

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 546 928**

21 Número de solicitud: 201590060

51 Int. Cl.:

G21C 19/303 (2006.01)

G21C 19/40 (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A2

22 Fecha de presentación:

09.12.2013

30 Prioridad:

21.12.2012 US 13/724,474

43 Fecha de publicación de la solicitud:

29.09.2015

71 Solicitantes:

**GE-HITACHI NUCLEAR ENERGY AMERICAS LLC
(100.0%)**

**3901 Castle Hayne Road
28401 Wilmington NC North Carolina US**

72 Inventor/es:

**WHITTAKER, John;
GONZAGA, Angelo;
SHU, Paul y
TRAN, Luong**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

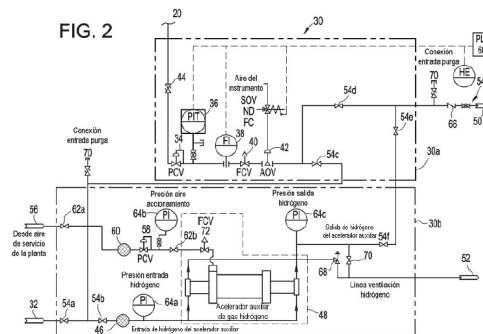
54 Título: **Sistema de inyección de hidrógeno de arranque/parada para reactores de agua en ebullición (BWRs), y procedimiento para el mismo**

57 Resumen:

Sistema de inyección de hidrógeno de arranque/parada para reactores de agua en ebullición (BWRs), y procedimiento para el mismo.

Un sistema y un procedimiento de inyección de hidrógeno en sistemas de soporte del reactor de reactores de agua en ebullición (BWR) en operación durante el arranque y/o parada para mitigar la fisuración de corrosión de tensión intergranular (IGSCC). El sistema puede proporcionar hidrógeno a presiones variables (incluyendo presiones relativamente altas) que coinciden con el cambio de presiones de trabajo de los sistemas de soporte del reactor cuando el reactor realiza un ciclo a través de los modos de arranque y parada.

FIG. 2



DESCRIPCIÓN

Sistema de inyección de hidrógeno de arranque/parada para reactores de agua en ebullición (BWRs), y procedimiento para el mismo

5

Antecedentes de la invención

Campo de la invención

Las realizaciones de ejemplo se refieren, en general, a reactores nucleares de agua en ebullición (BWRs) y, más particularmente, a un sistema y a un procedimiento para la inyección de hidrógeno en sistemas de soporte de reactores durante los periodos de arranque y de parada del reactor. El sistema es capaz de proporcionar hidrógeno a presiones variables (incluyendo altas presiones de aproximadamente 7,6 MPa) para que coincida con las cambiantes presiones de trabajo de los sistemas de soporte a lo largo de los modos de arranque y parada.

15

Técnica relacionada

Convencionalmente, los sistemas 1 de química de agua e hidrógeno (HWC) (véase la figura 1) inyectan hidrógeno en sistemas de agua de alimentación en la succión de las bombas de refuerzo de condensado o en la succión de las bombas de agua de alimentación (véase el punto de inyección 2) de un reactor de agua en ebullición (BWR). La inyección de hidrógeno en estos lugares ayuda a mitigar la fisuración de corrosión por tensión intergranular (IGSCC) en las tuberías de recirculación y en la parte interna de los reactores. Específicamente, el hidrógeno inyectado causa una reducción en el oxígeno disuelto mediante la reducción de la producción neta de hidrógeno y oxígeno radiolíticos en la región del núcleo del reactor.

25

El sistema 1 de HWC convencional incluye una fuente 4 de hidrógeno que puede ser un tanque de almacenamiento de líquido (con compresores y vaporizadores) o botellas de hidrógeno. La fuente de hidrógeno también puede generarse electrolíticamente. Un filtro 6 de hidrógeno 6 puede filtrar el hidrógeno antes de que el hidrógeno pase a través de una serie de válvulas, que pueden incluir una válvula 8 de control de presión, una válvula de retención 11 de exceso de flujo, válvulas de cierre 10 y válvulas de derivación 12. Una válvula de control 14 neumática puede utilizarse para aislar el hidrógeno antes de entrar en un módulo 16 de inyección de hidrógeno que descarga hidrógeno a puntos 2 de inyección de hidrógeno convencionales. Unas conexiones de purga 70 en todo el sistema 1 se utilizan

35

generalmente para fines de mantenimiento y de seguridad.

Los puntos 2 convencionales de inyección de hidrógeno son puntos de inyección que están situados en sistemas de baja presión (en relación con el reactor), tales como las succiones de las bombas de refuerzo de condensado (0,58 a 1,10 MPa) y las succiones de las bombas de agua de alimentación (2,76-4,50 MPa). Como las bombas de estos sistemas de baja presión no están en servicio durante el arranque o la parada completa del reactor (incluyendo la parada de emergencia del reactor, tal como un reactor SCRAM), el hidrógeno por lo tanto no puede inyectarse en estas posiciones convencionales durante el arranque y la parada, ya que esto no permitiría la disolución de hidrógeno para el transporte eficiente de la tubería de recirculación y/o la parte interna del reactor. Como la corrosión IGSCC es más frecuente a bajas temperaturas de operación (de alrededor de 366,5 K a alrededor de 505,37 K durante el arranque/calentamiento del reactor a aproximadamente el 5% de potencia), el reactor (y los sistemas de soporte del reactor) está en un riesgo mayor durante los modos de arranque y de parada, exacerbando así los efectos que son causados por la incapacidad para inyectar hidrógeno en los puntos 2 de inyección convencionales durante los modos de arranque y de parada del reactor.

Sumario de la invención

Ejemplos de realizaciones proporcionan un sistema de inyección de hidrógeno de arranque/parada (y procedimiento asociado) para inyectar hidrógeno en los sistemas de soporte de reactores BWR durante los períodos de arranque y de parada del reactor. Como el reactor (y los sistemas de soporte del reactor) experimentan temperaturas y presiones que varían mucho como los ciclos del reactor a través de los modos de arranque y parada (como resultado del calentamiento y enfriamiento del reactor), el sistema de inyección de hidrógeno proporciona hidrógeno a una presión variable, que puede coincidir con las presiones de trabajo de estos sistemas de soporte en cualquier período de tiempo. Como el sistema de inyección de hidrógeno proporciona hidrógeno a los sistemas de soporte del reactor que también operan potencialmente a altas presiones, el sistema de inyección de hidrógeno puede aumentar la presión de hidrógeno más allá de los niveles de presión normalmente asociados con los sistemas convencionales de HWC.

Breve descripción de los dibujos

Las características y ventajas anteriores y otras de realizaciones de ejemplo se harán más

evidentes mediante la descripción en detalle de realizaciones de ejemplo con referencia a los dibujos adjuntos. Los dibujos adjuntos están destinados a describir realizaciones de ejemplo y no deben ser interpretados para limitar el alcance previsto de las reivindicaciones. Los dibujos adjuntos no deben ser considerados como dibujados a escala, a menos que se
5 indique de forma explícita.

La figura 1 es un diagrama de tuberías e instrumentos (P & ID) de un sistema de química de agua e hidrógeno (HWC) convencional;

10 La figura 2 es un diagrama P & ID de un sistema de inyección de hidrógeno de arranque/parada, de acuerdo con un ejemplo de realización; y

La figura 3 es un diagrama de flujo de un procedimiento de fabricación y uso de un sistema de inyección de hidrógeno de arranque/parada, de acuerdo con un ejemplo de realización.

15

Descripción detallada de la invención

Realizaciones de ejemplo detalladas se describen en el presente documento. Sin embargo, los detalles estructurales y funcionales específicos descritos en este documento son
20 meramente representativos para fines de descripción de realizaciones de ejemplo. Sin embargo, pueden realizarse realizaciones de ejemplo en muchas formas alternativas y no deben interpretarse como limitadas a sólo las realizaciones expuestas en el presente documento.

25 Por consiguiente, aunque las realizaciones de ejemplo son capaces de diversas modificaciones y formas alternativas, sus realizaciones se muestran a modo de ejemplo en los dibujos y se describirán en el presente documento en detalle. Debe entenderse, sin embargo, que no hay intención de limitar las realizaciones de ejemplo a las formas particulares descritas, sino que por el contrario, son realizaciones de ejemplo para cubrir
30 todas las modificaciones, equivalentes y alternativas que caigan dentro del ámbito de las realizaciones de ejemplo. Los números similares se refieren a elementos similares a lo largo de la descripción de las figuras.

35 Se entenderá que, aunque los términos primero, segundo, etc. pueden utilizarse en este documento para describir diversos elementos, estos elementos no deberían estar limitados por estos términos. Estos términos sólo se utilizan para distinguir un elemento de otro. Por

ejemplo, un primer elemento podría denominarse un segundo elemento, y, de manera similar, un segundo elemento podría denominarse un primer elemento, sin apartarse del ámbito de aplicación de las realizaciones de ejemplo. Tal como se utiliza aquí, el término "y/o" incluye cualquiera y todas las combinaciones de uno o más de los elementos enumerados asociados.

Se entenderá que cuando un elemento se conoce como que está "conectado" o "acoplado" a otro elemento, puede estar directamente conectado o acoplado al otro elemento o elementos de intervención pueden estar presentes. En contraste, cuando un elemento se conoce como que está "directamente conectado" o "directamente acoplado" a otro elemento, no hay elementos intermedios presentes. Otras palabras usadas para describir la relación entre los elementos deben ser interpretados de una manera similar (por ejemplo, "entre" frente a "directamente entre", "adyacente" respecto a "directamente adyacente", etc.).

La terminología utilizada en el presente documento es para el propósito de describir realizaciones particulares solamente y no pretende que sean limitativa de realizaciones de ejemplo. En la presente memoria, las formas singulares "un", "una" y "el", "la" se pretende que incluyan también las formas plurales, a menos que el contexto indique claramente lo contrario. Se entenderá además que los términos "comprende", "que comprende", "incluye" y/o "que incluye", cuando se usan aquí, especifican la presencia de características, números enteros, etapas, operaciones, elementos, y/o componentes, pero no excluyen la presencia o adición de una o más de otras características, números enteros, etapas, operaciones, elementos, componentes y/o grupos de los mismos.

Cabe señalar también que en algunas implementaciones alternativas, las funciones/actos señalados pueden producirse fuera del orden observado en las figuras. Por ejemplo, dos figuras que aparecen en sucesión pueden, de hecho, ejecutarse sustancialmente al mismo tiempo o en ocasiones pueden ser ejecutadas en el orden inverso, dependiendo de la funcionalidad/actos implicados.

La figura 2 es un diagrama P&ID de un sistema de inyección de hidrógeno de arranque/parada, de acuerdo con un ejemplo de realización. El sistema puede incluir una o más fuentes de hidrógeno. Por ejemplo, una fuente de gas de hidrógeno dedicada opcional puede proporcionarse mediante el sistema de inyección de hidrógeno. La fuente de gas de hidrógeno dedicada puede ser botellas pequeñas de gas de hidrógeno, un camión de gas de hidrógeno, o almacenamiento de líquido que contiene hidrógeno. Como

alternativa a una fuente 32 de gas de hidrógeno dedicada (o, además de una fuente 32 de gas de hidrógeno dedicada), puede proporcionarse una conexión 20 que puede conectarse a un sistema 1 HWC existente (ver los puntos 20 de conexión opcionales en la figura 1, que pueden, por ejemplo, conectar el sistema HWC 1 aguas arriba o aguas abajo de la válvula 14 neumática, y en el interior o exterior de la pared de la planta).

Si una conexión 20 entre un sistema 1 HWC existente y el sistema 30 de inyección de hidrógeno de arranque/parada se utiliza para suministrar hidrógeno, se pueden proporcionar equipos de control de flujo en la conexión 20. Por ejemplo, una válvula 34 de control de presión, un transmisor 36 de presión, un indicador 38 de flujo local, una válvula 40 de control de flujo y una válvula 42 neumática se pueden proporcionar en la línea de conexión 20 para controlar el caudal y la presión de hidrógeno procedente del sistema 1 HWC existente en el arranque/parada del sistema 30 de inyección de hidrógeno. Una válvula de cierre 44 también se puede incluir para cerrar el flujo de hidrógeno en el sistema 30 de inyección de hidrógeno.

Si se utiliza una conexión entre un sistema 1 HWC existente y el sistema 30 de inyección de hidrógeno de arranque/parada, o si se utiliza una fuente 32 de gas de hidrógeno dedicada para el sistema 30 de inyección de hidrógeno, un filtro de hidrógeno 46 puede proporcionarse para filtrar el gas de hidrógeno antes de cualquier presurización del hidrógeno.

El sistema 30 de inyección de hidrógeno puede incluir además un acelerador auxiliar 48 de gas de hidrógeno que puede aumentar significativamente la presión de hidrógeno que se inyecta en el punto 50 de inyección de hidrógeno. El acelerador auxiliar 48 de gas de hidrógeno puede ser hidráulico o de aire comprimido (neumático), y puede ser capaz de aumentar la presión del hidrógeno a cualquiera de un amplio intervalo de presiones, que varía desde aproximadamente 0 Pa a aproximadamente 7,6 MPa. Al proporcionar el acelerador auxiliar 48 de gas de hidrógeno, el sistema 30 de inyección de hidrógeno puede proporcionar hidrógeno a los sistemas de soporte del reactor, que experimentan un flujo de agua del reactor (a presiones de trabajo potencialmente altas de alrededor de 7,6 MPa y temperaturas de trabajo tan bajas como aproximadamente 366 K cuando la concentración de oxígeno en el agua del reactor es relativamente elevada) durante las condiciones de arranque y/o parada del reactor ("parada" del reactor, incluyendo paradas de emergencia del reactor, caliente/en espera y/o modos caliente/parada). Por ejemplo, el punto 50 de inyección de hidrógeno puede incluir puntos de inyección en los sistemas de soporte del

reactor, tales como la línea de retorno de limpieza del agua del reactor (RWCU) o las líneas de recirculación de agua de alimentación del BWR. Como estos sistemas de soporte del reactor de ejemplo experimentan el flujo de agua del reactor durante el arranque y/o parada del reactor, y como estos sistemas experimentan un amplio intervalo de presiones como los

5 ciclos del reactor a través del arranque y/o parada, el acelerador auxiliar 48 de presión de gas de hidrógeno está particularmente bien equipado en el aumento de la presión de hidrógeno que es apropiada para estos puntos de servicio de ejemplo.

El acelerador auxiliar 48 de gas hidrógeno puede estar situado aguas abajo de los controles de flujo (incluyendo cualquiera de la válvula de control de presión 34, el transmisor de

10 presión 36, el indicador de flujo 38, la válvula de control de flujo 40 y la válvula 42 neumática), ya que al hacerlo permite que el equipo de control de flujo sea de una clase de baja presión (y por lo tanto menos costoso). El acelerador auxiliar de gas de hidrógeno 48 puede operarse neumáticamente a través de una conexión del aire 56 del servicio de la

15 planta. Una válvula de control de presión 58 se puede utilizar para controlar la presión del aire de servicio que entra en el acelerador auxiliar de gas de hidrógeno 48. Un filtro de aire puede utilizarse para filtrar el aire de entrada. Las válvulas de cierre 62a/62b del aire de servicio pueden incluirse en la línea de entrada de aire para cerrar la línea de entrada de aire (para dar servicio al acelerador auxiliar de gas de hidrógeno 48, por ejemplo). El

20 acelerador auxiliar de gas de hidrógeno 48 puede incluir una válvula de control de flujo de aire 72 para estrangular el flujo de aire a la dosis de refuerzo para incrementar posteriormente la presión de hidrógeno del acelerador auxiliar 48. La válvula de control de flujo 72 puede controlarse de manera automática o manualmente.

Una serie de válvulas de cierre 54a-54g del sistema pueden proporcionarse para administrar el flujo de hidrógeno a través de porciones deseadas del sistema 30 para mayor flexibilidad. Por ejemplo, cuando se está inyectando hidrógeno en sistemas que requieren una presión relativamente baja, el acelerador auxiliar de gas de hidrógeno 48 puede no ser necesario. En tal escenario, si la fuente de hidrógeno 4 convencional (figura 1) está siendo utilizada

30 para el suministro de hidrógeno a punto de inyección 50, las válvulas de cierre 54c, 54e y 54f pueden cerrarse, mientras que se pueden abrir las válvulas de cierre 54d y 54g. Alternativamente, la fuente de gas de hidrógeno 32 dedicada puede utilizarse para suministrar hidrógeno a una presión menor mediante el cierre de las válvulas de cierre 54b, 54e y 54f (para la derivación del acelerador auxiliar de gas de hidrógeno 48), y abrir las

35 válvulas de cierre 54a, 54c, 54d y 54g de hidrógeno en el punto de inyección 50.

En los escenarios donde se desea un servicio de hidrógeno de mayor presión, la válvula de cierre 54b puede abrirse, permitiendo que el hidrógeno desde la fuente de hidrógeno 4 (a través de la válvula de cierre 54c abierta) o fuente de hidrógeno 32 (a través de la válvula de cierre 54a abierta) para introducir el acelerador auxiliar de gas de hidrógeno 48. El hidrógeno que abandona el acelerador auxiliar de gas de hidrógeno 48 puede dirigirse al punto de inyección 50 de hidrógeno a través de las válvulas de cierre 54e, 54f y 54g.

Indicadores de presión 64a-64c locales pueden incluirse para confirmar la presión de trabajo de hidrógeno y/o aire de servicio dentro del sistema. Especialmente en el caso de puntos de inyección 50 de hidrógeno de alta presión, una válvula de retención 66 puede incluirse en la línea de inyección de hidrógeno 50 para asegurar que los fluidos de los sistemas de alta presión no retornan al sistema de inyección de hidrógeno.

El sistema de inyección 30 de hidrógeno de arranque/parada puede proporcionarse en dos patines 30a/30b separados por conveniencia, con el equipo de hidrógeno de presión relativamente inferior que está incluido predominantemente en un patín 30a y el equipo de hidrógeno de presión relativamente más alta está incluido predominantemente en el otro patín 30b.

Una válvula de seguridad-descarga 68 puede proporcionarse en el acelerador auxiliar de gas de hidrógeno 48 para ventilar el hidrógeno (a la línea de ventilación 52) en momentos en que el acelerador auxiliar de gas de hidrógeno 48 puede llegar a tener una presión excesiva. Conexiones de purga 70 en todo el sistema 30 también pueden proporcionarse para fines de mantenimiento y de seguridad.

La figura 3 es un diagrama de flujo de un procedimiento de fabricación y uso de un sistema 30 de inyección de hidrógeno de arranque/parada, de acuerdo con un ejemplo de realización. El procedimiento puede incluir una etapa S80 de conexión de manera fluida a por lo menos una fuente de hidrógeno a un sistema de soporte de reactor BWR en operación durante periodos de arranque y/o parada del reactor. Esto puede conseguirse, por ejemplo, proporcionando tuberías o tubos entre la fuente de hidrógeno y el sistema de soporte del reactor BWR. Debe entenderse que un sistema de soporte que está "en operación" durante el arranque y/o la parada se refiere a un sistema que proporciona un flujo de fluido del agua del reactor a través del sistema durante los períodos cuando el reactor se está arrancando y parando (ofreciendo así un medio de transporte para el hidrógeno inyectado para luego ser transportado a la tubería de recirculación y/o a la parte interna del

reactor durante los modos de arranque y/o parada).

El procedimiento puede incluir además una etapa S82 para dirigir un flujo de hidrógeno desde la al menos una fuente de hidrógeno al sistema de soporte del reactor. Esto puede
5 conseguirse, por ejemplo, mediante la apertura de conexiones de la válvula en la tubería/tubo situado entre la fuente de hidrógeno y el sistema de soporte del reactor. La apertura de la(s) válvula(s) se puede lograr a través de un controlador, tal como PLC 60 (véase la figura 2).

El procedimiento puede incluir además una etapa S84 de regulación de una presión del flujo de hidrógeno desde la al menos una fuente de hidrógeno del sistema de soporte del reactor, en base a una presión de trabajo del sistema de soporte del reactor. Específicamente, la presión del flujo de hidrógeno puede regularse para que coincida con la presión de funcionamiento del sistema de soporte del reactor, con el entendimiento de que la presión
10 de operación puede cambiar durante los ciclos de reactor a través de los modos de arranque y/o parada. La regulación de la presión del flujo de hidrógeno puede realizarse a través de un controlador, tal como PLC 60 (véase la figura 2), que puede comparar una presión medida en el punto de inyección 50 de hidrógeno con presiones medidas en el transmisor de presión 36 o un indicador de presión 64c (por ejemplo) para regular la presión del hidrógeno
15 que se dirige al punto de inyección 50 de hidrógeno.

El sistema 1 de inyección de hidrógeno puede incluir un controlador lógico programable (PLC) y/o un sistema 60 de adquisición de datos que puede utilizarse para determinar la velocidad y la presión para el suministro de hidrógeno al punto de inyección 50 (en base a
25 una medida de la inyección requerida del punto de presión 50). Por lo tanto, el PLC y/o sistema de adquisición de datos 60 puede estar en comunicación con el hardware de control mostrado en ambos patines de presión inferior y superior 30a/30b (no todas las conexiones se muestran en la figura 2). El PLC y/o el sistema de adquisición de datos 60 también pueden controlar el acelerador auxiliar de gas de hidrógeno 48 y todas las válvulas del
30 sistema en el sistema de inyección 30 de hidrógeno.

Por lo tanto, después de describirse realizaciones de ejemplo, será obvio que la misma puede variarse de muchas maneras. Tales variaciones no deberán considerarse como una desviación del espíritu pretendido y del ámbito de las realizaciones de ejemplo, y todas
35 estas modificaciones, como sería obvio para un experto en la técnica, se pretende que estén incluidas dentro del alcance de las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de inyección de hidrógeno en un sistema de soporte de un reactor de agua en ebullición (BWR) durante los modos de arranque y/o parada del reactor para mitigar la fisuración de corrosión por tensión intergranular (IGSCC), caracterizado porque comprende:
conectar de manera fluida al menos una fuente de hidrógeno al sistema de soporte del BWR durante al menos uno de un modo de arranque del reactor y un modo de parada del reactor, estando el sistema de soporte del BWR en operación durante los modos de arranque y de
parada del reactor;
dirigir un flujo de hidrógeno desde la al menos una fuente de hidrógeno al sistema de soporte del BWR; y
regular una presión del flujo de hidrógeno sobre la base de una presión de trabajo del sistema de soporte del BWR.
2. El procedimiento de la reivindicación 1, caracterizado porque el sistema de soporte del BWR experimenta un flujo de fluido del agua del reactor a través del sistema de soporte del BWR durante los modos de arranque y de parada del reactor.
3. El procedimiento de la reivindicación 2, caracterizado porque el sistema de soporte del BWR es uno de una línea de retorno de limpieza del agua del reactor (RWCU) y una línea de recirculación de agua de alimentación.
4. El procedimiento de la reivindicación 1, caracterizado porque la regulación de la presión del flujo de hidrógeno incluye igualar la presión del flujo de hidrógeno con la presión de trabajo del sistema de soporte del BWR, siendo la presión de trabajo del sistema de soporte del BWR variable durante los modos de arranque y parada del reactor.
5. El procedimiento de la reivindicación 4, caracterizado porque comprende además:
aumentar la presión del flujo de hidrógeno usando un acelerador auxiliar de hidrógeno.
6. El procedimiento de la reivindicación 5, caracterizado porque el acelerador auxiliar de hidrógeno es uno de un acelerador auxiliar accionado hidráulicamente y uno accionado neumáticamente.
7. El procedimiento de la reivindicación 5, caracterizado porque el acelerador auxiliar de

hidrógeno está configurado para aumentar la presión del flujo de hidrógeno a una presión variable de hasta 7,6 MPa.

8. El procedimiento de la reivindicación 5, caracterizado porque comprende además:

5 controlar un caudal de flujo de hidrógeno a través de controles de flujo, estando situados los controles de flujo aguas arriba del acelerador auxiliar de hidrógeno.

9. El procedimiento de la reivindicación 8, caracterizado porque los controles de flujo son de una clase de presión más baja que la del acelerador auxiliar de hidrógeno.

10

10. El procedimiento de la reivindicación 1, caracterizado porque la al menos una fuente de hidrógeno es una de una botella de gas de hidrógeno, un camión cisterna de gas de hidrógeno y una estructura de almacenamiento de hidrógeno líquido.

15

11. El procedimiento de la reivindicación 1, caracterizado porque el sistema de soporte del BWR experimenta temperaturas de trabajo del fluido tan bajas como aproximadamente de 366 K y presiones de trabajo del fluido tan altas como de 7,6 MPa durante los modos de arranque y parada del reactor.

20

12. Un sistema, caracterizado porque comprende:

un sistema de inyección de hidrógeno conectado de manera fluida a un sistema de soporte de BWR, incluyendo el sistema de inyección de hidrógeno,

una fuente de hidrógeno,

un equipo de control de flujo,

25

un equipo de control de presión,

siendo el sistema de soporte del BWR un sistema que opera durante un modo de arranque del reactor y un modo de parada del reactor,

estando el equipo de control de presión configurado para regular una presión de un flujo de hidrógeno entre la fuente de hidrógeno y el sistema de soporte del BWR en base a una

30

presión de trabajo del sistema de soporte del BWR.

13. El sistema de la reivindicación 12, caracterizado porque el sistema de soporte del reactor BWR experimenta un flujo de fluido de agua del reactor a través del sistema de soporte del BWR durante los modos de arranque y de parada del reactor.

35

14. El sistema de la reivindicación 12, caracterizado porque el sistema de soporte del BWR

es uno de una línea de retorno de limpieza del agua del reactor (RWCU) y una línea de recirculación de agua de alimentación.

15. El sistema de la reivindicación 12, caracterizado porque el equipo de control de presión
5 está configurado además para que coincida la presión del flujo de hidrógeno con la presión de trabajo del sistema de soporte del BWR, siendo la presión de trabajo del sistema de soporte del BWR variable durante los modos de arranque y de parada del reactor.

16. El sistema de la reivindicación 15, caracterizado porque el sistema de inyección de
10 hidrógeno comprende además:
un acelerador auxiliar de hidrógeno configurado para aumentar la presión del flujo de hidrógeno.

17. El sistema de la reivindicación 16, caracterizado porque el acelerador auxiliar de
15 hidrógeno es uno de un acelerador auxiliar accionado hidráulicamente y uno accionado neumáticamente.

18. El sistema de la reivindicación 16, caracterizado porque el acelerador auxiliar de
hidrógeno está configurado para aumentar la presión del flujo de hidrógeno a una presión
20 variable de hasta 7,6 MPa.

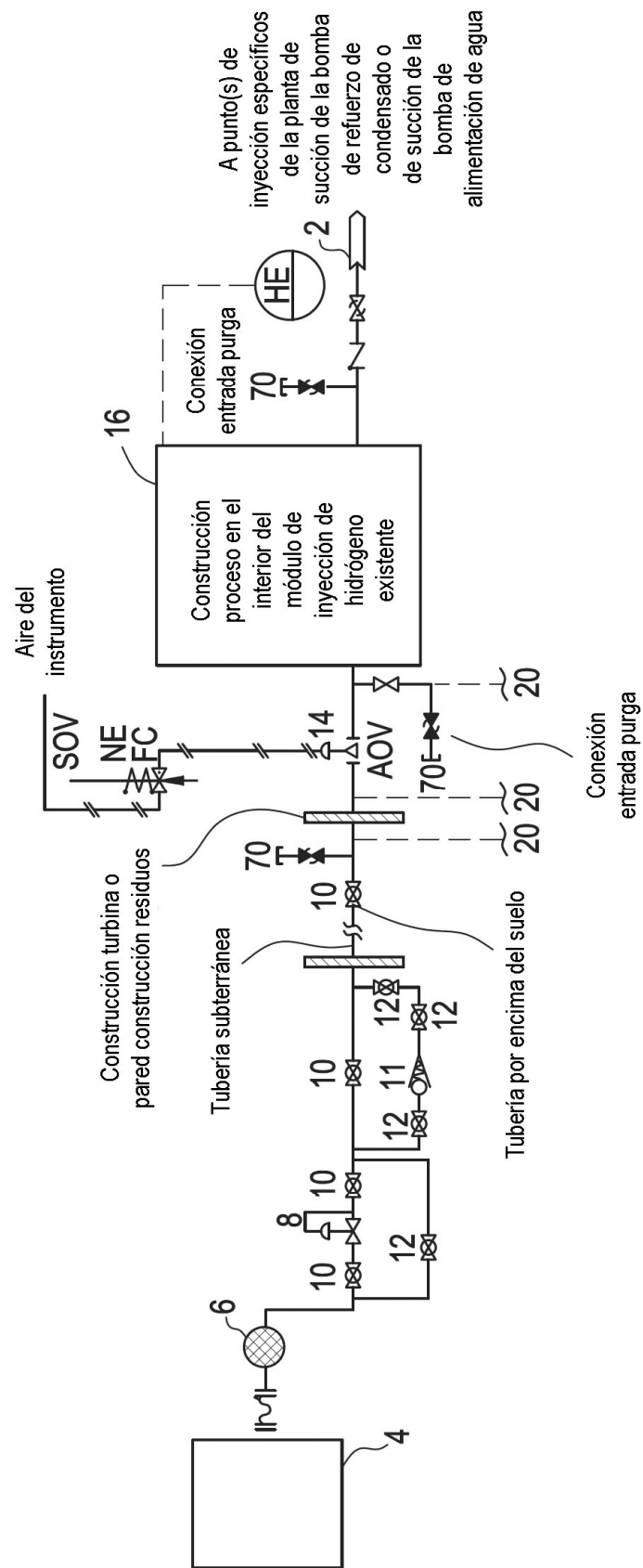
19. El sistema de la reivindicación 16, caracterizado porque el equipo de control de flujo está situado aguas arriba del acelerador auxiliar de hidrógeno.

20. El sistema de la reivindicación 19, caracterizado porque el equipo de control de flujo es
25 de una clase de presión más baja que la del acelerador auxiliar de hidrógeno.

21. El sistema de la reivindicación 12, caracterizado porque la fuente de hidrógeno es una
de una botella de gas de hidrógeno, un camión cisterna de gas de hidrógeno y una
30 estructura de almacenamiento de hidrógeno líquido.

22. El sistema de la reivindicación 12, caracterizado porque el sistema de soporte del BWR
experimenta temperaturas de trabajo del fluido tan bajas como aproximadamente 366 K y
presiones de funcionamiento del fluido de hasta 7,6 MPa durante los modos de arranque y
35 de parada del reactor.

FIG. 1
TÉCNICA CONVENCIONAL



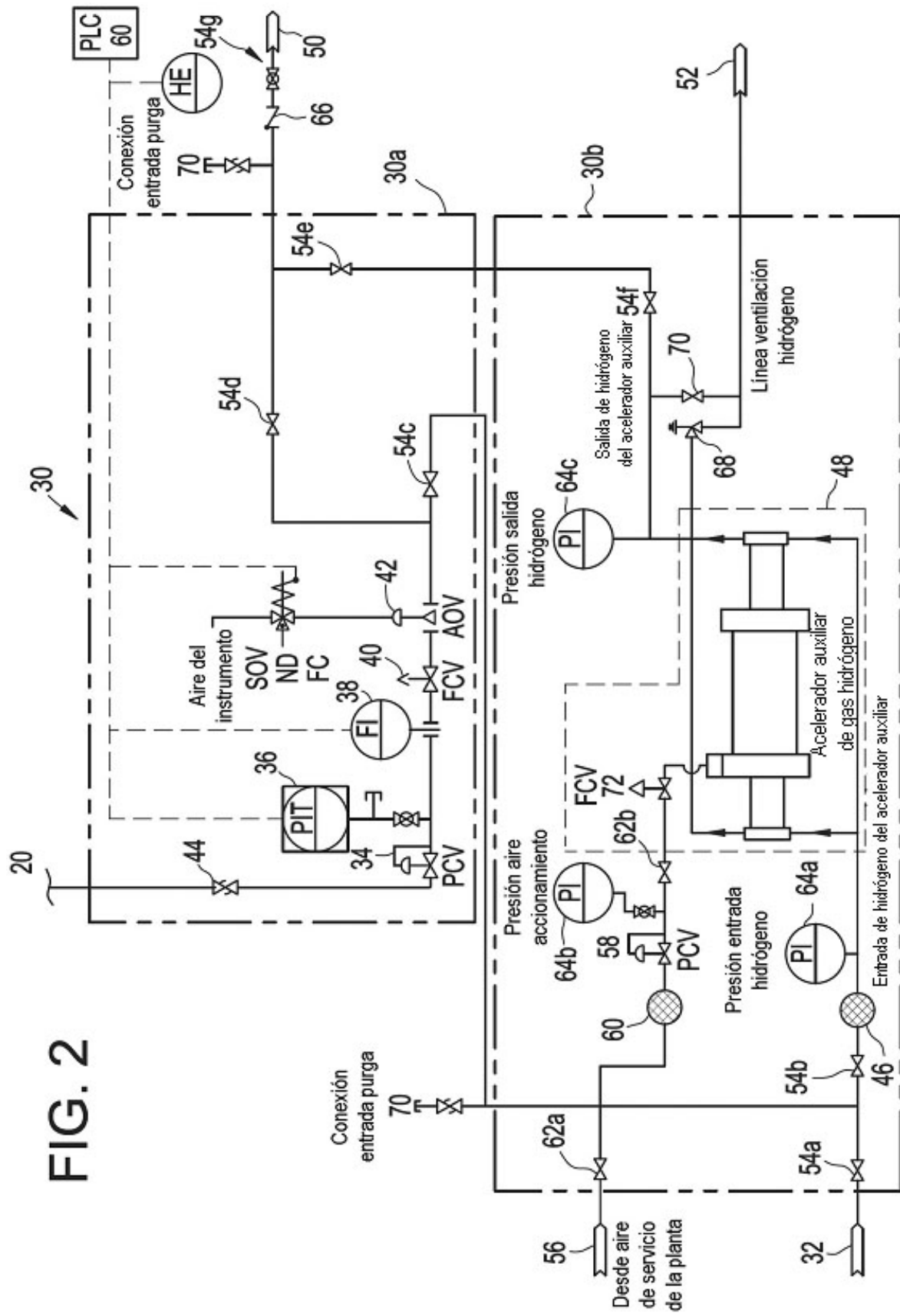


FIG. 3

