(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 544 240**

(51) Int. CI.:

F17C 5/00 (2006.01)
F17C 5/06 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.12.2006 E 06256167 (5)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.05.2015 EP 1806530**

(54) Título: **Método y aparato de diagnóstico para un sistema de suministro de gas sometido a presión**

(30) Prioridad:

06.12.2005 US 295222

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
28.08.2015

(73) Titular/es:

AIR PRODUCTS AND CHEMICALS, INC. (100.0%)
7201 HAMILTON BOULEVARD
ALLENTOWN, PA 18195-1501, US

(72) Inventor/es:

FARESE, DAVID JOHN;
CARLSON, TODD ERIC;
COHEN, JOSEPH PERRY;
WITMER, AMANDA ELIZABETH y
SCHULTZ, KEITH H.

(74) Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

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

Método y aparato de diagnóstico para un sistema de suministro de gas sometido a presión

Esta invención se refiere de forma general a un sistema para suministrar gas comprimido a un tanque o recipiente receptor y, más específicamente, a un método y aparato de diagnóstico para cerrar el suministro de gas al recipiente si, durante el ciclo de llenado, la presión del gas en el recipiente se desvía en una cantidad no deseada desde la presión pretendida a una tasa de aumento deseada (es decir, un incremento de presión deseado en la manguera o línea de alimentación de combustible por unidad de tiempo durante el ciclo de llenado). La tasa de aumento deseada directamente se relaciona con a la tasa de llenado deseada.

En la técnica se conocen numerosos sistemas de suministro empleados para llenar un tanque o recipiente receptor con gas comprimido. Estos sistemas incluyen procesos y sistemas de llenado en cascada que emplean múltiples recipientes de almacenamiento a alta presión para cargar un recipiente o tanque receptor a menor presión, como se ejemplifica en la Patente Norteamericana Nº 6.779.568 de Borck. La patente '568 divulga que, para un tiempo de llenado constante, la temperatura de pico del gas en el tanque receptor será menor cuando se utiliza primero un recipiente de almacenamiento a menor presión durante el proceso de llenado en cascada. De este modo, la patente '568 enseña a controlar el orden en el cual se utilizan los recipientes de almacenamiento basado en la diferencia en la presión en el interior de esos recipientes.

También se sabe que puede limitarse el aumento de temperatura en un tanque receptor mediante la regulación de la tasa de llenado, especialmente al inicio del proceso de llenado cuando la tasa de aumento de temperatura es la mayor, como se ejemplifica en las enseñanzas de la Patente Norteamericana Nº 5.901.758 de Hwang *et al*, y en la Patente Norteamericana Nº 6.598.624 de Togasawa *et al*.

Las patentes identificadas anteriores son sólo representativas de muchos tipos de sistemas de suministro de gas divulgados en la técnica anterior para el llenado de un tanque o recipiente receptor.

Es muy deseable, y por supuesto muy importante, que se controle el caudal de gas hacia el tanque o recipiente receptor para impedir un sobrecalentamiento del recipiente. Además, es deseable mantener el caudal a un nivel suficiente para evitar un tiempo de llenado excesivamente largo, una situación adversa para la adopción por el público del uso de combustible gaseoso para vehículos.

De este modo, la operación de llenado de un tanque o recipiente receptor con gas comprimido es un proceso en el cual la masa de gas dirigida hacia el tanque o recipiente y el tiempo total para el llenado del tanque o recipiente deberían optimizarse, dado que estas últimas variables tienen impacto sobre la presión y temperatura instantáneos en el tanque receptor. Si la tasa de llenado es demasiado alta, el tanque receptor puede sobrecalentarse. El sobrecalentamiento se produce como resultado tanto de la compresión adiabática del gas como, cuando el gas es hidrógeno o helio, por el efecto de inversión Joule - Thompson. El calor de compresión es parcialmente compensado por el enfriamiento de la expansión isoentrópica en el interior del recipiente de almacenamiento. Por otra parte, para gases diferentes que el hidrógeno y el helio, tiene lugar un efecto Joule – Thompson convencional que puede mitigar aún más el sobrecalentamiento resultante del impacto de la compresión adiabática del gas en el tanque receptor. Sin embargo, incluso cuando se carga un tanque o recipiente receptor con gases diferentes que el hidrógeno y el helio, la compresión adiabática del gas en el tanque receptor crea una preocupación asociada al sobrecalentamiento, lo que requiere, por lo tanto, que la tasa de llenado se controle cuidadosamente.

El control de la operación de llenado es complicado cuando el tanque o recipiente receptor no incluye ninguna instrumentación para proporcionar datos sobre la presión y temperatura instantáneos del gas en el interior del tanque o recipiente. Bajo esas circunstancias, un método para controlar la tasa de llenado ha sido regular la tasa de llenado con base en la temperatura ambiente, actuando sobre una o más válvulas de control para regular el caudal de gas hacia el tanque receptor. Como se muestra en la Figura 5 de la Patente norteamericana 6.786.245 cedida al mismo cesionario que la presente solicitud, un controlador lógico programable (*PLC*) puede tomar información sobre la presión (a partir de la manguera de suministro, que indirectamente mide o refleja la presión en el tanque receptor) y sobre la temperatura ambiente, y entonces regular la tasa fijada del regulador de presión programable utilizando un controlador corriente / presión (I/P). Aunque este sistema puede lograr su función pretendida, existe la posibilidad de mal funcionamiento asociado a la válvula de control, al PLC y / o al controlador I/P. Por ejemplo, el regulador de presión podría fallar al abrir la cantidad requerida para establecer una tasa de llenado deseada, dando como resultado, por lo tanto, un tiempo de llenado más largo que el que se desea para lograr la presión deseada en el tanque receptor. Más significativo, la válvula de control podría también abrir más que la cantidad requerida, creando de este modo una tasa de llenado excesivamente alta, generando una condición insegura debida a un aumento de temperatura excesivo en el interior del tanque receptor. Dado que el sistema divulgado en la patente '245 no incluye ningún bucle de realimentación desde el tanque receptor, pueden producirse las anteriores y otras disfunciones en el sistema de suministro, sin detectarse.

La Solicitud de Patente Norteamericana 2004/0163731, cedida al mismo cesionario que la presente solicitud, divulga un sistema de llenado de gas, pero sin la capacidad de monitorizar la tasa de llenado en relación con los límites fijados y de discontinuar la operación de llenado si la tasa de llenado está fuera de los límites prefijados.

En la carga de gas natural comprimido (GNC), la Patente Norteamericana Nº 5.238.030 divulga la acción tomada por un sistema de carga de combustible cuando la variación en el tiempo de la presión de salida excede un cierto límite predeterminado, lo cual podría indicar una pérdida “repentina” de presión de salida (por ejemplo, debido a la ruptura de la manguera de suministro).

La Patente Norteamericana Nº 5.029.622 describe un sistema de carga de combustible GNC que incluye alteraciones en el estado de operación del sistema cuando la medición de presión se desvía desde un valor fijado, estando determinada esa desviación en base a un cambio en la temperatura ambiente.

El documento US Nº 5.570.729 (EP1806530) divulga un método para llenar un contenedor de volumen desconocido con gas natural, el cual incluye las etapas de introducción de una pequeña cantidad conocida de gas desde un suministro a presión mediante una línea de suministro equipada con una válvula de control para abrir y cerrar la línea de suministro y la determinación del cambio de presión resultante y, sobre la base de éste, el cálculo de cuánto más gas necesita añadirse y la continuación del añadido de esa cantidad de gas en una serie de etapas secuenciales con una medición de la presión resultante después de cada una. En una etapa final, se determina y se añade la masa de gas necesaria para completar el llenado.

En resumen, una serie de sistemas de suministro incluyen varios dispositivos y técnicas para controlar la tasa de llenado de gas en un tanque o recipiente receptor. Sin embargo, hasta la presente invención, no ha habido una manera efectiva para detectar un mal funcionamiento que da como resultado una tasa de llenado inaceptablemente alta o inaceptablemente baja sin el uso de instrumentación de realimentación sobre el tanque receptor. Como se aborda en detalle a partir de este momento, la presente invención proporciona un método y un aparato de auto-diagnóstico para detectar cuándo la tasa de llenado está fuera de un rango deseado, señalando por lo tanto un posible mal funcionamiento del sistema de suministro, y para cerrar el suministro de gas hacia el tanque receptor cuando se detecta una condición como tal.

De acuerdo tanto con el método como con el aparato de esta invención, puede emplearse información disponible a partir de un sistema de suministro de gas sometido a presión para impedir una tasa de llenado ya sea excesivamente alta como excesivamente baja hacia un tanque receptor, sin el uso de instrumentación de realimentación sobre el tanque receptor. Es extremadamente importante evitar una tasa de llenado excesivamente alta, lo cual se refleja en una presión de gas indeseablemente alta en el recipiente, que crea una condición de sobrecalentamiento peligrosa. Es menos preocupante si la tasa de llenado es demasiado baja. Si la tasa de llenado es demasiado baja, puede llevar un período de tiempo indeseablemente largo llenar el recipiente o tanque, lo cual, aunque es indeseable, no dañará el sistema o creará de otro modo una condición insegura. De este modo, el aparato y método utilizan información disponible a partir del sistema de suministro de gas sometido a presión para impedir un aumento de presión excesivo en el tanque receptor, impidiendo de este modo un problema de sobrecalentamiento potencialmente peligroso.

Un método de diagnóstico de acuerdo con esta invención incluye las etapas de determinación de una tasa de aumento deseada para el llenado de un recipiente receptor de gas desde un suministro de gas comprimido; el comienzo del flujo de gas hacia dicho recipiente receptor; la monitorización de manera continua de la presión de gas que entra en el recipiente receptor durante el llenado del recipiente receptor de gas y la discontinuación del flujo de gas hacia el recipiente receptor en el caso en que la presión real que se está monitorizando se desvía en una cantidad no deseada desde una presión pretendida en la tasa de aumento deseada.

Las referencias a lo largo de esta solicitud a la presión de gas “dentro” del tanque o recipiente receptor incluyen, dentro de su alcance, la presión de gas en el interior de una línea de suministro que alimenta el gas hacia el recipiente o tanque y que tiene una presión de gas dentro de la misma que se aproxima estrechamente a la presión de gas en el tanque o recipiente.

Las referencias a lo largo de esta solicitud a la presión que se está monitorizando, que se desvía “en una cantidad no deseada” desde una presión pretendida, o palabras de significado similar, incluyen las desviaciones de presión ya sea en, o excediendo, una cantidad predeterminada, a menos que se indique específicamente otra cosa.

En una realización preferida de esta invención, la etapa de determinación de la tasa de aumento deseada se lleva a cabo con base en la temperatura ambiente.

En un método preferido, de esta invención, la etapa de monitorización de la presión de gas real en el recipiente durante el ciclo completo se lleva a cabo mediante la monitorización continua de la presión de gas que se dirige hacia el recipiente receptor.

Un método preferido incluye la etapa de empleo de un controlador para comparar la presión monitorizada de forma continua del gas que se dirige hacia el recipiente o tanque receptor con la presión pretendida a una tasa de aumento deseada y para discontinuar el flujo de gas hacia el recipiente receptor en el caso en que la presión real se desvíe desde la presión pretendida en una cantidad no deseada.

En un método preferido de esta invención, la etapa de discontinuación del flujo de gas hacia el recipiente receptor se lleva a cabo mediante la discontinuación del flujo de gas sólo después de que la presión de gas real se desvíe de la presión pretendida a la tasa de aumento deseada en una cantidad no deseada para un período predeterminado de tiempo, preferiblemente un período continuo de tiempo.

De acuerdo con una realización de esta invención, el valor de desviación permisible entre la presión de gas real en el recipiente o tanque receptor y la presión de gas pretendida a la tasa de aumento deseada es una desviación porcentual a partir de la presión pretendida.

Preferiblemente, el valor de desviación permisible entre la presión de gas real en el recipiente o tanque receptor y la presión de gas pretendida a la tasa de aumento deseada es una desviación porcentual tanto por encima como por debajo de la presión pretendida. Sin embargo, éste puede ser una desviación porcentual sólo por encima de la presión pretendida.

En una realización preferida de esta invención, el valor de desviación permisible entre la presión de gas real en el recipiente o tanque receptor y la presión de gas pretendida a la tasa de aumento deseada es una desviación porcentual fija a partir de la presión pretendida.

En otra realización preferida de esta invención, el valor de desviación entre la presión de gas real en el recipiente o tanque receptor y la presión de gas pretendida a la tasa de aumento deseada es una desviación variable a partir de la presión de gas pretendida.

En todavía otra realización de esta invención, el valor de desviación permisible entre la presión de gas real en el recipiente o tanque receptor y la presión de gas pretendida a la tasa de aumento deseada es una desviación de presión específica a partir de la presión pretendida.

Preferiblemente, el valor de desviación permisible entre la presión de gas real en el recipiente o tanque receptor y la presión de gas pretendida a la tasa de aumento deseada es una desviación específica tanto por encima como por debajo de la presión pretendida. Sin embargo, puede ser sólo una desviación específica por encima de la presión pretendida.

En una realización preferida, el valor de desviación permisible entre la presión de gas real en el recipiente o tanque receptor y la presión de gas pretendida a la tasa de aumento deseada son desviaciones de presión específicas diferentes a partir de la presión de gas pretendida durante diferentes períodos del ciclo de llenado.

En otra realización preferida de esta invención, el valor de desviación entre la presión de gas real en el recipiente o tanque receptor y la presión de gas pretendida a la tasa de aumento deseada es una desviación variable específica a partir de la presión pretendida.

Un sistema de suministro de gas sometido a presión de acuerdo con esta invención incluye una fuente de gas comprimido, un conducto de suministro adaptado para comunicarse con un recipiente receptor para suministrar gas comprimido al recipiente receptor desde la fuente de gas comprimido, una válvula de control en el conducto de suministro operable para controlar el flujo de gas comprimido hacia el recipiente receptor, un controlador de flujo para controlar la operación del sistema de suministro para suministrar gas comprimido desde la fuente de gas comprimido al recipiente receptor a través del conducto de suministro y la válvula de control a una tasa de aumento deseada, siendo operable dicho controlador de flujo para cerrar la válvula de control en el caso de un mal funcionamiento que da como resultado que la presión real del gas en el recipiente receptor se desvía de la presión pretendida a la tasa de aumento deseada en una cantidad no deseada, y un monitor de presión aguas abajo de la válvula de control para medir de forma continua la presión real del gas que se dirige hacia el recipiente receptor y transmitir de forma continua datos que representan esa presión al controlador de flujo, determinando dicho controlador de flujo la presión real de gas que fluye hacia el recipiente receptor basado en las mediciones procedentes del monitor de presión, comparando la presión real con la presión pretendida a la tasa de aumento deseada y operando la válvula de control hasta una posición completamente cerrada si la presión real se desvía desde la presión pretendida a la tasa de aumento deseada en una cantidad no deseada.

En una realización preferida de esta invención, el controlador de flujo es un controlador lógico programable, y los datos que representan la desviación permisible entre la presión real del recipiente y la presión pretendida a la tasa de aumento deseada se comunican con el controlador.

En una realización preferida de esta invención el controlador es un controlador lógico programable operable para controlar la operación del sistema de suministro para suministrar gas comprimido desde la fuente de gas comprimido

al recipiente receptor a través del conducto de suministro y la válvula de control, a la tasa de aumento deseada con base en un parámetro predeterminado.

En la realización más preferida, el parámetro predeterminado sobre el cual se determina la tasa de aumento deseada es la temperatura ambiente, y el sistema incluye un transmisor para transmitir al controlador lógico programable datos correspondientes a la temperatura ambiente, y el controlador está programado para comparar los datos que representan la temperatura ambiente con otros datos en comunicación con el controlador y, con base en esa comparación, controlar la operación del sistema de suministro para suministrar gas comprimido desde la fuente de gas comprimido al recipiente receptor a través del conducto de suministro y la válvula de control a la tasa de aumento deseada.

En una realización preferida de esta invención, el otro dato comparado con la temperatura es una temperatura prefijada.

En todavía otra realización de la invención, el otro dato es un dato que incluye la tasa de aumento deseada a diferentes temperaturas ambiente.

En la realización más preferida de esta invención, el controlador de flujo está conectado de forma operativa a la válvula de control a través de un controlador I/P.

En un sistema preferido de suministro de gas de acuerdo con esta invención, la fuente de gas comprimido incluye una pluralidad de recipientes de almacenamiento a alta presión que incluyen gas comprimido en su interior, y el conducto de suministro está en comunicación fluida con uno o más de la pluralidad de recipientes de almacenamiento a alta presión a través de uno o más dispositivos de control aguas arriba de la válvula de control.

En ciertas realizaciones preferidas de esta invención, el sistema de suministro de gas incluye una pluralidad de conductos de recepción de gas aguas arriba del conducto de suministro, estando cada uno de los conductos de recepción en comunicación fluida con por lo menos un recipiente de almacenamiento a alta presión para recibir gas comprimido desde ese por lo menos un recipiente de almacenamiento a alta presión, y estando también en comunicación fluida con un dispositivo de control de flujo aguas arriba de la válvula de control, estando cada uno de los conductos de recepción en comunicación fluida con el conducto de suministro a través de un dispositivo de control de flujo, y operando el controlador de flujo uno o más dispositivos de control de flujo para controlar el suministro de gas comprimido al recipiente receptor a través del conducto de suministro y la válvula de control a la tasa de aumento deseada.

Se describirá ahora la invención por medio de un ejemplo no limitativo con referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales:

la Figura 1 es una vista esquemática de un sistema de suministro de gas sometido a presión representativo, que incluye las características de auto-diagnóstico de una realización preferida de la presente invención;
la Figura 2 ilustra gráficamente una forma de fijar una desviación aceptable desde una tasa de llenado deseada;
la Figura 3 ilustra gráficamente otra forma de fijar una desviación aceptable desde una tasa de llenado deseada;
la Figura 4 ilustra gráficamente otra forma más de fijar una desviación aceptable desde una tasa de llenado deseada, y
la Figura 5 ilustra gráficamente otra forma más de fijar una desviación aceptable desde una tasa de llenado deseada.

Con referencia a la Figura 1, se ilustra con 10 un sistema de suministro de gas sometido a presión que emplea las características de auto-diagnóstico de la presente invención. Debería entenderse que puede variarse la disposición específica del sistema de suministro de gas sometido a presión dentro de amplios límites, a la vez que se emplea el sistema de realimentación de auto-diagnóstico que se describirá en relación con el sistema de suministro de gas sometido a presión 10.

Aún con referencia a la Figura 1, el sistema de suministro de gas sometido a presión 10 incluye una sección de almacenamiento 12, la cual, tal como se ilustra, incluye tres recipientes de almacenamiento de gas sometido a presión 14, 16 y 18 de iguales dimensiones. Debería entenderse que las características de auto-diagnóstico que se describirán a partir de ahora pueden ser empleadas en un sistema de suministro de gas sometido a presión que incluye más o menos que tres recipientes de almacenamiento. Más aún, los recipientes de almacenamiento pueden ser de diferentes volúmenes, y pueden ponerse en cascada entre sí uno o más recipientes de almacenamiento bajo el control de una válvula de control única. Además, el sistema de suministro de gas sometido a presión puede incluir un flujo sometido a presión procedente de una única fuente de gas comprimido.

Todavía con referencia a la Figura 1, unos dispositivos de control de flujo separados, preferiblemente en la forma de válvulas de suministro todo o nada 14A, 16A, y 18A se comunican con los recipientes de almacenamiento 14, 16 y

18, respectivamente, a través de conductos de recepción de gas 14B, 16B, 18B, respectivamente. Estas válvulas todo o nada regulan el flujo de gas comprimido desde los recipientes de almacenamiento respectivos hacia una línea de alimentación común 20 que se comunica con una línea de suministro 22 para dirigir el flujo de gas comprimido desde uno o más de los recipientes de almacenamiento hacia el tanque o recipiente receptor 24. En una realización preferida de esta invención, el tanque o recipiente receptor 24 puede ser un tanque de combustible de un coche a gas, y el gas empleado en el sistema de suministro puede ser tanto helio como hidrógeno, dependiendo del gas requerido para conducir el vehículo.

Todavía con referencia a la Figura 1, el sistema de suministro de gas sometido a presión 10 incluye también un controlador lógico programable 26 que controla la operación de la válvula de control de presión 28 a través de un controlador corriente / presión I/P 30.

Además, el sistema incluye un transmisor de presión 32 ubicado en la línea de suministro 22 aguas arriba de la válvula de control de presión 28 para medir de forma indirecta la presión en uno o más de los recipientes de almacenamiento 14, 16 y 18 que se comunican con el transmisor de presión a través de las válvulas de suministro abiertas 14A, 16A y/o 18A, respectivamente. El transmisor de presión 32 también puede ser empleado para determinar si la válvula de control de presión 28 está funcionando de forma apropiada. Específicamente, el transmisor de presión 32 aguas arriba de la válvula de control de presión 28 puede emplearse en conjunto con un segundo transmisor de presión 34 ubicado en la línea de suministro 22 aguas debajo de la válvula de control de presión 28 para determinar si la presión sobre ambos lados de la válvula de control es la misma cuando se pretende que la válvula esté en su condición totalmente abierta, y también para determinar si se termina el flujo de gas a través de la válvula de control cuando se pretende que la válvula de control está en su condición totalmente cerrada.

Aunque se emplea, de forma deseable, el transmisor de presión 32 en el sistema de suministro de gas sometido a presión 10 de esta realización preferida de la invención, esto no es un requerimiento.

Todavía con referencia a la Figura 1, el segundo transmisor de presión 34 ubicado en la línea de suministro 22 aguas debajo de la válvula de control de presión 28 mide indirectamente la presión en el interior del tanque o recipiente receptor 24. El transmisor de presión 34 monitoriza de forma continua la presión sobre el lado aguas abajo de la válvula de control 28 y transmite una señal representativa de la presión al controlador lógico programable 26 que está destinada a controlar la operación de la válvula de control de presión 28 a través del controlador I/P 30 basado en una tasa de aumento deseada del flujo de gas hacia el tanque o recipiente receptor 24. Además, puede controlarse el controlador I/P 30 mediante el controlador lógico programable 26 para cerrar la válvula de control de presión 28 en el caso de un mal funcionamiento, que da como resultado que la presión en el tanque o recipiente receptor se desvía de la presión pretendida a la tasa de aumento deseada en una cantidad inaceptable, como se describirá en detalle a partir de ahora.

El sistema 10 incluye además un transmisor de temperatura 35 para determinar la temperatura ambiente y transmitir una señal representativa de esa temperatura al controlador lógico programable 26. El controlador lógico programable emplea la señal representativa de la temperatura ambiente para proporcionar la tasa de aumento deseada del flujo de gas hacia el tanque o recipiente receptor 24. Debería entenderse que pueden emplearse otros parámetros diferentes que la temperatura ambiente para ayudar al control de la tasa de aumento deseada del flujo de gas hacia el recipiente o tanque receptor, y que esta invención, de acuerdo con sus aspectos más generales, no está limitada al uso de temperatura ambiente para ese fin.

El sistema 10 también incluye una interfaz de usuario 38, la cual permite la introducción de ciertos procesos y parámetros de facturación por el usuario (por ejemplo, mecanismos de recepción de tarjetas de crédito, entradas relativas a la masa de gas a ser suministrada al recipiente receptor, etc.). En una realización preferida de esta invención, el transmisor de temperatura 35 mide la temperatura ambiente y emplea esa temperatura para determinar la tasa de aumento deseada del flujo de gas según datos predeterminados ya sea en el interior del PLC o transmitidos al PLC por la interfaz de usuario 38.

Las referencias a lo largo de esta solicitud a cualquier información o datos “que se comunican” con el controlador de flujo 26 incluyen la programación de esa información o datos directamente hacia el controlador de flujo (por ejemplo, cuando el controlador de flujo es un controlador lógico programable o un dispositivo similar), o la alimentación de esa información o datos hacia el controlador a través de otra fuente, tal como un sistema de ordenador remoto u otra interfaz de usuario.

Como se indicó anteriormente, el transmisor de temperatura 35 mide la temperatura ambiente y dirige los datos representativos de esa temperatura al PLC para determinar la tasa de aumento deseada del flujo de gas hacia el tanque o recipiente receptor 24, basado en datos predeterminados que se comunican con el PLC. Por ejemplo, los datos predeterminados pueden ser datos que representan una temperatura prefijada única, o datos que representan tasas de aumento deseadas predeterminadas a diferentes temperaturas ambiente. El PLC da comandos para ajustar el controlador I/P 30 para la válvula de control de presión 28 para mantener la tasa de aumento a un nivel deseado para impedir el sobrecalentamiento del tanque o recipiente receptor 24, a la vez que se llena el tanque o recipiente receptor durante un tiempo de llenado deseado.

La característica única reside en un sistema y método de auto-diagnóstico para determinar la presión real de gas que se está suministrando al recipiente o tanque receptor 24 y para cerrar el suministro de gas al tanque o recipiente si esa presión se desvía desde la presión pretendida a la tasa de aumento deseada en más de una cantidad permisible.

Específicamente, el transmisor de presión 34 monitoriza de forma continua la presión del gas que se está dirigiendo hacia el tanque o recipiente receptor 24 y transmite datos representativos de la presión monitorizada al PLC. El PLC incluye también datos representativos de la presión pretendida a la tasa de aumento deseada hacia el tanque o recipiente receptor 24 basado en datos recibidos del transmisor de temperatura 35, y también incluye datos representativos de una desviación aceptable (es decir, rango) a partir de esa presión pretendida. El PLC compara la presión real con el rango aceptable de presión y cierra el suministro de gas hacia el recipiente o tanque receptor cerrando la válvula 28 si la presión real se desvía de la presión pretendida en más de una cantidad aceptable.

Dirigiendo la atención a las Figuras 2 – 5, se divulgan cuatro diferentes técnicas para fijar un rango aceptable de presiones durante el ciclo de llenado, estando basada cada técnica, en parte, en la presión pretendida a la tasa de aumento deseada, la cual es determinada por uno o más parámetros independientes, tales como la temperatura ambiente.

Con referencia, primero, a la Figura 2, se muestran cuatro gráficos separados en 40, 42, 44, y 46, respectivamente. La línea en negrita 40 muestra la tasa de aumento deseada durante el ciclo de llenado. Esta tasa de aumento puede fijarse, por ejemplo, midiendo la temperatura ambiente y alimentando datos representativos de esa temperatura al PLC. El PLC compara esos datos con los datos programados en el mismo, tales como datos que representan tasas de aumento deseadas a diferentes condiciones de temperatura ambiente, y luego controla la válvula 28 para fijar la tasa de aumento deseada. Durante esta etapa de operación, sólo una de las tres válvulas en cascada 14A, 16A y 18A, que son válvulas todo o nada, se mantiene comúnmente en una condición abierta. Sin embargo, si se desea, pueden mantenerse más de una de esas últimas válvulas en cascada en una condición abierta durante el ajuste de la tasa de aumento deseada. Debería notarse que la tasa de aumento deseada se fija de forma tal que la tasa de llenado no sea demasiado alta como para ocasionar sobrecalentamiento del tanque o recipiente receptor 24, y preferiblemente sea suficientemente rápida como para permitir que el recipiente o tanque se llene en un período razonable de tiempo.

Los gráficos 42 y 44, respectivamente, constituyen desviaciones porcentuales fijas (es, decir, 10%) a partir de la presión pretendida a la tasa de aumento deseada durante todo el ciclo completo. En la realización ilustrada, la tasa de aumento deseada es de aproximadamente 200 psig (1,3 MPa manométricos) por minuto (nótese el aumento desde aproximadamente 1.000 psig (6,9 MPa) hasta 2.000 psig (13,8 MPa) sobre un período de 5 minutos). El límite superior permisible, como se refleja en la línea de trazo fino 42, se ilustra como una tasa de aumento de aproximadamente 220 psig (1,5 MPa) por minuto, y el límite permisible inferior, representado por la línea de trazos 44, está representada con aproximadamente 180 psig (1,2 MPa) por minuto. De este modo, en cualquier momento particular en el ciclo de llenado hay una desviación aceptable en la presión del 10% a partir de la presión pretendida a la tasa de aumento deseada representada por la línea en negrita 40. El rango de presiones aceptable está entre un punto sobre la línea 42 y un punto sobre la línea 44 en el momento identificado en el ciclo de llenado.

Todavía con referencia a la Figura 2, se representa una representación esquemática de la tasa de llenado real mediante una línea en punta de flecha 46. Siempre y cuando la presión en el recipiente receptor creada por la tasa de llenado real esté dentro de una desviación aceptable a partir de la presión pretendida a la tasa de aumento deseada, el sistema 10 continuará funcionando. Sin embargo, en el caso en que la presión a la tasa de llenado real alcanza un nivel de presión fuera del rango de presión aceptable, lo cual, con fines sólo de ilustración, se representa como produciéndose a los 15 minutos en el ciclo de llenado, el PLC 26 operará el controlador I/P 30 para cerrar la válvula de control de presión 28 y por lo tanto se discontinuará el flujo de gas sometido a presión hacia el tanque o recipiente receptor 24.

Dirigiendo la atención a la Figura 3, se ilustra una disposición alternativa para fijar una desviación aceptable desde una tasa de llenado deseada. Específicamente, se indica la tasa de aumento a la tasa de llenado deseada mediante línea en negrita 50. En esta realización, se determina que la desviación aceptada es 500 psig (3,5 MPa) por encima y 500 psig (3,5 MPa) por debajo de la presión pretendida a la tasa de aumento deseada, a lo largo del ciclo de llenado completo. Los límites superior e inferior de esta desviación son ilustrados por la línea de trazo fino 52 y la línea de trazos 54, respectivamente. Como en la realización de la Figura 2, la presión en el tanque o recipiente receptor 24 a la tasa de llenado real está representada por la línea en puntas de flecha 56. Como se ilustra, la presión real en el tanque o recipiente receptor 24 fluctúa tanto por encima como por debajo de la presión pretendida a la tasa de aumento deseada a través de la porción inicial del ciclo de llenado, pero excede el límite de presión superior, identificado por la línea de trazo fino 52, en la marca del minuto 15 en el ciclo de llenado. Como se describió anteriormente, cuando la presión detectada en el tanque o recipiente receptor está fuera del rango de presión aceptable identificado por las líneas 52 y 54, el PLC 26 cerrará la válvula de control de presión 28 a través del controlador I/P 30 para discontinuar, por consiguiente, el flujo de gas sometido a presión hacia el tanque o recipiente receptor 24.

Con referencia a la Figura 4, se ilustra un método alternativo para fijar la desviación aceptable en la presión a partir de la presión pretendida a la tasa de aumento deseada. En particular, en la realización de la Figura 4, se indica la tasa de aumento deseada mediante línea en negrita 60, se representa la desviación superior aceptable desde la presión a la tasa de aumento deseada mediante línea de trazo fino 62 y se indica la desviación inferior aceptable a partir de la presión indicada mediante línea de trazos 64. En esta realización ilustrada, la desviación aceptable a partir de la presión pretendida es una desviación porcentual variable a partir de la presión pretendida a la tasa de aumento deseada. En particular, dado que el aumento de la tasa de temperatura en el tanque o recipiente receptor 24 es mayor a presiones bajas en el mismo, la desviación admisible desde la presión pretendida a la tasa de aumento deseada es una desviación porcentual menor a presiones por debajo de cierto nivel y luego aumenta hasta una desviación porcentual mayor a presiones elevadas en el interior de la línea de suministro 22. En el ejemplo ilustrado en la Figura 4, los límites de presión superior e inferior están basados sobre un 5% de desviación entre la presión pretendida y las presiones reales en la línea de suministro 22 por debajo de 1.000 psig (6,9 MPa) y aumentan gradualmente hasta un 10% de desviación a presiones entre la presión pretendida y las presiones reales en la línea 22 por encima de 1.000 psig (6,9 MPa)

Como se ilustra en la Figura 4, cuando el aumento de presión real durante el ciclo de llenado, representado por líneas en punta de flecha 66, alcanza un nivel por fuera del rango de desviación aceptable (que, en la realización representativa se ilustra produciéndose a aproximadamente 15 minutos en el ciclo de llenado) el PLC 26 cerrará la válvula de control de presión 28 a través del controlador I/P 30.

Dirigiendo la atención ahora a la Figura 5, se divulga una técnica alternativa para proporcionar una desviación variable desde una presión pretendida a una tasa de aumento deseada. Específicamente, como en la realización de la Figura 4, la desviación variable está basada en la presión pretendida en la línea de suministro 22 a la tasa de aumento deseada. Como se ilustra en la Figura 5, la tasa de aumento deseada está indicada por la línea en negrita 70, estando indicadas las desviaciones de presión superior e inferior mediante la línea de trazo fino 72 y la línea de trazos 74, respectivamente. Las desviaciones aceptables son 100 psig (0,7 MPa) tanto por encima como por debajo de la presión pretendida a la tasa de aumento deseada hasta que la presión pretendida en el tanque o recipiente receptor es de 1.000 psig (6,9 MPa), y, en ese punto, la desviación aumenta gradualmente a más o menos 500 psig (3,5 MPa) tanto por encima como por debajo de la presión pretendida a la tasa de aumento deseada. La razón de proporcionar esta tasa de variación variable es la misma que la expuesta anteriormente en relación con la Figura 4; es decir, para tomar en cuenta que la tasa de aumento de temperatura en el tanque receptor o recipiente 24 es mayor a una presión menor en el tanque o recipiente receptor, y por lo tanto, la desviación aceptable a partir de la presión pretendida se fija dentro de límites más ajustados durante la porción inicial del ciclo de llenado.

Todavía con referencia a la Figura 5, se ilustra la variación en la presión durante el ciclo de llenado real mediante la línea en puntas de flecha 76 y, tal como se representa en las realizaciones anteriores, la presión real excede el límite superior aceptable a aproximadamente 15 minutos en el ciclo de llenado, dando como resultado que el PLC 26 cierra la válvula de control de presión 28 a través del controlador I/P 30, para discontinuar, por lo tanto, el flujo de gas sometido a presión hacia el recipiente o tanque receptor.

Debería entenderse que el propósito del sistema de auto-diagnóstico de la realización preferida de la invención es detectar una variación de presión indeseada, que generalmente es indicativa de un mal funcionamiento del sistema de suministro de gas. En particular, durante el funcionamiento normal del sistema de suministro de gas, las válvulas de suministro individuales 14A, 16A y 18A, así como la válvula de control de presión 28, pueden ser controladas de forma efectiva para mantener la presión real dentro de límites aceptables de la presión pretendida a la tasa de aumento deseada, en la medida en que el sistema está funcionando apropiadamente. Sin embargo, en el caso de un mal funcionamiento, tal como un mal funcionamiento en el controlador I/P 30 que impida un control adecuado de la válvula de control de presión 28, la presión real en la línea de suministro 22 puede, ya sea exceder o bien caer por debajo de la presión aceptable máxima o mínima, respectivamente, en cualquier punto particular en el ciclo de llenado. Si se produce esta situación, se asume un mal funcionamiento del sistema de suministro de gas, y se actúa el PLC 30 para cerrar la válvula de control de presión 28.

Si se desea, está dentro del alcance de esta invención incorporar una característica de retardo en el sistema de manera tal que no se cerrará la válvula de control de presión 28 a menos que, y hasta que la presión en el tanque o recipiente receptor 24, como se mide en la línea de suministro 21, se mantenga fuera de los límites de presión aceptables durante un período predeterminado de tiempo mayor que cero segundos, por ejemplo, 5 segundos. Una característica de retardo como tal puede aplicarse cuando la presión en la línea de suministro 22 alcanza ya sea el límite superior o el inferior, y permanece en, o en torno a, ese límite durante un período predeterminado de tiempo. Al incorporar una característica de retardo de tiempo predeterminado en el sistema, un pico de corta duración en la presión que está fuera del rango aceptable durante sólo un corto período de tiempo no ocasionará que se cierre el sistema de suministro. En otras palabras, si el problema producido durante el proceso de carga de combustible es tanto un problema transitorio o temporal causado por una desviación inexplicada en la presión a partir de la presión a la tasa de llenado deseada, el sistema no se cerrará. Sin embargo, si la presión excede los límites de presión aceptables ya sea superior o inferior, el PLC puede estar programado para activar una alarma, proporcionando por lo tanto una señal audible a un operador del sistema, de que ha ocurrido un problema.

También debería entenderse que, a pesar de que en la realización preferida de esta invención, la desviación de presión aceptable incluye tanto un límite superior por encima de la presión pretendida a la tasa de aumento deseada como un límite inferior por debajo de la presión pretendida a la tasa de aumento deseada, el factor más crítico consiste en proporcionar un límite superior deseado, dado que exceder el límite superior puede producir un sobrecalentamiento del tanque o recipiente receptor 24. De este modo, de acuerdo con los aspectos generales de esta invención, el sistema de suministro de gas puede fijarse para cerrar el suministro de gas comprimido hacia el tanque o recipiente de recepción 24 sólo cuando la presión real en el tanque o recipiente receptor excede la presión pretendida a la tasa de aumento deseada en una cantidad indeseada; no cuando la presión real cae por debajo de la presión pretendida a la tasa de aumento deseada. Debería tenerse en cuenta que la presión real generalmente será menor que la presión pretendida a la tasa de aumento deseada cuando la tasa de llenado es muy lenta, una situación que, aunque es bastante molesta, no dañará el tanque o recipiente receptor 24.

El siguiente ejemplo ilustra la manera en la cual puede operar la presente invención, y se proporciona en este documento sólo a modo de ejemplo y no a modo de limitación.

Se asume que, con base en las condiciones de temperatura ambiente se hace una determinación de que la tasa de aumento deseada será de 5 megapascales (MPa) por minuto. De este modo, el tanque receptor estaría a una presión de 5 MPa en un minuto, a 10 MPa a los dos minutos, a 15 MPa a los tres minutos, a 20 MPa a los cuatro minutos, y así sucesivamente, asumiendo que la tasa de aumento real es la tasa de aumento deseada.

Asumiendo que una tolerancia aceptable es más o menos 5 MPa desde la presión pretendida a la tasa de aumento deseada, después de un minuto, si la presión está por encima de 10 MPa, por ejemplo, a 20 MPa, la presión real está fuera del rango de tolerancia aceptable, evidenciando por lo tanto un problema que haría que el PLC 26 cierre la válvula de control de presión 28 mediante el controlador I/P 30.

REIVINDICACIONES

1. Un método de diagnóstico de acuerdo con esta invención, incluyendo dicho método las etapas de:

a. determinación de una tasa de aumento deseada para llenar un recipiente receptor de gas desde un suministro de gas comprimido;
b. el comienzo del flujo de gas hacia dicho recipiente receptor;
c. la monitorización de manera continua de la presión de gas que entra en dicho recipiente receptor; y
d. la discontinuación del flujo de gas hacia dicho recipiente receptor en el caso en que la presión real que se está monitorizando se desvía en una cantidad no deseada desde una presión pretendida a la tasa de aumento deseada.

2. El método de diagnóstico de la reivindicación 1, en el cual la etapa de determinación de la tasa de aumento deseada se lleva a cabo determinando la temperatura ambiente y fijando la tasa de aumento con base en esa temperatura.

3. El método de diagnóstico de la reivindicación 1 o la reivindicación 2, incluyendo la etapa de comparación de la presión real con la presión pretendida a la tasa de aumento deseada en un controlador de flujo programable, y el empleo de dicho controlador para discontinuar el flujo de gas hacia dicho recipiente receptor en el caso en que la presión real se desvíe desde la presión pretendida en dicha cantidad no deseada.

4. El método de diagnóstico de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el cual la etapa de discontinuación del flujo de gas hacia dicho recipiente receptor es llevada a cabo mediante la discontinuación del flujo de gas sólo después de que la presión real se desvía de la presión pretendida a la tasa de aumento deseada en dicha cantidad no deseada para un período predeterminado de tiempo.

5. El método de diagnóstico de la reivindicación 4, en el cual dicho período de tiempo predeterminado es mayor que cero segundos.

6. El método de diagnóstico de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el cual dicha cantidad no deseada es una cantidad que alcanza o excede una desviación porcentual en presión desde la presión pretendida a la tasa de mejora deseada.

7. El método de diagnóstico de la reivindicación 6, en el cual dicha desviación porcentual es una desviación porcentual tanto por encima como por debajo de dicha presión pretendida.

8. El método de diagnóstico de la reivindicación 6 o de la reivindicación 7, en el cual dicha desviación porcentual es una es una desviación porcentual fija a partir de la presión pretendida en todo el ciclo de llenado.

9. El método de diagnóstico de cualquiera de las reivindicaciones 6 a 8, en el cual dicha desviación porcentual es una desviación variable que se varía a partir de la presión pretendida a diferentes niveles de presión pretendida.

10. El método de diagnóstico de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el cual dicha cantidad no deseada es una desviación absoluta en presión desde la presión pretendida.

11. El método de diagnóstico de la reivindicación 10, en el cual dicha desviación absoluta en presión está tanto por encima como por debajo de la presión pretendida a dicha tasa de aumento deseada.

12. El método de diagnóstico de la reivindicación 10 o de la reivindicación 11, en el cual dicha desviación absoluta en presión desde la presión pretendida se desvía durante el ciclo de llenado.

13. Un sistema de suministro de gas sometido a presión (10) que incluye:

a. una fuente de gas comprimido (12);
b. una línea de suministro (22) adaptada para comunicarse con un recipiente receptor (24) que suministra gas comprimido a dicho recipiente receptor (24) desde la fuente de gas comprimido (12);
c. una válvula de control (28) en la línea de suministro (22) operable entre condiciones abierta y cerrada para controlar el flujo de gas a través de dicha línea de suministro (22) hacia el recipiente receptor (24);
d. un controlador de flujo (26) que controla la operación del sistema de suministro (10) para suministrar gas comprimido desde la fuente de gas comprimido (12) al recipiente receptor (24) a través de la línea de suministro (22) y la válvula de control (28) a una tasa de aumento deseada, siendo operable también dicho controlador de flujo (26) para cerrar la válvula de control (28) en el caso de un mal funcionamiento que da como resultado que la presión del gas que es dirigido hacia el recipiente receptor (24) se desvía desde una presión pretendida a la tasa de aumento deseada en una cantidad no deseada;
e. un monitor de presión (34) aguas abajo de la válvula de control (28) para medir de forma continua la presión del gas que se dirige hacia el recipiente receptor (24) y transmitir de forma continua una señal

representativa de dicha presión de gas a dicho controlador de flujo (26), comparando dicho controlador de flujo (26) la presión real de gas con la presión pretendida a la tasa de aumento deseada y operando la válvula de control (28) hasta una posición completamente cerrada si la presión real se desvía desde la presión pretendida en dicha cantidad no deseada.

14. El sistema de suministro de gas sometido a presión (10) de la reivindicación 13, en el cual dicho controlador de flujo (26) es un controlador lógico programable, y los datos que representan el valor indeseado de desviación se comunican con dicho controlador (26).

15. El sistema de suministro de gas sometido a presión (10) de la reivindicación 13 o reivindicación 14, en el cual dicho controlador es un controlador lógico programable (26) operable para controlar la operación del sistema de suministro (10) para suministrar gas comprimido desde la fuente de gas comprimido (12) al recipiente receptor (24) a través de la línea de suministro (22) y la válvula de control (28), a una tasa de aumento deseada con base en un parámetro predeterminado.

16. El sistema de suministro de gas sometido a presión (10) de la reivindicación 15, en el cual dicho parámetro predeterminado es la temperatura ambiente.

17. El sistema de suministro de gas sometido a presión (10) de la reivindicación 16, que incluye un transmisor de temperatura (35) para transmitir al controlador lógico programable (26) datos correspondientes a la temperatura ambiente, estando programado dicho controlador (26) para comparar los datos correspondientes a la temperatura ambiente con otros datos en comunicación con dicho controlador (26) y, con base en dicha comparación, controlando dicho controlador (26) la operación del sistema de suministro (10) para suministrar gas comprimido hacia el recipiente receptor (24) a través de la línea de suministro (22) y la válvula de control (28) a la tasa de aumento deseada.

18. El sistema de suministro de gas sometido a presión (10) de la reivindicación 17, en el cual dicho otro dato es una temperatura prefijada.

19. El sistema de suministro de gas sometido a presión (10) de la reivindicación 17 o de la reivindicación 18, en el cual dicho otro dato son tasas de aumento deseadas predeterminadas a diferentes temperaturas ambiente.

20. El sistema de suministro de gas sometido a presión (10) de cualquiera de las reivindicaciones 13 a 19, estando dicho controlador de flujo (26) conectado de forma operativa a la válvula de control (28) a través de un controlador I/P (30).

21. El sistema de suministro de gas sometido a presión (10) de cualquiera de las reivindicaciones 13 a 20, en el cual dicha fuente de gas comprimido (12) incluye una pluralidad de recipientes de almacenamiento a alta presión (14, 16, 18) que incluyen gas comprimido en su interior, estando dicha línea de suministro (22) en comunicación fluida con uno o más de la pluralidad de recipientes de almacenamiento a alta presión (14, 16, 18) a través de uno o más dispositivos de control de flujo (14A,16A, 18A) aguas arriba de dicha válvula de control (28).

22. El sistema de suministro de gas sometido a presión (10) de la reivindicación 21, que incluye una pluralidad de conductos de recepción de gas (14B, 16B, 18B) aguas arriba de dicha línea de suministro (22), estando cada uno de dicho conductos de recepción (14B, 16B, 18B) en comunicación fluida con por lo menos un recipiente de almacenamiento a alta presión (14, 16, 18) para recibir gas comprimido desde dicho por lo menos un recipiente de almacenamiento a alta presión (14, 16, 18), y estando también en comunicación fluida con un dispositivo de control de flujo (14A,16A, 18A) aguas arriba de dicha válvula de control (28), estando cada uno de dichos conductos de recepción (14B, 16B, 18B) en comunicación fluida con dicha línea de suministro (22) a través de un dispositivo de control de flujo (14A,16A, 18A), operando dicho controlador de flujo (26) uno o más dispositivos de control de flujo (14A,16A, 18A) para controlar el suministro de gas comprimido al recipiente receptor (24) a través de la línea de suministro (22) y la válvula de control (28) a la tasa de aumento deseada.

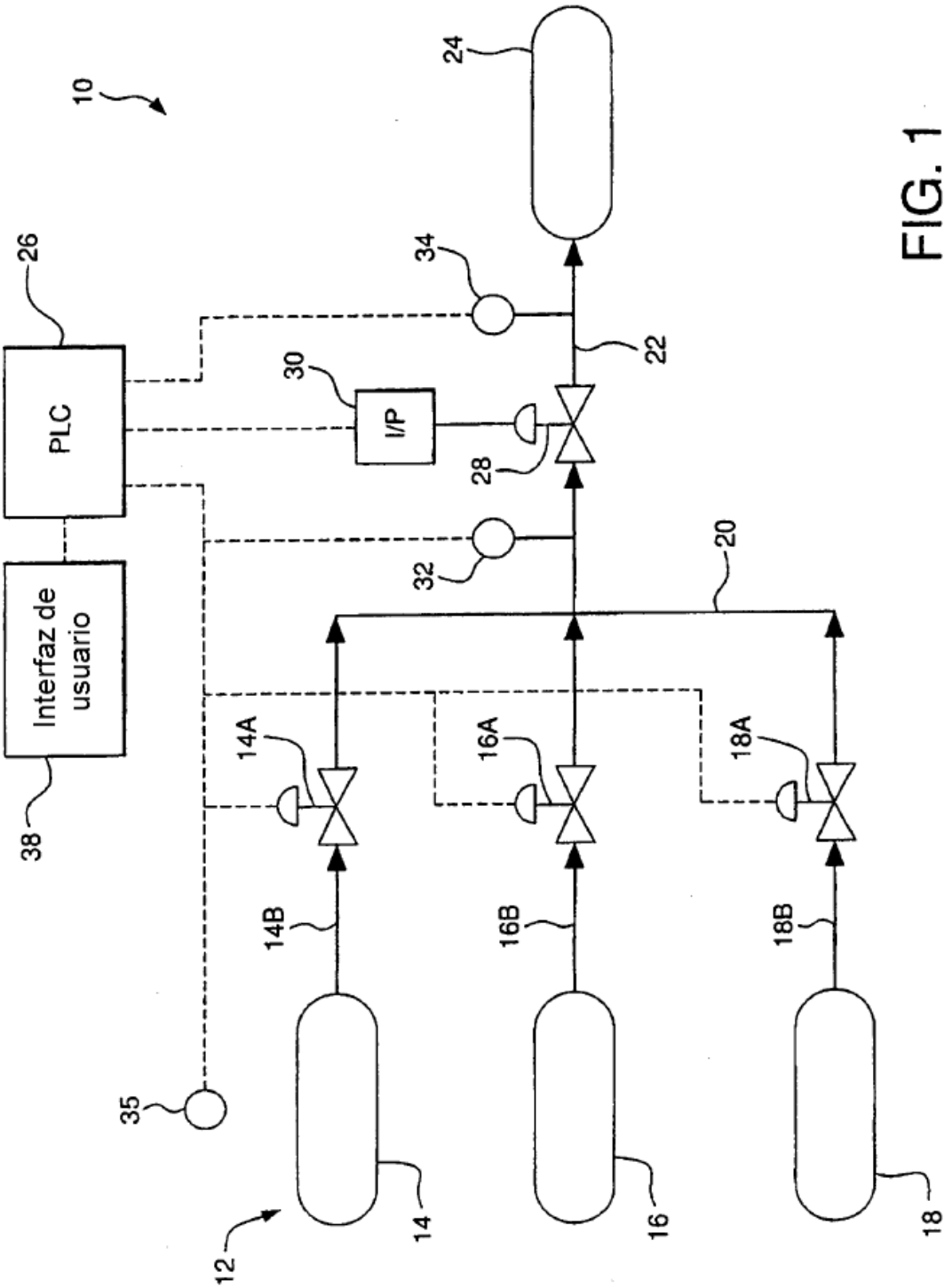
10
24
26
34
22
30
I/P
PLC
28
32
20
Interfaz de usuario
38
14A
16A
18A
14B
16B
18B
35
12
14
16
18

FIG. 1

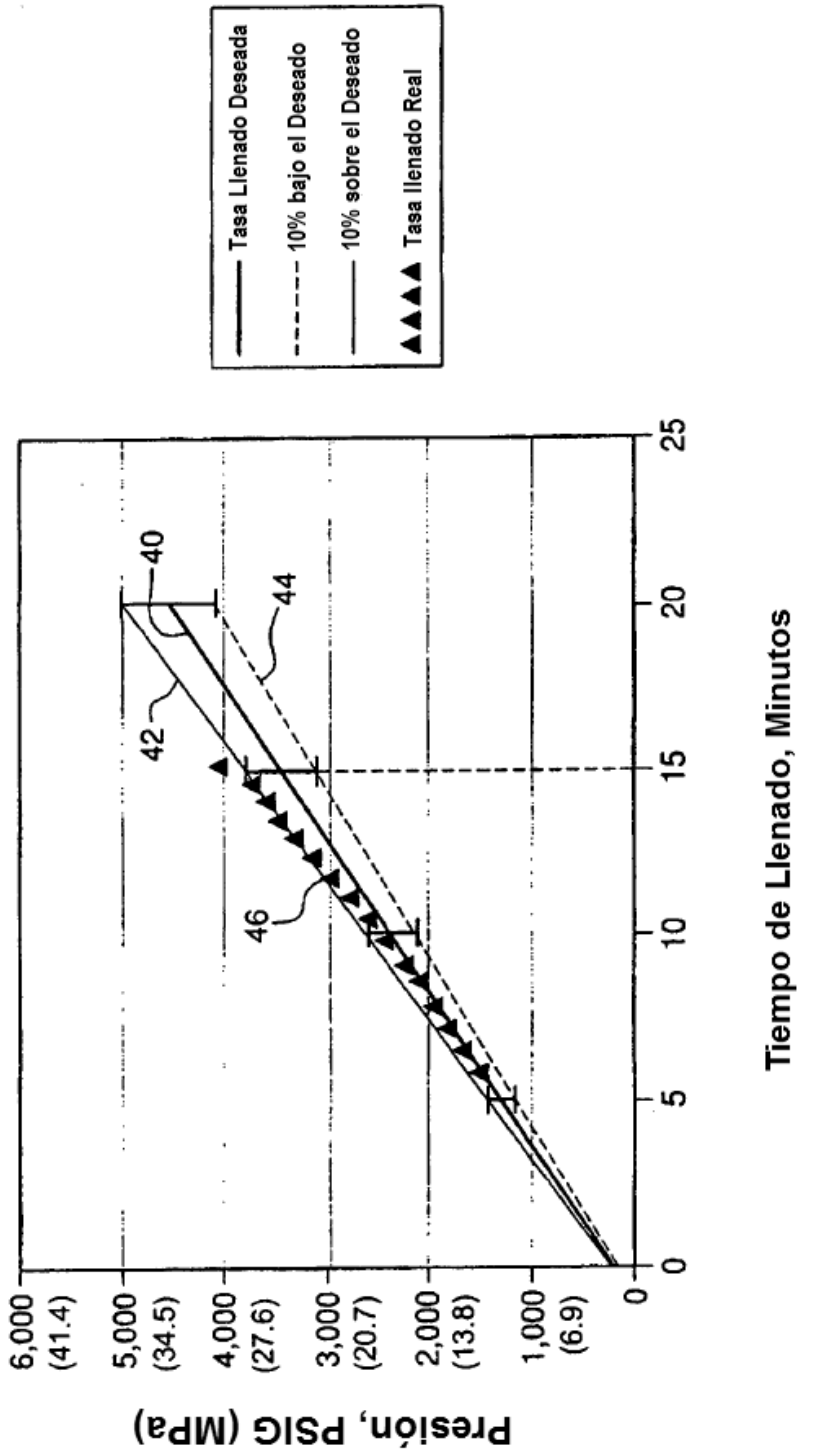
Tasa Llenado Deseada
10% bajo el Deseado
10% sobre el Deseado
Tasa llenado Real
40
42
44
46
Presión, PSIG (MPa)
6,000 (41.4)
5,000 (34.5)
4,000 (27.6)
3,000 (20.7)
2,000 (13.8)
1,000 (6.9)
0
0
5
10
15
20
25
Tiempo de Llenado, Minutos

FIG. 2

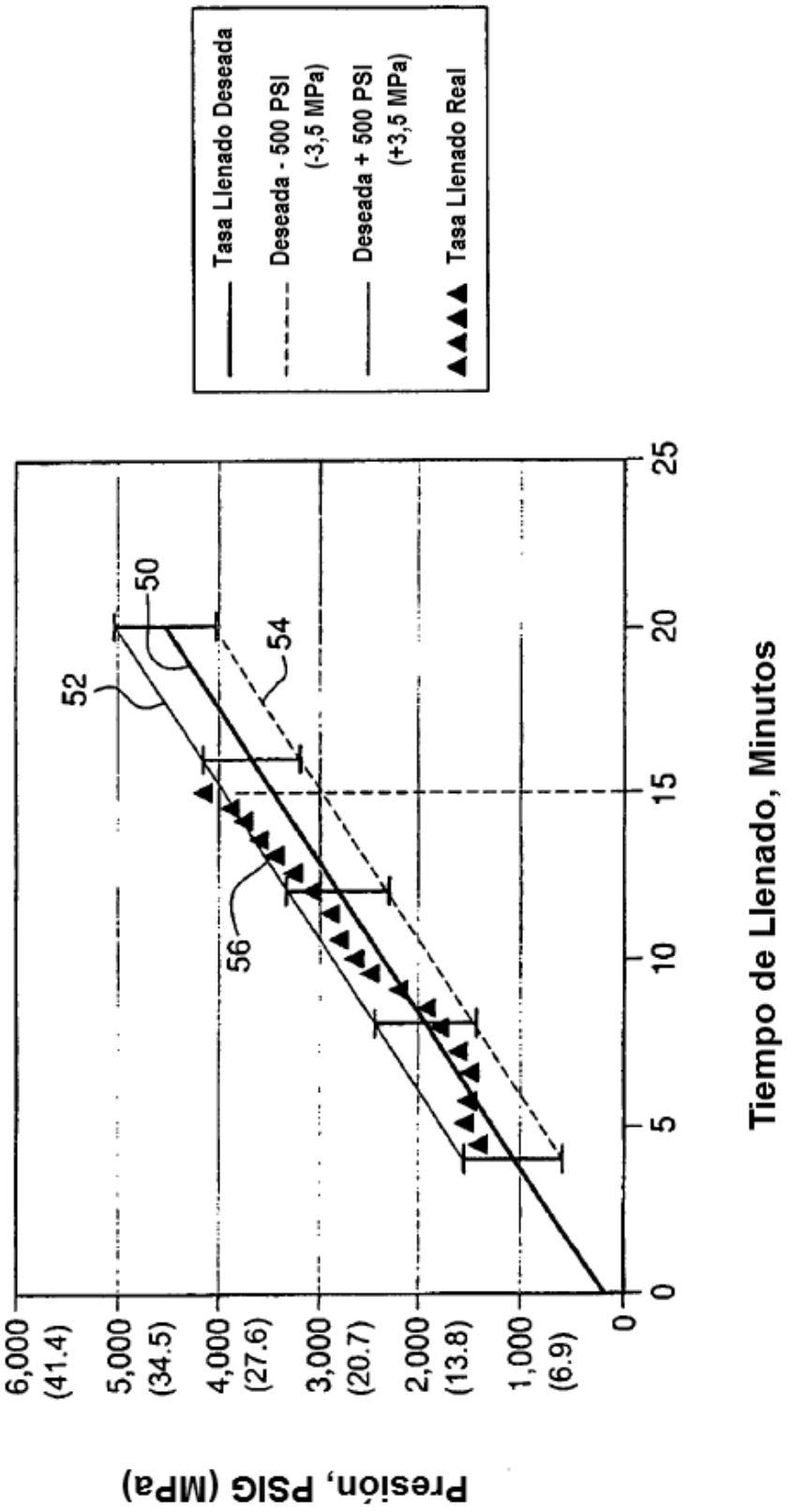
Tasa Llenado Deseada
Deseada - 500 PSI (-3,5 MPa)
Deseada + 500 PSI (+3,5 MPa)
Tasa Llenado Real
50
52
54
56
Presión, PSIG (MPa)
6,000 (41.4)
5,000 (34.5)
4,000 (27.6)
3,000 (20.7)
2,000 (13.8)
1,000 (6.9)
0
0
5
10
15
20
25
Tiempo de Llenado, Minutos

FIG. 3

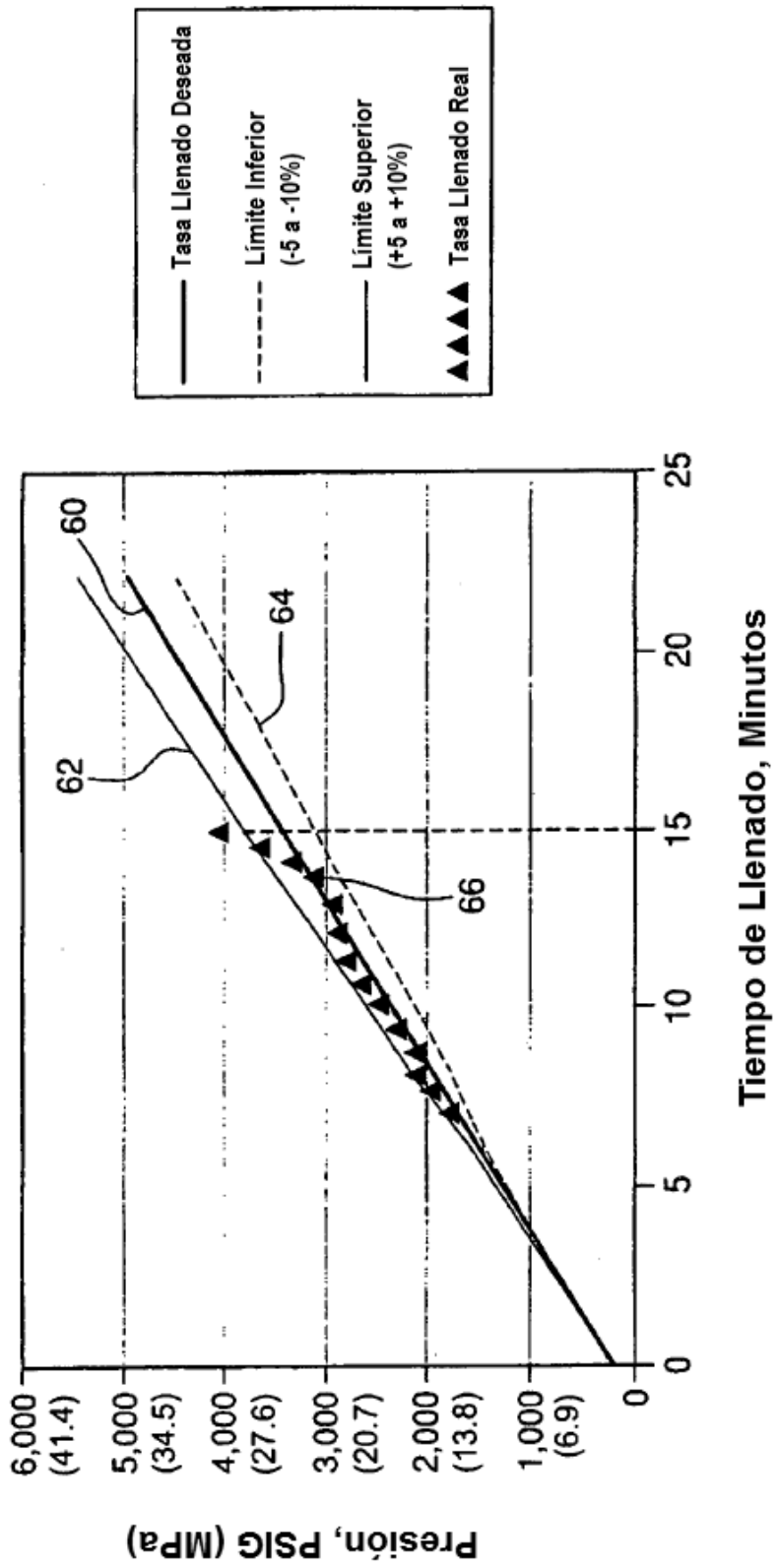
Tasa Llenado Deseada
Límite Inferior (-5 a -10%)
Límite Superior (+5 a +10%)
Tasa Llenado Real
60
62
64
66
Presión, PSIG (MPa)
6,000 (41.4)
5,000 (34.5)
4,000 (27.6)
3,000 (20.7)
2,000 (13.8)
1,000 (6.9)
0
0
5
10
15
20
25
Tiempo de Llenado, Minutos

FIG. 4

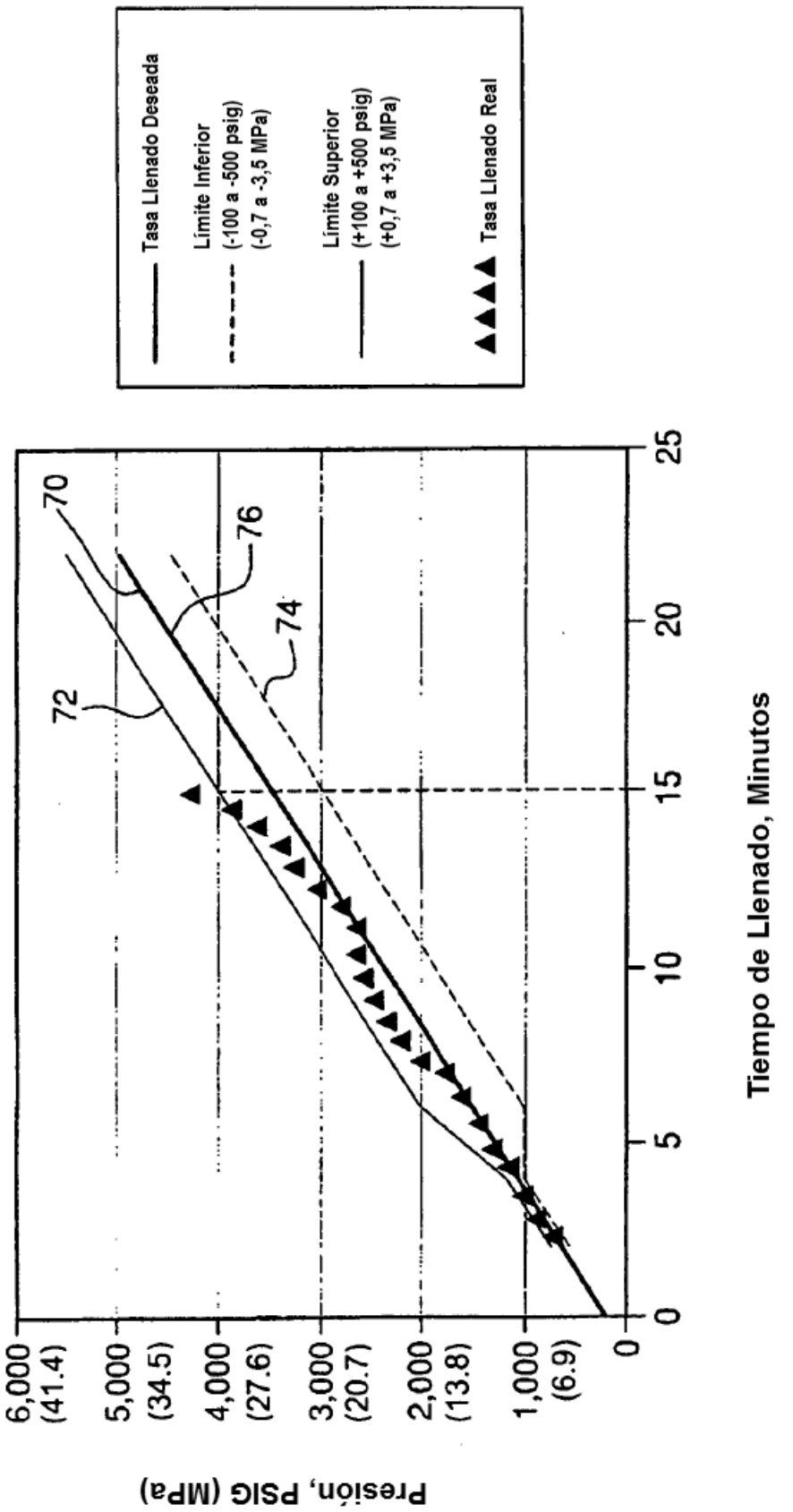
Tasa Llenado Deseada
Límite Inferior
(-100 a -500 psig)
(-0,7 a -3,5 MPa)
Límite Superior
(+100 a +500 psig)
(+0,7 a +3,5 MPa)
Tasa Llenado Real
70
72
74
76
6,000 (41.4)
5,000 (34.5)
4,000 (27.6)
3,000 (20.7)
2,000 (13.8)
1,000 (6.9)
0
0
5
10
15
20
25
Presión, PSIG (MPa)
Tiempo de Llenado, Minutos

FIG. 5