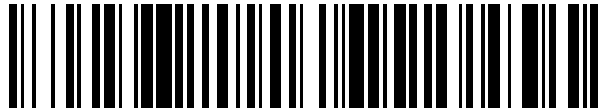


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 617 740**

51 Int. Cl.:

**F17C 5/02** (2006.01)

**F17C 7/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.10.2013 PCT/FR2013/052415**

87 Fecha y número de publicación internacional: **30.05.2014 WO2014080100**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.10.2013 E 13785544 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.02.2017 EP 2923142**

54 Título: **Procedimiento para llenar un depósito de gas licuado**

30 Prioridad:

**23.11.2012 FR 1261154**

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

**19.06.2017**

73 Titular/es:

**L'AIR LIQUIDE SOCIÉTÉ ANONYME POUR  
L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCÉDÉS  
GEORGES CLAUDE (100.0%)  
75 quai d'Orsay  
75007 Paris, FR**

72 Inventor/es:

**BEUNEKEN, OLIVIER;  
AMMOURI, FOUAD;  
COLOM, SITRA;  
DELCLAUD, MARIE;  
THOMAS, ARTHUR y  
WOJDAS, OLGA**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

**ES 2 617 740 T3**

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

**DESCRIPCIÓN**

Procedimiento para llenar un depósito de gas licuado

La presente invención se refiere a un dispositivo y procedimiento de llenado.

- 5 La invención se refiere más en concreto a un procedimiento para llenar un depósito de gas licuado, en particular, un depósito de líquido criogénico, desde una cisterna de gas licuado, en particular, una cisterna de líquido criogénico; dicha cisterna está conectada fluidicamente al depósito a través de un tubo de llenado; el procedimiento utiliza un elemento de generación de un diferencial de presión para transferir selectivamente líquido de la cisterna al depósito; dicho elemento de generación de un diferencial de presión es conmutable, pudiendo pasar de un estado de encendido a un estado de parada; el tubo de llenado comprende un elemento de regulación de flujo de líquido  
10 dispuesto aguas abajo del elemento de generación del diferencial; el elemento de regulación de flujo puede pasar de una posición cerrada, en la que el flujo de líquido se interrumpe, a al menos una posición abierta, en la que el flujo de líquido se transfiere al depósito a una velocidad determinada; el procedimiento comprende una etapa de inicio del llenado durante la cual el elemento de regulación del flujo va de la posición cerrada a la posición abierta y se realiza la medición de una primera presión instantánea en el tubo de llenado aguas abajo del regulador de flujo.
- 15 Más generalmente, la invención se puede aplicar al llenado de cualquier recipiente criogénico (móvil o no) desde cualquier otro recipiente criogénico (móvil o no).

20 Las crecientes demandas de los usuarios de tanques o depósitos de almacenamiento de líquido criogénico a una presión mayor hace que se equipen los sistemas de llenado de estos depósitos con bombas de alta presión, es decir, bombas que funcionan a presiones de entre 24 bares y 40 bares. Estos sistemas de llenado con bomba de alta presión se emplean para llenar depósitos de baja presión diseñados para presiones que van de 2 bares a 15 bares.

25 Por lo tanto, es necesario equipar el depósito receptor y/o el dispositivo de llenado con un sistema de seguridad para evitar el llenado excesivo o el aumento excesivo de presión en el depósito, puesto que esto podría causar la rotura de este último. Al ser el número de depósitos a llenar es sustancialmente mayor que el número de dispositivos de llenado, el sistema de seguridad se aplica preferentemente a los dispositivos de llenado.

Existen diversos sistemas de seguridad para evitar tal fenómeno.

30 Así, una solución conocida consiste en equipar el puerto de llenado del depósito con una válvula neumática que se cierra cuando la presión en el depósito alcanza un umbral predeterminado. Sin embargo, esta solución tiene inconvenientes que van de la necesidad de prever un mantenimiento para esta válvula neumática, al alto costo de la instalación en todos los depósitos que precisan protección.

Otra solución conocida consiste en proporcionar un orificio calibrado en el puerto de llenado del depósito para mantener el flujo de llenado en intervalos seguros, normalmente un flujo que permita la evacuación por parte de los elementos de seguridad existentes en el depósito. Esta solución también se instala en los depósitos y penaliza el tiempo de llenado.

35 Otra solución utiliza un disco de ruptura o una válvula de seguridad en el depósito. Este tipo de equipo debe ser diseñado con cuidado. Sin embargo, este diseño puede ser incompatible con los conductos internos del depósito. Además, en caso de activación, las proyecciones de líquidos deben tratarse en una zona segura para los operadores. Por último, los discos de ruptura pueden verse afectados por la corrosión o la fatiga mecánica, siendo necesaria su sustitución por parte de un técnico cualificado.

40 Otra solución consiste en proporcionar un sistema eléctrico de detección de exceso de presión en el depósito (si fuera necesario, a través de un termistor en la válvula de desbordamiento del medidor) que, en respuesta, detiene la bomba de llenado. Esta solución requiere, sin embargo, una conexión específica entre cada depósito y cada dispositivo de llenado y, según el caso, se realizará en base a una acción del operador.

45 Otra solución (véase, por ejemplo WO2005008121A1) consiste en medir la presión en el depósito a través de una manguera de seguridad proporcionado para detener la bomba en caso de que haya problemas. Sin embargo, esta solución requiere una conexión de manguera adicional y un circuito adaptado a nivel del depósito.

Otra solución detecta un posible exceso de consumo de la bomba y, si procede, la detiene. Sin embargo, esta solución solo es aplicable a electrobombas con velocidad variable y puede haber paradas no planificadas.

50 Otra solución consiste en proporcionar conexiones fluidicas específicas entre los dispositivos de llenado y los depósitos para intervalos de presión específicos. Esta solución tiene limitaciones obvias en términos, sobre todo, de logística.

El documento US6212719 describe un sistema de parada automático de una bomba de llenado en caso de fallo de la manguera de alimentación mediante dos sensores de presión dispuestos en ambos extremos de la manguera de alimentación. La detección de una caída de presión hace que se detenga la bomba.

El documento EP1291575A describe un proceso de control de llenado en el que se mide la presión de forma continua. El control de llenado se realiza de acuerdo con un programa predeterminado en base a las características intrínsecas del depósito (presión máxima de funcionamiento, etc.) comunicadas al aparato de llenado al comienzo del llenado. En este documento prevé el ajuste del programa predeterminado en función de las condiciones en vigor

5

Un objeto de la presente invención es paliar todos o parte de los inconvenientes de la técnica anterior mencionados anteriormente.

Este objeto se consigue de acuerdo con la reivindicación 1. Alternativamente, el procedimiento según la invención, conforme con la definición genérica dada en el preámbulo anterior, se puede caracterizar esencialmente por el hecho de que, durante o después de la puesta en marcha del elemento de generación del diferencial de presión, el procedimiento comprende una etapa de determinación de la presión en el depósito a través de una medición de la primera presión en el tubo de llenado; dicho procedimiento comprende, tras la determinación de la presión en el depósito, una etapa de limitación de la primera presión instantánea por debajo de un umbral de presión máximo; el umbral de presión máximo se define en función del valor determinado de la presión en el depósito y excede el valor determinado de la presión en el depósito de dos a veinte bares y, preferiblemente, de dos a nueve bares.

10

15

Además, las distintas formas de realización de la invención pueden comprender una o más de las siguientes características:

- Se realiza la etapa de limitación de la primera presión instantánea por debajo de un umbral de presión umbral máximo cuando el elemento de regulación de flujo está en posición abierta,

20

- Cuando el valor determinado de la presión en el depósito es inferior o igual a un primer nivel determinado de entre tres y cinco bares, el umbral de presión máximo es un valor de presión fijo predeterminado de entre 5 y 9 bares, y más preferiblemente, de entre 5,2 y 8 bares,

25

- La etapa de limitación de la primera presión instantánea (PT3) por debajo de un umbral de presión máximo (PT3sup) comprende al menos una de las siguientes acciones: una regulación manual o automática del flujo de fluido transferido a través del elemento de regulación de flujo, una regulación manual o automática del diferencial de presión generado por el elemento de generación del diferencial de presión,

30

- La etapa de limitación de la primera presión instantánea (PT3) por debajo del umbral de presión máximo (PT3sup) se lleva a cabo durante un tiempo de limitación finito determinado; cuando la primera presión instantánea (PT3) sigue siendo mayor al umbral de presión máximo (PT3sup) al final del tiempo de limitación determinado, el llenado se detiene automáticamente,

- Durante la etapa de determinación de la presión (PT4) en el depósito, esta presión (PT4) en el depósito es igual al valor de la primera presión (PT3) medida en el tubo de llenado (3) (PT3=PT4) eventualmente corregida mediante un coeficiente de corrección predeterminado,

35

- Durante la etapa de limitación de la primera presión instantánea (PT3), el procedimiento comprende la medición de la cantidad de fluido transferido desde la cisterna hasta el depósito y, cuando esta cantidad de fluido transferido supere una cantidad umbral antes de que termine el tiempo de limitación determinado, se reducirá dicho tiempo de limitación inicialmente previsto,

40

- La puesta en marcha del elemento de generación de un diferencial de presión va precedida de un control de estabilidad de la presión instantánea en el tubo de llenado; dicho control de estabilidad de la presión es positivo si se cumple, al menos, una de las siguientes condiciones:

(i) la primera presión instantánea (PT3) del tubo es superior a una presión predeterminada, preferiblemente de entre 15 y 25 bares,

45

(ii) la variación de la primera presión instantánea (PT3) durante al menos un intervalo de tiempo determinado es inferior a un nivel de variación determinada correspondiente a una variación de entre 0,005 y 0,020 bares por segundo y preferiblemente de 0,01 bar por segundo, la puesta en marcha del elemento de generación de un diferencial de presión (4) solo es posible tras un control de estabilidad positivo de la primera presión instantánea (PT3),

50

- Después de la puesta en marcha del elemento de generación de un diferencial de presión y del desplazamiento del elemento de regulación de flujo desde su posición cerrada a una posición abierta, en caso de detectar una bajada de la primera presión instantánea (PT3) en el tubo de llenado a una velocidad de al menos un bar por segundo, el elemento de generación de un diferencial de presión se desconecta automáticamente,

- El procedimiento comprende una puesta en marcha del elemento de generación de un diferencial de presión, interrumpiéndose de forma automática (AR) el funcionamiento del elemento de generación de un diferencial de presión en respuesta a al menos una de las siguientes situaciones:

## ES 2 617 740 T3

- La variación de la primera presión instantánea (PT3) en el tubo de llenado durante un período dado (T) antes de la transferencia efectiva de un flujo de líquido al depósito es mayor que una variación (V) determinada ( $APT3 > V$ ),
- Se detecta una variación determinada de flujo (Q) y/o una variación determinada de la primera presión instantánea (PT3) en el tubo de aguas abajo del elemento de generación de un diferencial de presión mientras que el elemento de generación de un diferencial de presión no se encuentra en funcionamiento,
- Después de un período determinado después de la puesta en marcha del elemento de generación de un diferencial de presión (4), la variación de la primera presión instantánea (PT3) en el tubo permanece por debajo de un nivel determinado,
- Después de un período determinado tras la puesta en marcha del elemento de generación de un diferencial de presión, se ha transferido una cantidad determinada de fluido al depósito y la primera presión instantánea (PT3) del tubo se mantiene por encima del umbral de presión máximo (PT3sup),
- El diferencial (PT2-PT3) entre, por un lado, una segunda presión instantánea (PT2) medida a la salida del elemento de generación de un diferencial de presión aguas arriba del elemento de regulación del flujo y, por otro lado, la primera presión instantánea (PT3) medida en el tubo aguas abajo del elemento de regulación del flujo (12) es inferior a un diferencial mínimo comprendido, preferiblemente, entre 0,5 bares y 2 bares, y el flujo de fluido de la cisterna hacia el depósito permanece por debajo de un cierto nivel,
- Después de la etapa de limitación de la primera presión instantánea (PT3) por debajo del umbral de presión máximo (PT3sup), y durante la transferencia de líquido al depósito, el procedimiento comprende una comparación de la primera presión instantánea (PT3) en el tubo de llenado o de una media (mPT3) de esta primera presión instantánea con un umbral superior determinado (Pmax), y cuando la primera presión instantánea (PT3) en el tubo de llenado o, respectivamente, la media de la primera presión instantánea (PT3) excede el umbral superior (Pmax), una etapa de interrupción (AR) del llenado (R), definiéndose el umbral superior (Pmax) mediante la suma, por un lado, de un valor de dicha primera presión instantánea de referencia (PT3ref) medida en el tubo de llenado (3) a la salida de la etapa de limitación o, respectivamente, de una media de varios valores medidos de la primera presión instantánea de referencia (mPT3ref) medida en el tubo de llenado a la salida de la etapa de limitación (dicha "media de referencia mPT3ref") y, por otro lado, un salto de presión determinado (Po) comprendido entre 0,2 y 2 bares: ( $P_{max}=PT3_{ref}+Po$ , respectivamente,  $P_{max}=mPT3_{ref}+Po$ ),
- El valor del salto de presión (Po) es una función del valor de la primera presión instantánea de referencia (PT3ref) o, respectivamente, de la media de referencia mPT3ref y, cuando la primera presión instantánea de referencia (PT3ref) o, respectivamente, la media de referencia mPT3ref es inferior o igual a un valor de entre 6 y 9 bares; el salto de presión es de entre 0,1 y 0,9 bares y preferiblemente de entre 0,3 y 0,7 bares
- La primera presión instantánea de referencia (PT3ref) o, respectivamente, la media de referencia mPT3ref, es superior a un valor predeterminado de entre 6 y 9 bares, e inferior a un valor determinado de entre 15 y 25 bares y, preferiblemente, de entre 18 y 22 bares; el salto de presión es de entre 0,8 y 1,4 bares y, preferiblemente, de entre 0,9 y 1,2 bares,
- Cuando la primera presión instantánea de referencia (PT3ref) o, respectivamente, la media de referencia mPT3ref, es superior a un valor determinado de entre 15 y 25 bares y, preferiblemente, de entre 18 y 22 bares, el salto de presión es de entre 1,2 y 3 bares y, preferentemente, de entre 1,2 y 2 bares,
- Durante el llenado y tras determinar la primera presión de referencia (PT3ref) o una media de referencia (mPT3), la primera presión instantánea (PT3) en el tubo (3) se mide con regularidad y, si la primera presión instantánea (PT3) medida en el tubo (3), respectivamente, su media (mPT3), cae por debajo de la primera presión instantánea de referencia (PT3ref), respectivamente, por debajo de la media de referencia (mPT3), llevada a cabo previamente, una nueva presión instantánea de referencia (PT3refb), respectivamente, se lleva a cabo una nueva media de referencia (mPT3refb) para definir un nuevo umbral superior ( $P_{max}=PT3_{refb}+Po$ ), respectivamente,  $P_{max}=mPT3_{refb}+Po$ ,
- La duración de la etapa de limitación determinada puede ser de entre quince y doscientos cuarenta segundos o de entre quince y ciento ochenta segundos o de entre quince y sesenta segundos o de entre treinta y ciento ochenta segundos y, por ejemplo, igual a ochenta segundos,
- Durante la etapa de determinación de la presión (PT4) en el depósito, esta presión (PT4) en el depósito es igual al valor de la primera presión (PT3) medida en el depósito corregida utilizando un coeficiente de corrección predeterminado que comprende un coeficiente de corrección K multiplicativo adimensional comprendido, por ejemplo, entre 0,8 y 1,2 ( $PT4=KPT3$ ) y/o un coeficiente de corrección aditivo C en bar de entre, por ejemplo -2 bares y +2 bares ( $PT4=PT3+C$ ),
- Durante la etapa de determinación de la presión (PT4) en el depósito, esta presión (PT4) en el depósito es igual al valor de la primera presión (PT3) medida en el tubo de llenado ( $PT3=PT4$ ) o, esta presión (PT4) en el depósito es igual al valor de la primera presión (PT3) medida en el depósito corregida utilizando un coeficiente de corrección predeterminado, tal como un coeficiente de corrección multiplicativo K adimensional de entre, por ejemplo, 0,8 y 1,2

## ES 2 617 740 T3

( $PT4=KPT3$ ) o un coeficiente de corrección aditivo C en bar de entre, por ejemplo, -2 bares y +2 bares ( $PT4=PT3+C$ ),

- La determinación de la presión (PT4) en el depósito se lleva a cabo mientras que el elemento de regulación de flujo está en posición cerrada o abierta,

5 - La etapa de determinación de la presión (P4) en el depósito se realiza sólo mediante la medición de la primera presión (PT3) con un primer sensor de presión en el tubo de llenado que se comunica con el interior del depósito,

- Cuando la presión (PT4) determinada en el depósito se encuentra entre el primer nivel y un segundo nivel, si el segundo nivel supera al primer nivel de uno a tres bares y, preferiblemente, si es igual a 4 bares, el umbral de presión máximo (PT3sup) en bar vendrá dado por la siguiente fórmula:

10  $PT3sup=z.PT4+PA$ , con un coeficiente predeterminado z fijo y sin unidad de entre 1,5 y 3 y, preferiblemente, igual a dos, y con un aumento de la presión fija PA en bar de entre cero y dos bares y, preferiblemente, igual a cero,

- Cuando la presión (PT4) determinada en el depósito se encuentra entre el segundo nivel y un tercer nivel, si el tercer nivel supera al segundo nivel de cuatro a diez bares y, preferiblemente, si es igual a 8 bares, el umbral de presión máximo (PT3sup) en bar viene dado por la fórmula siguiente,

15  $PT3sup=z.PT4+PA$ , con un coeficiente predeterminado z fijo y sin unidad de entre 0,80 y 1 y, preferiblemente, igual a 0,98, y con un aumento de la presión fija PA en bar de entre dos y cuatro bares y, preferiblemente, igual a cuatro bares,

- Cuando la presión (PT4) determinada en el depósito se encuentra entre el tercer nivel y un cuarto nivel, si el cuarto nivel supera al tercer nivel de ocho a quince bar y, preferiblemente, si está entre 18 y 20 bar, el umbral de presión máximo (PT3sup) en bar viene dado por la fórmula siguiente,

20  $PT3sup=z.PT4+PA$ , con un coeficiente predeterminado z fijo y sin unidad de entre 1,00 y 1,50 y, preferiblemente, igual a 1,20, y con un aumento de la presión fija PA en bar de entre uno y cuatro bar y, preferiblemente, igual a 2,5 bar,

- Cuando la presión (PT4) determinada en el depósito se encuentra por encima del cuarto nivel y la variación de la primera presión (PT3) es inferior a un nivel de variación determinado de entre 0,005 y 0,020 bar por segundo, el umbral de presión máximo (PT3sup) en bar viene dado por la siguiente fórmula:

25  $PT3sup=z.PT4+PAJ$  con un coeficiente predeterminado z fijo y sin unidad de entre 0,50 y 1,00 y, preferiblemente, igual a 0.80 y con un incremento de la presión fija PA en bar de entre siete bar y 12 bar y, preferiblemente, de entre 8 y 10 bar,

- Cuando la presión (PT4) determinada en el depósito se encuentra por encima del cuarto nivel y la variación de la primera presión (PT3) es superior a un nivel de variación determinado de entre 0,005 y 0,020 bares por segundo, el umbral de presión máximo (PT3sup) en bar es un valor fijo determinado de entre 30 y 50 bares y, preferiblemente, de entre 32 y 40 bares,

35 - El procedimiento comprende un precontrol de transferencia de líquido de la cisterna al depósito a través del tubo de llenado durante un tiempo determinado de precontrol de transferencia (TQ), y cuando la transferencia de líquido al depósito no alcanza un umbral (S) determinado durante el período determinado de precontrol de transferencia (TQ), el llenado se detiene y no se toma el valor de la primera presión medida en el tubo de llenado durante la etapa de determinación de la presión (PT4) en el depósito para determinar el umbral de presión máximo (PT3sup),

- El procedimiento comprende una puesta en marcha del elemento de generación de un diferencial de presión y una etapa de regulación del flujo de líquido aguas abajo del elemento de generación de un diferencial de presión mediante, al menos, una válvula de apertura variable dispuesta en el tubo de llenado, durante la puesta en marcha del elemento de generación de un diferencial de presión, al menos una parte del líquido suministrado por el elemento de generación de un diferencial de presión se reenviará, de entrada, al menos predominantemente, a la cisterna a través de un tubo de retorno y luego se descargará principalmente y de forma gradual en el depósito; y, si la transferencia de líquido al depósito no alcanza un umbral determinado durante el período determinado de precontrol de la transferencia (TQ), el procedimiento comprende una etapa de parada (AR) del funcionamiento del elemento de generación del diferencial de presión,

40 - La determinación de una transferencia de líquido al depósito comprende una medición del flujo de líquido instantáneo (Q) en el tubo de llenado aguas abajo del elemento de generación de un diferencial de presión aguas arriba del depósito, una etapa de comparación de este flujo instantáneo de líquido (Q) con un umbral de flujo mínimo (Qmin) determinado y, si el flujo de líquido instantáneo (Q) medido no alcanza el umbral de flujo mínimo (Qmin) durante el período de precontrol de flujo determinado (TQ), una etapa de interrupción del funcionamiento (AR) del elemento de generación de un diferencial de presión (4),

- El umbral de flujo mínimo (Qmin) determinado se encuentra entre uno y cincuenta litros por minuto y,

preferiblemente, entre dos y diez litros por minuto e incluso más preferiblemente entre tres y ocho litros por minuto,

- 5 - La determinación de una transferencia de líquido al depósito comprende al menos una medición de la primera presión instantánea (PT3) en el tubo de llenado aguas abajo del elemento de generación de un diferencial de presión aguas arriba del depósito, una etapa de comparación de la primera presión instantánea (PT3) con un nivel de referencia (PT5) y, si esta medición de la primera presión instantánea (PT3) en el tubo de llenado no alcanza el nivel de referencia (PT5) durante el período de precontrol de flujo determinado (TQ), una etapa de interrupción del funcionamiento del elemento de generación del diferencial de presión (AR),
- 10 - La determinación de una transferencia de líquido al depósito comprende al menos una medición de un diferencial de presión instantánea (PT3-PT5) entre por un lado la primera presión (PT3) y, por otro lado, el tubo de retorno, una etapa de comparación de este diferencial de presión instantánea (PT3-PT5) con un diferencial de referencia y, si este diferencial de presión instantánea (PT3-PT5) no alcanza el diferencial de referencia durante el período de precontrol de flujo determinado (TQ), una etapa de interrupción del funcionamiento del elemento de generación del diferencial de presión (AR),
- 15 - El período de precontrol de flujo determinado se encuentra entre veinte y doscientos cuarenta segundos y, preferiblemente, entre treinta y ciento veinte segundos,
- Después de la etapa de interrupción del funcionamiento del elemento de generación de un diferencial de presión, este último solo se puede reiniciar después de un período de espera determinado de entre, preferiblemente, un segundo a quince minutos,
- 20 - La etapa de interrupción del llenado comprende, al menos, uno de los siguientes pasos: una interrupción del elemento de generación del diferencial de presión, la reducción o la detención de la circulación de líquido en el tubo de llenado aguas arriba del elemento de generación del diferencial de presión, una purga de al menos una parte del tubo de llenado situado aguas abajo del elemento de generación de un diferencial de presión hacia una zona de descarga distinta del depósito, la activación de una derivación para el retorno del líquido aguas abajo del elemento de generación de un diferencial de presión en el depósito,
- 25 - La puesta en marcha del elemento de generación de un diferencial de presión comprende un control del flujo de líquido suministrado por el elemento de generación de un diferencial de presión para mantener el flujo de líquido instantáneo (Q) en el tubo de llenado aguas abajo del elemento de generación de un diferencial de presión por encima de un flujo mínimo determinado (Q<sub>min</sub>),
- El elemento de interrupción de llenado, al menos uno, comprende por lo menos uno de los siguientes elementos:
- 30 --un conmutador que permita comandar la parada del elemento de generación de un diferencial de presión,
- un tubo de purga provisto de una válvula controlada y conectada a un sistema electrónico; el tubo de purga comprende un primer extremo conectado al tubo de llenado (3) aguas abajo del elemento de generación de un diferencial de presión y un segundo extremo que desemboca en una zona de descarga distinta del depósito,
- 35 - un tubo de retorno provisto de una válvula controlada y conectada a un sistema electrónico; el tubo de retorno comprende un primer extremo conectado al tubo de llenado aguas abajo del elemento de generación de un diferencial de presión y un segundo extremo que desemboca en la cisterna,
- una válvula de aislamiento electrónicamente controlada y situada aguas arriba del elemento de generación de un diferencial de presión,
- 40 - La etapa de medición de la primera presión instantánea (PT3) en el tubo de llenado aguas abajo del elemento de generación de un diferencial de presión se lleva a cabo de forma continua o periódicamente,
- La parada del elemento de generación de un diferencial de presión se realiza mediante una conmutación en un modo pasivo, en particular, mediante la detención de su motor de accionamiento en el caso de una bomba,
- La presión en la cisterna se mantiene por encima de un valor determinado mediante la extracción de líquido de la cisterna, la vaporización del líquido extraído y la reinyección del líquido vaporizado en la cisterna,
- 45 - Durante el llenado, la presión de fluido aguas abajo del elemento de generación de un diferencial de presión se mantiene por encima del valor de presión en el depósito,
- La presión de fluido aguas abajo del elemento de generación de un diferencial de presión se mantiene por encima del valor de presión (PT4) en el depósito mediante la reducción/interrupción del retorno directo del fluido proveniente del elemento de generación de un diferencial de presión a la cisterna,
- 50 - El tubo de llenado comprende una parte de aguas arriba fija a la cisterna y una parte aguas abajo, la parte aguas abajo es preferiblemente flexible y tiene un primer extremo conectado de forma desmontable a la parte aguas arriba y un segundo extremo aguas abajo conectado de forma desmontable a una entrada de llenado del depósito,

- El procedimiento se implementa mediante una instalación que comprende un sistema electrónico que recibe las mediciones de presión instantánea (PT3) en el tubo de llenado; el sistema electrónico garantiza el control del funcionamiento del elemento de generación de un diferencial de presión,
- 5 - El tubo de llenado está provisto de una válvula de apertura variable dispuesta aguas abajo del elemento de generación de un diferencial de presión para controlar el flujo de líquido descargado en el depósito; dicha válvula de apertura variable dispuesta aguas abajo del elemento de generación de un diferencial de presión es, preferiblemente, de tipo unidireccional, es decir, el flujo de retorno del fluido aguas arriba hacia el elemento de generación de un diferencial de presión,
- 10 - La puesta en marcha del elemento de generación de un diferencial de presión queda bloqueado cuando no está disponible la medición de la primera presión instantánea (PT3) en el tubo de llenado aguas abajo del elemento de generación de un diferencial de presión,
- 15 - La purga selectiva de al menos una parte de la tubería de llenado situada aguas abajo del elemento de generación de un diferencial de presión hacia una zona de descarga distinta del depósito utiliza un tubo de evacuación que tiene un extremo abierto hacia la atmósfera; dicho tubo de evacuación está provisto de una válvula; la purga selectiva se lleva a cabo durante un período de purga determinado de entre dos y sesenta segundos y, preferiblemente, de entre cinco y treinta segundos,
- La derivación que envía selectivamente el líquido que sale del elemento de generación de un diferencial de presión al depósito incluye un tubo de retorno provisto de al menos una válvula de retorno,
- 20 - La etapa de interrupción del llenado por activación de la derivación que reenvía el líquido aguas abajo del elemento de generación de un diferencial de presión hacia la cisterna comprende una abertura de al menos una válvula de retorno durante un período determinado de entre, preferiblemente, dos y sesenta segundos,
- La cisterna y el elemento de generación de un diferencial de presión pertenecen a una instalación móvil, en particular un contenedor móvil y/o un remolque de un camión de reparto.
- 25 La invención también puede referirse a cualquier dispositivo o procedimiento alternativo que comprenda cualquier combinación de las características anteriores o siguientes.
- Otras características y ventajas aparecerán con la lectura de la siguiente descripción, que hace referencia a las figuras en las que:
  - La figura 1 representa una vista esquemática y parcial que ilustra un primer ejemplo de estructura y funcionamiento de un dispositivo de llenado de un depósito de acuerdo con la invención,
  - 30 - La figura 2 representa una vista esquemática y parcial que ilustra un segundo ejemplo de estructura y funcionamiento de un dispositivo de llenado de acuerdo con la invención,
  - Las figuras 3 a 8 muestran vistas esquemáticas, respectivamente simplificadas y parciales, que ilustran seis formas de realización alternativas de estructura y funcionamiento de un dispositivo de llenado según la invención,
  - 35 - La figura 9 representa una vista esquemática y parcial que ilustra otro ejemplo de estructura y funcionamiento de un dispositivo de llenado de acuerdo con la invención,
  - La figura 10 ilustra un posible ejemplo de diversas etapas sucesivas ejecutadas facultativamente durante un llenado de acuerdo con una forma de realización de la invención,
  - La figura 11 muestra un ejemplo de una serie de etapas que pueden implementarse durante un llenado de acuerdo con una forma de realización de la invención,
  - 40 - La figura 12 ilustra un tercer ejemplo de una serie de etapas que pueden implementarse durante un llenado de acuerdo con una forma de realización de la invención,
  - La figura 13 muestra una vista esquemática, simplificada y parcial similar a las figuras 3 a 8 que ilustran otra posible forma de realización de la estructura y el funcionamiento de un dispositivo de llenado de acuerdo con la invención.
- 45 Las figuras 1 y 9 ilustran de forma simplificada un ejemplo de instalación de llenado que puede utilizarse de acuerdo con la invención.
- El dispositivo de llenado comprende una cisterna 2 de líquido criogénico. Esta cisterna 2 es por ejemplo una cisterna con paredes dobles cuya cavidad interna se aísla mediante vacío. La cisterna 2 es móvil y transportable si fuera necesario en un camión de reparto, como un semirremolque.
- 50 La cisterna 2 contiene gas licuado y puede conectarse fluidicamente de forma selectiva a un depósito 1 para su

llenado mediante un tubo de llenado 3.

El tubo de llenado 3 comprende un extremo aguas arriba conectado con el volumen de almacenamiento de la cisterna 2 y un extremo aguas abajo conectable de forma selectiva al depósito 1. El tubo de llenado 3 está provisto de un elemento de generación de un diferencial de presión de fluido 4 y, aguas abajo del mismo, de una válvula de apertura variable 12. Por ejemplo, el elemento de generación de un diferencial de presión 4 es una bomba. Naturalmente, la invención no se limita a esta forma de realización. Por lo tanto, el elemento de generación de un diferencial de presión puede comprender convencionalmente un vaporizador y/o un calentador asociado a al menos una válvula para aumentar la presión en la cisterna 2 y autorizar su transferencia a un depósito. También se puede utilizar cualquier otro elemento de generación de un diferencial de presión que permita llevar a cabo la transferencia de fluido desde la cisterna 2 al depósito 1.

La válvula de apertura variable 12 es preferentemente una válvula de accionamiento manual (sin que ello resulte limitativo).

El dispositivo comprende además un primer sensor de presión 13 dispuesto en el tubo de llenado 3 aguas abajo de la válvula de apertura variable 12.

El dispositivo comprende además un sistema electrónico 16 conectado a la bomba 4 y al sensor de presión 13. El sistema electrónico 16 comprende por ejemplo un microprocesador y una memoria asociada. En caso de que el dispositivo carezca de bomba, el sistema electrónico 16 puede estar conectado a al menos una válvula controlada 128, 12 situada en el tubo de llenado 3. Como se ilustra en particular en el ejemplo de la figura 13, el elemento de generación de un diferencial de presión comprende un vaporizador 11 situado en un tubo de presurización 10 asociado a una válvula 128 para permitir que aumente la presión en la cisterna 2. El aumento de la presión se lleva a cabo mediante la extracción de líquido de la cisterna 2 pulverizándolo y reintroduciéndolo en la cisterna 2. Este aumento de la presión en la cisterna 2 genera un diferencial de presión que permite crear un flujo de líquido en el tubo de llenado 3. El llenado efectivo y la detención del llenado pueden definirse mediante la apertura o cierre de una válvula 12 situada en el tubo de llenado 3.

El sistema electrónico 16 está configurado para controlar o detectar una puesta en marcha M o una parada AR del elemento de generación de un diferencial de presión 4. En el caso de una bomba 4, el estado de puesta en marcha M o parada AR puede corresponder, respectivamente, al estado de puesta en marcha o parada de su motor de accionamiento. En el caso de un sistema de vaporización para el aumento de la presión en la cisterna 2, el estado de puesta en marcha y parada puede corresponder al estado abierto/cerrado de al menos una válvula o a la presurización efectiva o no de la cisterna 2. La siguiente descripción se refiere a una bomba, pero se puede aplicar por analogía a otro elemento de generación de un diferencial de presión.

En particular, el sistema electrónico 16 controla la puesta en marcha A de la bomba 4 (véase la etapa 100, figura 10 o la etapa 300, figura 11) y puede desencadenar una temporización A facultativa para permitir, en concreto, la estabilización de las condiciones de transferencia del líquido al depósito 1. En una posible variante, el sistema electrónico de control 16 recibe como parámetro de entrada la información de puesta en marcha M de la bomba y/o la información de apertura de una válvula controlada en el tubo de llenado 3.

Un ejemplo de la estabilización de las condiciones de funcionamiento de la bomba 4 durante su puesta en marcha independiente del resto del procedimiento de llenado se describirá ahora con referencia a la figura 11.

Como ilustra la figura 11 antes de la puesta en marcha M de la bomba 4 (se detiene la bomba ("4=AR", referencia 300, figura 11), el dispositivo puede llevar a cabo opcionalmente un control de estabilidad 301 de la primera presión PT3 en el tubo de llenado 3 (referencia 301, figura 11). Esta primera presión PT3 es la medida (sensor 13) mientras el tubo de llenado 3 se comunica con el interior del depósito 1. Es decir, que esta presión estable refleja la presión en el depósito 1 que se desea llenar (apertura de las válvulas del depósito 1 aguas abajo del primer sensor de presión 13).

Preferiblemente, la puesta en marcha de la bomba 4 es posible solo después de que aparezca el carácter positivo "O" de este control de estabilidad (PT3=ST, etapa 301, figura 11).

Por ejemplo, este control de estabilidad de la primera presión PT3 es positivo si se cumple al menos una de las siguientes condiciones:

- (i) la primera presión instantánea (PT3) en el tubo (3) es superior a una presión determinada, por ejemplo de entre 15 y 25 bares,

- (ii) la variación de la primera presión instantánea (PT3) durante al menos un intervalo determinado es inferior a un nivel de variación determinado correspondiente, por ejemplo, a una variación en valor absoluto de entre 0,005 y 0,020 bares por segundo y, preferiblemente, de 0,01 bar por segundo.

Opcionalmente, otra posible condición acumulativa podría ser que la primera presión medida PT3 fuera superior a la presión atmosférica.



## ES 2 617 740 T3

La primera condición anteriormente descrita (i) indica que el depósito que se desea llenar 1 es de alta presión y por lo tanto está diseñado para soportar altas presiones.

La segunda condición arriba descrita (ii) se puede medir de varias maneras. Por ejemplo, el valor de la primera presión PT3 se puede leer en varios intervalos sucesivos de diez segundos, por ejemplo, cinco intervalos de diez segundos cada uno. Dentro de cada intervalo de tiempo de diez segundos, el valor de la primera presión PT3 no debe diferir en más de 0,1 bar. Preferiblemente, los cinco intervalos de diez segundos se solapan parcialmente. Así, por ejemplo, los cinco intervalos de diez segundos comienzan sucesivamente por turnos cada segundo. Alternativamente, se puede observar una media de esta presión. La definición de los intervalos depende en particular de la exactitud del sensor de presión. Este control se lleva a cabo preferiblemente después de la exploración del tubo de llenado 3, en particular si este último comprende una válvula de retención 119.

Esta segunda condición (ii) se cumple, por ejemplo, si durante cinco intervalos (solapados, si procede), la primera presión PT3 dentro de cada intervalo no difiere en más de 0,1 bar.

Preferiblemente, si el primer control de estabilidad de la presión 301 es positivo ("O", figura 11), la bomba 4 se puede poner en marcha ("4=M", etapa 100), de lo contrario no podrá ponerse en marcha ("N", etapa 301 y retorno a la etapa anterior 300).

La puesta en marcha de la bomba 4 ("4=M", etapa 100) puede determinar una medición de la presión PT4 en el depósito 1.

Por ejemplo, cuando se pone en marcha M la bomba 4, la presión PT4 en el depósito 1 se determina solo mediante la medición de primera presión (PT3-» PT4) en el tubo de llenado 3 (paso 302) .

Por ejemplo, esta presión PT4 en el depósito 1 se puede considerar igual al valor de la primera presión PT3 medida por el sensor 13 en el conducto 3 en este momento  $PT3=PT4$ . Por supuesto, se puede utilizar un coeficiente

corrector predeterminado (K multiplicativo y/o C aditivo) para determinar la presión PT4 en el depósito 1 de la primera presión PT3 medida. Estos coeficientes pueden obtenerse mediante pruebas, los inventores determinaron que el coeficiente de corrección K multiplicativo adimensional puede encontrarse por ejemplo entre 0,8 y 1,2 ( $PT4=KPT3$ ) y que el coeficiente de corrección aditivo C en bar puede encontrarse, por ejemplo, entre -2 bares y +2 bares ( $PT4=PT3+C$ ).

Por supuesto, la presión PT4 en el depósito 1 puede determinarse por la medición de la primera presión PT3 en el tubo de llenado 3 (por ejemplo por medio del sensor 13 cuando todas las válvulas estén abiertas entre el sensor 13 y el depósito 1) antes de poner en marcha la bomba 4.

En este caso, preferiblemente, la medición ( $PT3=PT4$ ) se lleva a cabo en un momento, o un control de estabilidad de la presión es positivo (véase ejemplo anterior u otro procedimiento equivalente apropiado).

En caso de la determinación de la presión PT4 en el depósito 1 antes de poner en marcha la bomba ( $PT4 = PT3$ ), preferiblemente y por la seguridad, esta presión PT4 del depósito puede comprobarse de nuevo en el momento de o después de poner en marcha la bomba 4 (midiendo de nuevo la presión PT3 en el tubo 3 como antes).

El procedimiento puede comprender una prueba de flujo para determinar si el flujo proporcionado por la bomba 4 es suficiente y si la bomba 4 no cavita. Así, el procedimiento puede comprender una verificación de un flujo mínimo a la salida de la bomba 4 hacia el depósito (1), por ejemplo 30 litros por minuto y/o un aumento de la presión mínima a la salida de la bomba 4, tanto en el sensor de presión 113 del tubo 8 de derivación como en el primer sensor de presión 13, por ejemplo 6 bares y 1 bar, respectivamente (paso 303, figura 11 y figura 9). Si esta verificación es negativa, la bomba 4 se detiene automáticamente (N, vuelta a la etapa 300). Si esta condición es positiva "O", el proceso de llenado puede continuar.

El procedimiento entonces comprende una etapa de limitación 304 de la primera presión instantánea PT3 por debajo de un umbral de presión máximo PT3sup.

Esta etapa de limitación de la primera presión instantánea PT3 por debajo del umbral de presión máximo PT3sup se realiza preferiblemente durante un período de limitación determinado finito.

La limitación de la primera presión instantánea PT3 por debajo de un umbral de presión máximo PT3sup la lleva a cabo preferiblemente el operador mediante un control manual del flujo de fluido transferido a través del elemento de regulación del flujo 12 y/o mediante el control del diferencial de presión generado por la bomba 4.

Si la primera presión instantánea PT3 permanece por encima del umbral de presión máximo PT3sup al final del período de limitación determinado, el llenado se interrumpe AR automáticamente ("N" retorno a la etapa 300).

Sin embargo, si la primera presión instantánea PT3 está por debajo del umbral de presión máximo PT3sup al final del período de limitación determinado, el llenado continúa ("O", entonces, etapa 103 de control por debajo un umbral superior Pmax).

El período de limitación determinado se encuentra, por ejemplo, entre treinta y ciento ochenta segundos y, preferiblemente, es igual a noventa segundos.

El período de limitación puede variar, particularmente en función del flujo descargado en el depósito de almacenamiento. Si el flujo es elevado, la duración será inferior y viceversa.

5 Preferiblemente, durante esta etapa de limitación de la primera presión instantánea PT3, el procedimiento comprende una medición de la cantidad Q de fluido transferido desde la cisterna 2 hasta el depósito 1. Si esta cantidad de fluido Q trasvasado es superior a una cantidad umbral Qs antes de que termine el período de limitación determinado, la duración de dicho período de limitación previsto se reducirá, por ejemplo, se otorgará como máximo una duración de cinco segundos para terminar la etapa de limitación 304.

10 El umbral de presión máximo PT3sup se define en función del valor previamente determinado de la presión PT4 en el depósito 1 (antes, durante o después de la puesta en marcha de la bomba 4).

15 Los inventores han demostrado que esta determinación de la presión PT4 del depósito en estas condiciones de presión estabilizadas (antes, durante o después de la puesta en marcha de la bomba 4) permite obtener un valor fiable de esta presión. El valor de presión PT4 permite, así, definir según proceda un umbral de presión fiable que no se debe sobrepasar (véase más abajo) para esta primera presión PT3.

Por ejemplo, si el valor determinado de la presión PT4 en el depósito 1 es inferior o igual a un primer nivel determinado de entre tres y cinco bares, por ejemplo, igual a tres bares, el umbral de presión máximo PT3sup es preferiblemente un valor de presión fija predeterminada de entre 5 y 9 bares y, preferiblemente, igual a 7 bares.

20 Por ejemplo, si la presión PT4 determinada en el depósito 1 es de entre tres y cuatro bares, el umbral de presión máximo PT3sup en bar puede venir dado por la fórmula siguiente:

$$PT3sup=z.PT4+PA$$

donde z es un coeficiente predeterminado fijo y sin unidad entre cero y dos y, preferiblemente, igual a uno, y con un aumento de la presión fija PA en bar de entre cero y ocho bares y, preferiblemente, igual a cuatro bares.

25 Del mismo modo, si la presión PT4 determinada en el depósito 1 se encuentra entre 4 y 8,1 bares, el umbral de presión máximo PT3sup en bar puede venir dado por la fórmula siguiente:

$$PT3sup=z.PT4+PA$$

con un coeficiente predeterminado z fijo y sin unidad de entre 0,80 y 1 y, preferiblemente, igual a 0,98, y con un aumento de la presión fija PA de 30 bares de entre dos y cuatro bares y, preferiblemente, igual a cuatro bares.

30 Si la presión PT4 determinada en el depósito 1 se encuentra entre 8,1 y 19,5 bares, el umbral de presión máximo PT3sup en bar puede venir dado por la siguiente fórmula

$$PT3sup=z.PT4+PA$$

con un coeficiente predeterminado z fijo y sin unidad entre 1,00 y 1,50 y, preferiblemente, igual a 1,20, y con un aumento de la presión fija PA en bar de entre uno y cuatro bares y, preferiblemente, igual a 2,5 bares.

35 Si la presión PT4 determinada en el depósito 1 excede 19,5 bares y la variación de la primera presión PT3 es inferior a un cierto nivel de variación determinado de entre 0,005 y 0,020 bares por segundo y, preferentemente, inferior a 0,01 bar por segundo, el umbral de presión máximo PT3sup en bar viene dado por la siguiente fórmula:

$$PT3sup=z.PT4+PA$$

con un coeficiente predeterminado z fijo y sin unidad de entre 0,50 y 1,00 y, preferiblemente, igual a 0,80 y con un incremento de la presión fija PA en bar de entre 7 y 12 bares y, preferiblemente, igual a 9,3 bares.

40 Por el contrario, si la presión PT4 determinada en el depósito 1 excede 19,5 bares y la variación de la primera presión PT3 es superior al valor descrito anteriormente, el umbral de presión máximo PT3sup en bar puede ser un valor fijo determinado de entre 30 y 50 bares y, preferiblemente, igual a 37 bares.

Los inventores han demostrado que esta etapa de limitación preliminar de la primera presión PT3 permite una mejor detección ulterior de un exceso de presión peligroso durante el llenado que hace necesario parar el llenado.

45 Después de la etapa 304 de limitación positiva ("O"), el procedimiento puede continuar comparando la primera presión instantánea PT3 con un umbral superior Pmax, interrumpiendo el llenado en caso de exceder el umbral superior Pmax tal y como se describe en detalle de aquí en adelante con referencia a la figura 10 (etapas referenciadas 103, 104, 105 y 106, en particular).

Después de la estabilización de las condiciones de transferencia de líquido al depósito 1 y la limitación eventual

facultativa de la primera presión instantánea PT3, puede comenzar el llenado R efectivo del tanque 1 (véase la referencia 101, figura 10).

La etapa A de temporización (véase 102, figura 10) comienza preferiblemente con la puesta en marcha de la bomba 4 y tiene una duración finita.

- 5 Después de esta etapa de temporización facultativa, el sistema electrónico 16 puede configurarse para detener automáticamente AR el llenado R cuando la primera presión instantánea PT3 medida en el tubo de llenado 3 durante el llenado supere un umbral superior Pmax predeterminado (véanse las referencias 103 "O" y 104, figura 10).

Por el contrario, durante la etapa A de temporización, las variaciones de la primera presión PT3 en el tubo 3 de llenado por encima del umbral superior Pmax no interrumpen el llenado (referencia 102, figura 10).

- 10 Esta configuración permite detectar de manera eficaz y suficientemente temprano un desbordamiento del depósito 1, que podría provocar un exceso de presión en el depósito 1 durante el llenado, sin necesidad de costosos sistemas auxiliares de detección o comunicación. Los inventores han observado que esta configuración permite además evitar las detecciones falsas de llenado excesivo. Por otra parte, el operador no se ve obligado a realizar operaciones adicionales durante el llenado. Esta configuración también permite estabilizar las condiciones de llenado del depósito. Esto permite prolongar la vida útil del material, reduciendo las variaciones de presión nefastas.

Alternativamente (o de forma combinada), en lugar de interrumpir el llenado cuando la primera presión instantánea PT3 excede el umbral superior Pmax, se puede configurar el sistema electrónico 16 para controlar una media de las primeras presiones instantáneas PT3max medidas en el tubo de llenado 3. Es decir, que el dispositivo ordena la detención del llenado si esta media de las primeras presiones PT3 supera un umbral superior Pmax predeterminado.

- 20 Como se ilustra en las figuras 1 y 9, el dispositivo de llenado comprende preferiblemente un tubo de retorno 8 (o derivación) provisto de una válvula 5 de derivación. El tubo de derivación 8 comprende un primer extremo conectado al tubo de llenado 3 aguas abajo de la bomba 4 y un segundo extremo que desemboca en la cisterna 2 para reenviar selectivamente el líquido bombeado.

- 25 Como también se ilustra aquí, el dispositivo de llenado puede comprender un tubo de presurización 10 para presurizar selectivamente la cisterna 2. El tubo de presurización 10 puede comprender dos primeros extremos conectados al tubo de llenado 3 respectivamente aguas arriba y aguas abajo de la bomba 4 (véanse las figuras 1 y 2). El tubo de presurización 10 comprende un segundo extremo conectado al volumen de almacenamiento de la cisterna 2. El tubo de presurización 10 comprende un intercambiador de calor 11 para vaporizar selectivamente el líquido bombeado antes de su reintroducción en la cisterna 2.

- 30 Como se ilustra en la figura 1, el tubo de llenado 3 puede comprender una parte aguas arriba 20 integrada con la cisterna 2 y una parte aguas abajo 30. La parte aguas abajo 30 es preferiblemente flexible y comprende un primer extremo 14 conectado de manera desmontable a la parte aguas arriba 20 y un segundo extremo 15 aguas abajo conectado de manera desmontable a una entrada de llenado del depósito 1. El circuito de aguas abajo 40 del segundo extremo 15 de la parte de aguas abajo 30 puede comprender una válvula antirretorno 119 para evitar que el fluido regrese desde el depósito 1 al tubo de llenado 3. El circuito 40 puede comprender también dos conductos 21, 22 conectados respectivamente a las partes alta y baja del depósito 1 mediante sus válvulas respectivas 121, 122. El depósito 1 es, por ejemplo, un depósito criogénico aislado al vacío.

- 40 Como se ilustra en la figura 1, el depósito 1 comprende además preferiblemente un sistema de medición de la presión en la parte inferior 25 y un sistema de medición de la presión superior 24 (o un sistema de medición de la diferencial de presión entre la parte superior e inferior del depósito 1).

La figura 2 ilustra otro ejemplo más detallado de una arquitectura de dispositivo de llenado correspondiente, en particular, a la parte aguas arriba 20 del tubo de llenado de la figura 1.

- 45 El tubo de llenado 3 está conectado a la parte inferior de la cisterna 2 y puede comprender, desde la parte aguas arriba hasta la parte aguas abajo (es decir, desde la cisterna 2 hacia el extremo conectable a una manguera), una primera válvula 111 y una segunda válvula 107 dispuestas en serie aguas arriba de la bomba de 4. Como se ilustra aquí, puede haber una válvula de seguridad 207 y un filtro 26 aguas arriba de la bomba 4. Aguas abajo de la bomba 4, el tubo de llenado 3 comprende la válvula 12 de apertura variable.

- 50 Como se muestra aquí, entre la bomba 4 y la válvula de apertura variable 12, el tubo de llenado 3 puede comprender al menos uno de los siguientes elementos: un sensor de temperatura 27 y un elemento de medición del flujo 9 como, por ejemplo, un flujómetro. Aguas abajo de la válvula de apertura variable 12, el tubo comprende, preferiblemente, el primer sensor de presión 13 mencionado anteriormente. El tubo de llenado 3 también puede comprender, aguas abajo del primer sensor de presión 13, un tubo de purga 60 provisto de al menos una válvula controlada 6 para la descarga del líquido hacia una zona de descarga 18.

- 55 Puede proporcionarse un tubo de derivación 28 para presurizar la cisterna a través de la bomba 4. Este tubo de derivación 28 comprende un extremo aguas arriba conectado aguas abajo de la bomba 4 y un extremo aguas abajo

## ES 2 617 740 T3

- 5 conectado a la cisterna 2. El tubo de derivación 28 comprende, por ejemplo, dos válvulas de derivación de la bomba 128, 228 dispuestas en serie. Como en el ejemplo de las figuras 1 y 9, el dispositivo comprende un tubo de presurización 10 para la presurización selectiva de la cisterna 2. El tubo de presurización 10 comprende un primer extremo conectado entre las dos válvulas de derivación de la bomba 128, 228 y un extremo aguas abajo conectado a la cisterna 2.
- Como se muestra aquí, el extremo aguas abajo del tubo 10 de presurización también se puede conectar a una línea de evacuación 17 que comprende una válvula de evacuación 310 y una válvula 410.
- 10 Al igual que antes, se proporciona un tubo de derivación 8 para reenviar de forma selectiva el líquido bombeado a la cisterna 2. El tubo de derivación 8 tiene un extremo aguas arriba conectado al tubo de llenado 3, aguas abajo de la bomba 4 (por ejemplo, entre el sensor de temperatura 27 y el flujómetro 9 facultativo). El tubo de derivación 8 tiene un extremo aguas abajo conectado a la cisterna 2.
- El tubo de derivación 8 comprende al menos una válvula de derivación 5 y, en el ejemplo mostrado, dos válvulas de derivación 5, 55 dispuestas en paralelo, una de ellas - la 55 - preferiblemente controlada.
- 15 El tubo de derivación 8 puede comprender un sensor 113 de presión PT2 aguas arriba de las válvulas de derivación 5, 55. Este sensor 113 mide una segunda presión PT2 en el tubo de llenado 3 aguas arriba de la válvula de apertura variable 12. El tubo de derivación 8 comprende en su caso otro sensor 29 de presión PT50 dispuesto aguas abajo de las válvulas de derivación 5, 55.
- 20 Aguas abajo de la primera válvula 111, el circuito puede comprender un tubo 211 para el llenado de la cisterna 2 paralelo al tubo de llenado 3. Este tubo 211 comprende, desde la parte aguas arriba a la parte aguas abajo, una primera válvula de seguridad 411, una válvula 311, una segunda válvula de seguridad 511 y un extremo 611 conectable a una aplicación. Este tubo 211 puede conectarse al tubo de derivación 8, aguas abajo de las válvulas de derivación 5, 55 mediante un ramal 31.
- 25 Preferiblemente, el proceso de llenado de un depósito 1 es al menos en parte manual y, en particular, un operador puede controlar manualmente la válvula de apertura variable 12. Por supuesto, algunas de estas acciones o todas ellas pueden estar automatizadas, incluyendo en particular el uso de elementos controlados adecuados (concretamente, válvulas controladas).
- Preferiblemente, si el dispositivo utiliza una bomba 4 y sin que ello sea limitativo, la bomba 4 será una bomba que permita descargar un flujo controlado por un convertidor de frecuencia, en particular, una bomba de tipo centrífugo. Por supuesto, cualquier otro tipo de bomba será también adecuado.
- 30 Antes de iniciar el llenado, si el modelo de bomba 4 lo requiere, la bomba 4 se enfriará primero y se estabilizará durante un intervalo de tiempo determinado. Para ello, el operador puede reenviar el líquido bombeado a la cisterna 2 a través del tubo de derivación 8 (por ejemplo, abriendo la válvula de derivación 5 y manteniendo cerrada la válvula de apertura variable 12).
- 35 Una vez que las condiciones de funcionamiento de la bomba 4 se estabilicen (para limitar la intensidad de la bomba), por ejemplo en términos de temperatura de la bomba 4 y/o presión aguas abajo de la bomba 4 y/o en términos del flujo suministrado por la bomba 4, el operador puede cerrar gradualmente la válvula de derivación 5 e iniciar el llenado efectivo del depósito abriendo la válvula de apertura variable 12.
- 40 Durante el llenado, la primera presión instantánea PT3 en la línea de llenado 3 se puede medir después aguas abajo de la válvula de apertura variable 12 mediante el primer sensor 13. Las variaciones de esta primera presión PT3 medida reproducen las variaciones de presión en el depósito 1 durante el llenado.
- De acuerdo con una característica ventajosa ya mencionada anteriormente, al final de la etapa de temporización A, se definen los aumentos anormales de esta presión PT3 y, cuando se detectan, provocan la parada automática del llenado.
- 45 Los ejemplos que se describen a continuación y, concretamente, los valores numéricos, son indicativos y pueden adaptarse, según proceda, en función del rendimiento del sistema de llenado y de los tipos de depósito en cuestión.
- La etapa de temporización A, por ejemplo, tiene una duración de entre cinco y ciento ochenta segundos y, preferiblemente, de entre diez y noventa segundos y, aún más preferiblemente, de entre treinta y sesenta segundos. La duración de esta etapa de temporización A se selecciona preferiblemente en función de las especificaciones técnicas de la bomba 4 y los procedimientos necesarios para pilotarla.
- 50 Al final de la etapa de temporización A, se puede detectar un aumento anormal de la primera presión PT3 supervisando la primera presión instantánea PT3.
- Así, por ejemplo, después de la etapa de temporización A, el dispositivo puede determinar una primera presión instantánea de referencia PT3ref en el tubo de llenado 3. El umbral superior Pmax puede definirse como la suma de la primera presión instantánea de referencia PT3ref medida y de un salto de presión determinado Po. Es decir, que

el umbral superior  $P_{max}$  (en bar) que provoca la parada del llenado viene dado por la fórmula:

$$P_{max}=PT3_{ref}+P_o.$$

5 La determinación de la primera presión instantánea de referencia  $PT3_{ref}$  puede comprender al menos una medición de la primera presión instantánea  $PT3$  en el tubo 3 en un intervalo de tiempo de entre cero y diez segundos hacia el final de la etapa de temporización A. Esta primera presión instantánea de referencia  $PT3_{ref}$  puede ser un valor puntual, un valor máximo o un valor mínimo medido por el sensor 13 a partir de al menos una medición o de una media de varias mediciones.

10 El valor del salto de presión  $P_o$  puede ser a este respecto un valor (en bar) fijo en bar de entre 0,1 bar y 2 bares y, preferiblemente, de entre 0,3 y 1 bar y, más preferiblemente, de entre 0,4 y 0,6 bares. Por ejemplo, preferiblemente, el valor del salto de presión  $P_o$  y la duración de la etapa de temporización son ajustables en función de las características del dispositivo de llenado (tipo de bomba, tipo de circuito, tipo de depósito, etc.). Preferiblemente, el valor del salto de presión es una función del valor de la primera presión instantánea de referencia  $PT3_{ref}$ .

15 Este salto de presión  $P_o$  se define en función de las características del dispositivo de llenado. Así, por ejemplo, si después de la etapa de temporización A el dispositivo se estabiliza y la primera presión  $PT3$  aguas abajo de la válvula de apertura variable 12 alcanza 9,5 bares y el salto de presión es de 0,5 bares, entonces

$$PT3_{max}= 9,5 \text{ bares y } P_{max}=PT3_{ref}+P_o= 9,5+0,5=10 \text{ bares.}$$

Así, durante el llenado, si la primera presión  $PT3$  medida por el primer sensor 13 alcanza o excede continuamente el umbral superior  $P_{max}$  de 10 bares, el dispositivo interrumpirá automáticamente el llenado.

Por supuesto, la invención no está limitada al ejemplo descrito anteriormente.

20 Así, en lugar (o además) de controlar la primera presión instantánea  $PT3$  aguas abajo de la válvula de apertura variable 12, el dispositivo puede controlar una media  $mPT3_{ref}$  de las primeras presiones instantáneas máximas  $PT3_{ref}$  medidas por el sensor 13. Es decir, el dispositivo calcula una media  $mPT3_{ref}$  de varias primeras presiones instantáneas máximas  $PT3$  medidas. En este caso, el umbral superior  $P_{max}$  se define por la suma de la media de las primeras presiones instantáneas máximas ( $mPT3_{ref}$ ) y de un salto de presión determinado ( $P_o$ ):  
25  $P_{max}=mPT3_{ref}+P_o.$

Así, al final de la etapa de temporización A, si la primera presión instantánea  $PT3$  y/o la media superan este umbral superior, el llenado se interrumpe.

30 La media de la primera presión instantánea  $mPT3$  es, por ejemplo, la media de varias presiones instantáneas  $PT3$  medidas sucesivamente durante un intervalo de tiempo comprendido, por ejemplo, entre 0,1 y 10 segundos y, preferiblemente, entre 0,25 segundos y 1 segundo.

Por supuesto, el control de un exceso de presión puede utilizar otros parámetros resultantes de la primera presión  $PT3$  medida.

35 De acuerdo con una característica ventajosa, preferiblemente durante el llenado, si posteriormente la primera presión  $PT3$  medida (respectivamente, la media de la primera presión  $mPT3$ ) tuviera que reducirse quedando por debajo del valor de referencia  $PT3_{ref}$  medido (respectivamente,  $mPT3_{ref}$ ), este nuevo valor de referencia  $PT3_{refb}$  reemplazaría al valor de referencia anterior (véanse las etapas 105 y 106, figura 10). De esta manera, volvería a calcularse un nuevo umbral superior  $P_{max}$  actualizado  $P_{max}=PT3_{refb}+P_o$ . Este nuevo umbral superior, reducido con respecto al umbral superior anterior, se adapta así a una reducción de la primera presión  $PT3$  durante el llenado, sobre todo debido a las condiciones termodinámicas del llenado. En el caso contrario, si la primera presión  $PT3$  no se reduce ("N", referencia 105 a la figura 10), el umbral superior  $P_{max}$  queda sin cambios.  
40

Es decir, que la primera presión de referencia  $PT3_{ref}$  tomada es el valor mínimo más reciente medido.

Esta reducción del umbral superior  $P_{max}$  se puede actualizar tan frecuentemente como sea necesario.

Este cálculo del umbral superior  $P_{max}$ , el seguimiento para comprobar que no se sobrepasa el umbral superior  $P_{max}$  y la detención, si fuera necesario, del llenado, pueden llevarse a cabo

45 automáticamente gracias al sistema electrónico 16. De acuerdo con una variante alternativa no preferida, se podría considerar la posibilidad de informar sobre la superación del umbral superior  $P_{max}$  al operador, que deberá detener el llenado.

Por razones de seguridad, si la señal del primer sensor de presión 13 no está disponible, el sistema electrónico 16 ordena, preferiblemente, la parada automática del llenado.

50 Las figuras 3 a 8 ilustran de forma simplificada las formas de realización del dispositivo de llenado. Los elementos idénticos a los descritos anteriormente se designan mediante las mismas referencias numéricas. En particular, la

figura 3 represente el sistema electrónico 16 conectado al primer sensor de presión 13 y a la bomba 4. El sistema electrónico 16 también está conectado, en su caso, a una unidad de visualización 7, como una interfaz hombre-máquina, para informar de la totalidad o parte del estado de funcionamiento del dispositivo durante el llenado.

5 Para interrumpir el llenado, de acuerdo con una posible característica, puede interrumpirse el funcionamiento de la bomba 4. Es decir, que la consigna de pilotaje de la bomba 4 se reduce al mínimo y/o el motor de la bomba 4 pasa de un estado de encendido a un estado de apagado y/o un elemento de la bomba 4 accionado por un motor se desconecta del motor de la bomba 4 (ajuste de "inercia"). Si fuera necesario, el pilotaje de la bomba 4 se lleva a cabo mediante un convertidor de velocidad (no mostrado para mayor simplificación).

10 Según otra característica posible (alternativa o acumulativa), la parada del llenado puede llevarse a cabo mediante la reducción o la supresión del flujo de líquido en el tubo de llenado 3 aguas arriba de la bomba 4. Como se ilustra en la figura 4, esto se puede lograr mediante el cierre de una válvula 111 del tubo de llenado (por ejemplo, la primera válvula 111 o la segunda válvula 112 de la figura 2). Esta medición utilizada de forma complementaria a la parada de la bomba 4 permite aumentar la eficiencia de la parada del llenado, concretamente, reduciendo el efecto de inercia del sistema y, concretamente, la inercia de la bomba 4. De hecho, incluso tras detenerse, la bomba 4 puede  
15 continuar proporcionando líquido durante un cierto tiempo. Esta característica también permite reducir el impacto potencial de una vaporización de líquido criogénico presente en el circuito. También se pueden detener aguas arriba varios litros de líquido presentes en el circuito. De esta manera, la parada del llenado es más rápida y más eficiente para evitar un exceso de presión en el depósito 1.

20 Según otra característica posible (alternativa o acumulativa), la detención del llenado puede llevarse a cabo purgando al menos una parte del tubo de llenado 3 situada aguas abajo de la bomba 4 hacia una zona de descarga 18 distinta del depósito 1. Como se ilustra en la figura 5 (y en la figura 2), el dispositivo puede comprender para tal efecto, un tubo de purga 60 aguas abajo de la bomba 4 provisto de al menos una válvula 6 controlada por el sistema electrónico 16 para evacuar el líquido hacia una zona de descarga 18.

Así pues, esta característica permite drenar al menos el fluido criogénico del tubo de llenado 3 a la atmósfera.

25 Por razones de seguridad, esta operación de purga aguas abajo de la bomba 4 se lleva a cabo preferiblemente durante un período de purga limitado de entre, por ejemplo, dos y sesenta segundos, preferiblemente, de entre cinco y treinta segundos. La duración del periodo de purga puede ajustarse en función de las características de la válvula de purga (típicamente, el coeficiente de flujo Cv de la válvula) y las de la tubería a purgar (típicamente longitud y diámetro). Esto permite, en particular, limitar el riesgo de hipoxia para los operadores en función de la naturaleza del gas liberado. Esta purga permite vaciar al menos parcialmente, sobre todo, la parte 30 aguas abajo del tubo de llenado 3, en particular, la parte flexible. Según otra característica posible (alternativa o acumulativa), la detención del llenado puede llevarse a cabo activando una derivación que reenvía el líquido aguas abajo de la bomba 4 a la cisterna 2. Como se ilustra en la figura 6, esto se puede llevar a cabo abriendo la válvula de derivación 55 del tubo de derivación 8.

35 Esta solución también aumenta la eficiencia y la velocidad de la detención del llenado y evita que se vierta un fluido peligroso alrededor de la cisterna 2.

Como se muestra en la figura 6, si la válvula de apertura variable 12 es del tipo que impide el retorno del fluido aguas arriba, este fluido de retorno hacia la cisterna 2 no permite evacuar la fracción de fluido presente aguas abajo de esta la válvula 12.

40 Sin embargo, esta característica permite mejorar aún más la detención del aumento de presión en el depósito 1.

Preferiblemente, esta apertura de la válvula de derivación 5 del tubo de derivación 8 se lleva a cabo preferentemente durante un tiempo limitado de entre, por ejemplo, dos y sesenta segundos y, preferiblemente, de entre dos y treinta segundos. De esta manera, el dispositivo evita el riesgo de cavitación de la bomba 4 y el riesgo de retorno de fluido desde el depósito 1 a la cisterna 2 en caso de que la válvula de apertura variable 12 sufra una fuga.

45 Preferiblemente, después de una interrupción del llenado, el sistema electrónico 16 o la misma bomba 4 no permiten que se dicha bomba 4 se ponga en marcha hasta que haya transcurrido un período de espera determinado, preferiblemente, de entre un segundo y quince minutos.

50 A pesar de ser una estructura sencilla y de bajo costo, el dispositivo descrito anteriormente permite también detectar lo suficientemente rápido y de forma inadvertida una presión anormalmente elevada en el depósito 1 durante el llenado. El dispositivo también permite limitar esta presión anormalmente elevada, deteniendo eficazmente el llenado para evitar una ruptura del depósito 1.

Ahora vamos a describir un segundo ejemplo posible y facultativo de estabilización de las condiciones de funcionamiento de la bomba 4 durante su puesta en marcha (es decir, antes del control de llenado descrito anteriormente, en particular, en relación con la figura 10).

55 Como se ilustra en la figura 12, la puesta en marcha de la bomba 4 (referencia 100) puede comprender un pre-

- control del flujo efectivamente descargado por la bomba 4 en el depósito 1 durante un período de duración TQ determinado de pre-control del flujo (etapa 200, figura 12). Este pre-control de flujo comprende la determinación de una transferencia efectiva de líquido al depósito 1 por parte de la bomba 4 durante este período TQ de pre-control del flujo. La determinación de una transferencia efectiva de líquido al depósito 1 por parte de la bomba 4 puede consistir en la determinación de si el operador (o el dispositivo, en caso de estar este parcialmente automatizado) da comienzo a la transferencia efectiva de líquido al depósito 1. De hecho, antes de iniciar el llenado, la bomba 4 puede enfriarse y estabilizarse durante un intervalo de tiempo determinado durante el cual el líquido bombeado a la cisterna 2 se reenvía a la cisterna a través del tubo de derivación 8 (abriendo, por ejemplo, la válvula de derivación 5 y manteniendo cerrada la válvula de apertura variable 12).
- 5 Es decir, durante la puesta en marcha de la bomba 4, al menos una parte del líquido bombeado por la bomba 4 puede reenviarse primero, al menos predominantemente, hacia la cisterna 2 a través de un tubo de retorno 8. Luego, gradualmente, el líquido se descarga principalmente en el depósito 1, especialmente cuando la bomba 4 alcanza un funcionamiento estabilizado.
- 10 Según una característica ventajosa, el sistema electrónico 16 está diseñado para comparar la transferencia de líquido al depósito 1 con un umbral S determinado y, si la transferencia de líquido al depósito 1 no alcanza este umbral S durante el período de precontrol del flujo TQ, el sistema electrónico 16 interrumpe AR el funcionamiento de la bomba 4 (véanse las referencias 201 y 202, figura 12). Esta parada de la bomba 4 significa que la puesta en marcha no es satisfactoria para continuar con el proceso de arranque del llenado.
- 15 De hecho, los inventores se han percatado de que esta medida inicial permite evitar condiciones de funcionamiento que afecten al buen desarrollo del llenado ulterior y, concretamente, de la futura detección de una presión anormal que provoque la detención del llenado, tal como se ha descrito anteriormente.
- 20 La determinación de una transferencia de líquido al depósito 1 puede comprender por ejemplo una medición 9 del flujo Q de líquido instantáneo en el tubo de llenado 3 aguas abajo de la bomba 4 y aguas arriba del depósito 1 (véase la figura 8).
- 25 A tal efecto y según se muestra en las figuras 7 y 8, el tubo de llenado puede comprender un flujómetro 9 conectado al sistema electrónico 16. Por lo tanto, el sistema electrónico 16 puede comparar el flujo instantáneo Q de líquido medido con un umbral de flujo mínimo  $Q_{min}$  determinado y, cuando el flujo de líquido instantáneo Q medido no alcance el umbral mínimo de flujo  $Q_{min}$  durante el período TQ determinado de pre-control de flujo, una etapa de interrupción AR del funcionamiento de la bomba 4.
- 30 El umbral de flujo mínimo  $Q_{min}$  determinado se puede preseleccionar de entrada en función de las características técnicas del dispositivo de llenado (tipo de bomba, etc.). Este umbral de flujo mínimo  $Q_{min}$  es, por ejemplo, de entre uno y cincuenta litros por minuto y, preferiblemente, de entre diez y cuarenta litros por minuto o de entre tres y ocho litros por minuto, por ejemplo, cinco litros por minuto.
- 35 El período de duración determinada TQ de pre-control del flujo puede ser de entre veinte y doscientos cuarenta segundos y, preferiblemente, de entre treinta y ciento veinte segundos, por ejemplo, noventa segundos.
- Por supuesto, como alternativa o acumulativamente, la determinación de una transferencia de líquido al depósito 1 se puede hacer de forma diferente.
- 40 Por ejemplo, la determinación de la transferencia de un líquido al depósito 1 puede comprender una medición de la primera presión instantánea PT3 en el tubo de llenado 3 aguas abajo de la bomba 4 y aguas arriba del depósito 1, en particular aguas abajo de la válvula de apertura variable 12 a través del primer sensor de presión 13 descrito anteriormente.
- Esta presión instantánea PT3 puede compararse con un nivel de referencia predeterminado y, si esta medición de la primera presión instantánea PT3 en el tubo de llenado 3 no alcanza el nivel de referencia durante el período de duración determinado TQ de precontrol del flujo, la bomba 4 está parada.
- 45 Preferiblemente, sin embargo, la determinación de una transferencia de líquido al depósito 1 se lleva a cabo mediante el control de los cambios o diferenciales de presión. Por ejemplo, el dispositivo controla en tiempo real las presiones instantáneas PT3 y PT50 a nivel, respectivamente, del tubo de llenado 3 aguas abajo de la válvula de apertura variable 12 y a nivel del tubo de retorno 8.
- 50 Para ello, el dispositivo puede utilizar el sensor 29 de presión PT50 aguas arriba de las válvulas de derivación 5, 55 (véase la figura 2).
- Por ejemplo, un aumento de la primera presión PT3 por encima de un umbral determinado de forma simultánea a una reducción de la presión PT50 determinada en el tubo de derivación 8 se corresponden con una transferencia efectiva suficiente.
- Si esa transferencia efectiva suficiente no se completa durante el período de duración determinado TQ de precontrol

del flujo, la bomba 4 se detiene.

Si la transferencia de líquido al tanque 1 alcanza este umbral (flujo o presión o diferencial de presión determinado) durante el período de duración determinado TQ, el funcionamiento de la bomba 4 se mantiene y el llenado R entra en vigor ("O" y referencia 203, figura 12).

5 Además, preferiblemente, la primera presión instantánea PT3 en el tubo de llenado 3 se mide aguas abajo de la bomba 4 cuando la transferencia de líquido al depósito 1 alcanza el umbral S determinado (PT3(S), véase la referencia 204, figura 12). Este valor se puede almacenar en el sistema electrónico 16. Este valor se puede almacenar en el sistema electrónico 16.

10 También preferiblemente, el procedimiento comprende a continuación un precontrol adicional de la primera presión PT3 en el tubo de llenado.

Más específicamente, el procedimiento puede comprender a continuación una etapa de precontrol de la primera presión PT3 en el tubo de llenado 3 aguas abajo de la válvula de apertura variable 12 durante un período de duración determinado TP de precontrol de la presión.

15 Así, por ejemplo, si la primera presión PT3 medida por el primer sensor 13 en el tubo de llenado 3 aguas abajo de la bomba 4 excede un umbral de presión máximo PT3sup o está por debajo de un umbral de presión mínimo PT3min durante el período de duración determinado TP de precontrol de presión, el funcionamiento de la bomba 4 se interrumpe AR (véanse las referencias 205 y 206, figura 10).

20 Este precontrol de presión se proporciona preferiblemente para garantizar que la presión regulada en el tubo de llenado 3 aguas abajo de la bomba 4 se mantiene dentro de un cierto intervalo. Los inventores han determinado que dicha acción mejora el llenado y, en particular, la detección eventual ulterior de una supresión anormal como se ha descrito anteriormente.

25 - El umbral de presión máximo PT3sup en bar puede ser idéntico al descrito en el ejemplo de la figura 11. El valor determinado de la presión PT3=PT4 en el depósito 1 puede ser el valor de la primera presión PT3 tomada por ejemplo cuando la transferencia de líquido al depósito 1 alcance el umbral determinado en la etapa 204 descrita anteriormente.

Preferiblemente, el umbral de presión mínimo PT3min es un valor fijo predeterminado, eventualmente ajustable, de entre por ejemplo dos y diez bares y, preferiblemente, de entre cuatro y diez bares, concretamente, de cinco bares.

El período de duración determinado TP de precontrol de la presión es de, por ejemplo, cinco y ciento ochenta segundos y, preferiblemente, de entre diez y treinta segundos, por ejemplo, quince segundos.

30 Cuando esta primera presión PT3 medida permanece por debajo del umbral de presión máximo PT3sup y es superior al umbral de presión mínimo PT3min durante el período de duración determinado TP de precontrol de presión, el funcionamiento de la bomba 4 se mantiene y continúa el llenado del depósito 1.

35 El procedimiento puede incluir a continuación un control del llenado como se ha descrito anteriormente con referencia en particular a la figura 10. Así, la figura 12 reproduce a título de ejemplo las etapas 103, 104, 105 y 106 de la figura 9. En aras de la concisión, no se volverá a describir este proceso de nuevo.

40 De acuerdo con una característica ventajosa preferida, pero no limitativa, el umbral superior predeterminado Pmax utilizado para interrumpir, si fuera necesario, el llenado mencionado anteriormente se calcula o define al final del período de duración determinado TP de precontrol de presión. Es decir, la medición o las mediciones de la primera presión PT3 utilizadas para definir la primera presión de referencia PT3ref (o una media de estas presiones mPT3ref) se llevan a cabo al final del período de duración determinado TP de precontrol de presión (en caso de que la bomba 4 no se haya detenido).

Es decir, que la temporización A mencionada anteriormente puede incluir los controles descritos con referencia a la figura 12.

45 Estos procesos permiten regular la presión en el tubo de llenado 3 aguas abajo de la bomba 4 a valores próximos a los de la presión PT4 existente en el tanque 1 y para un funcionamiento óptimo de la bomba 4. Además, el llenado llevado a cabo a estos niveles de presión permite detectar mejor al nivel del tubo de llenado 3 los excesos de presión posibles en el depósito 1 que requieran la detención del llenado. Detectar mejor estos excesos de presión significa, concretamente, detectar con antelación y de forma más precisa los posibles excesos de presión en el depósito 1 solamente. En particular, el proceso descrito con referencia a la figura 12 permite reducir el diferencial de presión entre el tubo de llenado 3 aguas abajo de la bomba 4 y el interior del depósito 1.

50 Además, el valor de la primera presión de referencia PT3ref originalmente utilizado para calcular el primer umbral superior Pmax es, por ejemplo, el valor de la primera presión PT3 medida en el extremo o al final de una etapa de limitación positiva 304 del proceso de la figura 11.



Alternativamente, el valor de la primera presión de referencia PT3ref originalmente utilizado para calcular el primer umbral superior Pmax es, por ejemplo, el valor de la primera presión PT3 medida en el tubo 3 en un intervalo de tiempo de entre cero y 180s segundos después de la puesta en marcha de la bomba 4.

5 Alternativamente, esta primera presión de referencia PT3ref se mide en un intervalo de tiempo determinado de entre cero y 180s segundos después de la puesta en marcha de la transferencia efectiva de un flujo de líquido al depósito 1. Como antes, la primera presión instantánea de referencia PT3ref es el valor medido durante al menos una medición de presión o una media de dicha medición de presión.

10 Preferiblemente, durante todo el proceso de llenado (desde la puesta en marcha 100 de la bomba 4) y después de que el elemento de regulación del flujo 12 pase de su posición cerrada a su posición abierta, en caso de detección de una caída de la primera presión instantánea PT3 en el tubo de llenado 3 a una velocidad de al menos un bar por segundo, la bomba 4 se detiene automáticamente (referencia 400, figura 11).

Esta medida de seguridad permite detectar una caída de presión sinónimo de una abertura inusualmente tardía de las válvulas del depósito 1.

15 Es decir, esta caída de la primera presión PT3 tiene lugar durante el llenado, es decir, antes de que el depósito 1 quede aislado del tubo de llenado 3 y de que las mediciones y cálculos precedentes, concretamente la determinación de la presión PT4 en el depósito, resulten erróneos.

## REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de llenado de un depósito (1) de gas licuado, en particular, un depósito de líquido criogénico, a partir de un dispositivo de llenado que comprende una cisterna (2) de gas licuado, en particular, una cisterna (2) de líquido criogénico, dicha cisterna (2) está conectada fluidicamente al depósito (1) a través de un tubo de llenado (3), el dispositivo de llenado comprende el uso de un elemento de generación de un diferencial de presión (4) para transferir el líquido desde la cisterna (2) al depósito (1) a una presión determinada, el elemento de generación de un diferencial de presión (4) puede pasar de un estado de funcionamiento (M) a un estado de parada (AR), el tubo de llenado (3) comprende un elemento de regulación del flujo de líquido (12) dispuesto aguas abajo del elemento de generación de un diferencial de presión (4), el elemento de regulación del flujo (12) puede pasar de una posición cerrada en la que el flujo de líquido se interrumpe a al menos una posición abierta en la que el flujo de líquido se transfiere al depósito (1) a un flujo determinado, este procedimiento comprende la medición de una primera presión instantánea (PT3) en el tubo de llenado (3) aguas abajo del elemento de regulación del flujo (12), el procedimiento comprende una etapa de determinación de la presión (PT4) en el depósito (1) a través de una primera medición de la presión en el tubo de llenado (3), mientras que el tubo de llenado (3) se comunica fluidicamente con el interior del depósito (1), es decir, que el tubo (3) está abierto entre el punto de medición de la primera presión (PT3) y el interior del depósito, esta presión (PT4) en el depósito (1) es igual al valor de la primera presión (PT3) medida en el conducto de llenado (3) ( $PT3=PT4$ ), el procedimiento comprende una etapa de conmutación del elemento de regulación del flujo (12) en posición abierta para transferir el fluido de la cisterna al depósito (1) y se caracteriza por el hecho de que la etapa de determinación de la presión (PT4) en el depósito (1) mediante una medición de la primera presión en el tubo de llenado se lleva a cabo después de que se satisfaga al menos una de las condiciones siguientes:
- (i) la primera presión instantánea (PT3) medida en el tubo (3) es superior a una presión predeterminada, preferiblemente, de entre 15 y 25 bares,
- (ii) la variación de la primera presión instantánea (PT3) medida durante al menos un intervalo de tiempo determinado es inferior a un nivel de variación determinado correspondiente a una variación de entre 0,005 y 0,020 bares por segundo y, preferiblemente, de 0,01 bar por segundo, el procedimiento comprende, tras la determinación de la presión (PT4) en el depósito una etapa de limitación de la primera presión instantánea (PT3) por debajo de un umbral de presión máximo (PT3sup), la etapa de limitación de la primera presión instantánea (PT3) por debajo de un umbral de presión máximo (PT3sup) se realiza cuando el elemento de regulación del flujo (12) se encuentra en posición abierta, la etapa de limitación de la primera presión instantánea (PT3) por debajo de un umbral de presión máximo (PT3sup) que comprende al menos una de las siguientes acciones: una regulación manual o automática del flujo de fluido transferido a través del elemento de regulación del flujo (12), una regulación manual o automática del diferencial de presión generado por el elemento de generación de un diferencial de presión (4), la etapa de limitación de la primera presión instantánea (PT3) por debajo de un umbral de presión máximo (PT3sup) se lleva a cabo durante un período de limitación determinado finito de entre quince y ciento ochenta segundos y, cuando la primera presión instantánea (PT3) sigue siendo superior al umbral de presión máximo (PT3sup) al final del período de limitación determinado, el llenado se interrumpe (AR) de forma automática, el umbral de presión máximo se define en función del valor determinado de la presión (PT4) en el depósito (1): y excede el valor determinado de la presión (PT4) en el depósito de dos a veinte bares y, preferiblemente, de dos a nueve bares, y cuando el valor determinado de la presión (PT4) en el depósito (1) es inferior o igual a un primer nivel determinado de entre tres y cinco bares, el umbral de presión máximo es un valor de presión fija predeterminado de entre cinco y diez bares y, preferiblemente, igual de entre 6 y 9 bares.
2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que la etapa de determinación de la presión (PT4) en el depósito (1) mediante una medición de la primera presión en el tubo de llenado se lleva a cabo antes de la puesta en marcha (M) del elemento de generación de un diferencial de presión (4).
3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que la etapa de determinación de la presión (PT4) en el depósito (1) mediante una medición de la primera presión en el tubo de llenado se lleva a cabo durante o después de la puesta en marcha (M) del elemento de generación de un diferencial de presión (4).
4. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que, si la presión (PT4) determinada en el depósito se encuentra entre el primer nivel y un segundo nivel, y el segundo nivel supera al primer nivel entre uno y tres bares y si, preferiblemente, si es igual a 4 bares, el umbral de presión máximo (PT3sup) en bar viene dado por la fórmula siguiente:  $PT3sup \sim z \cdot PT4 + PA$ , con un coeficiente predeterminado z fijo y sin unidad de entre 1,5 y 3 y, preferiblemente, igual a dos, y con un aumento de la presión fija PA en bar de entre cero y dos bares y, preferiblemente, igual a cero.
5. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 4 caracterizado por que, si la presión (PT4) determinada en el depósito se encuentra entre el segundo nivel y un tercer nivel, y el tercer nivel supera al segundo nivel entre cuatro y diez bares y si, preferiblemente, es igual a 8 bares, el umbral de presión máximo (PT3sup) en bar viene dado por la fórmula siguiente:  $PT3sup = z \cdot PT4 + PA$  con un coeficiente predeterminado z fijo y sin unidad de entre 0,80 y 1 y, preferiblemente, igual a 0,98, y con un aumento de la presión fija PA en bar de entre dos y cuatro bares y, preferiblemente, igual a cuatro bares.

## ES 2 617 740 T3

6. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por que la duración de la etapa de limitación determinada es de entre treinta y noventa segundos y, preferiblemente, igual a sesenta segundos.
7. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado por que la puesta en marcha del elemento de generación de un diferencial de presión (4) va precedida de un control de estabilidad de la primera presión instantánea (PT3) en el tubo de llenado (3), el control de estabilidad de la presión es positivo si se cumplen al menos una de las siguientes condiciones:
- (i) la primera presión instantánea (PT3) medida en el tubo (3) es superior a una presión predeterminada, preferiblemente, de entre 15 y 25 bares,
- (ii) la variación de la primera presión instantánea (PT3) medida durante al menos un intervalo de tiempo determinado es inferior a un nivel de variación determinado correspondiente a una variación de entre 0,005 y 0,020 bares por segundo y, preferiblemente, de 0,01 bar por segundo,
- y en el que la puesta en marcha del elemento de generación de un diferencial de presión (4) es posible solamente tras un control de estabilidad positivo de la primera presión instantánea (PT3).
8. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7 caracterizado por que tras la puesta en marcha (M) del elemento de generación de un diferencial de presión (4) y el paso del elemento de regulación del flujo (12) de una posición cerrada a una posición abierta, en caso de detección de una caída de la primera presión instantánea (PT3) en el tubo de llenado (3) a una velocidad de al menos un bar por segundo, el elemento de generación de un diferencial de presión (4) se desconecta automáticamente.
9. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado por que comprende una puesta en marcha (M) del elemento de generación de un diferencial de presión (4) y el funcionamiento del elemento de generación de un diferencial de presión (4) se interrumpe (AR) de forma automática en respuesta a al menos una de las siguientes situaciones:
- La variación de la primera presión (PT3) en el tubo de llenado (3) durante un período de duración determinado (T) antes de la transferencia efectiva de un flujo de líquido al depósito (1) es superior a una variación (V) determinada ( $APT3 > V$ ),
  - Se detecta una variación determinada en el flujo (Q) y/o una variación determinada de la primera presión (PT3) en el tubo (3) aguas abajo del elemento de generación de un diferencial de presión (4), cuando el elemento de generación de un diferencial de presión (4) no está en marcha,
  - Después de un período de duración determinado tras la puesta en marcha del elemento de generación de un diferencial de presión (4), la variación de la primera presión instantánea (PT3) en el tubo (3) se mantiene por debajo de un nivel determinado,
  - Después de un período de duración fijo después de la puesta en marcha del elemento de generación de un diferencial de presión (4), se ha transferido una cantidad determinada de fluido al depósito (1) y la primera presión instantánea (PT3) en el tubo (3) permanece por encima del umbral de presión máximo (PT3sup),
  - El diferencial (PT2-PT3) entre, por un lado, una segunda presión instantánea (PT2) medida a la salida del elemento de generación de un diferencial de presión (4) aguas arriba del elemento de regulación del flujo (12), y, por el otro, la primera presión instantánea (PT3) medida en el tubo aguas abajo del elemento de regulación del flujo (12) es inferior a un diferencial mínimo, preferiblemente, de entre 0,5 bares y 2 bares,
  - El flujo de fluido desde la cisterna (2) al depósito (1) permanece por debajo de un nivel determinado.
10. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9; caracterizado por que, después de la etapa de limitación de la primera presión instantánea (PT3) por debajo del umbral de presión máximo (PT3sup), y durante la transferencia de líquido al depósito (1), el procedimiento comprende una comparación de la primera presión instantánea (PT3) en el tubo de llenado (3) o una media (mPT3) de esta primera presión instantánea con un umbral superior (Pmax) determinado y, si la primera presión instantánea (PT3) en el tubo de llenado (3) o, respectivamente, la media de la primera presión instantánea (PT3) exceden el umbral superior (Pmax), una etapa de interrupción (AR) del llenado (R), definiéndose el umbral superior (Pmax) por la suma, por un lado, de un valor de dicha primera presión instantánea de referencia (PT3ref) medida en el tubo de llenado (3) al final de la etapa de limitación o, respectivamente, de una media de varios valores medidos de la primera presión instantánea de referencia (mPT3ref) medida en el tubo de llenado (3) al final de la etapa de limitación (dicha "media de referencia mPT3ref") y, por otra parte, un salto de presión (Po) determinado de entre 0,2 y 2 bares: ( $P_{max} = PT3_{ref} + P_o$ , respectivamente  $P_{max} = mPT3_{ref} + P_o$ ).
11. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 10, caracterizado por que el valor del salto de presión (Po) es una función del valor de la primera presión instantánea de referencia (PT3ref), o respectivamente de la

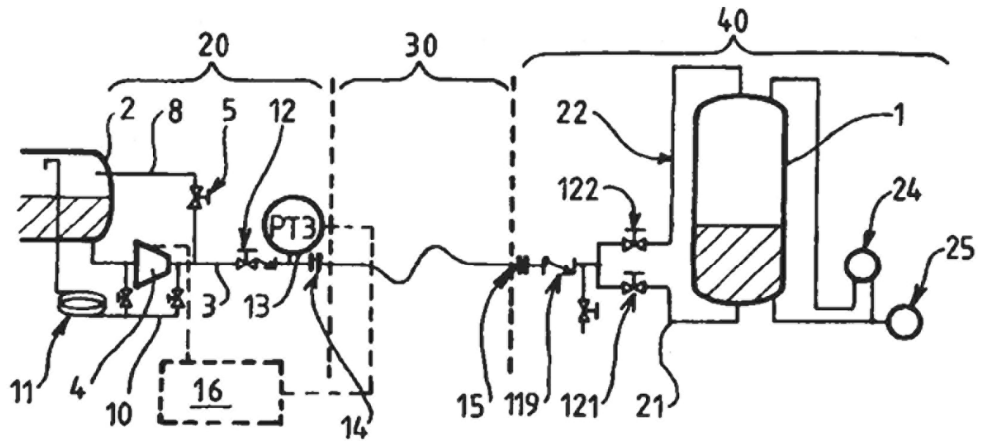
media de referencia  $mPT3_{ref}$ , y si la primera presión instantánea de referencia ( $PT3_{ref}$ ) o, respectivamente, la media de referencia  $mPT3_{ref}$ , es inferior o igual a un valor de entre 6 y 9 bares, el salto de presión es de entre 0,1 y 0,9 bares y, preferiblemente, de entre 0,3 y 0,7 bares.

5 12. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 11, caracterizado por que si la primera presión instantánea de referencia ( $PT3_{ref}$ ) o, respectivamente, la media de referencia  $mPT3_{ref}$ , es superior a un valor determinado de entre 6 y 9 bares, e inferior a un valor determinado de entre 15 y 25 bares y, preferiblemente, de entre 18 y 22 bares, el salto de presión es de entre 0,8 y 1,4 bares y, preferiblemente, de entre 0,9 y 1,2 bares.

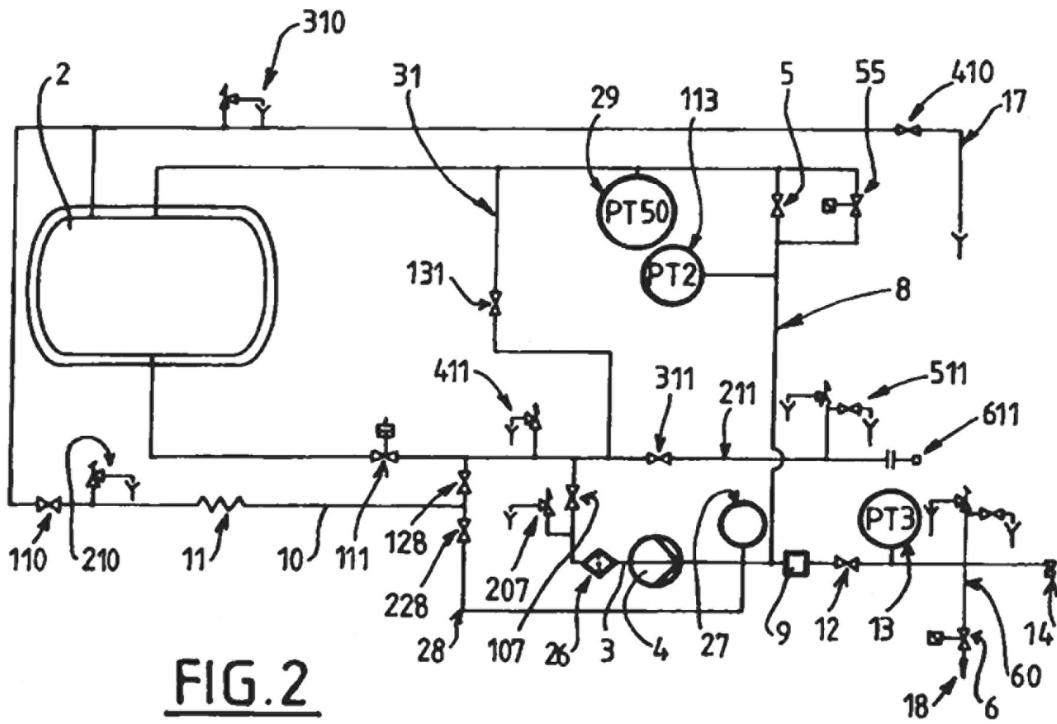
10 13. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 11 o 12, caracterizado por que si la primera presión instantánea de referencia ( $PT3_{ref}$ ) o, respectivamente, la media de referencia  $mPT3_{ref}$ , es superior a un valor predeterminado de entre 15 y 25 bares y, preferiblemente, de entre 18 y 22 bares, el salto de presión es de entre 1,2 y 3 bares y, preferiblemente, de entre 1,2 y 2 bares.

15 14. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 10 a 13, caracterizado por que, durante el llenado y después de la determinación de la primera presión de referencia ( $PT3_{ref}$ ) o de una media de referencia ( $mPT3$ ), se mide la primera presión instantánea ( $PT3$ ) en el tubo (3) periódicamente y, si la primera presión instantánea ( $PT3$ ) medida en el tubo (3), respectivamente su media ( $mPT3$ ), cae por debajo de la primera presión instantánea de referencia ( $PT3_{ref}$ ), respectivamente inferior a la media de referencia ( $mPT3$ ), previamente tomada, se toma una nueva presión instantánea de referencia ( $PT3_{refb}$ ), respectivamente, una nueva media de referencia ( $mPT3_{refb}$ ), para establecer un nuevo umbral superior ( $P_{max}=PT3_{refb}+P_o$ ), respectivamente,  $P_{max}=mPT3_{refb}+P_o$ .

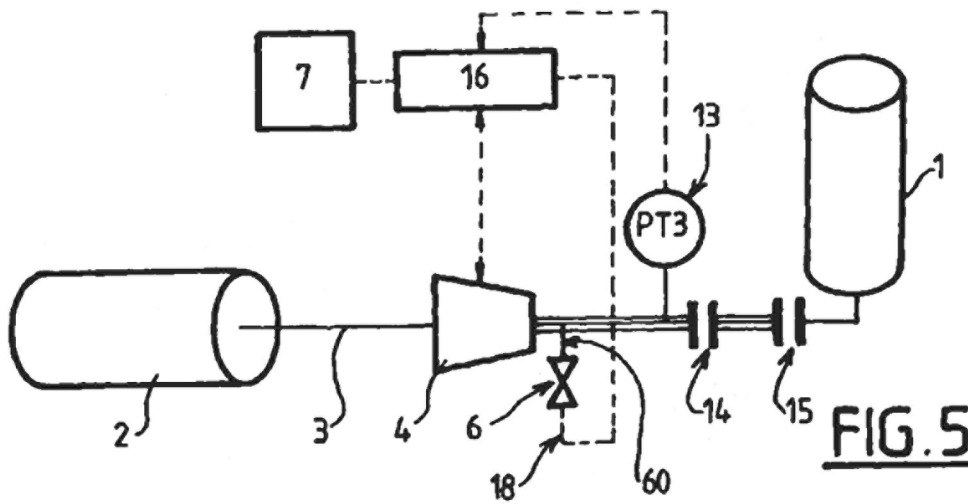
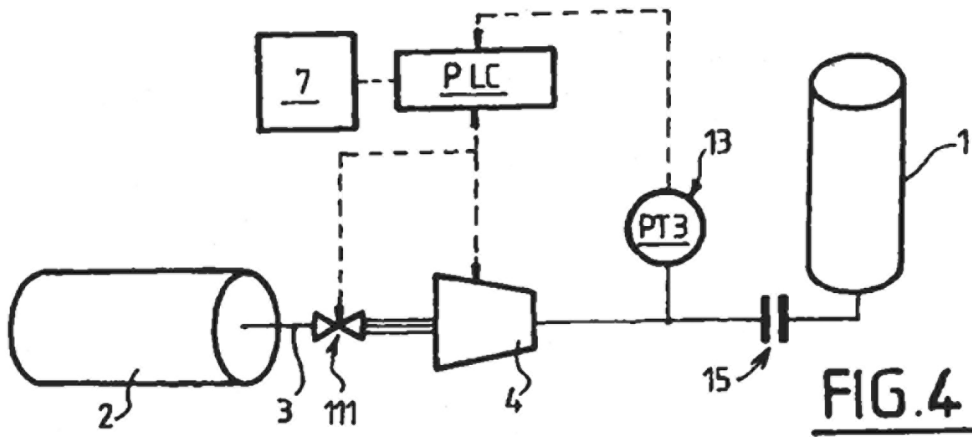
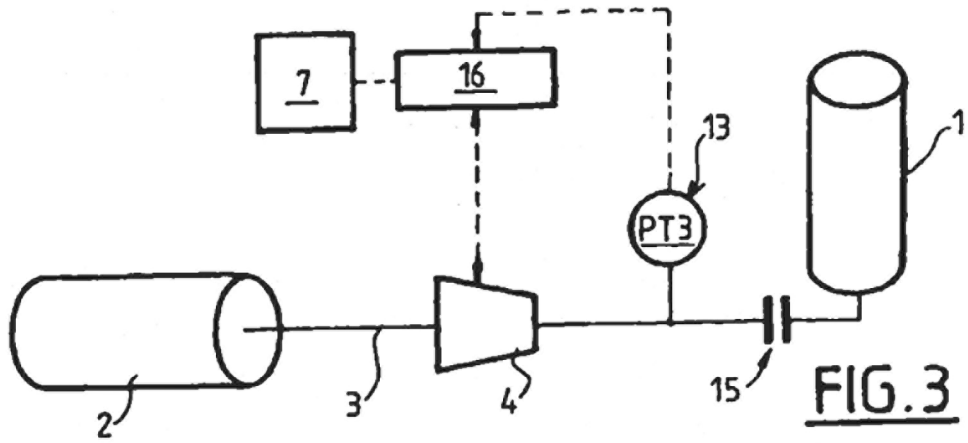
20

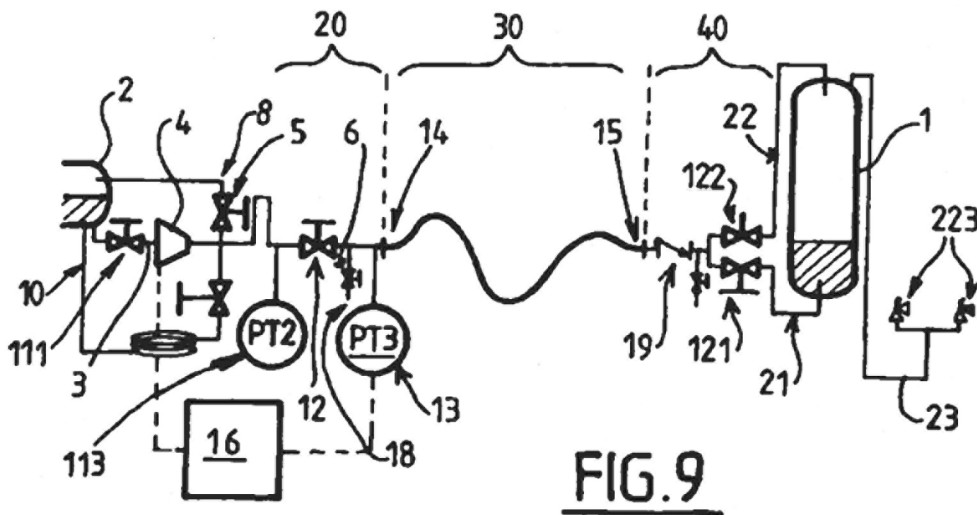
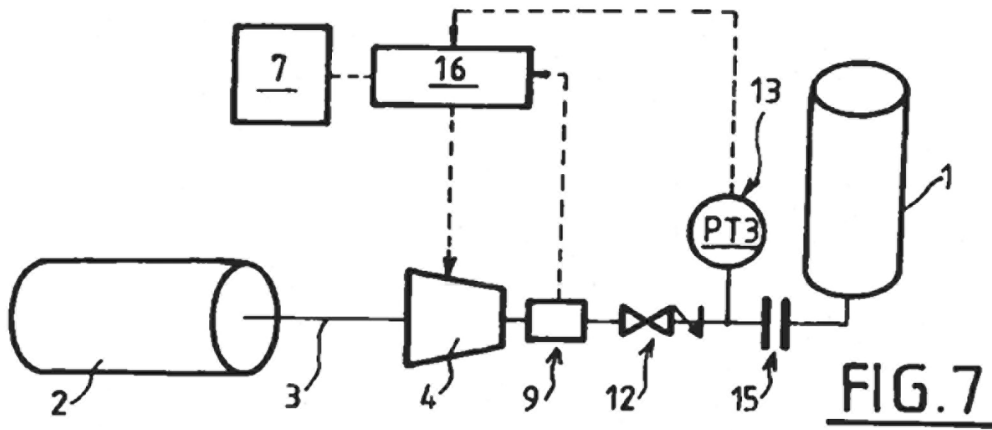
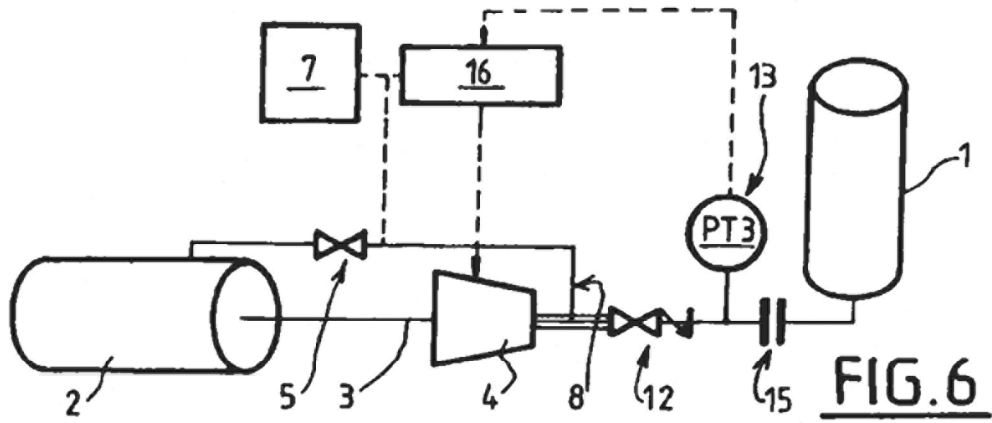


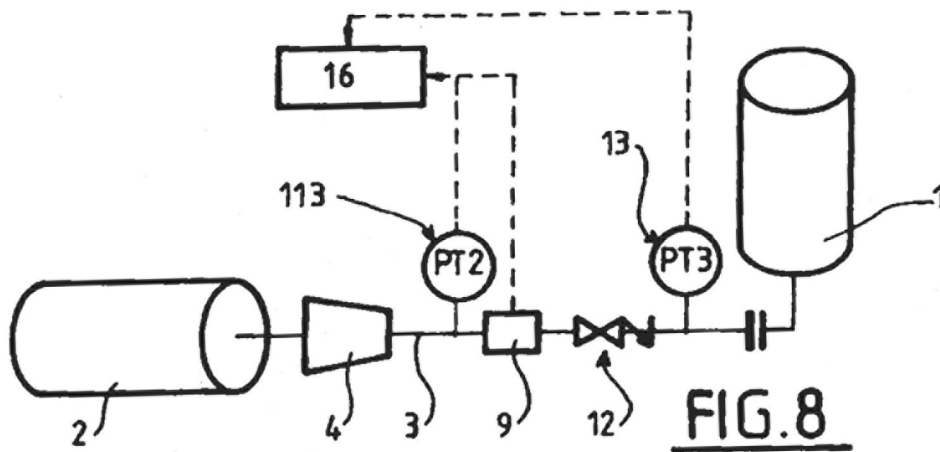
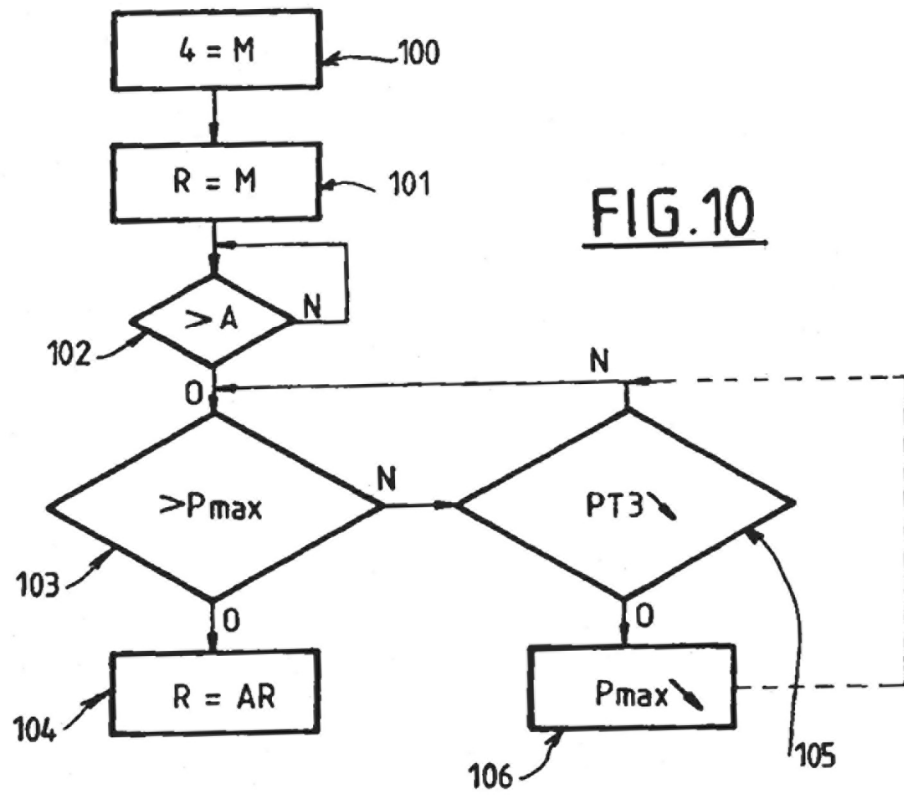
**FIG. 1**



**FIG. 2**









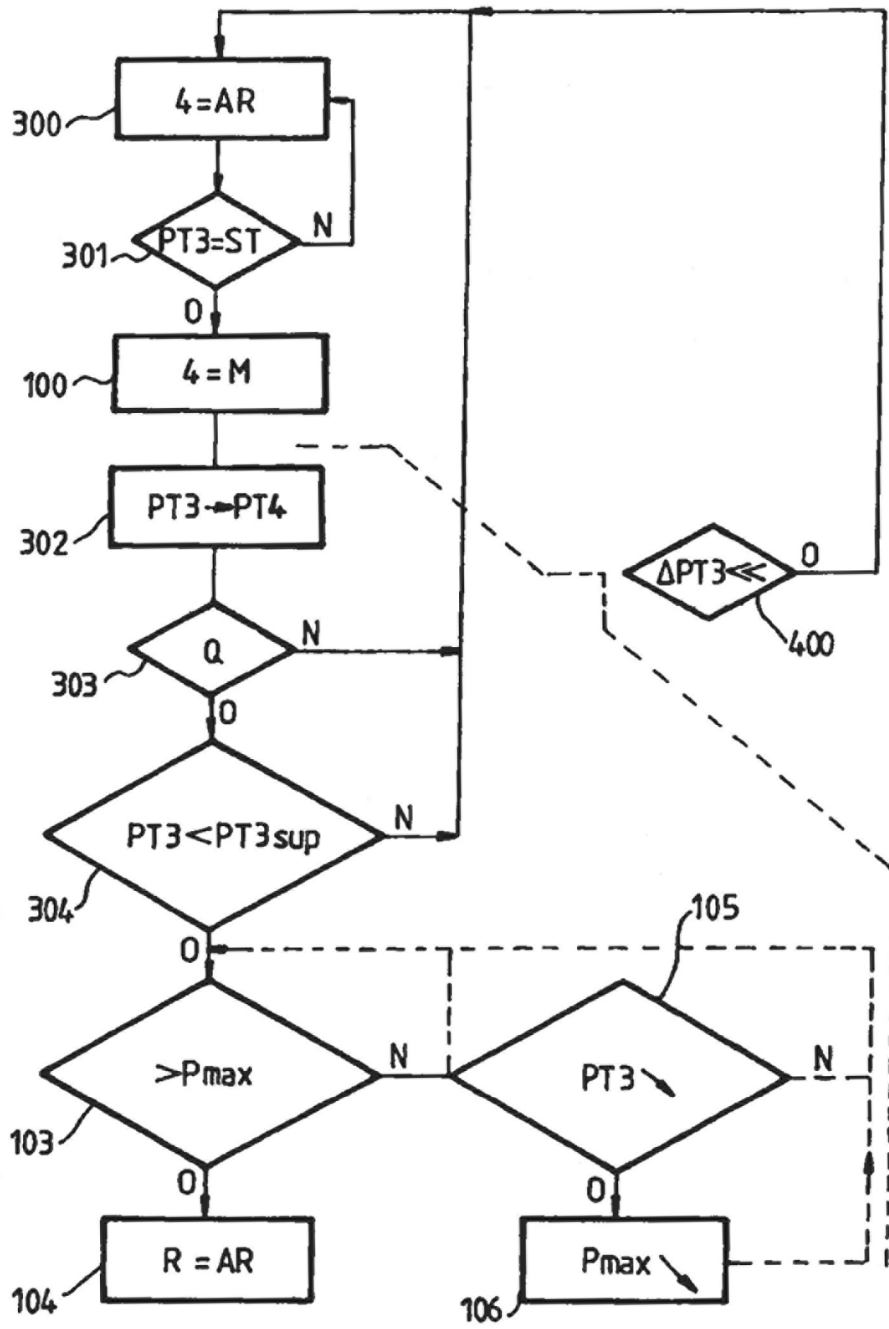


FIG. 11

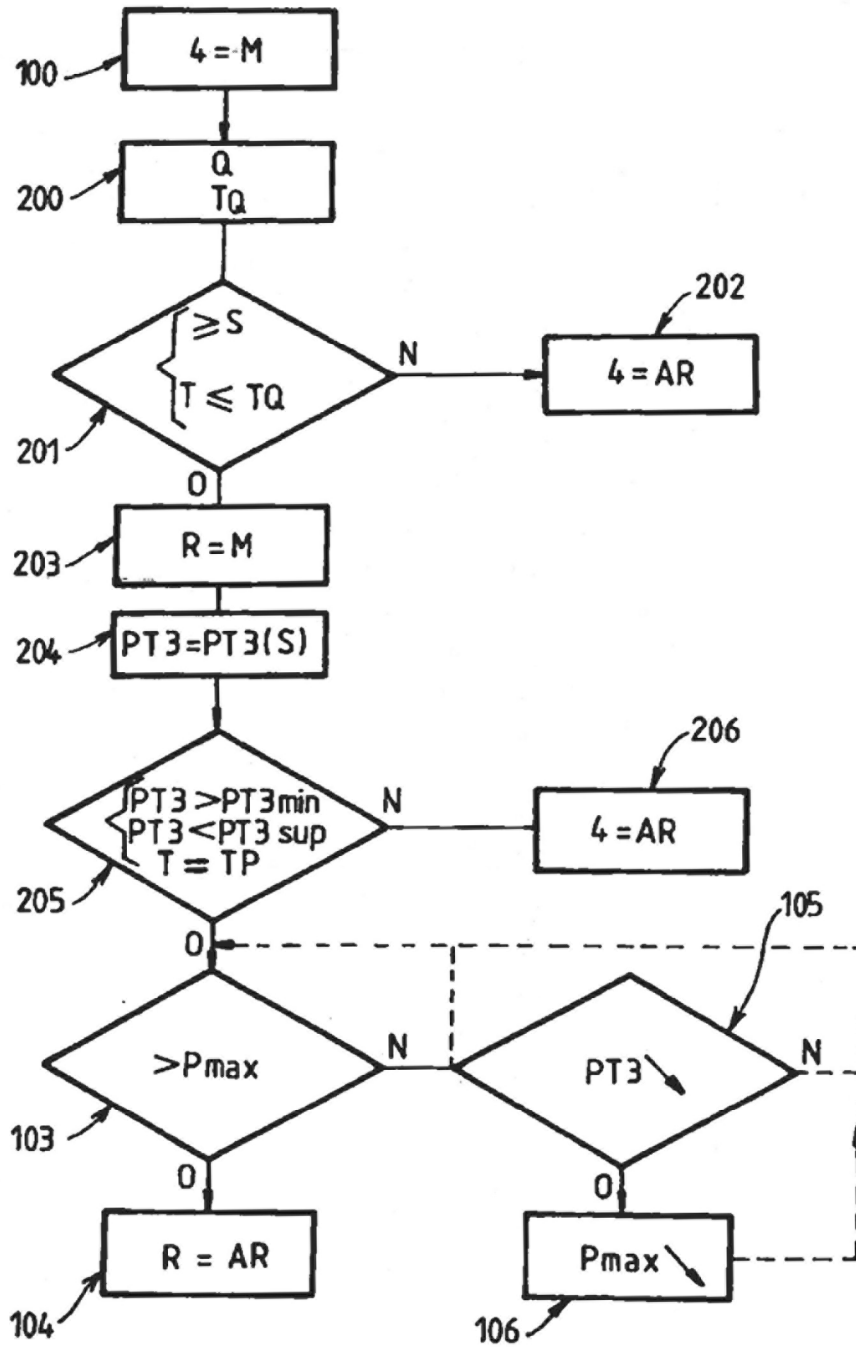


FIG.12

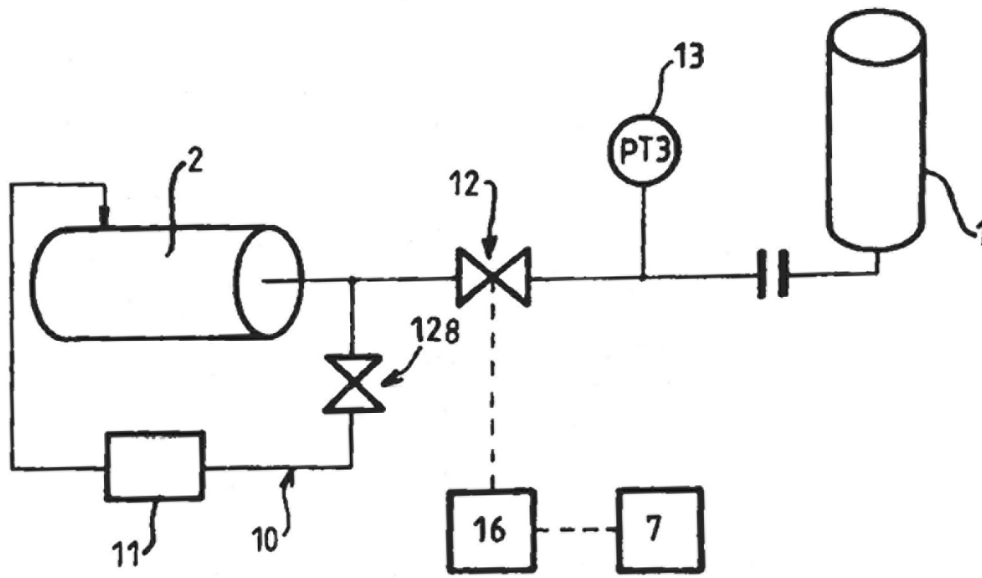


FIG.13