarmas de parada de la instalación 228.

La Fig. 3 comprende además un organigrama de proceso para el bloque de cubas de la Fig. 2. Una vez puesta en marcha la instalación, el rectificador 210 establece una condición de seguridad examinando para ello el estado de la alarma 228 de la instalación con respecto a los controles de presión y de nivel. Si la alarma indica un estado seguro, se transmiten corriente y voltaje (energía eléctrica) a lo largo de la barra distribuidora 212 de la cuba desde el rectificador 210 a la cuba electrolítica 212. Con la aplicación de una fuente adecuada de corriente/voltaje, tiene lugar la electrolisis dentro de la cuba o cubas electrolíticas 112, con la consiguiente descomposición del agua en los productos gas hidrógeno y gas oxígeno. El gas oxígeno es transportado a lo largo del conducto 218, en el cual los medios 214 de presión de oxígeno vigilan la presión del oxígeno,  $P_O$ , en todo momento, y para controlar la presión del oxígeno por medio de la modulación de la válvula 222. Análogamente, el gas hidrógeno es transportado a lo largo del conducto 220, en el cual los medios 216 vigilan la presión del hidrógeno,  $P_H$ , en todo momento, y para controlar la presión del hidrógeno por medio de la válvula de control 224. En el funcionamiento de la cuba o cubas electrolíticas 112, son detectados el nivel del anolito de la cuba en el lado del oxígeno,  $L_O$ , y el nivel del catolito en el lado del hidrógeno,  $L_H$ , por medio del controlador de P/I (Proceso/Instrumento) 226 para proporcionar una señal de control a la válvula 224, para facilitar el suministro de gas hidrógeno y/o de gas oxígeno a una cierta presión deseada.

Con referencia a la Fig. 4, en ella se han ilustrado en general por 10 una instalación para electrolisis que tiene una cámara 11 de producto de gas oxígeno por encima del anolito 12, una cámara 13 de producto de gas hidrógeno por encima del catolito 114, la membrana 15 de la cuba, las conexiones eléctricas 16 a una fuente de energía

eléctrica solar 18, respiraderos de liberación de la presión de oxígeno y de hidrógeno 20 y 22, respectivamente. La conducción 24 de producto oxígeno tiene una válvula de retención reguladora 26 establecida para un valor preseleccionado deseado. Mientras que la conducción 28 del producto hidrógeno tiene una salida 30 para recibir una válvula de seta o de flotador 32 en la superficie del catolito, en aplicación de obturación con ella, como se explica aquí en lo que sigue.

La conducción 28 de salida de producto hidrógeno conduce, en la realización ilustrada, a una cámara de hidruro metálico 34, a través de un acoplamiento de desconexión 36. La mitad 38 de anolito de la cuba tiene un interruptor eléctrico del nivel de líquido bajo de seguridad 40 conectado a través de la conducción eléctrica 42 a la fuente de energía eléctrica 18.

En funcionamiento, el gas oxígeno se acumula en la cámara 11, dado que el desprendimiento de oxígeno está controlado por el regulador 26, establecido para una presión deseada, típicamente de hasta 7 kg/cm<sup>2</sup>, y preferiblemente de aproximadamente 4,2 kg/cm<sup>2</sup>. El hidrógeno producido escapa de la cámara 13 a través de la salida abierta 30, mientras que la presión de oxígeno en la cámara 11 aumenta para hacer que el nivel del líquido anolito caiga desde su nivel de partida inicial P<sub>1</sub> hasta el nivel de funcionamiento más bajo P<sub>2</sub>, con un aumento simultáneo del nivel de catolito desde el de partida Q<sub>1</sub> hasta el nivel de obturación Q<sub>2</sub>, de modo que la válvula de flotador 32 obture la salida 30. No obstante, puesto que el gas hidrógeno se produce al doble de velocidad en volumen que el gas oxígeno en la cuba 10, la presión de hidrógeno aumenta hasta un valor que obliga a disminuir el nivel de catolito hasta un grado que haga que la válvula de seta 32 se desaplique parcialmente de la salida 30 y se desprenda oxígeno a ese valor predeterminado por el regulador 26.

En consecuencia, se proporciona un suministro de hidrógeno de estado uniforme a la presión mínima deseada a la unidad 34 de producción de hidruro metálico, o a cualquier otro lugar que se desee.

El producto oxígeno puede tomarse a presión a través de la válvula 26 o del respiradero 20.

Las características de liberación de la presión se proporcionan mediante el sistema de fuelle 42, respiraderos 20, 22, e interruptor de nivel bajo 40, el cual corta el suministro de energía eléctrica a la cuba 10 si el aumento de la presión de oxígeno en la cámara 11 fuera excesivo.

Por lo tanto, con independencia de la capacidad de la cuba 10 de acuerdo con el invento para proporcionar hidrógeno y oxígeno a presiones mínimas deseadas, la diferencia de presión a través de la membrana 15 de la cuba es baja.

Con referencia ahora a la realización alternativa ilustrada en la Fig. 5, en ella se ha ilustrado básicamente la cuba 10 que tiene la conducción 28 de producción de hidrógeno bajo un control de válvula, no por los medios de válvula de flotador 32, sino mediante la percepción del nivel real del anolito y medios de control asociados.

Expuesto con más detalle, en esta realización la cuba 10 tiene un par 50, 52 e dispositivos de percepción del nivel, para niveles alto y bajo, respectivamente, para la conducción 28 del producto hidrógeno del anolito. Sensores 50, 52 del nivel de anolito están conectados para funcionamiento a través de medios de control 54 para activar una válvula de solenoide 56 situada de modo que el sensor superior 50 mantiene abierta la válvula 56 hasta que la presión de oxígeno aumenta en la cámara 11, obligando a que caiga el nivel del anolito hasta un nivel preseleccionado deseado, en donde el mismo activa al sensor 52 y al control 54, el cual prevalece sobre el sensor 50 para cerrar la válvula 56. El aumento de la presión de hidrógeno hace que el sensor 52 quede desactivado por un aumento del nivel del anolito y difiera al sensor 50, el cual hace que la válvula 56 se abra y libere el hidrógeno producto para el valor mínimo deseado. Un estado uniforme de activación y desactivación puede garantizar que si las diferencias de presión de nivel de líquido fluctúan, el gas hidrógeno es por lo demás proporcionado continuamente a la presión mínima requerida establecida mediante el regulador de oxígeno 26.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

## REIVINDICACIONES

1. Un sistema de repostaje de hidrógeno (100) para proporcionar hidrógeno a un aparato (120) de recepción de hidrógeno, comprendiendo dicho sistema:

- (i) una cuba electrolítica (112) para proporcionar hidrógeno de la fuente;
- (ii) unos medios de compresor (114) para proporcionar hidrógeno de salida a una presión de salida;
- (iii) medios (116) para alimentar dicho hidrógeno de la fuente a dichos medios de compresor (114);
- (iv) medios (118) para alimentar dicho hidrógeno de salida a dicho aparato de recepción de hidrógeno; comprendiendo la mejora
- (v) medios de unidad de procesado central (126) para controlar dicha cuba (112) y dicho compresor (114), que comprenden medios para recibir y tratar los datos de parámetros físicos de los medios de compresión seleccionados del grupo constituido por la temperatura, las presiones de entrada y de salida de hidrógeno, y el estado de válvula de dichos medios de compresor (114); y modular y controlar dichos medios de compresor (114) como consecuencia de dicho tratamiento de dichos datos de los medios de compresión; y
- (vi) medios (124) de activación por el usuario para activar para funcionamiento a dichos medios (126) de unidad de procesado central.

2. Un sistema según la Reivindicación 1, en el que dichos medios para alimentar dicho hidrógeno de la fuente a dichos medios de compresor comprenden medios de conducto (116) y medios de bomba (113).

3. Un sistema según la Reivindicación 1 ó la Reivindicación 2, en el que dichos medios (iv) para alimentar dicho hidrógeno de salida a dicho aparato de recepción de hidrógeno (120) comprenden medios de conducto (118) y medios de aplicación de acoplamiento (122) adaptados para ser recibidos en aplicación de obturación por dicho aparato (120).

4. Un sistema según la Reivindicación 3, en el que dichos medios de conducto (118) y dichos medios de aplicación de acoplamiento (122) comprenden una pluralidad de conductos (118) y miembros de aplicación de acoplamiento (122) adaptados para recibir a una pluralidad de dichos aparatos (120) de recepción de hidrógeno.

5. Un sistema según una cualquiera de las Reivindicaciones 1 a 4, en el que dicha unidad de procesado central (126) comprende medios de control de la cuba para activar dicha cuba (112) para proporcionar dicha fuente de hidrógeno cuando dicha presión de salida cae a un valor preseleccionado.

6. Un sistema según una cualquiera de las Reivindicaciones 1 a 5, en el que dichos medios

(124) de activación por el usuario comprenden medios de recepción de datos adaptados para recibir datos de medios de transferencia seleccionados del grupo constituido por una tarjeta de datos electrónica, medios de activación por la voz, medios de selección y de control accionables manualmente, longitud de onda radiada y transferencia electrónica o eléctrica.

7. Un sistema según una cualquiera de las Reivindicaciones 1 a 6, en el que dichos medios (126) de unidad de procesado central comprenden medios para recibir y tratar datos de parámetros físicos seleccionados del grupo constituido por temperatura, presiones, niveles de líquido anolito y catolito, continuidad de barra distribuidora, concentración de KOH, pureza de los gases, y posiciones de válvulas de proceso de dicha cuba (112); y para modular y controlar dicha cuba (112) como consecuencia de dicho tratamiento de dichos datos de la cuba.

8. Un sistema según una cualquiera de las Reivindicaciones 1 a 7, en el que dichos medios de unidad de procesado central (127) comprenden medios para recibir y tratar datos seleccionados del grupo constituido por la demanda de hidrógeno de dicho aparato de recepción de hidrógeno; y medios para determinar la cantidad, el régimen de entrega y la duración de la entrega de hidrógeno a dicho aparato como consecuencia de dichos datos de demanda de hidrógeno.

9. Un sistema según una cualquiera de las Reivindicaciones 1 a 8, en el que dichos medios (126) de unidad de procesado central comprenden medios de almacenamiento para almacenar datos seleccionados de dichos datos de demanda de hidrógeno, fechas, horas del día y de la noche, y número de aparatos de recepción de hidrógeno.

10. Un sistema según una cualquiera de las Reivindicaciones 1 a 9, en el que dicha cuba electrolítica (112) comprende dichos medios de compresión (114), con lo que dicho hidrógeno de salida comprende hidrógeno de la fuente y dicho paso (iii) está constituido por dicha cuba (112).

11. Un sistema según una cualquiera de las Reivindicaciones 1 a 10, que comprende una instalación para electrolisis (10) para proporcionar hidrógeno a una presión mínima deseada, que comprende:

una solución de anolito (12) que tiene un nivel de líquido anolito ( $P_1P_2$ ); una solución de catolito (14) que tiene un nivel de líquido catolito ( $Q_1Q_2$ ); medios de generación de oxígeno (10) para generar oxígeno a una presión de oxígeno superior a la de dicho anolito (12);

medios de generación de hidrógeno (10) para generar hidrógeno a una presión de hidrógeno superior a la de dicho catolito (14);

medios (30) de salida del hidrógeno generado;

medios (32) de cierre de la salida de hidrógeno; medios (26) de presión de oxígeno para aumentar la presión de oxígeno por encima de la del anolito para conseguir una diferencia de presión de niveles de líquido positiva entre dicho nivel de líquido catolito ( $Q_1Q_2$ ) y dicho nivel de líquido anolito ( $P_1P_2$ ) de un valor preseleccionado para efectuar el cierre de dichos medios (32) de salida de hidrógeno, y un aumento subsiguiente de la presión de hidrógeno hasta un valor para efectuar



la apertura de dichos medios (32) de salida de hidrógeno, para proporcionar hidrógeno a dicha presión mínima deseada a través de dichos medios de salida (32).

12. Un sistema según una cualquiera de las Reivindicaciones 1 a 11, que comprende una instalación para electrolisis (10) para proporcionar hidrógeno a una presión mínima deseada desde dicha instalación para electrolisis (10), que comprende:

una solución de anolito (12) que tiene un nivel de líquido anolito ( $P_1P_2$ ); una solución de catolito (14) que tiene un nivel de líquido catolito ( $Q_1Q_2$ ); medios de salida de hidrógeno (30);

medios de salida de oxígeno (24);

medios de generación de oxígeno (10) para proporcionar oxígeno generado a una presión de oxígeno superior a la de dicho anolito (12);

medios de generación de hidrógeno (10) para

proporcionar hidrógeno generado a una presión de hidrógeno superior a la de dicho catolito (14) para paso a través de medios (30) de salida de hidrógeno;

medios (26) para aumentar para funcionamiento la presión de oxígeno por encima de la del anolito (12) para conseguir una diferencia de presión de niveles de líquido entre dicho nivel de catolito ( $Q_1, Q_2$ ) y dicho nivel de anolito ( $P_1P_2$ ) hasta un valor preseleccionado para efectuar el cierre de dichos medios (32) de salida de hidrógeno, y un aumento de la presión de hidrógeno hasta un valor para efectuar la apertura de dichos medios (32) de salida de hidrógeno para proporcionar hidrógeno a dicha presión mínima deseada.

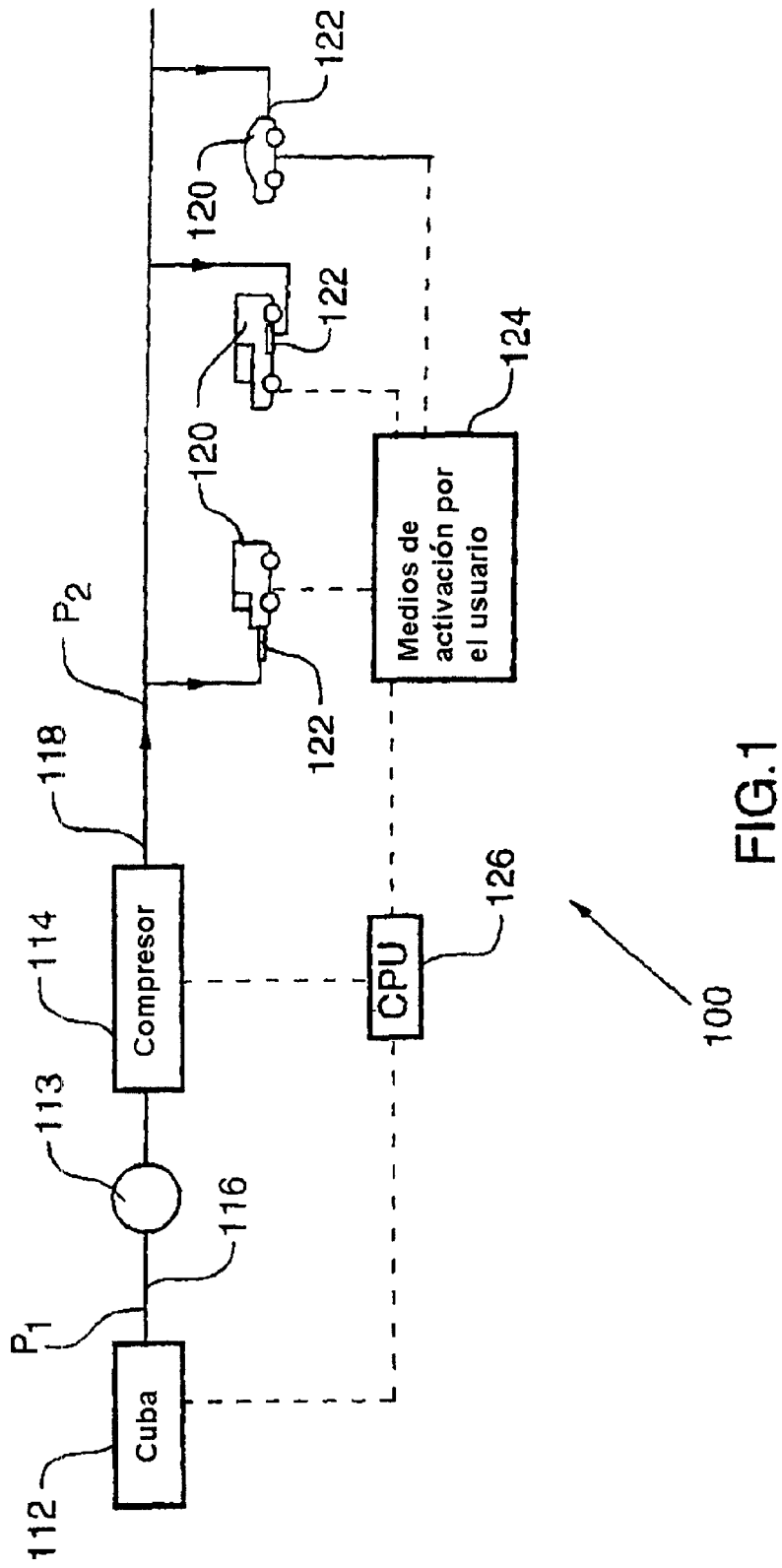
13. Un sistema según una cualquiera de las Reivindicaciones 1 a 12, en el que dicho aparato de recepción de hidrógeno es un vehículo (120).

---

**NOTA INFORMATIVA:** Conforme a la reserva del art. 167.2 del Convenio de Patentes Europeas (CPE) y a la Disposición Transitoria del RD 2424/1986, de 10 de octubre, relativo a la aplicación del Convenio de Patente Europea, las patentes europeas que designen a España y solicitadas antes del 7-10-1992, no producirán ningún efecto en España en la medida en que confieran protección a productos químicos y farmacéuticos como tales.

Esta información no prejuzga que la patente esté o no incluida en la mencionada reserva.

---



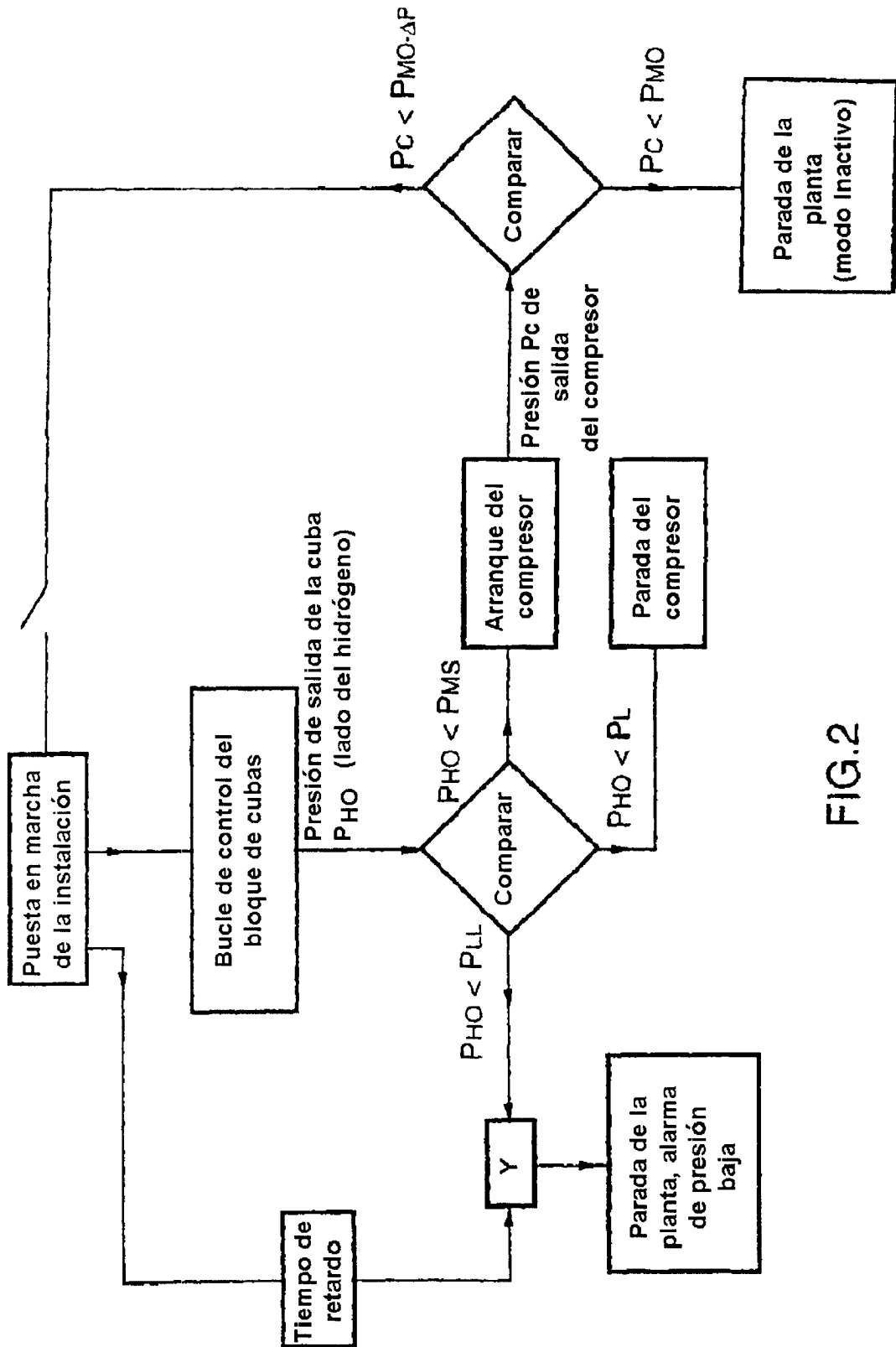


FIG.2

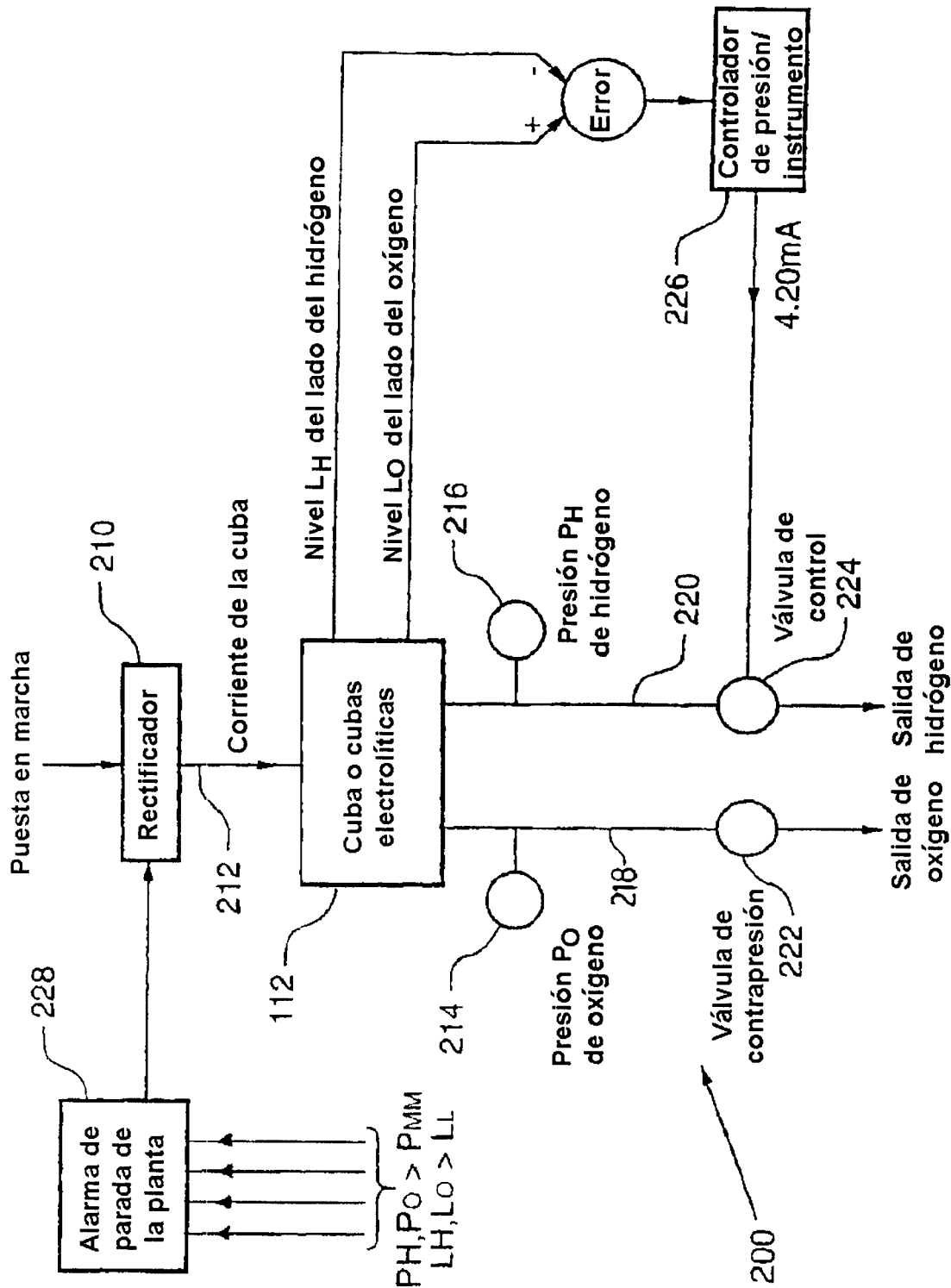


FIG.3

