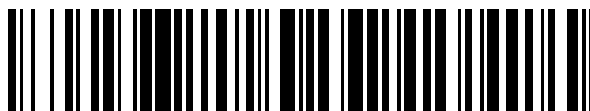


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 693 423**

51 Int. Cl.:

F04B 39/00 (2006.01)

F04B 41/06 (2006.01)

F04B 15/08 (2006.01)

F25J 1/00 (2006.01)

F25J 1/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.01.2016 E 16305043 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.08.2018 EP 3193017**

54 Título: **Sistema para suministrar gas comprimido a varios dispositivos alimentados con gas**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
11.12.2018

73 Titular/es:

CRYOSTAR SAS (100.0%)
2 Rue de l'Industrie, ZI BP 48
68220 Hesingue, FR

72 Inventor/es:

PAGES, GUILLAUME

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 693 423 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

Sistema para suministrar gas comprimido a varios dispositivos alimentados con gas

La invención se refiere a un sistema para suministrar gas comprimido a varios dispositivos alimentados con gas. También se refiere a un buque de gas que está equipado con dicho sistema.

5 Antecedentes de la invención

Los sistemas para suministrar gas comprimido, también denominados compresores de gas, que están basados en pistones para líquidos, son conocidos, por ejemplo, a partir de la patente de EE. UU. 2013/0323087 A1. Dicho sistema puede comprender:

- una entrada de gas para la conexión a una fuente de gas;
- 10 – una salida de gas final para la conexión a un dispositivo alimentado con gas;
- un compresor de gas multietapas de pistón para líquidos que comprende al menos dos etapas de compresión conectadas en serie en una cadena ordenada entre la entrada de gas y la salida de gas final.

Cada etapa de compresión comprende al menos un cilindro con suministro de líquido impulsor y comprende también un dispositivo de suministro de líquido a alta presión que se dispone para aumentar y disminuir de manera alterna una cantidad de líquido impulsor contenida en el cilindro, para que se cargue, se comprima y se descargue gas en la etapa de compresión. Cada etapa de compresión distinta de la primera en la cadena, y denominada etapa de compresión superior, se conecta a un gas de proceso que es generado por una etapa de compresión anterior situada en la cadena justo antes de la etapa de compresión superior, por un conducto de gas intermedio que conecta la etapa de compresión anterior con la etapa de compresión superior. De esta manera, el gas que fluye desde la entrada de gas aumenta de presión cada vez que se trata en una de las etapas de compresión y el gas que se genera a la salida de gas final se ha tratado sucesivamente en todas las etapas de compresión de la cadena. Las ventajas de dichos compresores de gas se explican en el libro titulado *Hydraulically Driven Pumps* de Donald H. Newhall, Harwood Engineering Co., Inc., Walpole, Mass., reimpreso de Industrial and Engineering Chemistry, vol. 49, n.º 12, diciembre de 1957, pp. 1949-54.

Los compresores de gas presentan, en general, numerosas aplicaciones en muchos campos técnicos, incluyendo motores de gas o motores híbridos y también sistemas de licuación de gases. En particular, estas aplicaciones para motores de gas o híbridos y los sistemas de licuación de gases pueden implementarse en buques de gas a bordo, por ejemplo, buques de transporte de gas natural licuado, como se explica en particular en las patentes europeas EP 2 913 509 y EP 2 913 510. Pero para dichas aplicaciones hasta ahora, los compresores de gas pertenecen a la tecnología de las denominadas bombas reciprocantes. Esta última tecnología se basa en pistones para sólidos que son impulsados por un motor rotativo por un árbol de levas - o cigüeñal -. Pero dichos compresores de gas de pistón para sólidos presentan desventajas incluyendo las citadas en el libro de la técnica anterior *Hydraulically Driven Pumps* citado anteriormente, que conducen a requerimientos de reacondicionamiento que son caros y ocasionan pérdidas en el tiempo de operatividad de los compresores.

Partiendo de esta situación, un objeto de la presente invención consiste en proporcionar sistemas que puedan suministrar gas comprimido a al menos dos dispositivos alimentados con gas separados, con diferentes valores de la presión para distribuir el gas comprimido a estos dispositivos. Después, un objeto adicional es proporcionar un sistema tal que pueda adaptarse fácilmente en función de los requerimientos de presión del gas de los dispositivos, sin que se modifique sustancialmente el diseño del sistema.

Otro objeto de la invención consiste en proporcionar un control de operación para dicho sistema que sea fácil y fiable y que pueda mantener el consumo de gas por los dispositivos alimentados con gas durante amplios rangos de consumo.

Sumario de la invención

Para satisfacer al menos uno de estos u otros objetos, un primer aspecto de la presente invención propone un sistema para suministrar gas comprimido a varios dispositivos alimentados con gas, que comprende una entrada de gas para la conexión a una fuente de gas, una salida de gas final para la conexión a un primer dispositivo alimentado con gas y un compresor de gas multietapas de pistón para líquidos, como se describió anteriormente. Según la invención, el sistema comprende además:

- una salida de gas intermedia dispuesta en uno de los conductos intermedios de gas conectando dos etapas de compresión que son sucesivas en la cadena, destinándose esta salida intermedia de gas a la conexión con un segundo dispositivo alimentado con gas por una válvula de extracción ajustable y

- un primer detector de presión que se dispone para detectar la presión del gas en la entrada de gas, un segundo detector de presión que se dispone para detectar la presión del gas en la salida intermedia de gas aguas arriba de la válvula de extracción con respecto a la dirección de flujo del gas en la salida intermedia de gas y un tercer detector de presión que se dispone para detectar la presión del gas a la salida de gas final.

Según una característica adicional de la invención, el dispositivo de suministro de líquido a alta presión de la primera etapa de compresión de la cadena comprende unos primeros medios de regulación que se disponen para variar la capacidad de gas de la primera etapa de compresión basándose en los primeros resultados de la medición emitidos por el primer detector de presión.

Según otra característica de la invención, se disponen unos segundos medios de regulación para ajustar la válvula de extracción basándose en los segundos resultados de la medición que son emitidos por el segundo detector de presión.

Según otra característica más de la invención, el sistema de suministro de líquido a alta presión de la última etapa de compresión en la cadena comprende unos terceros medios de regulación que se disponen para variar otra capacidad de gas de la última etapa de compresión basándose en los terceros resultados de la medición emitidos por el tercer detector de presión.

Debido a que el sistema de la invención implementa un compresor de gas que se basa en pistones para líquidos, variar el número de etapas de compresión en la cadena permite igualar amplios rangos de los requerimientos de presión para las distribuciones de gas a los dispositivos alimentados con gas. En particular, las etapas de compresión pueden compartir una misma fuente del líquido impulsor a alta presión, conectada en paralelo con los sistemas de suministro de líquido a alta presión de varias etapas de compresión o de todas. Modificar el número de etapas de compresión puede realizarse después con un coste mínimo.

Implementar un compresor de gas que se base en pistones para líquidos también permite igualar amplios rangos para los consumos de gas de los dispositivos mediante un ajuste fácil de las capacidades de gas de las etapas de compresión.

Las desventajas de las bombas reciprocantes se evitan implementando el compresor de gas de pistón para líquidos.

También, la invención proporciona un control de operación del sistema que se basa en mediciones de la presión. Dicho control puede realizarse de una manera simple y fiable usando detectores que estén ampliamente disponibles a un coste razonable.

En algunas implementaciones de la invención, la cadena puede comprender entre dos y seis etapas de compresión, incluyendo dos y seis valores, en el compresor de gas multietapas de pistón para líquidos. En dichas configuraciones, al menos dos etapas de compresión del compresor de gas multietapas de pistón para líquidos pueden situarse en la cadena entre la entrada de gas y la salida intermedia de gas, denominadas etapas de compresión del primer segmento. El dispositivo de suministro de líquido a alta presión de cada una de estas etapas de compresión del primer segmento puede comprender después los respectivos medios de regulación que se disponen para variar las respectivas capacidades de gas de las etapas de compresión del primer segmento, basándose en los resultados de la primera medición emitidos por el primer detector de presión.

De manera similar, al menos dos etapas de compresión del compresor de gas multietapas de pistón para líquidos pueden situarse en la cadena entre la salida intermedia de gas y la salida de gas final, denominadas etapas de compresión del último segmento. Después, el dispositivo de suministro de líquido a alta presión de cada una de estas etapas de compresión del último segmento puede comprender los respectivos medios de regulación que se disponen para variar las respectivas capacidades de gas de las etapas de compresión del último segmento, basándose en los terceros resultados de la medición emitidos por el tercer detector de presión.

El sistema de la invención puede adaptarse para que esté a bordo en un buque de gas. Después, puede dedicarse la salida intermedia de gas o la salida de gas final a la conexión con una entrada de gas de combustión de un motor de propulsión del buque. La otra salida de gas puede dedicarse a la conexión con un quemador de gas o un sistema de licuación de gases.

Para dichas aplicaciones a bordo del buque, la entrada de gas del sistema puede dedicarse a estar conectada para recibir el gas de evaporación que se origina a partir del gas licuado que está contenido en al menos un tanque dispuesto a bordo del buque. Este tanque forma así al menos parte de la fuente de gas.

Un segundo aspecto de la invención propone un buque de transporte de gas que comprende un motor de propulsión y al menos un sistema para suministrar gas comprimido a varios dispositivos alimentados con gas, siendo dicho sistema según el primer aspecto de la invención. Puede conectarse la salida intermedia de gas o la salida de gas final del sistema a una entrada de gas de combustión del motor de propulsión del buque.

En general, el gas tratado por un sistema según la invención puede ser metano, etano, propano, butano y sus mezclas, incluyendo gas de petróleo. También puede ser metanol, etanol o dimetil éter. Todos estos gases pueden usarse como combustible para motores, por ejemplo, motores de propulsión de buques. El buque de gas puede ser un buque de transporte de gas licuado, en particular, un buque de transporte de gas natural licuado.

- 5 Sin embargo, el gas tratado por un sistema según la invención también puede ser hidrógeno, en particular, para alimentar un dispositivo de pila de combustible con un flujo de hidrógeno adecuado.

Estas y otras características de la invención se describirán ahora con referencia a las figuras adjuntas, que se refieren a realizaciones preferidas, pero no limitantes, de la invención.

Breve descripción de los dibujos

- 10 Las figuras 1 a 4 ilustran cuatro posibles implementaciones de la invención.

Algunos números de referencia que se indican en estas diferentes figuras indican elementos idénticos de elementos con idéntica función.

Descripción detallada de la invención

- 15 La invención se describe ahora con detalle para varios ejemplos de realizaciones, pero sin inducir ninguna limitación con respecto al alcance de las reivindicaciones. En particular, se describirán el tratamiento y la aplicación del gas natural a buques de transporte de gas natural licuado, pero se incluyen también otros gases y otras aplicaciones por las reivindicaciones, con idénticas características de implementación o características de implementación adaptadas al gas.

Con referencia a la figura 1, los siguientes números de referencia presentan los significados enumerados ahora:

- | | |
|----|--|
| 20 | 101 fuente de gas |
| | 102 primer dispositivo alimentado con gas |
| | 103 segundo dispositivo alimentado con gas |
| | 100 compresor de gas multietapas de pistón para líquidos |
| 25 | 1-4 cuatro etapas de compresión del compresor de gas multietapas de pistón para líquidos, siendo el número cuatro solo para fines de ilustración |
| | 10 entrada de gas del sistema |
| | 20 salida intermedia de gas del sistema |
| | 30 salida de gas final del sistema |
| | 11, 21, 31 detectores de la presión del gas |
| 30 | 12, 22, 32 controladores |
| | 13, 23, 33, 43 medios de regulación dedicados a cada etapa de compresión |
| | 24 válvula de extracción |
| | 40 sistema de control integrado de manipulación de los gases |
| | 53 fuente de líquido impulsor a alta presión |
| 35 | 60 precompresor opcional |
| | 61 refrigerador de gas opcional |
| | 62-65 interrefrigeradores |

- 40 La fuente 101 de gas puede comprender uno o varios tanques (solo se representa un tanque en las figuras) que contiene(n) gas natural licuado, del que se origina gas de evaporación. Dicho(s) tanque(s) de gas puede(n) disponerse a bordo de un buque de transporte de gas natural licuado, por ejemplo. En tal caso, el gas que se trata por un sistema según la invención puede ser el gas de evaporación, pero también puede ser líquido vaporizado de gas natural o una combinación de gas de evaporación y líquido vaporizado de gas natural. Este gas tratado por el sistema de la invención puede estar constituido por más de un 80 % en peso de metano.

La entrada 10 de gas puede conectarse para recibir el gas de evaporación que se origina del gas natural licuado o el líquido vaporizado de gas natural.

El compresor 100 de gas multietapas de pistón para líquidos comprende las cuatro etapas 1-4 de compresión que se conectan en serie en una cadena, a fin de que cada etapa de compresión trate el gas generado por la etapa de compresión justo antes en la cadena, excepto la etapa 1 de compresión que trata el gas que se origina a partir de la entrada 10 de gas. En el ejemplo representado, la etapa 1 de compresión es la primera en la cadena y la etapa 4 de compresión es la última en la cadena. La etapa 4 de compresión genera gas comprimido por la salida 30 de gas final. Cada una de las etapas 1-4 de compresión comprende un respectivo cilindro sellado que se conecta para que admita una cantidad variable de líquido impulsor y también comprende un dispositivo de suministro de líquido a alta presión que varía la cantidad de líquido impulsor contenida en el cilindro. Se conoce la estructura de dicha etapa de compresión de pistón para líquidos, así que no es necesario repetirla aquí. Solo se indica que el nivel variado repetidamente del líquido impulsor en cada cilindro, de manera creciente y decreciente, produce un flujo de gas comprimido fuera del cilindro de la etapa de compresión considerada. Este flujo de gas comprimido depende, en particular, de la magnitud de la variación de nivel del líquido impulsor en el cilindro y también la frecuencia de esta variación de nivel del líquido impulsor en el cilindro. En el cuerpo de esta descripción, la expresión «capacidad de una de las etapas de compresión» indica la cantidad promedio, por ejemplo, el peso promedio, de gas comprimido que se genera por unidad de tiempo por la etapa de compresión. Esta capacidad resulta, en particular, de la magnitud y la frecuencia de las variaciones de nivel del líquido impulsor en el cilindro. El dispositivo de suministro de líquido a alta presión de cada una de las etapas de compresión comprende unos respectivos medios de regulación y una fuente de líquido impulsor a alta presión. La fuente de líquido impulsor a alta presión puede ser compartida ventajosamente entre las etapas 1-4 de compresión, según el número 53 de referencia y los medios de regulación están etiquetados con 13 para la etapa 1 de compresión, 23 para la etapa 2 de compresión, 33 para la etapa 3 de compresión y 43 para la etapa 4 de compresión. Estos medios de regulación se representan como válvulas en la figura 1 solo con el fin de ilustración, pero tienen una estructura compleja como conoce el experto en la materia. La relación entre presión del gas de salida y presión del gas de entrada individualmente para cada etapa de compresión puede ser entre dos y quince.

Ventajosamente en dicho compresor basado en pistones para líquido, no hay contacto directo entre el líquido impulsor y el gas para comprimir en cada cilindro, para evitar que se contamine el gas comprimido con vapor del líquido impulsor o vapores producidos por este más tarde. En particular, el documento de patente de EE. UU. 2012/0134851 propone disponer un pistón compensador de sólidos entre el líquido impulsor y el gas que se comprime. Durante un ciclo de operación de la etapa de compresión, el pistón compensador queda en la parte superior del líquido impulsor en el cilindro y se mueve arriba y abajo debido a la variación alterna en el nivel del líquido impulsor. Los pistones compensadores en cilindros separados son independientes entre sí, sin interconexiones de base sólida. Se proporciona además una cantidad fijada de un líquido adicional para producir el sellado periférico entre el pistón compensador y la superficie interna del cilindro. Esta cantidad de líquido adicional queda comprendida entre la superficie periférica del pistón compensador y la superficie interna del cilindro independientemente del nivel inmediato del líquido impulsor por movimiento junto con el pistón compensador. Este líquido adicional se selecciona para no producir vapores contaminantes y para que el gas que se tiene que comprimir no se disuelva en él y no produzca ninguna reacción química con él. Se ha implementado para este fin líquido de tipo iónico o cualquier otro líquido capaz de producir las funciones de sellado contra gases y lubricación.

Se conduce el gas desde la fuente 101 de gas a la entrada 10 de gas por una ruta dedicada que puede comprender el precompresor 60 y también opcionalmente refrigerador el 61 de gas. El precompresor 60 puede ser de tipo rotatorio y adaptado para aumentar la presión del gas de evaporación o gas vaporizado hasta una presión entre 0,4 MPa y 0,7 MPa [4 y 7 bara (bara para presión absoluta expresada en bar)].

También, puede proporcionarse cada uno de los interrefrigeradores 62-65 en un conducto de gas intermedio entre dos etapas de compresión que sean sucesivas en la cadena y estén entre la última etapa 4 de compresión y la salida 30 de gas final. Cada interrefrigerador enfría el gas que fluye en el conducto de gas intermedio considerado o en la salida 30 de gas final.

El primer dispositivo 102 alimentado con gas se conecta a la salida 30 de gas final, para que se alimente con gas comprimido generado a partir de la última etapa 4 de compresión. Cuando se implementa la invención a bordo en un buque de transporte de gas natural licuado, el primer dispositivo 102 alimentado con gas puede comprender un motor propulsor del buque para su suministro con gas natural solo o un motor híbrido para su suministro tanto con combustible líquido como con gas natural. En este último caso, solo se ve afectado el suministro de gas natural del motor de propulsión del buque con la presente descripción. Así, la salida 30 de gas final puede dedicarse a la conexión con la entrada de gas de combustión del motor de propulsión del buque. Para algunos tipos de este motor, la presión del gas que se refiere en la salida 30 de gas final puede estar en el rango de 10 MPa y 45 MPa (100 bara y 450 bara), en particular entre 30 MPa y 40 MPa (300 bara y 400 bara). Para dicho rango de presiones en la salida 30 de gas final, puede preferirse o puede ser necesario implementar el precompresor 60.

El segundo dispositivo 103 alimentado con gas se conecta a la salida 20 intermedia de gas para recibir gas

comprimido de ahí. La salida 20 intermedia de gas está situada en el conducto de gas entre las etapas 2 y 3 de compresión en el ejemplo representado, pero puede estar intermedia entre dos etapas cualesquiera sucesivas de las etapas 1-4 de compresión dependiendo del valor que se requiera de la presión del gas en la entrada del segundo dispositivo 103 alimentado con gas. En la primera implementación de la invención de la figura 1, el segundo dispositivo 103 alimentado con gas puede comprender un quemador, por ejemplo, para eliminar el exceso de gas de evaporación.

La figura 2 ilustra una segunda implementación de la invención adaptada también para estar a bordo en un buque de transporte de gas natural licuado, pero alternativa a la de la figura 1. En esta segunda implementación, el segundo dispositivo 103 alimentado con gas puede ser un sistema de licuación de gases que se adapta para convertir parte del gas natural comprimido que se origina de la salida 20 intermedia de gas en gas natural licuado. El gas natural licuado así producido puede devolverse nuevamente al tanque, o a los tanques, de la fuente 101 de gas.

Más en general, el segundo dispositivo 103 alimentado con gas puede ser cualquier otro dispositivo al que se tenga que suministrar gas comprimido, incluyendo un motor auxiliar, un generador eléctrico, etc.

La figura 3 ilustra una posible variación de la implementación de la invención de la figura 2, donde el precompresor 60 es un precompresor de gas rotatorio multietapas, por ejemplo, un precompresor de gas de cuatro etapas con las etapas de precompresión etiquetadas como 60-1 a 60-4, respectivamente. Puede implementarse un intercambiador 62 de calor para enfriar el gas comprimido que se origina de la salida 20 intermedia de gas antes de que se transfiera al sistema 103 de licuación de gas. Por lo tanto, el calor del gas comprimido que se origina de la salida 20 intermedia de gas es absorbido por el gas entrante entre las etapas 60-1 y 60-2 de precompresión. Puede aumentarse el rendimiento de licuación del sistema de licuación de gas de esta manera. En la figura 3, el compresor 100 de gas multietapas de pistón para líquidos puede presentar una estructura interna similar a la descrita con referencia a la figura 1 aunque no están representados o etiquetados en la figura 3 todos los componentes internos del compresor de gas multietapas de pistón para líquidos.

Según la invención, la entrada 10 de gas está provista del detector 11 de presión (figura 1 o 2). El detector 11 de presión genera los primeros resultados de la medición de la presión relacionados con el gas que fluye por la entrada 10 de gas. Después, la capacidad de la etapa 1 de compresión se varía basándose en estos primeros resultados de la medición de la presión usando los medios 13 de regulación. Posiblemente, los medios 13 de regulación pueden controlarse de esta manera para mantener la presión del gas en la entrada 10 de gas próxima al primer valor deseado. Preferiblemente, y para una consistencia mejorada de la operación de las etapas 1 y 2 de compresión, la capacidad de la etapa 2 de compresión también puede variarse basándose en los primeros resultados de la medición de la presión usando los medios 23 de regulación.

Según la invención de nuevo, la salida 20 intermedia de gas está provista de la válvula 24 de extracción ajustable y se suministra gas al segundo dispositivo 103 alimentado con gas por la válvula 24 de extracción. La salida 20 intermedia de gas también está provista del detector 21 de presión que se conecta entre la válvula 24 de extracción y la salida de gas de la etapa 2 de compresión. El detector 21 de presión genera unos segundos resultados de la medición de la presión relacionados con el gas que fluye por la salida 20 intermedia de gas. Después, se varía la válvula 24 de extracción usando medios de regulación apropiados (no representado) basándose en estos segundos resultados de la medición de la presión. Posiblemente, la válvula 24 de extracción puede controlarse de esta manera manteniendo la presión de gas en la salida 20 intermedia de gas próxima a un segundo valor deseado.

Todavía según la invención, la salida 30 de gas final está provista del detector 31 de presión. El detector 31 de presión genera unos terceros resultados de la medición de la presión relativos al gas que fluye por la salida 30 de gas final. Después, se varía la capacidad de la etapa 4 de compresión basándose en estos terceros resultados de la medición de la presión usando los medios 43 de regulación. Posiblemente, pueden controlarse los medios 43 de regulación de esta manera para mantener la presión de gas en la salida 30 de gas final próxima a un tercer valor deseado. Preferiblemente, y para una consistencia mejorada de la operación de las etapas 3 y 4 de compresión, también puede variarse la capacidad de la etapa 3 de compresión basándose en los terceros resultados de la medición de la presión usando los medios 33 de regulación.

Según un posible diseño del tratamiento de la señal, puede conectarse un primer controlador, etiquetado como 12, para recibir un primer punto de ajuste de la presión y también para recibir los primeros resultados de la medición de la presión del detector 11 de presión. Puede conectarse el primer controlador 12, además, para transmitir al menos un primer valor del parámetro de operación a los medios 13 de regulación. El primer parámetro de operación puede ser la frecuencia de variación del nivel de líquido impulsor en el cilindro de la etapa 1 de compresión, de su magnitud de variación, o una combinación de esta frecuencia y esta magnitud. Este primer parámetro de operación controla, así, la capacidad de gas de la etapa 1 de compresión. Se deduce por el primer controlador 12 al menos una diferencia entre uno de los primeros resultados de la medición de la presión y el primer punto de ajuste de la presión. Por ejemplo, cuando la presión de gas existente ahora en la entrada 10 de gas está por debajo del primer punto de ajuste de la presión, puede reducirse la capacidad de la etapa 1 de compresión. En cambio, la capacidad de la etapa 1 de compresión puede aumentarse cuando la presión de gas en la entrada 10 de gas está por encima del primer punto de ajuste de la presión. Posiblemente, el primer controlador 12 también puede transmitir al menos un valor

adicional del parámetro de operación a los medios 23 de regulación, para controlar simultáneamente la capacidad de gas de la etapa 2 de compresión, de una manera consistente con la capacidad de gas de la etapa 1 de compresión.

Puede conectarse un segundo controlador, etiquetado como 22, para recibir un segundo punto de ajuste de la presión y también para recibir los segundos resultados de la medición de la presión del detector 21 de presión. Este segundo controlador 22 puede conectarse además para transmitir un segundo valor del parámetro de operación a los medios de regulación de la válvula 24 de extracción. El segundo parámetro de operación puede ser un valor de apertura variable que tiene que producirse por la válvula 24 de extracción. Este segundo parámetro de operación controla, así, un flujo de gas por la salida 20 intermedia de gas usando la válvula 24 de extracción. Se deduce por el segundo controlador 22 al menos una diferencia entre uno de los segundos resultados de la medición de la presión y el segundo punto de ajuste de la presión. Por ejemplo, cuando la presión de gas que existe ahora en la salida 20 de gas intermedia está por debajo del segundo punto de ajuste de la presión, puede reducirse la apertura de la válvula 24 de extracción. En cambio, puede aumentarse la apertura de la válvula 24 de extracción cuando la presión de gas en la salida 20 de gas intermedia esté por encima del segundo punto de ajuste de la presión.

Puede conectarse un tercer controlador, etiquetado como 32, para que reciba un tercer punto de ajuste de la presión y también para que reciba los terceros resultados de la medición de la presión del detector 31 de presión. El tercer controlador 32 puede conectarse además para transmitir al menos un tercer valor del parámetro de operación a los medios 43 de regulación. El tercer parámetro de operación puede ser la frecuencia de la variación del nivel del líquido impulsor en el cilindro de la etapa 4 de compresión, de la magnitud de su variación, o una combinación de esta frecuencia y esta magnitud. Este tercer parámetro de operación controla, así, la capacidad de gas de la etapa 4 de compresión. Se deduce por el tercer controlador 32 al menos una diferencia entre uno de los terceros resultados de la medición de la presión y el tercer punto de ajuste de la presión. Por ejemplo, cuando la presión de gas que existe ahora en la salida 30 de gas final está por debajo del tercer punto de ajuste de la presión, puede aumentar la capacidad de la etapa 4 de compresión. En cambio, la capacidad de la etapa 4 de compresión puede reducirse cuando la presión de gas en la salida 30 de gas final esté por encima del tercer punto de ajuste de la presión. Posiblemente, el tercer controlador 32 también puede transmitir al menos un valor adicional del parámetro de operación a los medios 33 de regulación, para controlar simultáneamente la capacidad de gas de la etapa 3 de compresión, de una manera consistente con la capacidad de gas de la etapa 4 de compresión.

El primer, segundo y tercer controladores, 12, 22, 32, pueden comprender cada uno un controlador proporcional, integral, derivativo.

El primer, segundo y tercer puntos de ajuste de la presión pueden emitirse mediante el sistema 40 de control integrado de manipulación de gas y enviarse mediante este último al primero, segundo y tercer controladores 12, 22, 32, respectivamente, posiblemente por líneas de transmisión dedicadas.

Algunas aplicaciones de compresores de gas pueden requerir redundancia para sistemas que sean críticos para asegurar una función identificada, operación continua o por razones de seguridad. Esto puede ser así para suministro de gas natural a bordo de un buque, en particular, para suministrar gas de combustión al motor de propulsión del buque. Así, un buque de transporte de gas natural licuado puede comprender dos sistemas separados para suministrar gas comprimido a varios dispositivos alimentados con gas, implementando cada sistema la invención. En particular, puede conectarse la salida de gas intermedia o la salida de gas final de cada sistema a la entrada de gas de combustión del motor de propulsión del buque, para proporcionar redundancia para el suministro de gas de combustión al motor de propulsión. La figura 4 ilustra dicho equipo redundante para un buque. Tanto los compresores 100' como 100" de gas multietapas de pistón para líquidos están conectados al conducto en paralelo desde la fuente 101 de gas. Pueden ser idénticos o no, pero cada uno puede estar constituido por los componentes y la disposición descrita previamente para el compresor 100 de gas multietapas de pistón para líquidos con referencia a las figuras 1 y 2, aunque todos estos componentes no estén representados o etiquetados de nuevo en la figura 4. Las salidas 30 de gas final de los sistemas tanto 100' como 100" se conectan a la entrada de gas de combustión del motor 102 de propulsión y las salidas 20 intermedias de gas de los sistemas tanto 100' como 100" pueden conectarse a la entrada de gas del sistema 103 de licuación de gas por sus respectivas válvulas 24 de extracción. Para una redundancia completa, los precompresores 60', 60" separados y los refrigeradores 61', 61" de gas separados pueden estar provistos de las rutas entre la fuente 101 de gas y las respectivas entradas 10 de gas de los sistemas 100' y 100".

Para las implementaciones de la invención a bordo de un buque de transporte de gas natural licuado, no es obligado que la entrada de gas de combustión del motor de propulsión del buque esté conectada a la salida 30 de gas final del compresor 100 de gas multietapas de pistón para líquidos. Alternativamente, pero dependiendo de la presión de gas que se requiera en la entrada del motor, la salida 20 intermedia de gas del compresor 100 de gas multietapas de pistón para líquidos puede dedicarse a conexión con la entrada de gas de combustión del motor de propulsión del buque. Por supuesto, puede ajustarse que exista un valor de la presión de gas en el rango de 6 bara (0,6 MPa) $\pm$ 1,5 bara (0,15 MPa) o 16 bara (0,16 MPa) $\pm$ 4 bara (0,4 MPa) en la salida 20 intermedia de gas del compresor 100 de gas multietapas de pistón para líquidos para suministrar el gas de combustión al motor de propulsión del buque. En tal caso, el motor de propulsión del buque forma al menos parte del segundo dispositivo 103 alimentado con gas

(figura 1). Después, la salida 30 de gas final del compresor 100 de gas multietapas de pistón para líquidos puede dedicarse a suministrar gas a una presión superior a cualquier otro dispositivo alimentado con gas, actuando como el primer dispositivo 102 alimentado con gas. Por ejemplo, puede suministrarse gas comprimido a aproximadamente 40 bara (0,4 MPa) a un sistema de licuación de gas de la salida 30 de gas final del compresor 100 de gas multietapas de pistón para líquidos.

Debe entenderse que la invención puede reproducirse sin dejar de adaptarse algunos detalles de implementación con respecto a la descripción anterior proporcionada con referencia a las figuras. En particular, la invención puede incrementarse independientemente del número de etapas de compresión mayor que la unidad en el compresor de gas multietapas de pistón para líquidos e independientemente de la posición de la salida intermedia de gas a lo largo de la cadena de las etapas de compresión. También, los valores numéricos que se han citado para las presiones de gas solo se han proporcionado para un fin ilustrativo.

También posiblemente, pueden proporcionarse varias salidas de gas intermedias en diferentes conductos intermedios de gas a lo largo de la cadena de las etapas de compresión en el compresor de gas multietapas de pistón para líquidos, para suministrar gas a más de dos dispositivos alimentados con gas con los respectivos requerimientos de presión de gas que sean todos diferentes. Cada salida intermedia de gas puede proporcionarse después con una respectiva válvula de extracción y detector de presión para ajuste de esta válvula de extracción como se describió anteriormente en el presente texto, de forma separada de las otras válvulas de extracción.

REIVINDICACIONES

1. Sistema para suministrar gas comprimido a varios dispositivos alimentados con gas, que comprende:

- una entrada (10) de gas para la conexión a una fuente (101) de gas;
- una salida (30) de gas final para la conexión a un primer dispositivo (102) alimentado con gas;
- un compresor (100) de gas multietapas de pistón para líquidos que comprende al menos dos etapas (1-4) de compresión conectadas en serie en una cadena ordenada entre la entrada (10) de gas y la salida (30) de gas final, comprendiendo cada etapa de compresión al menos un cilindro con líquido impulsor suministrado y comprendiendo también un dispositivo de suministro de líquido a alta presión dispuesto para aumentar y disminuir de manera alterna una cantidad de líquido impulsor contenida en el cilindro, para que se cargue, se comprima y se descargue gas en la etapa de compresión, cada etapa de compresión distinta de la primera en la cadena y denominada etapa de compresión superior, conectándose para tratar gas que se genera por una etapa anterior de compresión situada en la cadena justo antes de dicha etapa de compresión superior, por un conducto de gas intermedio que conecta dicha etapa de compresión anterior con dicha etapa de compresión superior, para que el gas que fluye desde la entrada de gas aumente de presión cada vez que se trate en una de las etapas de compresión y se ha tratado sucesivamente el gas generado en la salida de gas final en todas las etapas de compresión de la cadena;

caracterizado por que comprende además:

- una salida (20) de gas intermedia dispuesta en uno de los conductos intermedios de gas que conecta dos etapas (2, 3) de compresión que son sucesivas en la cadena, destinándose dicha salida intermedia de gas a la conexión con un segundo dispositivo (103) alimentado con gas por una válvula (24) de extracción ajustable y
- un primer detector (11) de presión dispuesto para detectar la presión de gas en la entrada (10) de gas, un segundo detector (21) de presión dispuesto para detectar la presión de gas en la salida (20) intermedia de gas aguas arriba de la válvula (24) de extracción con respecto a la dirección del flujo de gas en dicha salida intermedia de gas y un tercer detector (31) de la presión dispuesto para detectar la presión de gas en la salida (30) de gas final;

y por que el dispositivo de suministro de líquido a alta presión de una primera etapa (1) de compresión de la cadena comprende los primeros medios (13) de regulación dispuestos para variar una capacidad de gas de dicha primera etapa de compresión basándose en los primeros resultados de la medición emitidos por el primer detector (11) de presión,

el sistema comprende, además, unos segundos medios de regulación dispuestos para ajustar la válvula (24) de extracción basándose en los segundos resultados de la medición emitidos por el segundo detector (21) de presión y

el sistema de suministro de líquido a alta presión de una última etapa (4) de compresión en la cadena comprende los terceros medios (43) de regulación dispuestos para variar otra capacidad de gas de dicha última etapa de compresión basándose en los terceros resultados de la medición emitidos por el tercer detector (31) de presión.

2. Sistema según la reivindicación 1, que comprende además:

- un primer controlador (12) conectado para recibir un primer punto de ajuste de la presión y también para recibir los primeros resultados de la medición de la presión del primer detector (11) de presión y conectado para transmitir al menos un primer valor del parámetro de operación a los primeros medios (13) de regulación, controlando al menos un primer parámetro de operación la capacidad de gas de la primera etapa (1) de compresión en la cadena y deduciéndose por el primer controlador al menos una diferencia entre uno de los primeros resultados de la medición de la presión y el primer punto de ajuste de la presión;
- un segundo controlador (22) conectado para recibir un segundo punto de ajuste de la presión y también para recibir los segundos resultados de la medición de la presión del segundo detector (21) de presión y conectado para transmitir un segundo valor del parámetro de operación a los segundos medios de regulación, controlando dicho segundo parámetro de operación un flujo de gas por la salida (20) intermedia de gas usando la válvula (24) de extracción y deduciéndose por el segundo controlador al menos una diferencia entre uno de los segundos resultados de la medición de la presión y el segundo punto de ajuste de la presión y
- un tercer controlador (32) conectado para recibir un tercer punto de ajuste de la presión y también para recibir los terceros resultados de la medición de la presión del tercer detector (31) de presión y conectado para transmitir al menos un tercer valor del parámetro de operación a los terceros medios (43) de regulación, controlando al menos un tercer parámetro de operación la capacidad de gas de la última etapa

(4) de compresión en la cadena y deduciéndose por el tercer controlador al menos una diferencia entre uno de los terceros resultados de la medición de la presión y el tercer punto de ajuste de la presión.

3. Sistema según la reivindicación 2, en donde cada uno de los controladores primero (12), segundo (22) y tercero (32) comprende un controlador proporcional, integral, derivativo.

5 4. Sistema según la reivindicación 2 o 3, que comprende además un sistema (40) de control integrado de manipulación de gas adaptado para emitir el primer, segundo y tercer puntos de ajuste de la presión y transmitir dicho primer, segundo y tercer puntos de ajuste de la presión al primer (12), segundo (22) y tercer (32) controladores, respectivamente.

10 5. Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la cadena comprende entre dos y seis etapas (1-4) de compresión, incluyendo dos y seis valores, en el compresor (100) de gas multietapas de pistón para líquidos.

15 6. Sistema según la reivindicación 5, en donde al menos dos etapas (1, 2) de compresión del compresor (100) de gas multietapas de pistón para líquidos se sitúan en la cadena entre la entrada (10) de gas y la salida (20) intermedia de gas, denominadas etapas de compresión del primer segmento y en donde el dispositivo de suministro de líquido a alta presión de cada una de las etapas de compresión del primer segmento comprende los respectivos medios (12, 23) de regulación dispuestos para variar las respectivas capacidades de gas de las etapas de compresión del primer segmento, basándose en los primeros resultados de la medición emitidos por el primer detector (11) de presión.

20 7. Sistema según la reivindicación 5 o 6, en donde al menos dos etapas (3, 4) de compresión del compresor (100) de gas multietapas de pistón para líquidos se sitúan en la cadena entre la salida (20) intermedia de gas y la salida (30) de gas final, denominadas etapas de compresión del último segmento y en donde el dispositivo de suministro de líquido a alta presión de cada una de las etapas de compresión del último segmento comprende los respectivos medios (33, 43) de regulación dispuestos para variar las respectivas capacidades de gas de las etapas de compresión del último segmento, basándose en los terceros resultados de la medición emitidos por el tercer detector (31) de presión.

8. Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además los dispositivos (62-65) interrefrigeradores dispuestos cada uno en un conducto de gas intermedio entre dos etapas (1, 4) de compresión que son sucesivas en la cadena y entre la última etapa (4) de compresión de la cadena y la salida (30) de gas final, para enfriar el gas que fluye en dicho conducto de gas intermedio o en dicha salida de gas final.

30 9. Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, adaptado para estar a bordo de un buque de gas y en donde se dedica la salida (20) intermedia de gas o la salida (30) de gas final a la conexión con una entrada de gas de combustión de un motor de propulsión del buque.

35 10. Sistema según la reivindicación 9, en donde la salida (20) intermedia de gas o la salida (30) de gas final distinta de la que se dedica a la conexión con la entrada de gas de combustión del motor de propulsión del buque se dedica a la conexión con un quemador de gas o un sistema de licuación de gases.

11. Sistema según la reivindicación 9 o 10, en donde la salida (30) de gas final se dedica a la conexión con la entrada de gas de combustión del motor de propulsión del buque, formando así dicho motor de propulsión del buque al menos parte del primer dispositivo (102) alimentado con gas y la presión de gas en la salida de gas final está en el rango de 10 MPa a 45 MPa (100 bara a 450 bara).

40 12. Sistema según la reivindicación 11, que comprende además un precompresor (60) dispuesto en una ruta del gas entre la entrada (10) de gas y la conexión con la fuente (101) de gas.

45 13. Sistema según la reivindicación 9 o 10, en donde la salida (20) intermedia de gas se dedica a la conexión con la entrada de gas de combustión del motor de propulsión del buque, formando así dicho motor de propulsión del buque al menos parte del segundo dispositivo (103) alimentado con gas y la presión de gas en la salida de gas intermedia está en el rango de 0,6 MPa $\pm$ 0,15 MPa o 1,6 MPa $\pm$ 0,4 MPa (6 bara $\pm$ 1,5 bara o 16 bara $\pm$ 4 bara).

14. Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 13, en donde la entrada (10) de gas del sistema se dedica a estar conectada para recibir el gas de evaporación que se origina del gas licuado contenido en al menos un tanque dispuesto a bordo del buque, formando dicho tanque al menos parte de la fuente (101) de gas.

50 15. Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 14, adaptado para tratar gas constituido por más de un 80 % en peso de metano.

16. Buque de gas, que comprende un motor de propulsión y al menos un sistema para suministrar gas comprimido a varios dispositivos alimentados con gas, siendo dicho sistema según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15, en donde la salida (20) intermedia de gas o la salida (30) de gas final del sistema se conecta con una entrada de gas

de combustión del motor de propulsión del buque.

- 5 17. Buque de gas según la reivindicación 16, que comprende dos sistemas separados para suministrar gas comprimido a varios dispositivos alimentados con gas, siendo cada sistema según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15, en donde la salida (20) intermedia de gas o la salida (30) de gas final de cada sistema se conecta con la entrada de gas de combustión del motor de propulsión del buque, para proporcionar redundancia para el suministro de gas de combustión al motor de propulsión.

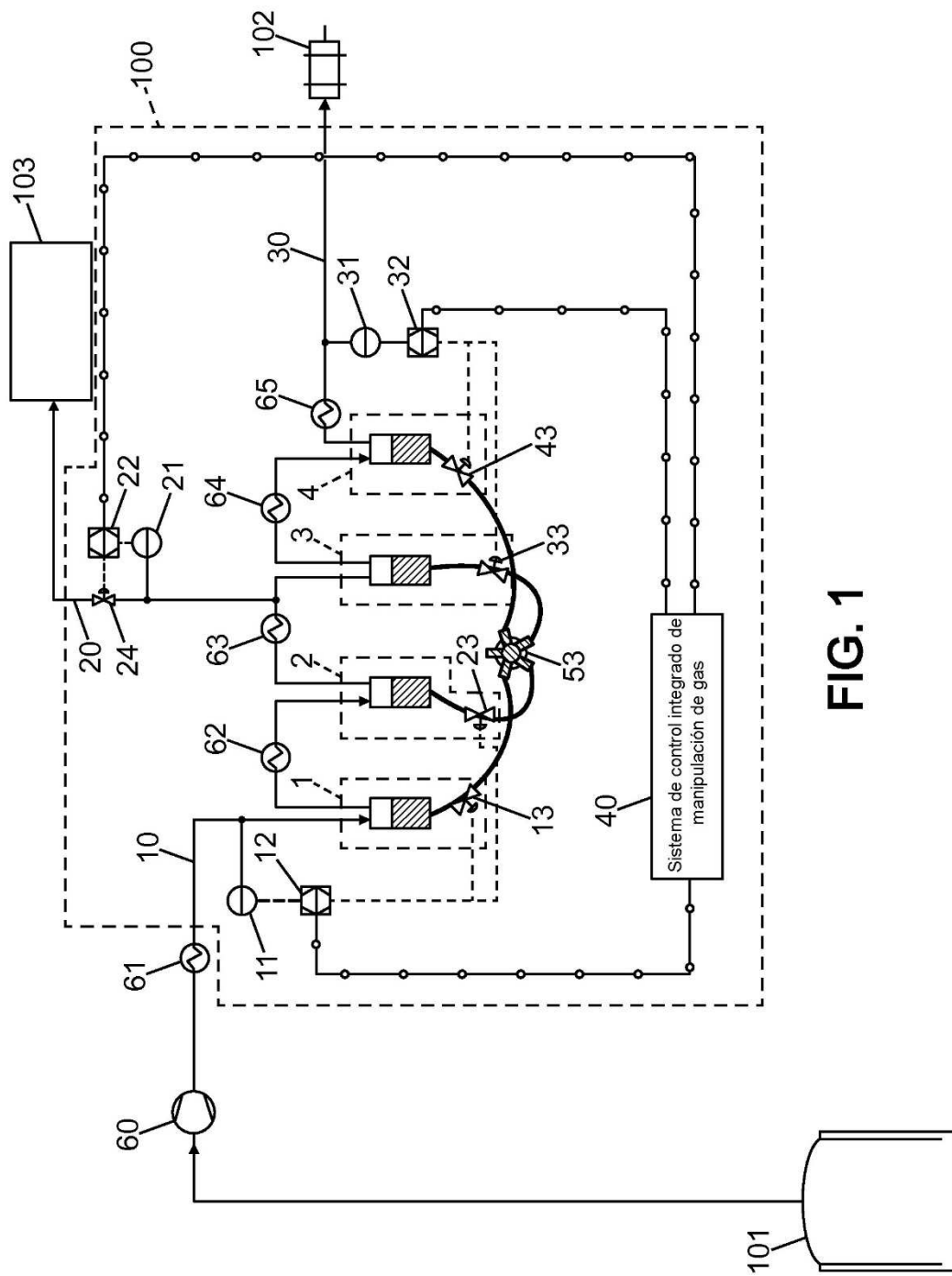


FIG. 1

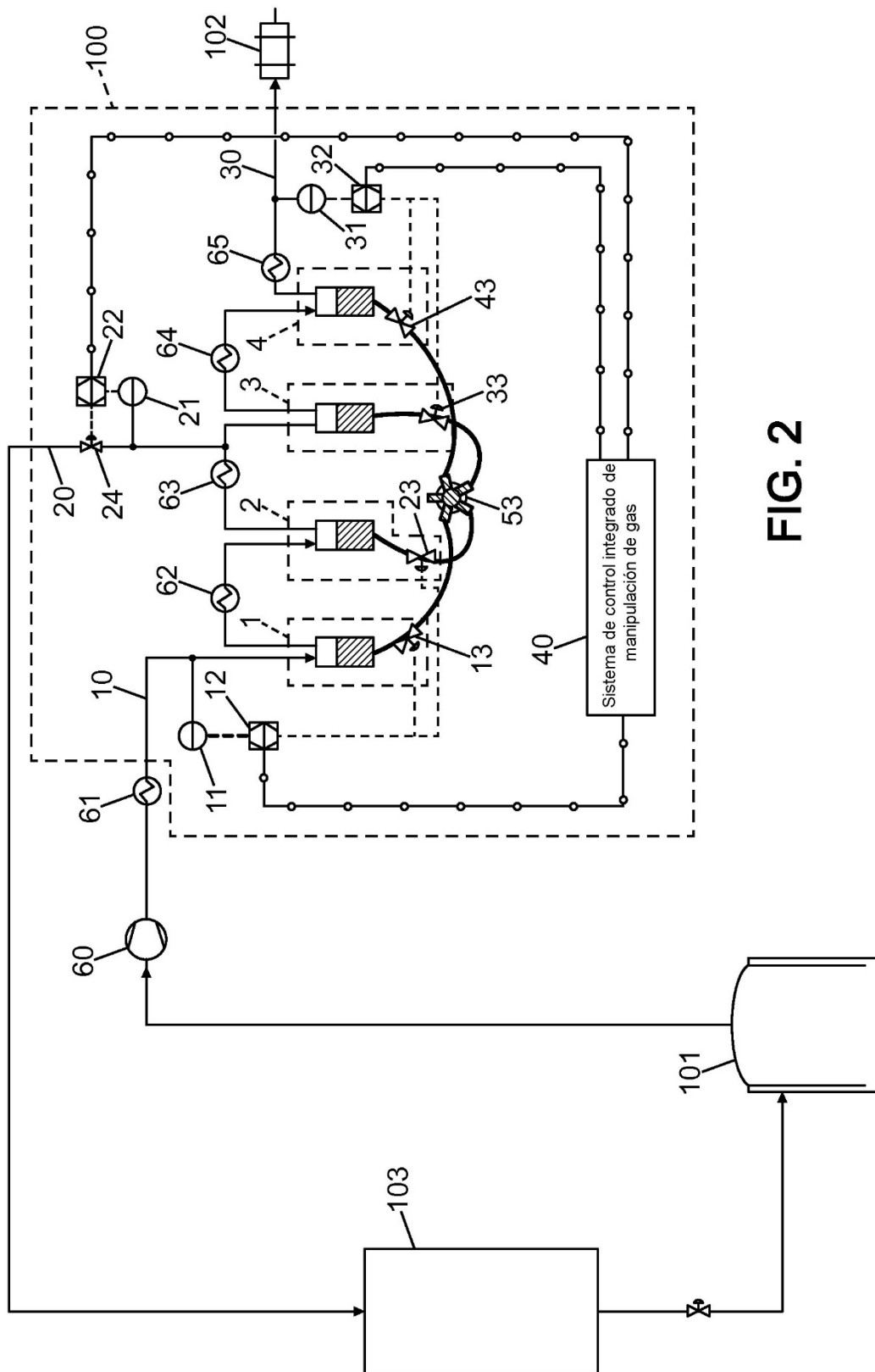


FIG. 2

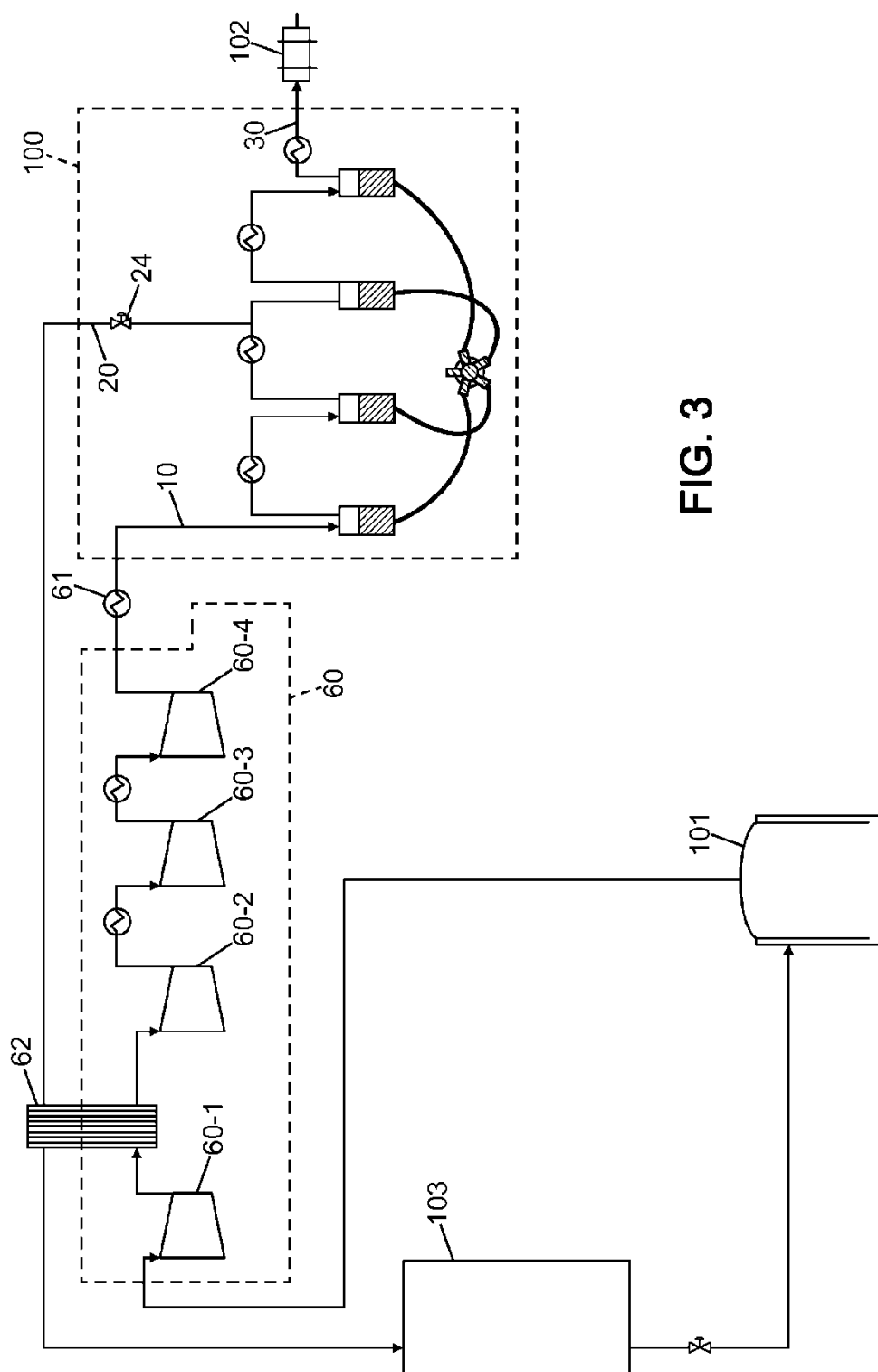


FIG. 3

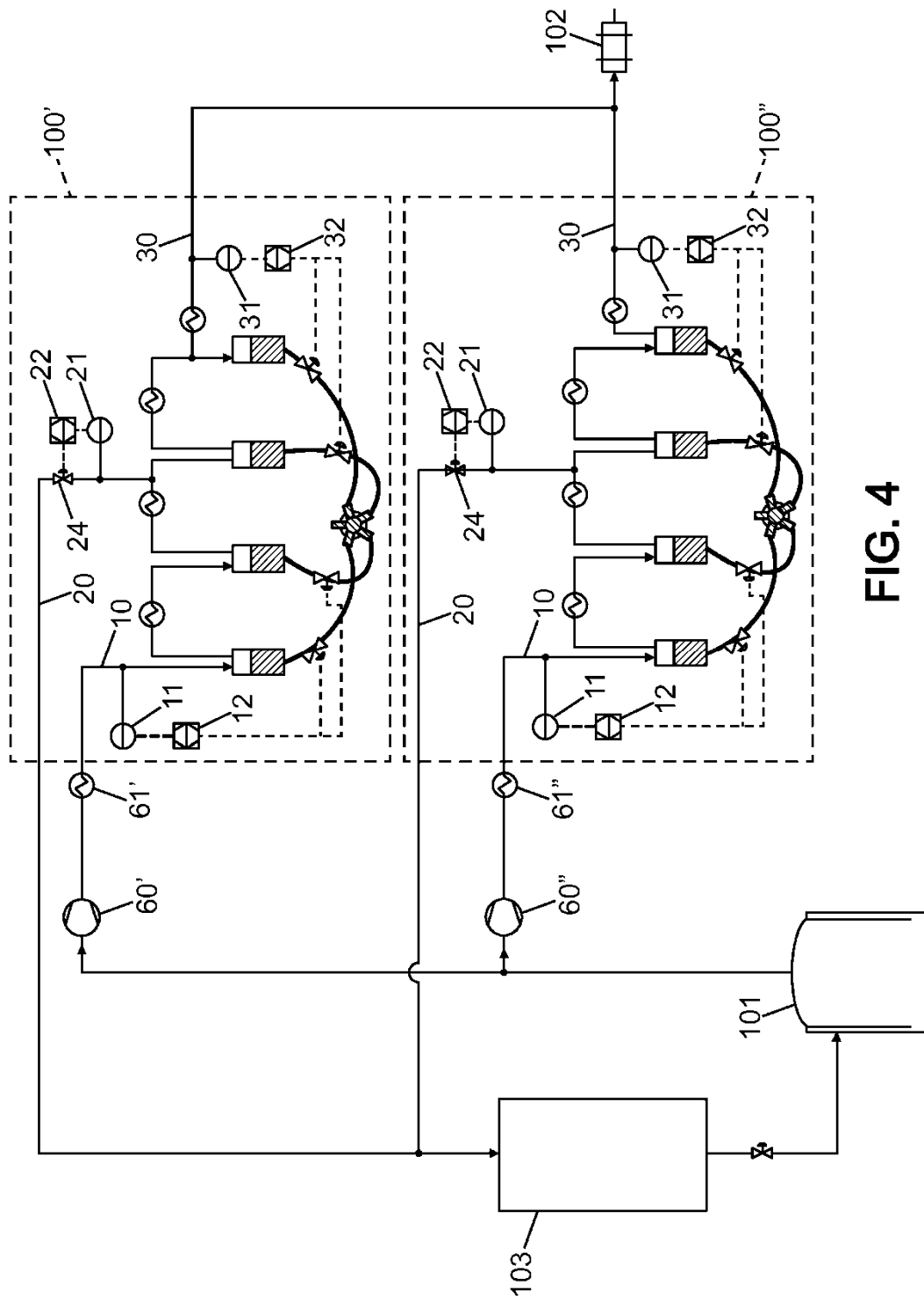


FIG. 4