

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 743 317**

51 Int. Cl.:

F25J 1/02 (2006.01)

F25J 1/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.01.2016** **E 16305044 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.05.2019** **EP 3193113**

54 Título: **Sistema para licuar un gas**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
18.02.2020

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

RAGOT, MATHIAS y
MARCUCCILLI, FRÉDÉRIC

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 743 317 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 licuar un gas

- 5 La invención se refiere a un sistema para licuar un gas. También se refiere a una embarcación portadora de gas licuado que está equipada con tal sistema.

-- ANTECEDENTES DE LA INVENCION --

- 10 Se conocen sistemas de licuado de gas desde hace mucho tiempo. Un sistema de este tipo comprende:

- una admisión de gas para su conexión a una fuente de gas;

- al menos un compresor de gas conectado para alimentarse con gas desde la admisión de gas;

- 15 - un dispositivo de expansión de gas, que está conectado para alimentarse con gas comprimido producido mediante el al menos un compresor de gas, y adaptado para producir tanto gas licuado como gas expandido a partir del gas comprimido; y

- 20 - un conducto de retorno que está conectado para conducir el gas expandido desde una salida de gas del dispositivo de expansión de gas hasta un nodo de conducto situado entre la admisión de gas y el al menos un compresor.

- 25 Por tanto, un sistema de este tipo está dotado de una trayectoria circular para el gas, de modo que parte del gas que no se ha convertido en líquido tras pasar solo una vez por el dispositivo de expansión de gas, concretamente el gas expandido descargado por el dispositivo de expansión de gas, se recircula. Por tanto, el funcionamiento continuo del sistema conduce a la producción continua de gas licuado y la admisión compensatoria de nuevo gas en la admisión de gas.

- 30 Sin embargo, los compresores de gas usados hasta la fecha para tales sistemas de licuado de gas pertenecen a la tecnología de los denominados compresores alternativos. Esta tecnología se basa en pistones sólidos que se accionan mediante un motor rotativo a través de un árbol de levas - o manivela -. Sin embargo, tales compresores de gas de pistones sólidos tienen inconvenientes que conducen en particular a requisitos de revisión que son caros y provocan pérdidas en el tiempo de funcionamiento de los sistemas.

- 35 Los sistemas de licuado de gas en general tienen numerosas aplicaciones en muchos campos técnicos, incluyendo el reciclado de gas de evaporación que procede de tanques de gas licuado a bordo de una embarcación portadora de gas licuado.

- 40 Además, se conocen ampliamente compresores de múltiples fases de gas de pistones líquidos. Tal compresor de múltiples fases de gas de pistones líquidos tiene al menos dos fases de compresor que están conectadas en serie en una cadena ordenada entre la admisión de gas y una salida de gas de extremo. Cada fase de compresor comprende al menos un cilindro suministrado con líquido de accionamiento, y comprende también un dispositivo de suministro a alta presión de líquido que está dispuesto para aumentar y reducir de manera alternante una cantidad de líquido de accionamiento contenida dentro del cilindro, para cargar, comprimir y descargar gas en la fase de compresor. Por tanto, cada fase de compresor distinta de la primera en la cadena, y denominada fase de compresor superior, está conectada a gas de proceso que se expulsa por una fase de compresor precedente situada en la cadena justo antes de dicha fase de compresor superior, a través de un conducto de gas intermedio que conecta la fase de compresor precedente a la fase de compresor superior. De esta manera, el gas que fluye desde la admisión de gas aumenta su presión cada vez que se procesa por una de las fases de compresor, y el gas expulsado en la salida de gas de extremo se ha procesado sucesivamente por todas las fases de compresor de la cadena. Las ventajas de tales compresores de múltiples fases de gas de pistones líquidos se explican en el libro titulado "Hydraulically Driven Pumps" de Donald H. Newhall, Harwood Engineering Co., Inc., Walpole, Mass., reeditado a partir de Industrial and Engineering Chemistry, vol. 49, n.º 12, diciembre de 1957, págs. 1949-54. En particular, parte de los inconvenientes de las bombas alternativas se alivian o se suprimen. El documento WO 2014/209029 A1 da a conocer un sistema para licuar un gas según el preámbulo según la reivindicación 1.

Partiendo de esta situación, un objeto de la presente invención consiste en proporcionar sistemas de licuado de gas mejorados que no tengan los inconvenientes de aquellos a base de bombas alternativas.

- 60 Otro objeto de la invención consiste en proporcionar un sistema de licuado de gas de este tipo que también pueda suministrar gas comprimido a al menos un dispositivo de alimentación de gas adicional, con una combinación fácil entre ambas funciones de licuar gas y suministrar gas comprimido al/a los dispositivo(s) de alimentación de gas adicional(es).

- 65 Todavía otro objeto de la invención es proporcionar un diseño para sistemas de licuado de gas que pueda escalarse hacia arriba o hacia abajo, para hacer coincidir fácilmente las capacidades de licuado y/o las cantidades de

suministro de gas comprimido que se distribuyen a lo largo de amplios intervalos de requisitos, sin modificar sustancialmente el diseño del sistema.

Todavía otro objeto de la invención consiste en proporcionar un sistema de este tipo que sea de funcionamiento fácil y fiable.

-- SUMARIO DE LA INVENCION --

Para cumplir al menos uno de estos objetos u otros, un primer aspecto de la presente invención propone un sistema según la reivindicación 1, para licuar un gas tal como se describió anteriormente, pero en el que el al menos un compresor comprende un compresor de múltiples fases de gas de pistones líquidos. Entonces, el dispositivo de expansión de gas está conectado para recibir gas comprimido desde la salida de gas de extremo del compresor de múltiples fases de gas de pistones líquidos, o desde una salida de gas intermedia situada en un conducto de gas intermedio entre dos fases de compresor que son sucesivas en la cadena de las fases de compresor.

Dado que el sistema de la invención implementa un compresor de gas que se basa en pistones líquidos, variar el número de fases de compresor en la cadena permite hacer coincidir amplios intervalos de requisitos para la capacidad de licuefacción y posiblemente también para las cantidades de gas comprimido que deben suministrarse a un dispositivo de alimentación de gas adicional. En particular, la cadena del compresor de múltiples fases de gas de pistones líquidos puede comprender entre dos y seis fases de compresor, incluyendo los valores dos y seis. Además, las fases de compresor pueden compartir una misma fuente de líquido de accionamiento a alta presión, conectada en paralelo a los sistemas de suministro a alta presión de líquido de líquido de varias o todas las fases de compresor. La modificación del número de fases de compresor puede realizarse entonces sin un trabajo de rediseño significativo.

La implementación de un compresor de gas que se basa en pistones líquidos también permite hacer coincidir amplios intervalos de requisitos para variaciones de la capacidad de licuefacción, y posiblemente también para las cantidades de gas comprimido que deben suministrarse a un dispositivo de alimentación de gas adicional, ajustando fácilmente las capacidades de gas de las fases de compresor.

La adición fácil de fases de compresor a un compresor de múltiples fases de gas de pistones líquidos usado en un sistema de licuado de gas según la invención permite proporcionar gas comprimido a un dispositivo de alimentación de gas adicional además del dispositivo de expansión de gas, cualquiera que sea el requisito de presión del dispositivo de alimentación de gas adicional.

Los inconvenientes de las bombas alternativas se evitan implementando el compresor de gas de pistones líquidos.

Además, los compresores de múltiples fases de gas de pistones líquidos pueden controlarse de una manera simple y fiable, usando dispositivos de detección y de control que están ampliamente disponibles a un coste razonable.

En algunas implementaciones de la invención a bordo de una embarcación portadora de gas licuado, la admisión de gas puede estar dedicada a conectarse para recibir gas de evaporación que procede de gas licuado contenido en un tanque o tanques dispuestos a bordo de la embarcación. Por tanto, este tanque forma al menos parte de la fuente de gas. Simultáneamente, una salida de líquido del dispositivo de expansión de gas puede conectarse a al menos uno de los tanques de gas licuado para descargar el gas licuado producido.

Generalmente, el sistema de licuado de gas de la invención puede adaptarse adicionalmente para suministrar gas comprimido que se ha procesado mediante al menos algunas de las fases de compresor del compresor de múltiples fases de gas de pistones líquidos, a un dispositivo de alimentación de gas adicional. Por ejemplo, gas comprimido mediante algunas de las fases de compresor puede suministrarse a una admisión de gas combustible de un motor. Cuando un suministro de gas de este tipo se implementa a bordo de una embarcación portadora de gas licuado, el motor puede ser un motor de propulsión de la embarcación o un generador de energía eléctrica, tal como un denominado motor electrógeno. Tal motor de propulsión o electrógeno puede alimentarse con gas o ser de tipo motor de combustible.

La salida de gas del compresor de múltiples fases de gas de pistones líquidos desde la que se suministra el dispositivo de alimentación de gas adicional con gas comprimido puede ser la misma que la que suministra gas comprimido al dispositivo de expansión de gas, o una diferente, entre la salida de gas de extremo o una cualquiera de las salidas de gas intermedias a lo largo de la cadena de las fases de compresor. La admisión de gas combustible del motor de propulsión de embarcación puede alimentarse con gas comprimido que procede de la salida de gas de extremo del compresor de múltiples fases de gas de pistones líquidos, de modo que una presión de gas que sale en la admisión de gas combustible del motor de propulsión de embarcación está en el intervalo de 100 bara a 450 bara (bara para presión absoluta expresada en bares), en particular entre 300 bara y 400 bara. En tal caso, un compresor previo puede disponerse en la trayectoria de gas entre la admisión de gas y la primera fase de compresor del compresor de múltiples fases de gas de pistones líquidos. Alternativamente, la admisión de gas combustible del motor de propulsión de embarcación puede alimentarse con gas comprimido que procede de una

salida de gas intermedia situada en un conducto de gas intermedio entre dos fases de compresor que son sucesivas en la cadena del compresor de gas de múltiples fases de gas de pistones líquidos. En este último caso, la presión de gas en la admisión de gas combustible del motor de propulsión de embarcación puede estar en el intervalo de $6 \pm 1,5$ bara o 16 ± 4 bara. Entonces, el dispositivo de expansión de gas puede alimentarse con gas comprimido que

Un segundo aspecto de la invención propone una embarcación portadora de gas licuado que comprende al menos un tanque de gas licuado a bordo de la embarcación, y comprende también un sistema para licuar un gas según el primer aspecto de la invención. La admisión de gas del sistema está conectada para recibir gas de evaporación que procede del al menos un tanque de gas licuado, y la salida de líquido del dispositivo de expansión de gas también está conectada a este al menos un tanque de gas licuado, pero para descargar el gas licuado producido.

Posiblemente, la embarcación portadora de gas licuado puede comprender además un motor de propulsión de embarcación alimentado con gas o una embarcación de propulsión de combustible híbrido. En tal caso, la cadena de fases de compresor del compresor de múltiples fases de gas de pistones líquidos puede estar dotada de al menos una salida de gas para expulsar gas procesado mediante al menos una de las fases de compresor, y esta salida de gas está conectada a una admisión de combustible gaseoso del motor.

Generalmente, el gas procesado mediante un sistema de licuefacción según la invención puede ser cualquier gas, en particular para cuestiones de almacenamiento o uso de gas. En particular, puede ser metano, etano, propano, butano y mezclas de los mismos, incluyendo gas natural y 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 embarcación. La embarcación portadora de gas licuado puede ser una embarcación portadora de gas natural licuado. También, y posiblemente en combinación, la embarcación portadora de gas licuado puede alimentarse con gas para propulsión.

Sin embargo, el gas procesado mediante un sistema de licuefacción según la invención también puede ser hidrógeno, en particular para almacenamiento, en vista de alimentar un dispositivo de célula de combustible con flujo de hidrógeno adecuado.

Estas y otras características de la invención se describirán ahora con referencia a las figuras adjuntas, que hacen referencia a realizaciones no limitativas de la invención.

-- BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS --

Las Figuras 1 a 3 ilustran tres posibles implementaciones de la invención.

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

-- DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION --

La invención se describe ahora en detalle para varios ejemplos de realización, pero sin inducir ninguna limitación con respecto al alcance de las reivindicaciones. En particular, se describirán el procesamiento y la aplicación de gas natural a embarcaciones portadoras de gas natural licuado, pero otros gases y aplicaciones están abarcados también por las reivindicaciones, con características de implementación idénticas o características de implementación adaptadas a los gases y/o adaptadas a las aplicaciones.

En las figuras, los siguientes números de referencia tienen los significados listados a continuación:

100	sistema de licuado de gas
101	fuelle de gas
102, 102'	motores de propulsión de embarcación alimentados con gas o de combustible híbrido
1	admisión de gas del sistema de licuado de gas
10	nodo de conducto
2	compresor de múltiples fases de gas de pistones líquidos
21-23 o 21-25	tres o cinco fases de compresor del compresor de múltiples fases de gas de pistones líquidos, siendo los números tres y cinco solo con fines ilustrativos
27	fuelle de líquido de accionamiento a alta presión
28	conductos de gas intermedios del compresor de múltiples fases de gas de pistones líquidos
29	salida de gas de extremo del compresor de múltiples fases de gas de pistones líquidos
3	dispositivo de expansión de gas
31	válvula de expansión
32	tambor de expansión súbita
33	salida de gas del tambor de expansión súbita
34	salida de líquido del tambor de expansión súbita

	4	turbocompresor
	41	bomba reforzadora de tipo centrífugo
	42	expansor de gas de influjo radial
	43	árbol de accionamiento
5	44	enfriador de gas
	5	intercambiador de calor
	60	enfriador de gas
	80	compresor previo
	97	conducto de gas de retorno
10	98	bomba de gas licuado
	99	conducto de líquido de retorno

La fuente de gas 101 puede comprender un tanque o varios tanques (solo se representa un tanque en las figuras) que contienen gas natural licuado, a partir del que se origina gas de evaporación. Tal(es) tanque(s) de gas puede(n) disponerse a bordo de una embarcación portadora de gas natural licuado, por ejemplo. En tal caso, el gas que se procesa mediante 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 procesado mediante el sistema de la invención puede estar compuesto por más del 80% en peso de metano.

La admisión de gas 1 puede estar conectada para recibir el gas de evaporación que procede del gas natural licuado, o el líquido vaporizado de gas natural.

El sistema de licuado de gas 100 comprende el compresor de múltiples fases de gas de pistones líquidos 2, el dispositivo de expansión de gas 3, el conducto de gas de retorno 97 y opcionalmente al menos uno de los siguientes componentes adicionales: el turbocompresor 4, el intercambiador de calor de múltiples corrientes 5, el enfriador de gas 60, el compresor previo 80, la bomba para gas licuado 98 y válvulas de control dispuestas en el conducto de gas de retorno 97 y el conducto de líquido de retorno 99.

El compresor de múltiples fases de gas de pistones líquidos 2 comprende varias fases de compresor 21-23 o 21-25 que están conectadas en serie en una cadena, de modo que cada fase de compresor procesa el gas expulsado por la fase de compresor justo antes en la cadena, excepto la fase de compresor 21 que procesa gas que procede de la admisión de gas 1. En los ejemplos representados, la fase de compresor 21 es la primera en la cadena, y la fase de compresor 23 en la figura 1, o 25 en las figuras 2 y 3, es la última en la cadena. Cada una de las fases de compresor comprende un respectivo cilindro sellado que está conectado para admitir una cantidad variable de líquido de accionamiento, y comprende también un dispositivo de suministro a alta presión de líquido que varía la cantidad de líquido de accionamiento contenido en el cilindro. La estructura de tal fase de compresor de pistones líquidos se conoce ampliamente, de modo que no es necesario repetirla en este caso. Solo se indica que el nivel variado repetidamente del líquido de accionamiento dentro de cada cilindro, de manera creciente y decreciente, produce un flujo de gas comprimido fuera del cilindro de la fase de compresor considerada. Este flujo de gas comprimido depende en particular de la magnitud de la variación de nivel del líquido de accionamiento dentro del cilindro, y también la frecuencia de esta variación de nivel del líquido de accionamiento dentro del cilindro. En el marco de esta descripción, la frase "capacidad de una de las fases de compresor" indica la cantidad promedio, por ejemplo, el peso promedio, de gas comprimido que se expulsa por unidad de tiempo por la fase de compresor. Esta capacidad resulta en particular de la magnitud y la frecuencia de las variaciones de nivel del líquido de accionamiento dentro del cilindro. El dispositivo de suministro a alta presión de líquido de cada una de las fases de compresor comprende respectivos medios de regulación y una fuente de líquido de accionamiento a alta presión. La fuente de líquido de accionamiento a alta presión puede compartirse ventajosamente entre las fases de compresor, según el número de referencia 27. La relación entre la presión de gas de salida y la presión de gas de admisión individualmente para cada fase de compresor puede ser de entre dos y quince. Los medios de regulación permiten un ajuste fácil y en tiempo real de la capacidad de la fase de compresor correspondiente.

Dentro de un compresor a base de pistones líquidos según la presente invención, no existe un contacto directo entre el líquido de accionamiento y el gas que debe comprimirse dentro de cada cilindro, para evitar que el gas comprimido se contamine con vapor del líquido de accionamiento o vapores producidos mediante este último. Esto se soluciona mediante la presente invención disponiendo un pistón sólido simulado entre el líquido de accionamiento y el gas que está comprimiéndose (tal como se describe también en el documento US2012/0134851). Durante un ciclo de funcionamiento de la fase de compresor, el pistón simulado permanece encima del líquido de accionamiento dentro del cilindro, y se mueve arriba y abajo debido a la variación alternante en el nivel del líquido de accionamiento. Los pistones simulados dentro de cilindros separados son independientes entre sí, sin interconexiones de base sólida. Una cantidad fija de un líquido adicional se proporciona adicionalmente para producir un sellado periférico entre el pistón simulado y la superficie interna del cilindro. Esta cantidad de líquido adicional permanece comprendida entre la superficie periférica del pistón simulado y la superficie interna del cilindro cualquiera que sea el nivel momentáneo del líquido de accionamiento al moverse junto con el pistón simulado. Este líquido adicional se selecciona para no producir vapores contaminantes y de modo que el gas que debe comprimirse no se disuelva en y no produzca ninguna reacción química con el mismo. Se ha implementado líquido de tipo iónico para este fin, o cualquier otro líquido que pueda producir las funciones de sellado de gas y lubricación. Pueden

disponerse dispositivos de enfriamiento intermedios en los conductos de gas intermedios 28 entre dos fases de compresor que son sucesivas en la cadena del compresor de gas de múltiples fases de gas de pistones líquidos 2, y entre la última fase de compresor de la cadena y el dispositivo de expansión de gas 3. De esta manera puede enfriarse el gas que fluye dentro de cada conducto de gas intermedio 28 y al dispositivo de expansión de gas 3. Por tanto, el compresor de múltiples fases de gas de pistones líquidos 2 ejecuta un proceso casi isotérmico que minimiza la energía perdida para la generación de calor en comparación con un compresor alternativo convencional. Por motivos de claridad, las figuras solo representan tal enfriador de gas dispositivo en la salida de gas de la última fase de compresor 23 o 25, con el número de referencia 60.

Una de las fases de compresor 21-23 o 21-25 expulsa gas comprimido al dispositivo de expansión de gas 3.

El dispositivo de expansión de gas 3 puede comprender la válvula de expansión 31 y el tambor de expansión súbita 32. Este último está dotado de la salida de gas 33 para descargar el gas expandido, y también de la salida de líquido 34 para descargar el gas licuado que se produce mediante el dispositivo de expansión de gas 3. El gas comprimido que procede del compresor de múltiples fases de gas de pistones líquidos 2 y posiblemente comprimido adicionalmente mediante la bomba reforzadora centrífuga 41 se admite en el tambor de expansión súbita 32 a través de la válvula de expansión 31. El gas expandido se conduce al nodo de conducto 10 para recircularse, a través del conducto de gas de retorno 97. Simultáneamente, el gas licuado puede conducirse de vuelta a la fuente de gas 101 si esta última está compuesta por al menos un tanque de gas licuado, a través del conducto de líquido de retorno 99. Dependiendo de la presión del gas licuado en la salida de líquido 34, el conducto de líquido de retorno 99 puede estar dotado de la bomba de gas licuado 98 o no, y también posiblemente de una derivación para evitar temporalmente tal bomba. Por tanto, el gas licuado puede suministrarse de vuelta al tanque de líquido de la fuente de gas 101, con una presión de aproximadamente 3,5 bara y una temperatura de entre -140°C y -150°C.

Según la figura 1, el turbocompresor 4 puede estar dispuesto entre el dispositivo de expansión de gas 3 y la salida de gas de extremo 29 del compresor de múltiples fases de gas de pistones líquidos 2, desde el que dicho dispositivo de expansión de gas 3 se alimenta con gas comprimido. El turbocompresor 4 está dispuesto para comprimir el gas suministrado al dispositivo de expansión de gas 3 además de la compresión mediante el compresor de múltiples fases de gas de pistones líquidos 2 antes de suministrar este gas comprimido al dispositivo de expansión de gas 3. De manera conocida, el turbocompresor 4 puede comprender la bomba reforzadora de tipo centrífugo 41, el expansor de gas de influjo radial 42, el árbol de accionamiento 43 y el enfriador de gas 44. La bomba reforzadora 41 comprime además el gas comprimido que procede del compresor de múltiples fases de gas de pistones líquidos 2, y parte del gas comprimido resultante puede introducirse en el expansor 42 para conducir en rotación la bomba reforzadora 41 a través del árbol 43. Entonces, el gas expandido a partir del expansor 42 puede conducirse de vuelta al nodo 10 a través de un conducto de gas dedicado para su recirculación. El enfriador de gas 44 puede estar dispuesto en la salida de la reforzadora 41 para una primera fase en el enfriamiento del gas comprimido resultante.

El intercambiador de calor 5 produce una segunda fase en el enfriamiento del gas comprimido que se suministra al dispositivo de expansión de gas 3. Puede estar dispuesto para transferir calor desde el gas comprimido que se suministra al dispositivo de expansión de gas 3, al gas expandido que se produce mediante este último. Preferiblemente, el intercambiador de calor 5 puede ser de tipo de múltiples corrientes, para transferir adicionalmente calor desde el gas expandido expulsado por el expansor 42 al gas expandido que se produce mediante el dispositivo de expansión de gas 3. El intercambiador de calor 5 puede ser alternativamente de varios tipos conocidos en la técnica.

Generalmente para la invención, al menos algunas de las fases de compresor del compresor de múltiples fases de gas de pistones líquidos 2 del sistema de licuado de gas 100 pueden usarse también para suministrar gas comprimido a un dispositivo de alimentación de gas adicional. Tal dispositivo alimentado con gas puede ser cualquiera, por ejemplo, un quemador de gas, o un generador de energía eléctrica, o un motor alimentado con gas, concretamente un motor al que se le debe suministrar solo gas como combustible, o un motor de combustible híbrido. En este último caso, solo se hace referencia al suministro de gas combustible del motor de propulsión de embarcación en la presente descripción. En particular, el motor puede ser un motor de propulsión de una embarcación portadora de gas licuado, equipada con el sistema 100 para volver a licuar gas de evaporación.

En el primer ejemplo de implementación representado en la figura 1, el motor alimentado con gas 102 se alimenta con gas desde la salida de gas de extremo 29 del compresor de múltiples fases de gas de pistones líquidos 2, en paralelo con el conjunto del turbocompresor 4, el intercambiador de calor 5 y el dispositivo de expansión de gas 3. Tal estructura es adecuada cuando el requisito de presión de gas en la admisión de gas combustible del motor 102 está en el intervalo de 16 ± 4 bara. Para tal realización, el gas comprimido se enfría preferiblemente hasta una temperatura de aproximadamente 40°C a 45°C mediante el enfriador de gas 44.

Puede implementarse una disposición similar para suministrar gas a un motor que tiene un requisito de presión en la admisión de gas combustible de este motor, en el intervalo de $6 \pm 1,5$ bara.

El segundo ejemplo de implementación representado en la figura 2 es adecuado de nuevo para suministrar gas comprimido dentro del intervalo de presión de 16 ± 4 bara al motor 102, pero la presión de entrada para el gas que

se suministra al conjunto del turbocompresor 4, el intercambiador de calor 5 y el dispositivo de expansión de gas 3 se aumenta, por ejemplo, hasta aproximadamente 40 bara. Esto permite obtener un rendimiento de licuefacción en el dispositivo de expansión de gas 3 que es superior. Para este fin, se añaden las fases de compresor 24 y 25 en el compresor de múltiples fases de gas de pistones líquidos 2 con respecto a la figura 1. El motor 102 se suministra con gas de nuevo desde la salida de gas de la fase de compresor 23, pero siendo esta salida de gas ahora una salida de gas intermedia de la cadena de las fases de compresor, situada en el conducto de gas intermedio 28 entre las fases de compresor 23 y 24. Dado que la presión en la entrada del expansor de gas de influjo radial 42 es suficiente para una expansión eficiente, ya no se usa la bomba reforzadora 41 para el gas alimentado al interior del dispositivo de expansión de gas 3, sino para comprimir adicionalmente el gas que sale del expansor de gas de influjo radial 42, después de que este gas se haya calentado en el intercambiador de calor 5, y entonces volver a inyectarlo en un conducto de gas intermedio 28 de la cadena de las fases de compresor del compresor de múltiples fases de gas de pistones líquidos 2. En un sistema de este tipo, la bomba reforzadora 41 puede reemplazarse por cualquier dispositivo de freno expansor como una bomba de aceite o un generador eléctrico accionado por engranaje. En el ejemplo representado, la nueva inyección se lleva a cabo en el conducto de gas intermedio 28 entre las fases de compresor 22 y 23. Para tal implementación, puede no requerirse ninguna bomba de líquido para dirigir el gas licuado desde la salida de líquido 34 del tambor de expansión súbita 32 hasta la fuente de gas 101, dado que la presión en el tambor de expansión súbita 32 es suficientemente alta para manejar el flujo de gas licuado solo a través de una válvula de control en el conducto de líquido de retorno 99.

El tercer ejemplo de implementación representado en la figura 3 es adecuado para suministrar gas comprimido dentro del intervalo de presión de 100 bara a 450 bara al motor 102'. El compresor de múltiples fases de gas de pistones líquidos 2 puede tener de nuevo cinco fases de compresor, pero el motor 102' se alimenta con gas comprimido de la salida de gas de extremo 29, después de la fase de compresor 25. El enfriador de gas 60 puede estar dispuesto en la trayectoria entre la salida de gas de extremo 29 y la admisión de gas combustible del motor 102'. Para alcanzar el requisito de presión de entre 100 bara y 450 bara en la admisión de gas combustible del motor 102', el compresor previo 80 puede estar dispuesto la trayectoria de gas entre la admisión de gas 1 y la primera fase de compresor 21 del compresor de gas de múltiples fases de gas de pistones líquidos 2. El compresor previo 80 puede aumentar la presión de gas desde el valor de presión atmosférica hasta entre 5 bara y 10 bara. Puede ser de tipo de desplazamiento positivo o por tornillo, centrífugo de múltiples fases, en particular. El dispositivo de expansión de gas 3 puede suministrarse entonces con gas comprimido que procede del conducto de gas intermedio 28 que está situado entre las fases de compresor 23 y 24. El turbocompresor 4 y el intercambiador de calor 5 pueden implementarse para el gas que se suministra mediante el compresor de gas de múltiples fases de gas de pistones líquidos 2 al dispositivo de expansión de gas 3 de una manera similar a la del primer ejemplo de implementación de figura 1, pero sin que el enfriador de gas 60 actúe sobre el gas que debe licuarse. El gas expandido que procede del expansor de gas de influjo radial 42 puede volver a inyectarse en el compresor de gas de múltiples fases de gas de pistones 2 en el conducto de gas intermedio 28 que está situado entre las fases de compresor 22 y 23. Para tales motores que requieren una presión de admisión de gas combustible de entre 100 bara y 450 bara, la presión de admisión de gas combustible real puede variar en función de la carga del motor. Sin embargo, el uso de un compresor que se basa en pistones líquidos permite un control fácil de la admisión de gas combustible presión sin recirculación de gas. Esto puede ahorrar una cantidad de energía significativa.

Por tanto, una ventaja principal de la invención resulta del hecho de que la tecnología de pistones líquidos permite suministrar gas combustible a motores que tienen requisitos muy diferentes para la presión de gas en su admisión de gases combustibles, al tiempo que comparten el compresor de gas con un sistema de licuado de gas. Solo tiene que adaptarse el número de fases de compresor. Como resultado, un astillero puede tener un diseño práctico y estandarizado para el sistema de licuado de gas y sistema de suministro de gas combustible combinado, cualquiera que sea el tipo de motor de propulsión de embarcación.

Tiene que entenderse que la invención puede reproducirse aunque se adapten algunos detalles de implementación con respecto a la descripción proporcionada anteriormente en el presente documento con referencia a las figuras. En particular, la invención puede implementarse cualquiera que sea el número de fases de compresor dentro del compresor de múltiples fases de gas de pistones líquidos, y cualquiera que sea la posición de la salida de gas a lo largo de la cadena de las fases de compresor que suministra el dispositivo de expansión de gas con gas comprimido. También, los valores numéricos que se han citado para las presiones de gas se han proporcionado solo con fines ilustrativos.

También, el sistema de la invención puede usarse para suministrar gas comprimido a un dispositivo alimentado con gas que tiene un consumo de gas limitado, mientras que el gas, por ejemplo, gas de evaporación, puede salir inicialmente en exceso con respecto al consumo del dispositivo alimentado con gas. El sistema de licuado de gas de la invención permite recircular el exceso de gas de evaporación sin pérdida de gas y con componentes adicionales mínimos y un consumo de energía mínimo.

REIVINDICACIONES

1.- Sistema (100) para licuar un gas que comprende:

- 5 - una admisión de gas (1) para su conexión a una fuente de gas (101);
- al menos un compresor de gas conectado para alimentarse con gas desde la admisión de gas;
- 10 - un dispositivo de expansión de gas (3) conectado para alimentarse con gas comprimido producido mediante el al menos un compresor de gas, y adaptado para producir tanto gas licuado como gas expandido a partir del gas comprimido; y
- un conducto de retorno (97) conectado para conducir el gas expandido desde una salida de gas (33) del dispositivo de expansión de gas (3) hasta un nodo de conducto (10) situado entre la admisión de gas (1) y el al menos un compresor,

caracterizado porque el al menos un compresor de gas comprende un compresor de múltiples fases de gas de pistones líquidos (2) que tiene al menos dos fases de compresor (21-23; 21-25) conectadas en serie en una cadena ordenada entre la admisión de gas (1) y una salida de gas de extremo (29), comprendiendo cada fase de compresor al menos un cilindro suministrado con líquido de accionamiento, comprimiéndose un pistón simulado entre el líquido de accionamiento y el gas y comprendiendo también un dispositivo de suministro a alta presión de líquido dispuesto para aumentar y reducir de manera alternante una cantidad de líquido de accionamiento contenido dentro del cilindro, para cargar, comprimir y descargar gas en la fase de compresor, estando conectada cada fase de compresor (22-23; 22-25) distinta de la primera (21) en la cadena, y denominada fase de compresor superior, a gas de proceso que se expulsa mediante una fase de compresor precedente situada en la cadena justo antes de dicha fase de compresor superior, a través de un conducto de gas intermedio (28) que conecta dicha fase de compresor precedente a dicha fase de compresor superior, de modo que el gas que fluye desde la admisión de gas (1) aumenta su presión cada vez que se procesa mediante una de las fases de compresor, y el gas expulsado en la salida de gas de extremo (29) se ha procesado sucesivamente mediante todas las fases de compresor de la cadena,

estando conectado el dispositivo de expansión de gas (3) para recibir gas comprimido desde la salida de gas de extremo (29) del compresor de múltiples fases de gas de pistones líquidos (2), o desde una salida de gas intermedia situada en un conducto de gas intermedio (28) entre dos fases de compresor (21-23; 21-25) sucesivas en la cadena.

2.- Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, adaptado para estar a bordo de una embarcación portadora de gas licuado, en el que la admisión de gas (1) está dedicada para conectarse para recibir gas de evaporación que procede de gas licuado contenido en tanques dispuestos a bordo de la embarcación, formando dichos tanques al menos parte de la fuente de gas (101), y una salida de líquido (34) del dispositivo de expansión de gas (3) está conectada a al menos uno de los tanques para descargar el gas licuado producido mediante dicho dispositivo de expansión de gas.

3.- Sistema según la reivindicación 1 o 2, adaptado para procesar gas que contiene metano, etano, propano, butano y mezclas de los mismos, incluyendo gas natural y gas de petróleo, en particular gas compuesto por más del 80% en peso de metano.

4.- Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, adaptado adicionalmente para suministrar gas comprimido procesado mediante al menos algunas de las fases de compresor (21-23; 21-25) del compresor de múltiples fases de gas de pistones líquidos (2) a una admisión de gas combustible de un motor (102; 102').

5.- Sistema según la reivindicación 4 y la reivindicación 2 o 3, en el que el motor (102; 102') es un motor de propulsión de la embarcación.

6.- Sistema según la reivindicación 5, adaptado de modo que la admisión de gas combustible del motor de propulsión de embarcación (102') se alimenta con gas comprimido que procede de la salida de gas de extremo (29) del compresor de múltiples fases de gas de pistones líquidos (2), con una presión de gas que sale en la admisión de gas combustible del motor de propulsión de embarcación que está en el intervalo de 100 bara a 450 bara.

7.- Sistema según la reivindicación 6, que comprende además un compresor previo (80) dispuesto en una trayectoria de gas entre la admisión de gas (1) y la primera fase de compresor (21) del compresor de gas de múltiples fases de gas de pistones líquidos (2).

8.- Sistema según la reivindicación 5, adaptado de modo que la admisión de gas combustible del motor de propulsión de embarcación (102) se alimenta con gas comprimido que procede de una salida de gas intermedia situada en un conducto de gas intermedio (28) entre dos fases de compresor (21-23; 21-25) que son sucesivas en la cadena del compresor de gas de múltiples fases de gas de pistones líquidos (2), con una presión de gas que sale en la admisión de gas combustible del motor de propulsión de embarcación que está en el intervalo de $6 \pm 1,5$ bara o 16

± 4 bara, y el dispositivo de expansión de gas (3) se alimenta con gas comprimido que procede de la salida de gas de extremo (29) del compresor de múltiples fases de gas de pistones líquidos.

5 9.- Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la cadena del compresor de gas de múltiples fases de gas de pistones líquidos (2) comprende entre dos y seis fases de compresor (21-23; 21-25), incluyendo los valores dos y seis.

10 10.- Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además dispositivos de enfriamiento intermedios dispuestos en los conductos de gas intermedios (28) entre dos fases de compresor (21-23; 21-25) que son sucesivas en la cadena del compresor de gas de múltiples fases de gas de pistones líquidos (2), y entre la última fase de compresor (23; 25) de la cadena y el dispositivo de expansión de gas (3), para enfriar el gas que fluye dentro de dicho conducto de gas intermedio y a dicho dispositivo de expansión de gas.

15 11.- Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el dispositivo de expansión de gas (3) comprende una válvula de expansión (31) y un tambor de expansión súbita (32) dotado de la salida de gas (33) para descargar el gas expandido, y con una salida de líquido (34) para descargar el gas licuado producido mediante el dispositivo de expansión de gas, admitiéndose el gas comprimido producido mediante el compresor de gas en el tambor de expansión súbita a través de la válvula de expansión.

20 12.- Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además un turbocompresor (4) dispuesto entre el dispositivo de expansión de gas (3) y la salida de gas de extremo (29) del compresor de múltiples fases de gas de pistones líquidos (2), o la salida de gas intermedia (28) desde la que dicho dispositivo de expansión de gas se alimenta con gas comprimido, estando dispuesto el turbocompresor para comprimir el gas comprimido suministrado al dispositivo de expansión de gas (3) además de la compresión mediante el compresor de
25 múltiples fases de gas de pistones líquidos antes de suministrar dicho gas comprimido al dispositivo de expansión de gas.

30 13.- Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además un intercambiador de calor (5) dispuesto para transferir calor desde el gas comprimido suministrado al dispositivo de expansión de gas (3), al gas expandido producido mediante dicho dispositivo de expansión de gas.

35 14.- Embarcación portadora de gas licuado, que comprende al menos un tanque de gas licuado a bordo de dicha embarcación, y que comprende también un sistema (100) para licuar un gas según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, estando conectada la admisión de gas (1) de dicho sistema para recibir gas de evaporación que procede del al menos un tanque de gas licuado, y estando conectada una salida de líquido (34) del dispositivo de expansión de gas (3) a dicho al menos un tanque de gas licuado para descargar el gas licuado producido mediante dicho dispositivo de expansión de gas.

40 15.- Embarcación portadora de gas licuado según la reivindicación 14, que comprende además un motor de propulsión de embarcación alimentado con gas o un motor de propulsión de embarcación de combustible híbrido (102; 102'), y en el que la cadena de fases de compresor (21-23; 21-25) del compresor de múltiples fases de gas de pistones líquidos (2) está dotada de al menos una salida de gas para expulsar gas procesado mediante al menos una de las fases de compresor, y dicha salida de gas está conectada a una admisión de combustible gaseoso del
45 motor.

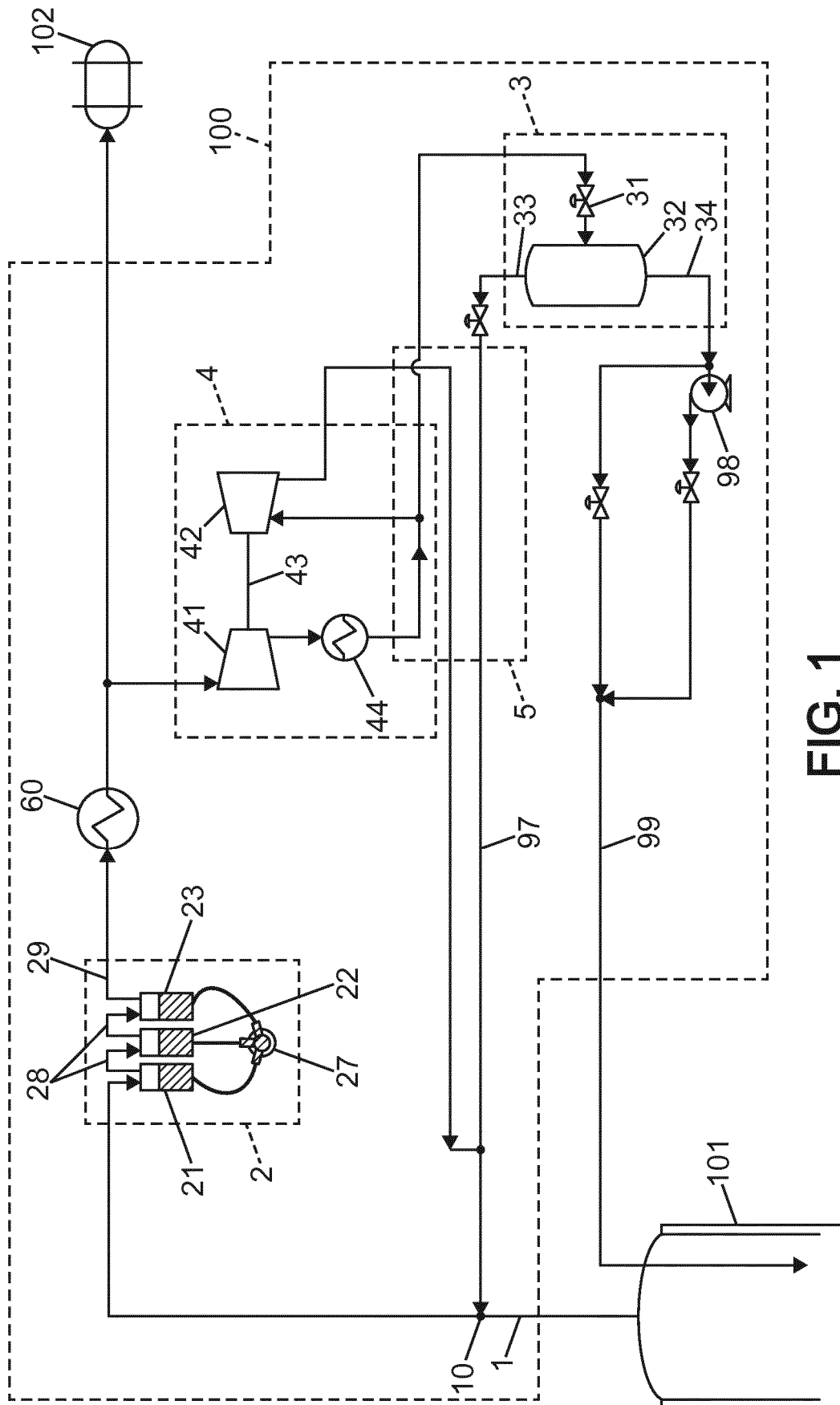
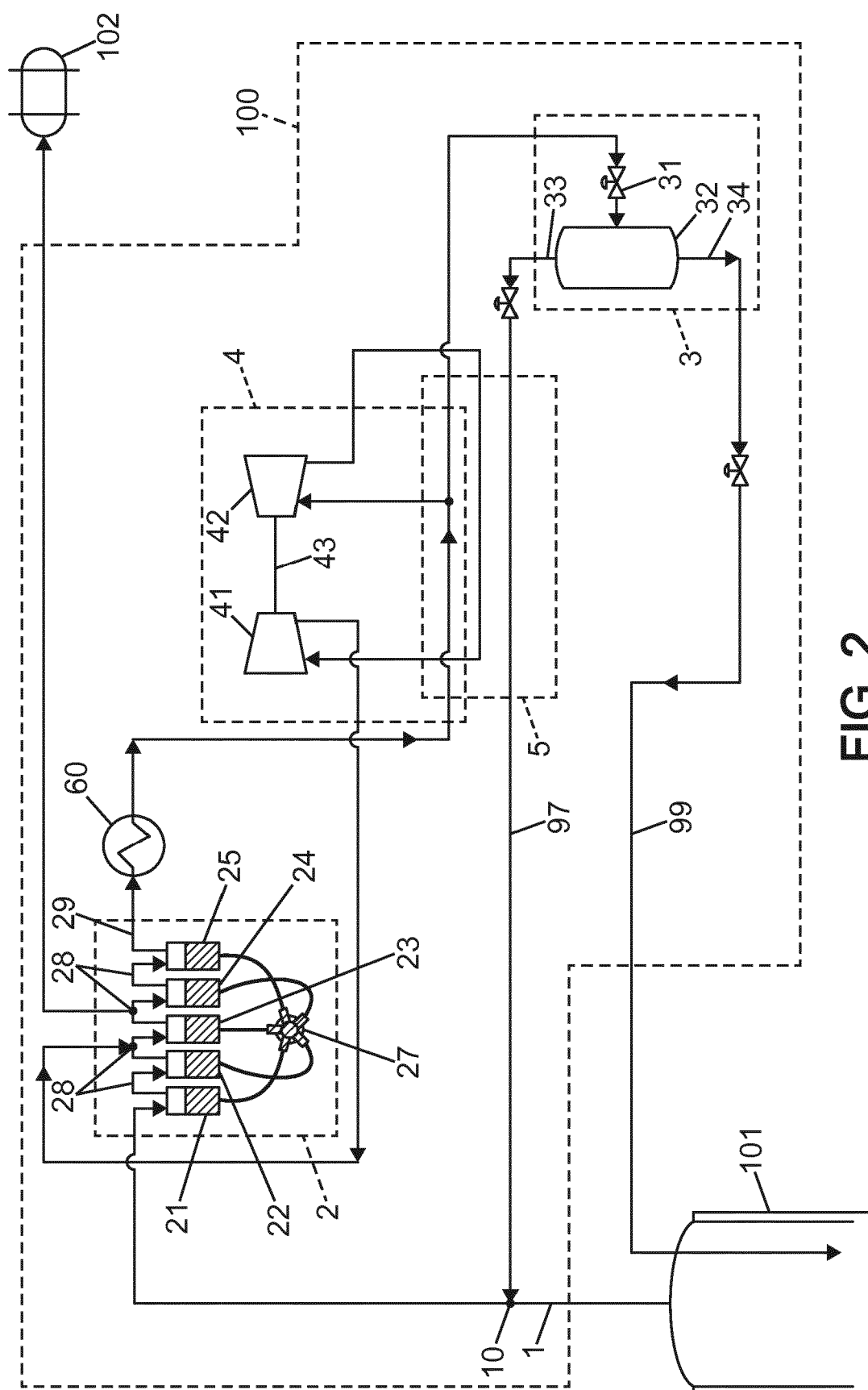


FIG. 1



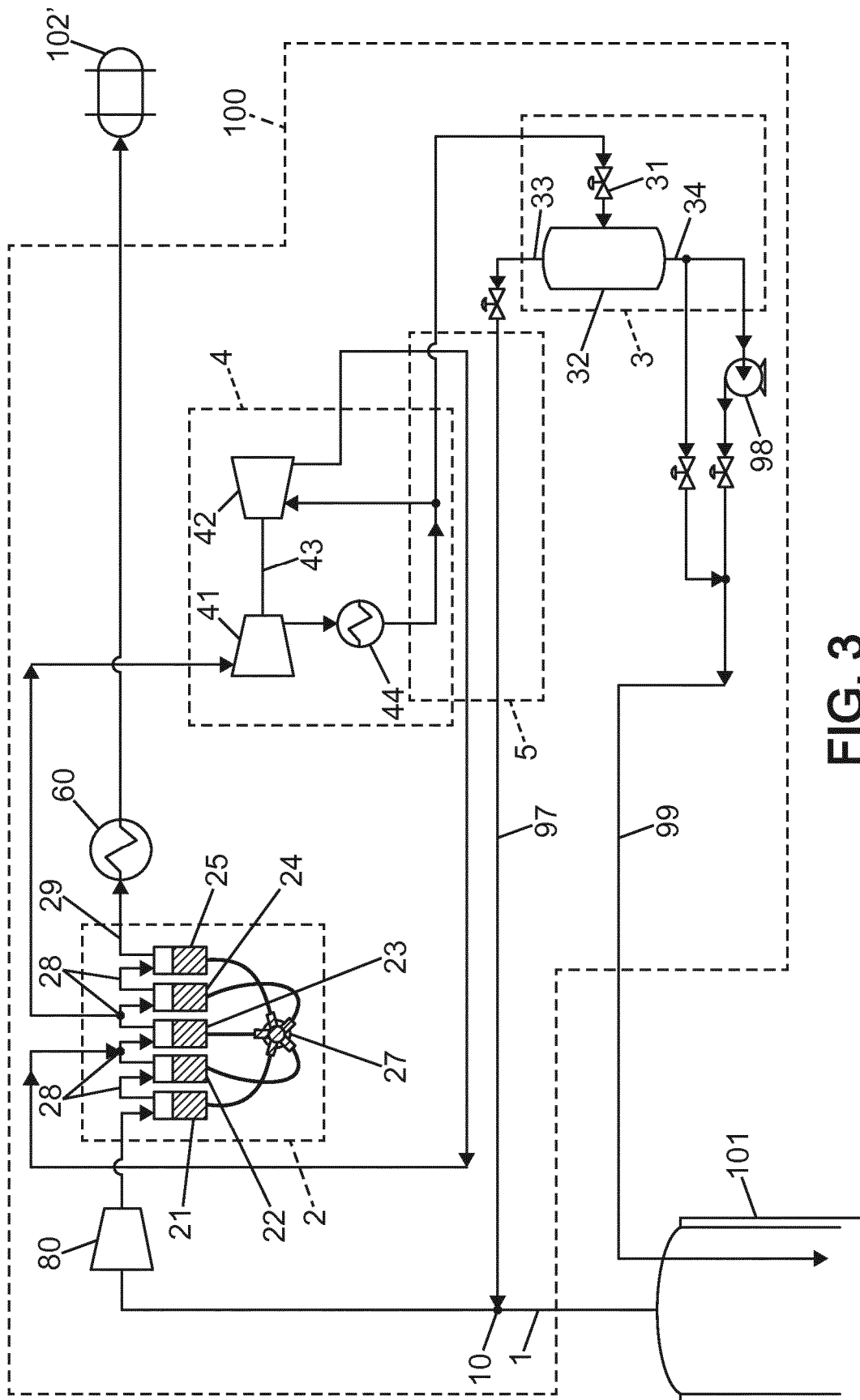


FIG. 3