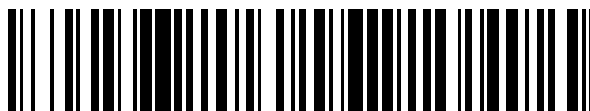


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 674 228**

51 Int. Cl.:

B63H 21/38 (2006.01)

F02M 21/02 (2006.01)

B63B 25/16 (2006.01)

F17C 7/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.06.2014 PCT/KR2014/005672**

87 Fecha y número de publicación internacional: **31.12.2014 WO14209029**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.06.2014 E 14816835 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.03.2018 EP 3015357**

54 Título: **Sistema y método de tratamiento de gas de evaporación en un barco**

30 Prioridad:

26.06.2013 KR 20130073731

15.10.2013 KR 20130122494

24.03.2014 KR 20140033792

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

28.06.2018

73 Titular/es:

**DAEWOO SHIPBUILDING & MARINE
ENGINEERING CO., LTD. (100.0%)**

125 Namdaemun-ro Jung-gu

Seoul 100-180, KR

72 Inventor/es:

LEE, JOON CHAE;

CHOI, DONG KYU;

MOON, YOUNG SIK;

JUNG, SEUNG KYO y

JUNG, JE HEON

74 Agente/Representante:

VEIGA SERRANO, Mikel

ES 2 674 228 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 y método de tratamiento de gas de evaporación en un barco

5 **Sector de la técnica**

La presente invención se refiere a un sistema y a un método de tratamiento de gas de evaporación (BOG, *boil-off gas*) para un buque y, más en particular, a un sistema y a un método de tratamiento de BOG para un buque, en el que se comprime el BOG que se descarga de un depósito de almacenamiento, la mayor parte del BOG se usa como el combustible de motores de buque, y una parte del otro BOG se licua por la energía fría del BOG recién descargado del depósito de almacenamiento y se devuelve al depósito de almacenamiento, utilizando de ese modo el BOG de manera eficiente.

15 **Estado de la técnica**

Recientemente, el consumo de gas licuado, tal como el gas natural licuado (LNG, *liquefied natural gas*) o gas de petróleo licuado (GLP, *liquefied petroleum gas*), ha ido rápidamente en aumento por todo el mundo. El gas licuado se transporta en un estado de gas a través de unos gasoductos terrestres o marinos, o se transporta a un lugar de consumo remoto al tiempo que se almacena en un estado licuado en el interior de un transportador de gas licuado.

20 El gas licuado, tal como el LNG o el GLP, se obtiene al enfriar el gas natural o el gas de petróleo a una temperatura criogénica (en el caso del LNG, aproximadamente a $-163\text{ }^{\circ}\text{C}$). Debido a que el volumen de gas licuado se reduce considerablemente en comparación con un estado de gas, el gas licuado es muy adecuado para un transporte marítimo de larga distancia.

25 Un portador de gas licuado tal como un portador de LNG está diseñado para cargar gas licuado, navegar a través del mar, y descargar el gas licuado en un lugar de consumo terrestre. Con este fin, el portador de gas licuado incluye un depósito de almacenamiento (también llamado "depósito de cargamento") que puede resistir la temperatura criogénica del gas licuado.

30 Debido a que la temperatura de licuefacción del gas natural es una temperatura criogénica de $-163\text{ }^{\circ}\text{C}$ a presión ambiente, es probable que el LNG se vaporice incluso cuando la temperatura del LNG es ligeramente superior a $-163\text{ }^{\circ}\text{C}$ a presión ambiente. En el caso de un portador de LNG convencional, a pesar de que el depósito de almacenamiento de LNG está aislado térmicamente, el calor externo se transfiere continuamente al LNG. Por lo tanto, durante el transporte del LNG por el portador de LNG, el LNG se vaporiza continuamente dentro del depósito de almacenamiento de LNG y se genera el gas de evaporación (al que se hace referencia en lo sucesivo en el presente documento como BOG) dentro del depósito de almacenamiento de LNG.

El gas natural generado puede aumentar la presión en el interior del depósito de almacenamiento y acelerar el flujo del gas natural debido al balanceo del buque, provocando problemas estructurales. Por lo tanto, es necesario suprimir la generación del BOG.

Además, debido a que el BOG es una pérdida de LNG, la supresión o relicuefacción del BOG es una cuestión muy importante en términos de la eficiencia de transporte.

45 Convencionalmente, con el fin de suprimir la generación del BOG dentro del depósito de almacenamiento del portador de gas licuado, se han usado de manera individual o en combinación un método de descargar el BOG del depósito de almacenamiento y quemar el BOG, un método de descargar el BOG del depósito de almacenamiento, volver a licuar el BOG a través de un aparato de relicuefacción, y devolver el BOG al depósito de almacenamiento, un método de usar el BOG como combustible para el motor de propulsión del buque, y un método para suprimir la generación del BOG manteniendo una presión interna de un depósito de almacenamiento en un alto nivel.

50 En el caso de un buque convencional equipado con un aparato de relicuefacción de BOG, el BOG en el interior de un depósito de almacenamiento se descarga del depósito de almacenamiento y a continuación se vuelve a licuar a través de un aparato de relicuefacción con el fin de mantener una presión del depósito de almacenamiento a un nivel apropiado. En este caso, el BOG descargado se vuelve a licuar mediante un intercambio de calor con un refrigerante (por ejemplo, nitrógeno, un refrigerante mixto o similar) enfriado a una temperatura criogénica en el aparato de relicuefacción que incluye un ciclo de refrigeración, y el BOG vuelto a licuar se devuelve al depósito de almacenamiento.

60 En el caso de un portador de LNG convencional equipado con un sistema de propulsión DFDE, el BOG se consume de una manera tal que se suministra como combustible al DFDE después de tratar el BOG mediante solo un compresor de BOG y calor, sin necesidad de instalar una instalación de relicuefacción. Por lo tanto, cuando una cantidad de combustible necesaria para un motor es menor que una cantidad de generación del BOG, existe el problema de que el BOG se quema en una unidad de combustión de gas (GCU, *gas combustion unit*) o se ventila a la atmósfera.

65

A pesar de que un portador de LNG convencional equipado con una instalación de relicuefacción y un motor diésel de baja velocidad puede tratar el BOG a través de la instalación de relicuefacción, el control de todo el sistema es complicado debido a la complejidad de funcionamiento de la instalación de relicuefacción que usa gas nitrógeno, y a que se consume una cantidad considerable de energía. Un ejemplo de un sistema de tratamiento de BOG se muestra en el documento WO 2012/128449. En consecuencia, existe una necesidad de investigación y desarrollo continuos de sistemas y métodos para tratar eficazmente el gas licuado, incluyendo el BOG que se genera de manera natural a partir del depósito de almacenamiento.

Objeto de la invención

Problema técnico

La presente invención se ha realizado en un esfuerzo por resolver los problemas anteriores y se dirige un sistema y un método de tratamiento de BOG para un buque, en el que se comprime el BOG que se descarga de un depósito de almacenamiento, la mayor parte del BOG se usa como el combustible de motores de buque, y una parte del otro BOG se licua por la energía fría del BOG recién descargado del depósito de almacenamiento y se devuelve al depósito de almacenamiento, utilizando de ese modo el BOG de manera eficiente.

Solución técnica

De acuerdo con un aspecto de la presente invención, se proporciona un sistema de tratamiento de BOG para un buque, que trata el BOG que se descarga desde un depósito de almacenamiento que almacena gas licuado, incluyendo el sistema de tratamiento de BOG: un compresor que está configurado para comprimir el BOG que se descarga del depósito de almacenamiento; un motor de gas de media presión que está configurado para recibir al menos una parte del BOG, que es comprimido por el compresor, como combustible; un intercambiador de calor que está configurado para intercambiar de calor entre el otro BOG, que no se suministra al motor de gas de media presión como combustible, y el BOG, que se descarga del depósito de almacenamiento y no se comprime; y un expansor que está configurado para descomprimir el otro BOG que se somete a intercambio de calor por medio del intercambiador de calor.

En la presente memoria descriptiva, la expresión "media presión" se debería considerar como que significa una presión de aproximadamente 5 a 20 bares a la que se comprime el BOG como el combustible que se suministra al motor.

El compresor puede incluir: un compresor que está configurado para comprimir el BOG que se descarga del depósito de almacenamiento a una presión necesaria para el motor de gas de media presión; y un compresor de refuerzo que está configurado para comprimir adicionalmente el otro BOG, que no se suministra al motor de gas de media presión.

El compresor puede ser un compresor de múltiples etapas de tipo centrífugo.

El compresor puede comprimir el BOG de 5 a 20 bares.

El compresor de refuerzo puede ser un compresor de múltiples etapas de tipo alternativo.

El compresor de refuerzo puede comprimir el BOG de 80 a 250 bares.

Una cantidad del BOG suministrado al motor de gas de media presión se puede determinar en el intervalo de un 30 a un 70 % del BOG que se descarga del depósito de almacenamiento de acuerdo con una carga del motor de gas de media presión.

El componente de gas del otro BOG, que se descomprime al tiempo que se pasa a través del expansor y se vuelve un estado mixto de gas - líquido, se puede descargar del depósito de almacenamiento y unirse con el BOG suministrado al intercambiador de calor.

El componente de gas del otro BOG, que se descomprime al tiempo que se pasa a través del expansor y se vuelve un estado mixto de gas - líquido, se puede descomprimir adicionalmente al tiempo que se pasa a través de otro expansor y unirse con el BOG suministrado al intercambiador de calor.

El componente de líquido del otro BOG, que se descomprime al tiempo que se pasa a través del expansor y se vuelve un estado de gas - líquido, se puede devolver al depósito de almacenamiento.

El sistema de tratamiento de BOG puede incluir además un vaporizador que puede forzarse configurado para vaporizar de manera forzada el gas licuado almacenado en el depósito de almacenamiento y suministrar el gas licuado vaporizado de manera forzada al compresor.

El sistema de tratamiento de BOG puede incluir adicionalmente un consumidor de BOG que está configurado para recibir y usar el BOG que es comprimido por el compresor.

5 El consumidor de BOG puede ser uno o más de un sistema de generador de gas inerte (IGG, *integrated inert gas generator*) / unidad de combustión de gas (GCU, *gas combustion unit*) integrado, una GCU y una turbina de gas.

10 De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, se proporciona un método de tratamiento de BOG para un buque, que trata el BOG que se descarga desde un depósito de almacenamiento que almacena gas licuado, incluyendo el método de tratamiento de BOG: comprimir el BOG que se descarga del depósito de almacenamiento; abastecer un motor de gas de media presión con al menos una parte del BOG, que se comprime en la etapa de compresión, como combustible; intercambiar calor entre el otro BOG, que no se suministra al motor de gas de media presión como combustible, y el BOG, que se descarga del depósito de almacenamiento y no se comprime; y descomprimir el otro BOG que se somete a intercambio de calor en la etapa de intercambio de calor.

15 El componente de gas del otro BOG, que se descomprime y se vuelve un estado mixto de gas - líquido, se puede unir con el BOG que se descarga del depósito de almacenamiento.

20 El componente de gas del otro BOG, que se descomprime y se vuelve un estado mixto de gas - líquido, se puede devolver al depósito de almacenamiento.

La etapa de intercambio de calor puede incluir adicionalmente comprimir adicionalmente el BOG que se comprime en la etapa de compresión antes del intercambio de calor.

25 El método de tratamiento de BOG puede incluir adicionalmente: vaporizar de manera forzada el gas licuado que se almacena en el depósito de almacenamiento de acuerdo con una cantidad de combustible necesaria para el motor de gas de media presión en una condición de lastre en la que una cantidad de generación de BOG es relativamente pequeña; y suministrar el gas licuado vaporizado de manera forzada a la etapa de compresión.

30 En una condición de carga en la que una cantidad de generación de BOG es relativamente grande, una parte del BOG que se comprime en la etapa de compresión se puede suministrar al motor de gas de media presión, y el otro BOG que no se suministra al motor de gas de media presión se puede comprimir adicionalmente y suministrarse a la etapa de intercambio de calor.

35 De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, se proporciona un buque, que incluye un depósito de almacenamiento que almacena gas licuado, y un motor de gas de media presión que usa el gas licuado que se almacena en el depósito de almacenamiento como combustible, incluyendo el buque: el sistema de tratamiento de BOG que se ha descrito en lo que antecede, en donde el buque genera electricidad a través del motor de gas de media presión, que está incluido en el sistema de tratamiento de BOG y recibe el BOG que se descarga del depósito de almacenamiento como combustible, y se impulsa usando un motor.

40 De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, se proporciona un método para fabricar un buque, que incluye un depósito de almacenamiento que está configurado para almacenar gas licuado, un compresor que está configurado para comprimir el BOG que se genera a partir del gas licuado que se almacena en el depósito de almacenamiento al descargar el BOG desde el depósito de almacenamiento, y un motor de gas de media presión que está configurado para usar el BOG que es comprimido por el compresor como combustible, en donde un compresor de refuerzo que está configurado para comprimir adicionalmente el BOG que es comprimido por el compresor, un intercambiador de calor que está configurado para enfriar el BOG que es comprimido adicionalmente por el compresor de refuerzo mediante un intercambio de calor con el BOG que se descarga del depósito de almacenamiento, un expansor que está configurado para descomprimir el BOG que es enfriado por el intercambiador de calor, un separador de gas - líquido que está configurado para separar el BOG, que es descomprimido por el expansor y se vuelve un estado mixto de gas - líquido, en un componente de gas y un componente de líquido, y una línea de recirculación de BOG que está configurada para unir el componente de gas que es separado por el separador de gas - líquido con el BOG que se descarga del depósito de almacenamiento se instalan adicionalmente en el buque.

55 El compresor de refuerzo se puede configurar para comprimir adicionalmente el otro BOG, que es comprimido por el compresor entre el BOG que se descarga del depósito de almacenamiento y no se suministra al motor de gas de media presión.

60 El compresor puede ser un compresor de múltiples etapas de tipo centrífugo.

El compresor puede comprimir el BOG de 5 a 20 bares.

El compresor de refuerzo puede ser un compresor de múltiples etapas de tipo alternativo.

65

El compresor de refuerzo puede comprimir el BOG de 80 a 250 bares.

Una cantidad del BOG suministrado al motor de gas de media presión se puede determinar en el intervalo de un 30 a un 70 % del BOG que se descarga del depósito de almacenamiento de acuerdo con una carga del motor de gas de media presión.

5 El componente de gas del otro BOG, que se descomprime al tiempo que se pasa a través del expansor y se vuelve un estado mixto de gas - líquido, se puede descargar del depósito de almacenamiento y unirse con el BOG suministrado al intercambiador de calor.

10 El componente de gas del otro BOG, que se descomprime al tiempo que se pasa a través del expansor y se vuelve un estado mixto de gas - líquido, se puede descomprimir adicionalmente al tiempo que se pasa a través de otro expansor y unirse con el BOG suministrado al intercambiador de calor.

15 El componente de líquido del otro BOG, que se descomprime al tiempo que se pasa a través del expansor y se vuelve un estado de gas - líquido, se puede devolver al depósito de almacenamiento.

El buque puede incluir adicionalmente un vaporizador forzado que está configurado para vaporizar de manera forzada el gas licuado que se almacena en el depósito de almacenamiento y suministrar el gas licuado vaporizado de manera forzada al compresor.

20 El buque puede incluir adicionalmente un consumidor de BOG que está configurado para recibir y usar el BOG que es comprimido por el compresor.

25 El consumidor de BOG puede ser uno o más de un sistema de generador de gas inerte (IGG, *integrated inert gas generator*) / unidad de combustión de gas (GCU, *gas combustion unit*) integrado, una GCU y una turbina de gas.

30 En una condición de lastre en la que una cantidad de generación de BOG es relativamente pequeña, el gas licuado que se almacena en el depósito de almacenamiento se puede vaporizar de manera forzada de acuerdo con una cantidad de combustible necesaria para el motor de gas de media presión, y el gas licuado vaporizado de manera forzada se puede suministrar al compresor.

35 En una condición de carga en la que una cantidad de generación de BOG es relativamente grande, una parte del BOG que se comprime en la etapa de compresión se puede suministrar al motor de gas de media presión, y el otro BOG que no se suministra al motor de gas de media presión se puede comprimir adicionalmente y suministrarse al intercambiador de calor.

Efectos ventajosos

40 De acuerdo con el sistema y el método de tratamiento de BOG de la presente invención, una parte del BOG que se comprime después de presurizar el BOG que se descarga del depósito de almacenamiento se puede suministrar como combustible al motor del buque y el otro BOG comprimido puede recién descargarse del depósito de almacenamiento para devolver el mismo al depósito de almacenamiento al licuar con la energía fría del BOG antes de la compresión.

45 Por lo tanto, de acuerdo con el sistema y el método de tratamiento de BOG de la presente invención, el BOG que se genera a partir del depósito de almacenamiento se puede volver a licuar sin necesidad de instalar un aparato de relicuefacción que consuma una gran cantidad de energía y que requiera un coste excesivo de instalación inicial, ahorrando de este modo la energía consumida en el aparato de relicuefacción.

50 De acuerdo el sistema y el método de tratamiento de BOG con la presente invención, todo el BOG que se genera durante el transporte de cargamento (es decir, el LNG) en el portador de LNG se puede usar como el combustible del motor, o se puede volver a licuar, devolverse al depósito de almacenamiento y almacenarse en el mismo. Por lo tanto, se puede reducir una cantidad de BOG consumida en la GCU o similar. Además, el BOG se puede tratar por relicuefacción, sin usar refrigerantes separados tales como nitrógeno.

55 Además, en el sistema y el método de tratamiento de BOG de acuerdo con la presente invención, debido a que no es necesario instalar aparatos de relicuefacción que usen refrigerantes separados (es decir, el ciclo de refrigeración de refrigerante - nitrógeno, el ciclo de refrigeración de refrigerante mixto, o similares), las instalaciones para suministrar y almacenar refrigerantes no necesitan instalarse por separado. En consecuencia, es posible ahorrar el coste de instalación inicial y el coste de funcionamiento para configurar todo el sistema.

60 Descripción de las figuras

La figura 1 es un diagrama de configuración esquemática que ilustra un sistema de tratamiento de BOG para un buque de acuerdo con una primera forma de realización de la presente invención.

65 La figura 2 es un diagrama de configuración esquemática que ilustra un sistema de tratamiento de BOG para un buque de acuerdo con una segunda forma de realización de la presente invención.

La figura 3 son unos diagramas de configuración esquemática que ilustran un estado en el que el sistema de tratamiento de BOG de acuerdo con la presente invención se usa junto con un sistema de suministro de gas combustible.

La figura 4 es un diagrama de configuración esquemática que ilustra un sistema de tratamiento de BOG para un buque de acuerdo con una tercera forma de realización de la presente invención.

La figura 5 es un diagrama de configuración esquemática que ilustra un sistema de tratamiento de BOG para un buque de acuerdo con una cuarta forma de realización de la presente invención.

La figura 6 es un diagrama de configuración esquemática que ilustra un sistema de tratamiento de BOG para un buque de acuerdo con una quinta forma de realización de la presente invención.

Descripción detallada de la invención

A continuación, se describirán en detalle unas formas de realización a modo de ejemplo de la presente invención haciendo referencia a los dibujos adjuntos. Estas formas de realización se proporcionan de tal manera que esta divulgación será minuciosa y completa, y transmitirá completamente el alcance de la invención a los expertos en la materia. No obstante, la invención puede realizarse de muchas formas diferentes y no debería interpretarse como que está limitada a las formas de realización expuestas en el presente documento. A lo largo de los dibujos y la descripción, se usarán los mismos números de referencia para referirse a elementos similares.

La Organización Marítima Internacional (IMO, *International Maritime Organization*) regula la emisión de óxidos de nitrógeno (NOx) y óxidos de azufre (SOx) entre los gases de escape de los barcos y también trata de regular la emisión de dióxido de carbono (CO₂). En particular, la cuestión de la regulación de óxidos de nitrógeno (NOx) y óxidos de azufre (SOx) se planteó mediante el protocolo de prevención de la contaminación marina procedente de buques (MARPOL, *Prevention of Marine Pollution from Ships*) en 1997. Después de ocho largos años, el protocolo cumplió con los requisitos de efectividad y entró en vigor en mayo de 2005. Actualmente, el reglamento está en vigor como una disposición obligatoria.

Por lo tanto, con el fin de cumplir con tal disposición, se han introducido una variedad de métodos para reducir la emisión de óxidos de nitrógeno (NOx). Como uno de estos métodos, se ha desarrollado y usado un motor de inyección de gas natural a alta presión para un portador de LNG, por ejemplo, un motor MEGI. En comparación con el motor diésel de la misma potencia, el motor MEGI puede reducir la emisión de contaminantes (dióxido de carbono: 23 %, compuesto de nitrógeno: 80 %, compuesto de azufre: 95 % o más). Por lo tanto, el motor MEGI se considera un motor de próxima generación respetuoso con el medio ambiente.

Un motor MEGI de este tipo se puede instalar en un buque tal como un portador de LNG que transporta LNG al tiempo que se almacena el LNG en un depósito de almacenamiento capaz de resistir una temperatura criogénica. El término "buque" tal como se usa en el presente documento incluye un portador de LNG, un RV LNG y plantas marítimas tales como una FPSO LNG y una FSRU LNG. En este caso, el motor MEGI usa gas natural como combustible y requiere una alta presión de aproximadamente 150 a 400 bares (presión absoluta) para el suministro de gas, en función de la carga del mismo.

El MEGI se puede conectar directamente a la hélice para la propulsión. Con este fin, el motor MEGI está provisto de un motor de 2 tiempos que gira a baja velocidad. Es decir, el motor MEGI es un motor de inyección de gas natural a alta presión de 2 tiempos de baja velocidad.

Además, con el fin de reducir la emisión de óxido de nitrógeno, un motor DF (por ejemplo, DFDG: generador diésel de combustible dual) que usa una mezcla de aceite diésel y gas natural como combustible se ha desarrollado y usado para la propulsión o la generación de energía. El motor DF es un motor que puede quemar una mezcla de aceite y gas natural, o puede usar selectivamente uno de entre aceite y gas natural como combustible. Debido a que el contenido de azufre es menor que en el caso en que solo se usa aceite como combustible, el contenido de óxido de azufre es pequeño en los gases de escape.

El motor DF no necesita suministrar gas combustible a una alta presión como el motor MEGI, y solo tiene que suministrar gas combustible después de comprimirlo a aproximadamente de varios bares a varias decenas de bares.

El motor DF obtiene potencia accionando un generador de potencia a través de la fuerza motriz del motor. Esta potencia se puede usar para accionar un motor de propulsión u operar diversos aparatos o instalaciones. Al sistema de generación de potencia o de propulsión, que obtiene potencia mediante el uso del motor DF, se le hace referencia como sistema eléctrico diésel de combustible dual (DFDE, *dual fuel diesel electric*).

Cuando se suministra gas natural como combustible, no es necesario que coincida con el número de metano en el caso del motor MEGI, pero es necesario que coincida con el número de metano en el caso del motor DF.

Si se calienta el LNG, el componente de metano que tiene una temperatura relativamente baja de licuefacción se vaporiza preferentemente. Por lo tanto, debido a que el contenido de metano del BOG es alto, el BOG puede suministrarse directamente como combustible al motor DF. No obstante, debido a que el contenido de metano del LNG es relativamente menor que el del BOG, el número de metano del LNG es menor que el número de metano

necesario en el motor DF. Las proporciones de componentes de hidrocarburos (metano, etano, propano, butano y similares) que constituyen el LNG son diferentes de acuerdo con las áreas de producción. Por lo tanto, no es adecuado vaporizar el LNG tal como está y a continuación suministrar el LNG vaporizado al motor del DF como combustible.

5 Con el fin de ajustar el número de metano, el componente de hidrocarburo pesado (HHC) que tiene un punto de licuefacción superior que el metano se puede licuar y eliminarse vaporizando de manera forzada el LNG y bajando la temperatura del LNG. Después de ajustar el número de metano, es posible calentar adicionalmente el gas natural cuyo número de metano está ajustado de acuerdo con las condiciones de temperatura requeridas en el motor.

10 Debido a que el motor del buque que usa gas natural como combustible se ha desarrollado y montado en el buque, existe una necesidad de instalar un depósito de almacenamiento en el buque con el fin de almacenar LNG como combustible.

15 Los ejemplos de una estructura marina provista de un depósito de almacenamiento capaz de almacenar gas licuado criogénico pueden incluir buques como un portador de gas licuado y un buque de regasificación LNG (RV LNG), o estructuras tales como una unidad de regasificación y almacenamiento flotante LNG (FSRU LNG) y una unidad flotante de producción, almacenamiento y descarga LNG (FPSO LNG), y una planta de energía montada en barcaza (BMPP, *Barge Mounted Power Plant*).

20 El RV LNG es un portador de gas licuado flotante autopropulsado equipado con una instalación de regasificación de LNG, y la FSRU LNG es una estructura marina que almacena LNG descargado desde un portador de LNG en el mar lejos de tierra y, en caso necesario, suministra el LNG a un lugar de consumo terrestre mediante la gasificación del LNG. La FPSO LNG es una estructura marina que refina el LNG extraído en el mar, almacena el LNG en un depósito de almacenamiento después de la licuefacción directa y, si es necesario, transborda el LNG a un portador de LNG. La BMPP es una estructura que está equipada con una instalación de generación de energía para producir electricidad en el mar.

25 El término "buque" tal como se usa en el presente documento es un concepto que incluye un portador de gas licuado tal como un portador de LNG, un RV LNG, y estructuras tales como una FPSO LNG, una FSRU LNG, y una BMPP.

30 En lo sucesivo en el presente documento, las configuraciones y operaciones de las formas de realización preferidas de la presente invención se describirán en detalle haciendo referencia a los dibujos adjuntos. Además, las siguientes formas de realización pueden modificarse de diversas formas y no pretenden limitar el alcance de la presente invención.

35 La figura 1 es un diagrama de configuración que ilustra un sistema de tratamiento de BOG para un buque de acuerdo con una primera forma de realización de la presente invención.

40 A pesar de que la figura 1 ilustra un ejemplo en el que el sistema de tratamiento de BOG de la presente invención se aplica a un portador de LNG que está equipado con un motor de inyección de gas natural a alta presión (por ejemplo, un motor MEGI) como un motor de buque capaz de usar gas natural como combustible, el sistema de tratamiento de BOG de la presente invención también se puede aplicar a cualquier tipo de buque (portador de LNG, RV LNG, y similares) y plantas marinas (FSPP, BMPP, FRU LNG, FPSO LNG, FSRU LNG y similares), en los que está instalado un depósito de almacenamiento de gas licuado.

45 En el sistema de tratamiento de BOG para el buque de acuerdo con la primera forma de realización de la presente invención, el gas de evaporación (NBOG) que se genera y se descarga de un depósito de almacenamiento 11 que almacena gas licuado se transfiere a lo largo de una línea de suministro de BOG L1, se comprime en un compresor 13, y a continuación se suministra al motor de inyección de gas natural a alta presión, por ejemplo, el motor MEGI. El compresor 13 comprime el gas de evaporación a una alta presión de aproximadamente 150 a 400 bares y a continuación se suministra como combustible al motor de inyección de gas natural a alta presión, por ejemplo, el motor MEGI.

50 El depósito de almacenamiento tiene las paredes selladas y aisladas térmicamente con el fin de almacenar gas licuado tal como el LNG en un estado criogénico, pero no puede bloquear perfectamente el calor transferido desde el exterior. Por lo tanto, el gas licuado se vaporiza continuamente dentro del depósito de almacenamiento 11. Con el fin de mantener la presión del BOG a un nivel apropiado, el BOG se descarga del depósito de almacenamiento 11 a través de la línea de descarga de BOG L1.

55 Una bomba de descarga 12 está instalada dentro del depósito de almacenamiento 11 con el fin de descargar el LNG al exterior del depósito de almacenamiento 11 cuando sea necesario.

60 El compresor 13 puede incluir uno o más cilindros de compresión 14 y uno o más enfriadores intermedios 15 para enfriar el BOG cuya temperatura se eleva. El compresor 13 puede estar configurado para comprimir el BOG, por ejemplo, a aproximadamente 301 bares. A pesar de que la figura 1 ilustra el compresor de múltiples etapas de tipo

alternativo 13 que incluye cinco cilindros de compresión 14 y cinco enfriadores intermedios 15, el número de cilindros de compresión y el número de enfriadores intermedios pueden cambiarse cuando sea necesario. Además, puede disponerse de una pluralidad de cilindros de compresión dentro de un único compresor, y se pueden conectar en serie una pluralidad de compresores.

5 El BOG que se comprime en el compresor 13 se suministra al motor de inyección de gas natural a alta presión a través de la línea de suministro de BOG L1. Todo o parte del BOG comprimido puede suministrarse al motor de inyección de gas natural a alta presión de acuerdo con la cantidad de combustible necesaria para el motor de inyección de gas natural a alta presión.

10 Además, de acuerdo con la primera forma de realización de la presente invención, cuando el BOG que se descarga desde el depósito de almacenamiento 11 y comprimido en el compresor 13 (es decir, todo el BOG que se descarga desde el depósito de almacenamiento) es una primera corriente, pudiendo la primera corriente del BOG dividirse en un segundo flujo y un tercer flujo después de la compresión. La segunda corriente puede suministrarse como combustible al motor de inyección de gas natural a alta presión, y la tercera corriente se puede licuar y devolverse al depósito de almacenamiento.

15 En este momento, la segunda corriente se suministra al motor de inyección de gas natural a alta presión a través de la línea de suministro de BOG L1. La tercera corriente se devuelve al depósito de almacenamiento 11 a través de la línea de retorno de BOG L3. Un intercambiador de calor 21 se instala en la línea de retorno de BOG L3 con el fin de licuar la tercera corriente del BOG comprimido. La tercera corriente del BOG que se comprime en el intercambiador de calor 21 intercambia calor con la primera corriente del BOG que se descarga desde el depósito de almacenamiento 11 y a continuación se suministra al compresor 13.

20 Debido a que un caudal de la primera corriente del BOG antes de la compresión es mayor que un caudal de la tercera corriente, la tercera corriente del BOG comprimido se puede enfriar recibiendo energía fría de la primera corriente del BOG antes de la compresión. En este sentido, en el intercambiador de calor 21, el BOG del estado de alta presión se enfría (es decir, se licua al menos parcialmente) mediante el intercambio de calor entre el BOG de la temperatura criogénica inmediatamente después de descargarse del depósito de almacenamiento 11 y el BOG del estado de alta presión comprimido en el compresor 13.

25 El gas de evaporación (LBOG) licuado en el intercambiador de calor 21 se descomprime al tiempo que se pasa a través de una válvula de expansión 22, y se suministra a un separador de gas - líquido 23 en un estado mixto de gas - líquido. El LBOG puede descomprimirse a una presión aproximadamente atmosférica al tiempo que se pasa a través de la válvula de expansión 22. El BOG, que está al menos parcialmente licuado, se separa en componentes de gas y líquidos en el separador de gas - líquido 23. El componente de líquido, es decir, el LNG, se transfiere al depósito de almacenamiento 11 a través de la línea de retorno de BOG L3, y el componente de gas, es decir, el BOG, se descarga del depósito de almacenamiento 11 a través de una línea de recirculación de BOG L5 y se une con el BOG que se va a suministrar al compresor 13. Más específicamente, la línea de recirculación de BOG L5 se extiende desde un extremo superior del separador de gas - líquido 23 y se conecta a un lado de más aguas arriba que el intercambiador de calor 21 en la línea de suministro de BOG L1.

30 Además de la vuelta al depósito de almacenamiento 11, el componente de líquido se puede suministrar a y almacenarse en un depósito separado (que no se ilustra). Además, el sistema se puede configurar de tal modo que, en lugar de separar el BOG en el componente de líquido y el componente de gas en el separador de gas - líquido 23, el BOG expandido se devuelve directamente al depósito de almacenamiento 11 sin pasar a través del separador de gas - líquido 23 (es decir, sin incluir el separador de gas - líquido en el sistema).

35 Por conveniencia de la explicación, se ha descrito que el intercambiador de calor 21 se instala en la línea de retorno de BOG L3, pero el intercambiador de calor 21 se puede instalar en la línea de suministro de BOG L1 debido a que el intercambio de calor se realiza realmente entre la primera corriente del BOG transferido a través de la línea de suministro de BOG L1 y la tercera corriente del BOG transferido a través de la línea de retorno de BOG L3.

40 Se ha descrito que el BOG que se comprime en el compresor 13 se enfría y se licua en el intercambiador de calor 21. No obstante, cuando el BOG que se comprime en el compresor 13 se encuentra a una alta presión y a una alta temperatura, el BOG suministrado al intercambiador de calor 21 puede ser un estado supercrítico en el que no se puede distinguir gas o líquido. Por lo tanto, en un sentido estricto, cuando una presión se reduce mediante un medio de descompresión tal como la válvula de expansión 22 que se instala en el lado de aguas abajo del intercambiador de calor 21 de acuerdo con las condiciones de presión y de temperatura del BOG, el BOG se puede volver un estado de líquido (o al menos parcialmente de líquido). En la presente memoria descriptiva, la expresión "BOG se licua en el intercambiador de calor 21" se debería considerar como que incluye ambos del caso en el que el BOG se enfría y se licua en el intercambiador de calor y el caso en el que el BOG se vuelve un estado de líquido (o al menos parcialmente de líquido) como el BOG se enfría en el intercambiador de calor y, a continuación, se descomprime en el medio de descompresión.

45 Otra válvula de expansión 24 se puede instalar además en la línea de recirculación de BOG L5. Por lo tanto, el

componente de gas descargado desde el separador de gas - líquido 23 puede descomprimirse al tiempo que se pasa a través de la válvula de expansión 24. Además, un enfriador 25 se instala en la línea de recirculación de BOG L5 con el fin de enfriar aún más la tercera corriente mediante el intercambio de calor entre la tercera corriente del BOG licuado en el intercambiador de calor 21 y suministrado al separador de gas - líquido 23 y el componente de gas separado del separador 23 de gas - líquido y transferido a través de la línea de recirculación de BOG L5. Es decir, el enfriador 25 enfría adicionalmente el BOG de un estado de líquido a alta presión con un gas natural de un estado de gas criogénico de baja presión.

Por conveniencia de la explicación, se ha descrito que el enfriador 25 está instalado en la línea de recirculación de BOG L5, pero el enfriador 25 se puede instalar en la línea de retorno de BOG L3 debido a que el intercambio de calor se realiza realmente entre la tercera corriente del BOG transferido a través de la línea de retorno de BOG L3 y el componente de gas transferido a través de la línea de recirculación de BOG L5.

El enfriador 25 se puede omitir. En un caso en el que se omite el enfriador 25, la eficiencia de la relicuefacción se puede reducir ligeramente, pero se puede ahorrar el coste de instalación del enfriador y se puede simplificar la disposición de tuberías y el funcionamiento del sistema, aumentando de ese modo la eficiencia de funcionamiento.

Mientras tanto, cuando se espera que se genere el BOG excedente debido a que una cantidad de BOG que se genera en el depósito de almacenamiento 11 es mayor que una cantidad de combustible necesaria para el motor de inyección de gas natural a alta presión, el BOG que se ha comprimido o que se comprime etapa a etapa en el compresor 13 se ramifica a través de las líneas de ramificación de BOG L7 y L8 y a continuación se usa en el medio de consumo de BOG. Ejemplos de los medios de consumo de BOG pueden incluir una GCU, un generador DF (DFDG), y una turbina de gas, cada uno de los cuales puede usar gas natural que tenga una presión relativamente más baja que el motor MEGI como combustible.

Tal como se ha descrito anteriormente, en el sistema y en el método de tratamiento de BOG de acuerdo con la primera forma de realización de la presente invención, el BOG que se genera durante el transporte de cargamento (es decir, el LNG) en el portador de LNG se puede usar como el combustible del motor, o se puede volver a licuar, devolverse al depósito de almacenamiento y almacenarse en el mismo. Por lo tanto, una cantidad del BOG consumido en la GCU o similar se puede reducir o eliminar. Además, el BOG se puede tratar por relicuefacción, sin necesidad de instalar aparatos de relicuefacción que usen refrigerantes separados, tales como nitrógeno.

Además, en el sistema y en el método de tratamiento de BOG de acuerdo con la primera forma de realización de la presente invención, debido a que no es necesario instalar aparatos de relicuefacción que usen refrigerantes separados (es decir, un ciclo de refrigeración de refrigerante - nitrógeno, un ciclo de refrigeración de refrigerante mixto, o similares), las instalaciones para suministrar y almacenar los refrigerantes no tienen que instalarse por separado. En consecuencia, es posible ahorrar el coste de instalación inicial y el coste de funcionamiento para configurar todo el sistema.

La figura 2 es un diagrama de configuración esquemática que ilustra un sistema de tratamiento de BOG para un buque de acuerdo con una segunda forma de realización de la presente invención.

El sistema de tratamiento de BOG de acuerdo con la segunda forma de realización difiere del sistema de tratamiento de BOG de acuerdo con la primera forma de realización en que el LNG se puede usar después de la vaporización forzada cuando una cantidad del BOG necesario para el motor MEGI o el generador DF es mayor que una cantidad del BOG que se genera de manera natural en el depósito de almacenamiento 11. En lo sucesivo en el presente documento, se describirá solo una diferencia del sistema de tratamiento de BOG de la primera forma de realización con más detalle.

El sistema de tratamiento de BOG para el buque de acuerdo con la segunda forma de realización de la presente invención es sustancialmente idéntico al sistema de tratamiento de BOG de acuerdo con la primera forma de realización en que el gas de evaporación (NBOG) que se genera y se descarga desde un depósito de almacenamiento 11 que almacena gas licuado se transfiere a lo largo de una línea de suministro de BOG L1, se comprime en un compresor 13, y se suministra a continuación a un motor de inyección de gas natural a alta presión, por ejemplo, un motor MEGI, o el NBOG se suministra a un motor DF (generador DF) al tiempo que se comprime en múltiples etapas en el compresor 13 y se usa a continuación como combustible en su interior.

No obstante, el sistema de tratamiento de BOG de acuerdo con la segunda forma de realización incluye una línea de vaporización forzada L11 de tal manera que el LNG almacenado en el depósito de almacenamiento 11 puede vaporizarse en un vaporizador forzado 31 y se suministra a continuación al compresor 13 cuando una cantidad del BOG requerido como combustible en el motor de inyección de gas natural a alta presión o en el motor DF es mayor que una cantidad del BOG que se genera de manera natural en el depósito de almacenamiento 11.

Cuando la línea de vaporización forzada L11 se proporciona como en la segunda forma de realización, el combustible puede suministrarse de manera estable incluso cuando se genera una pequeña cantidad del BOG debido a que una pequeña cantidad del LNG se almacena en el depósito de almacenamiento 11, o una cantidad del

BOG requerido como combustible en diversos motores es mayor que una cantidad del BOG que se genera de manera natural en el depósito de almacenamiento 11.

5 La figura 3 es un diagrama de configuración esquemática que ilustra un estado en el que el sistema de tratamiento de BOG de acuerdo con la presente invención se usa junto con un sistema de suministro de gas combustible para suministrar combustible al motor.

10 La figura 3 ilustra un estado en el que el sistema de tratamiento de BOG de la figura 1 de acuerdo con la primera forma de realización de la presente invención se combina con el sistema de suministro de gas combustible, pero el sistema de tratamiento de BOG de acuerdo con la segunda forma de realización de la presente invención se puede usar en combinación con el sistema de suministro de gas combustible.

15 El sistema de suministro de gas combustible para el buque como se ilustra en la figura 3 de acuerdo con la presente invención incluye un motor de inyección de gas natural a alta presión (por ejemplo, el motor MEGI) como un motor principal, y un motor DF (el generador DF: DFDG) como un submotor. En general, el motor principal se usa para la propulsión para navegar el buque, y el submotor se usa para la generación de energía para suministrar energía a diversos aparatos e instalaciones instalados en el buque. No obstante, la presente invención no se limita a los fines del motor principal y del submotor. Se pueden instalar una pluralidad de motores principales y una pluralidad de submotores.

20 El sistema de suministro de gas combustible para el buque de acuerdo con la presente invención está configurado de tal manera que el gas natural almacenado en el depósito de almacenamiento 11 (es decir, el BOG del estado de gas y el LNG del estado de líquido) puede suministrarse como combustible a los motores (es decir, el motor MEGI que sirve como el motor principal y el motor DF que sirve como el submotor).

25 Con el fin de suministrar el BOG del estado de gas como gas combustible, el sistema de suministro de gas combustible de acuerdo con la presente forma de realización incluye una línea principal de suministro de BOG L1 que sirve como una línea de suministro de BOG para suministrar al motor principal con el BOG almacenado en el depósito de almacenamiento 11, y una sublínea de suministro de BOG L8 ramificada desde la línea principal de suministro de BOG L1 para suministrar al submotor con el BOG. La línea principal de suministro de BOG L1 tiene la misma configuración que la línea de suministro de BOG L1 de las figuras 1 y 2. No obstante, en la descripción dada haciendo referencia a la figura 3, esta línea de suministro de BOG se denomina como la línea principal de suministro de BOG L1 con el fin de distinguirla de la línea de suministro de BOG para el motor DF (es decir, la sublínea de suministro de BOG L8).

30 Con el fin de suministrar el LNG del estado de líquido como gas combustible, el sistema de suministro de gas combustible de acuerdo con la presente forma de realización incluye una línea principal de suministro de LNG L23 que sirve para suministrar al motor principal con el LNG almacenado en el depósito de almacenamiento 11, y una sublínea de suministro de LNG L24 ramificada de la línea principal de suministro de LNG L23 para suministrar al submotor con el LNG.

35 De acuerdo con la presente forma de realización, un compresor 13 para comprimir el BOG se instala en la línea principal de suministro de BOG L1, y una bomba de alta presión 43 para comprimir el LNG se instala en la línea principal de suministro de LNG L23.

40 El NBOG que se genera en el depósito de almacenamiento 11 que almacena gas licuado y se descarga a través de la válvula de descarga de BOG 41 se transfiere a lo largo de la línea principal de suministro de BOG L1, se comprime en el compresor 13, y se suministra a continuación al motor de inyección de gas natural a alta presión, por ejemplo, el motor MEGI. El BOG se comprime a una alta presión de aproximadamente 150 a 400 bares por el compresor 13 y se suministra a continuación al motor de inyección de gas natural a alta presión.

45 El depósito de almacenamiento 11 tiene las paredes selladas y aisladas térmicamente con el fin de almacenar gas licuado tal como el LNG en un estado criogénico, pero no puede bloquear perfectamente el calor transferido desde el exterior. Por lo tanto, el gas licuado se vaporiza continuamente dentro del depósito de almacenamiento 11, y el BOG en el interior del depósito de almacenamiento 11 se descarga con el fin de mantener la presión del BOG a un nivel apropiado.

50 El compresor 13 puede incluir uno o más cilindros de compresión 14 y uno o más enfriadores intermedios 15 para enfriar el BOG cuya temperatura se eleva. El compresor 13 puede estar configurado para comprimir el BOG a, por ejemplo, aproximadamente 301 bares. A pesar de que la figura 1 ilustra el compresor de múltiples etapas 13, que incluye cinco cilindros de compresión 14 y cinco enfriadores intermedios 15, el número de los cilindros de compresión y el número de los enfriadores intermedios puede cambiarse cuando sea necesario. Además, una pluralidad de cilindros de compresión pueden estar dispuestos dentro de un solo compresor, y una pluralidad de compresores pueden estar conectados en serie.

60 El BOG que se comprime en el compresor 13 se suministra al motor de inyección de gas natural a alta presión a

través de la línea principal de suministro de BOG L1. Todo o parte del BOG comprimido puede suministrarse al motor de inyección de gas natural a alta presión de acuerdo con una cantidad de combustible necesaria para el motor de inyección de gas natural a alta presión.

5 La sublínea de suministro de BOG L8 para suministrar gas combustible al submotor (es decir, el motor DF) se ramifica desde la línea principal de suministro de BOG L1. Más específicamente, la sublínea de suministro de BOG L8 se ramifica desde la línea principal de suministro de BOG L1 de tal manera que el BOG puede ramificarse en el proceso de comprimirse en múltiples etapas en el compresor 13. A pesar de que la figura 1 ilustra que el BOG comprimido en 2 etapas se ramifica y una parte del BOG se suministra al submotor a través de la sublínea de
10 suministro de BOG L8, esto es simplemente a modo de ejemplo.

La presión necesaria del motor DF (por ejemplo, el DFDG) que sirve cuando la del submotor es menor que la del motor MEGI. Por lo tanto, cuando el BOG comprimido a una alta presión se ramifica en el extremo trasero del compresor 13, es ineficaz debido a que la presión del BOG debe bajarse de nuevo y a continuación suministrarse al
15 submotor.

Tal como se ha descrito anteriormente, si el LNG se calienta, el componente de metano que tiene una temperatura relativamente baja de licuefacción se vaporiza preferentemente. Por lo tanto, debido a que un contenido de metano del BOG es alto, el BOG puede suministrarse directamente como combustible al motor DF. Por lo tanto, no
20 necesitan instalarse aparatos separados para ajustar el número de metano en la línea principal de suministro de BOG y en la sublínea de suministro de BOG.

Mientras tanto, cuando se espera que el BOG excedente se genere debido a que una cantidad del BOG que se genera en el depósito de almacenamiento 11 es mayor que una cantidad de combustible necesaria para el motor principal y el submotor, el BOG se puede volver a licuar a través del sistema de tratamiento de BOG de la presente invención y devolverse al depósito de almacenamiento.
25

Cuando se genera BOG sobre la capacidad de relicuefacción, el BOG que se ha comprimido o que se comprime etapa a etapa en el compresor 13 puede ramificarse a través de la línea de rama de BOG L7 y usarse en el medio de consumo de BOG. Ejemplos del medio de consumo de BOG pueden incluir una GCU y una turbina de gas, cada una de las cuales puede usar gas natural que tiene una presión relativamente más baja que el motor MEGI como combustible. Como se ilustra en la figura 3, la línea de rama de BOG L7 puede ramificarse desde la sublínea de
30 suministro de BOG L8.

Debido a que el proceso en el que al menos una parte del BOG que se comprime en el compresor 13 y a continuación suministrado al motor de inyección de gas natural a alta presión a través de la línea de suministro de BOG L1 se trata a través de la línea de retorno de BOG L3, es decir, vuelto a licuar y devuelto al depósito de almacenamiento 11 es idéntico al descrito haciendo referencia a las figuras 1 y 2, se omitirá una descripción detallada del mismo.
35

Una bomba de descarga 12 y una bomba de alta presión 43 están instaladas en la línea principal de suministro de LNG L23. La bomba de descarga 12 está instalada en el interior del depósito de almacenamiento 11 y configurada para descargar el LNG en el exterior del depósito de almacenamiento 11. La bomba de alta presión 43 está configurada para comprimir secundariamente el LNG, que se comprime principalmente en la bomba de descarga 12, a una presión necesaria para el motor MEGI. La bomba de descarga 12 se puede instalar en cada depósito de almacenamiento 11. A pesar de que solo se ilustra una bomba de alta presión 43 en la figura 3, una pluralidad de bombas de alta se pueden conectar en paralelo cuando sea necesario.
40
45

Tal como se ha descrito anteriormente, la presión del gas combustible necesario para el motor MEGI es una alta presión de aproximadamente de 150 a 400 bares (presión absoluta).
50

El LNG descargado del depósito de almacenamiento 11 que almacena gas licuado a través de la bomba de descarga 12 se transfiere a lo largo de la línea principal de suministro de LNG L23 y se suministra a continuación a la bomba de alta presión 43. A continuación, el LNG se comprime a una alta presión en la bomba de alta presión 43, se suministra al vaporizador 44, y se vaporiza en el vaporizador 44. El LNG vaporizado se suministra como combustible al motor de inyección de gas natural a alta presión, es decir, el motor MEGI. Debido a que la presión necesaria para el motor MEGI está en un estado supercrítico, el LNG comprimido a la alta presión está en un estado que no es ni gas ni líquido. Por lo tanto, debería considerarse que la expresión "vaporizar el LNG comprimido a la alta presión en el vaporizador 44" significa elevar la temperatura del LNG que está en el estado supercrítico hasta una temperatura necesaria para el motor MEGI.
55
60

La sublínea de suministro de LNG L24 para suministrar gas combustible al submotor (es decir, el motor DF) se ramifica desde la línea principal de suministro de LNG L23. Más específicamente, la sublínea de suministro de LNG L24 se ramifica desde la línea principal de suministro de LNG L23 de tal manera que el LNG puede ramificarse antes de que se comprima en la bomba de alta presión 43.
65

Un vaporizador 45, un separador de gas - líquido 46, y un calentador 47 están instalados en la sublínea de suministro de LNG L24 con el fin de ajustar el número de metano y la temperatura del LNG suministrado como combustible para el valor necesario en el motor DF.

5 Tal como se ha descrito anteriormente, debido a que el contenido de metano del LNG es relativamente bajo, el número de metano del LNG es menor que el número de metano necesario en el motor DF. Las proporciones de los componentes de hidrocarburos (metano, etano, propano, butano, y similares) que constituyen el LNG son diferentes de acuerdo con las zonas de producción. Por lo tanto, no es adecuado vaporizar el LNG tal como está y a continuación suministrar el LNG vaporizado al motor DF como combustible.

10 Con el fin de ajustar el número de metano, el LNG se calienta y se vaporiza parcialmente en el vaporizador 45. El gas combustible parcialmente vaporizado a un estado en el que se mezclan el estado de gas (es decir, gas natural) y el estado de líquido (es decir, LNG) se suministra al separador de gas - líquido 46 y se separa en gas y líquido. Debido a que la temperatura de vaporización del componente de hidrocarburo pesado (HHC) que tiene un alto valor calorífico es relativamente alta, una relación del componente de HHC se aumenta relativamente en el LNG del estado de líquido que queda sin vaporizarse en el BOG parcialmente vaporizado. Por lo tanto, el número de metano del gas combustible puede aumentarse separando el componente de líquido en el separador de gas - líquido 46, es decir, separando el componente de HHC.

15 Con el fin de obtener el número de metano apropiado, la temperatura de calentamiento en el vaporizador 45 puede ajustarse considerando la relación del componente de hidrocarburo incluido en el LNG, el número de metano necesario en el motor, y similares. La temperatura de calentamiento en el vaporizador 45 puede determinarse en el intervalo de -80 °C a -120 °C. El componente de líquido separado del gas combustible en el separador de gas - líquido 46 se devuelve al depósito de almacenamiento 11 a través de la línea de retorno de componente de líquido L25. La línea de retorno de BOG L3 y la línea de retorno de componente de líquido L25 pueden extenderse al depósito de almacenamiento 11 después de unirse entre sí.

20 El gas combustible, cuyo número de metano se ajusta, se suministra al calentador 47 a través de la sublínea de suministro de LNG L24, se calienta adicionalmente a una temperatura necesaria en el submotor, y se suministra a continuación como combustible al submotor. Por ejemplo, cuando el submotor es el DFDG, el número de metano necesario es en general 80 o más. Por ejemplo, en el caso del LNG general (normalmente, metano: 89,6 %, nitrógeno: 0,6 %), el número de metano antes de separar el componente de HHC es 71,3, y un valor de calentamiento inferior (LHV) en ese momento es 48872,8 kJ / kg (a 1 atm, vapor saturado). Cuando el componente de HHC se elimina comprimiendo el LNG general a 7 bares y calentándolo a -120 °C, el número de metano aumenta a 95,5 y el LHV en ese momento es 49265,6 kJ / kg.

30 De acuerdo con la presente forma de realización, existen dos pasos a través de los que se suministra el gas combustible a los motores (el motor principal y el submotor). Es decir, el gas combustible puede suministrarse a los motores después de haberse comprimido a través del compresor 13, o puede suministrarse a los motores después de haberse comprimido a través de la bomba de alta presión 43.

40 En particular, un buque, tal como el portador de LNG o RV LNG, se usa para transportar el LNG desde un área de producción a un consumidor. Por lo tanto, cuando se navega hacia el consumidor, el buque navega en una condición de carga en la que el LNG se ha cargado completamente en el depósito de almacenamiento. Al volver a la zona de producción después de la descarga del LNG, el buque navega en una condición de lastre en la que el depósito de almacenamiento está casi vacío. En la condición de carga, se genera una gran cantidad de BOG debido a que una cantidad de LNG es relativamente grande. En la condición de lastre, se genera una cantidad relativamente pequeña de BOG debido a que la cantidad de LNG es pequeña.

50 A pesar de que hay una diferencia de acuerdo con la capacidad del depósito de almacenamiento, la temperatura exterior, y similares, una cantidad del BOG que se genera cuando la capacidad del depósito de almacenamiento de LNG es de aproximadamente 130.000 a 350.000 m³ es de 3 a 4 ton / h en la condición de carga y es de 0,3 a 0,4 ton / h en la condición de lastre. Además, una cantidad de gas combustible necesario para los motores es de aproximadamente 1 a 4 ton / h (aproximadamente de 1,5 ton / h de media) en el caso del motor MEGI y de aproximadamente 0,5 ton / h en el caso del motor DF (DFDG). Mientras tanto, en los últimos años, debido a que una tasa de evaporización (BOR, *boil-off rate*) ha tendido a reducirse debido a la mejora en las prestaciones de aislamiento térmico del depósito de almacenamiento, ha tendido a reducirse la cantidad de generación de BOG.

60 Por lo tanto, en el caso donde tanto la línea de compresor (es decir, L1 y L8 en la figura 3) como la línea de bomba de alta presión (es decir, L23 y L24 en la figura 3) se proporcionan como el sistema de suministro de gas combustible de la presente forma de realización, es preferible que se suministre el gas combustible a los motores a través de la línea de compresor en la condición de carga en la que se genera una gran cantidad de BOG, y se suministra el gas combustible a los motores a través de las líneas de bomba de alta presión en la condición de lastre en la que se genera una pequeña cantidad de BOG.

65 En general, la energía necesaria para que el compresor comprima el gas (BOG) hasta la alta presión de

aproximadamente de 150 a 400 bares (presión absoluta) necesaria en el motor MEGI es considerablemente más que la energía necesaria para que la bomba comprima el líquido (LNG). El compresor para comprimir el gas a la alta presión es muy caro y ocupa un gran espacio. Por lo tanto, puede considerarse que el uso solo de la línea de bomba de alta presión sin ninguna línea de compresión es rentable. Por ejemplo, se consume una potencia de 2 MW para
 5 suministrar combustible al motor MEGI accionando un ajuste de compresor configurado con la múltiple etapa. No obstante, si se usa la bomba de alta presión, se consume una potencia de 100 kW. No obstante, cuando se suministra el gas combustible a los motores usando solo la línea de bomba de alta presión en la condición de carga, se requiere necesariamente un aparato de relicuefacción para volver a licuar el BOG con el fin de tratar el BOG que se genera continuamente en el depósito de almacenamiento. Al considerar la energía consumida en el aparato de
 10 relicuefacción, es ventajoso que estén instaladas tanto la línea de compresor como la línea de bomba de alta presión, el gas combustible se suministra a través de la línea de compresor en la condición de carga, y el gas combustible se suministra a través de la línea de bomba de alta presión en la condición de lastre.

Mientras tanto, como la condición de lastre, cuando una cantidad del BOG que se genera en el depósito de
 15 almacenamiento es menor que una cantidad del combustible necesario para el motor MEGI, puede ser eficaz ramificar el BOG a través de la sublínea de suministro de BOG L8 en el proceso de comprimirse en múltiples etapas y usar el BOG ramificado como el combustible del motor DF, sin comprimir el BOG en el compresor de múltiples etapas a la alta presión necesaria en el MEGI. Es decir, por ejemplo, si se suministra el BOG al motor DF a través de solo los cilindros de compresión de 2 etapas del compresor de 5 etapas, los cilindros de compresión de 3 etapas
 20 restantes funcionan en vacío. Se requiere una potencia de 2 MW cuando se comprime el BOG accionando la totalidad del compresor de 5 etapas. Se requiere una potencia de 600 kW cuando se usan los cilindros de compresión de 2 etapas y los cilindros de compresión de 3 etapas restantes de funcionamiento en vacío. Se requiere una potencia de 100 kW cuando se suministra el combustible al motor MEGI a través de la bomba de alta presión. Por lo tanto, como la condición de lastre, cuando una cantidad de generación del BOG es menor que una cantidad
 25 del combustible necesario para el motor MEGI, es ventajoso en términos de eficacia de energía consumir toda la cantidad del BOG en el motor DF o similares y suministrar el LNG como combustible a través de la bomba de alta presión.

No obstante, si es necesario, incluso cuando una cantidad de generación del BOG es menor que una cantidad de
 30 combustible necesario para el motor MEGI, el LNG puede vaporizarse de manera forzada y suministrarse tanto como una cantidad deficiente al tiempo que se suministra el BOG como combustible al motor MEGI a través del compresor. Mientras tanto, debido a que una cantidad de generación del BOG es pequeña en la condición de lastre, el BOG no se descarga sino que se acumula hasta que el depósito de almacenamiento alcanza una presión predeterminada, y se descarga y se suministra de forma intermitente como combustible al motor DF o al motor
 35 MEGI, en lugar de descargar y consumir el BOG cada vez que se genera el BOG.

Además, en los buques donde no es fácil reparar y reemplazar equipos, se requieren instalaciones importantes para
 40 instalarse duplicadas en consideración de una emergencia (redundancia, es decir, instalación en reposo). Es decir, se requiere la redundancia de las instalaciones importantes de tal manera que las instalaciones extras sean capaces de realizar la misma función que la instalación principal, y se establece un equipo extra en un estado de espera durante el funcionamiento normal de la instalación principal y que se hará cargo de la función de la instalación principal cuando la instalación principal no funcione debido a un mal funcionamiento. Ejemplos de las instalaciones que requieren la redundancia pueden incluir instalaciones de rotación, por ejemplo, compresores o bombas.

En este sentido, diversas instalaciones necesitan instalarse de manera redundante en el buque con el fin de
 45 satisfacer solo el requisito de redundancia, mientras que no se usan en días regulares. El sistema de suministro de gas combustible que usa dos líneas de compresión requiere mucho coste y espacio para la instalación del compresor. Cuando se usa el sistema de suministro de gas combustible, se consume mucha energía. El sistema de suministro de gas combustible que usa dos líneas de bomba de alta presión puede consumir mucha energía en el
 50 tratamiento (relicuefacción) del BOG. Por otro lado, en el sistema de suministro de gas combustible de la presente invención en el que están instaladas una línea de compresor y una línea de bomba de alta presión, incluso cuando se produce un problema en una de las líneas de suministro, el buque puede continuar navegando normalmente a través de la otra línea de suministro. Se usan menos los compresores caros y un método de suministro de gas combustible óptimo puede seleccionarse y usarse apropiadamente de acuerdo con una cantidad de generación del
 55 BOG. Por lo tanto, es posible ahorrar costes de operación así como el coste inicial de la construcción naval.

Como se ilustra en la figura 3, cuando el sistema de tratamiento de BOG y el sistema de suministro de gas
 60 combustible se combinan de acuerdo con la presente invención, el BOG que se genera durante el transporte de cargamento (es decir, el LNG) en el portador de LNG se puede usar como el combustible del motor, o se puede volver a licuar, devolverse al depósito de almacenamiento y almacenarse en el mismo. Por lo tanto, una cantidad del BOG consumido en la GCU o similares se puede reducir o eliminar. Además, el BOG se puede tratar por relicuefacción, sin necesidad de instalar aparatos de relicuefacción que usen refrigerantes separados, tales como nitrógeno.

De acuerdo con la presente invención, a pesar de la reciente tendencia de que se aumente la cantidad de
 65 generación del BOG debido a la mayor capacidad del depósito de almacenamiento y se reduzca una cantidad

necesaria de combustible debido a la mejora del rendimiento del motor, el BOG restante después de usarse como el combustible del motor se puede volver licuar y devolverse al depósito de almacenamiento, evitando de este modo el desperdicio del BOG.

5 En particular, en el sistema y en el método de tratamiento de BOG de acuerdo con la presente forma de realización, debido a que no es necesario instalar aparatos de relicuefacción que usen refrigerantes separados (es decir, el ciclo de refrigeración de refrigerante - nitrógeno, el ciclo de refrigeración de refrigerante mixto, o similares), las instalaciones para suministrar y almacenar los refrigerantes no necesitan instalarse por separado. En consecuencia, es posible ahorrar el coste de instalación inicial y el coste de funcionamiento para configurar todo el sistema.

10 La figura 4 es un diagrama de configuración esquemático que ilustra un sistema de tratamiento de BOG para un buque de acuerdo con una tercera forma de realización de la presente invención.

15 A pesar de que la figura 4 ilustra un ejemplo en el que el sistema de tratamiento de BOG de la presente invención se aplica a un portador de LNG que está equipado con un motor DF capaz de usar gas natural como combustible (es decir, un sistema de propulsión, por ejemplo, un sistema de propulsión de DFDE, que usa LNG como combustible), el sistema de tratamiento de BOG (es decir, un sistema de relicuefacción parcial de BOG) de la presente invención también se puede aplicar a cualquier tipo de buque (portador de LNG, RV LNG, y similares) y plantas marinas (FSPP, BMPP, FRU LNG, FPSO LNG, FSRU LNG y similares), en los que está instalado un depósito de almacenamiento de gas licuado.

20 En el sistema de tratamiento de BOG para el buque de acuerdo con la tercera forma de realización de la presente invención, el gas de evaporación (NBOG) que se genera y que se descarga de un depósito de almacenamiento 11 que almacena gas licuado se transfiere a lo largo de una línea de suministro de BOG L1 y a continuación se suministra al compresor 13. El compresor 13 puede ser un compresor de múltiples etapas. Tal como se describe en lo sucesivo, el BOG que se está comprimiendo en múltiples etapas en el compresor 13 se puede comprimir a aproximadamente 7 bares. A continuación, el BOG se puede ramificar en la etapa intermedia (es decir, la etapa antes de la etapa de compresión final) y, a continuación, suministrarse a un demandante, es decir, un sistema de propulsión (por ejemplo, un DFDE) que usa el LNG como combustible, a lo largo de una línea de suministro de combustible L2. El BOG restante después de suministrarse al DFDE se puede comprimir a una alta presión de aproximadamente 100 a 400 bares mediante el compresor. A continuación, tal como se describe en lo sucesivo, el BOG se puede licuar al tiempo que se mueve a lo largo de una línea de retorno de BOG L3 y, a continuación, devolverse al depósito de almacenamiento 11.

25 El depósito de almacenamiento tiene las paredes selladas y aisladas térmicamente con el fin de almacenar gas licuado tal como el LNG en un estado criogénico, pero no puede bloquear perfectamente el calor transferido desde el exterior. Por lo tanto, el gas licuado se vaporiza continuamente dentro del depósito de almacenamiento 11, y el BOG en el interior del depósito de almacenamiento 11 se descarga a través de la línea de descarga de BOG L1 con el fin de mantener la presión del BOG a un nivel apropiado.

35 Una bomba de descarga 12 está instalada dentro del depósito de almacenamiento 11 con el fin de descargar el LNG al exterior del depósito de almacenamiento cuando sea necesario. A pesar de que no se ilustra en la figura 4, cuando una cantidad de BOG que se descarga del depósito de almacenamiento 11 es más pequeña que una cantidad de combustible requerida en el DFDE, se puede generar BOG al descargar LNG mediante la bomba de descarga 12 y, a continuación, vaporizar de manera forzada el LNG, y el BOG que se genera se puede suministrar al compresor 13 a través de la línea de suministro de BOG L1.

40 El compresor 13 puede incluir uno o más cilindros de compresión 14 y uno o más enfriadores intermedios 15 para enfriar el BOG cuya temperatura se eleva al tiempo que se está comprimiendo. El compresor 13 puede estar configurado para comprimir el BOG, por ejemplo, a aproximadamente 400 bares. A pesar de que la figura 4 ilustra el compresor de múltiples etapas de tipo alternativo 13 que incluye cinco cilindros de compresión 14 y cinco enfriadores intermedios 15, el número de cilindros de compresión y el número de enfriadores intermedios pueden cambiarse cuando sea necesario. Además, puede disponerse de una pluralidad de cilindros de compresión dentro de un único compresor, y se pueden conectar en serie una pluralidad de compresores.

55 El BOG que se comprime en la etapa intermedia del compresor 13, por ejemplo, el BOG que se comprime en 2 etapas se comprime a aproximadamente 7 bares y se ramifica y se suministra a través de la línea de suministro de combustible L2 a un consumidor, por ejemplo, un motor DF (es decir, un DFDE). Todo o parte del BOG puede suministrarse de acuerdo con una cantidad de combustible requerida para el motor.

60 Es decir, de acuerdo con la tercera forma de realización de la presente invención, cuando el BOG que se descarga desde el depósito de almacenamiento 11 y suministrado al compresor 13 (es decir, todo el BOG que se descarga desde el depósito de almacenamiento) es una primera corriente, la primera corriente del BOG se puede dividir en un segundo flujo y un tercer flujo en el interior del compresor 13. La segunda corriente puede suministrarse como combustible al motor DF (es decir, el DFDE), y la tercera corriente se puede licuar y devolverse al depósito de almacenamiento.

65

En este momento, la segunda corriente se suministra al DFDE a través de la línea de suministro de combustible L2, y a tercera corriente se devuelve al depósito de almacenamiento 11 a través de la línea de retorno de BOG L3. Un intercambiador de calor 21 se instala en la línea de retorno de BOG L3 con el fin de licuar la tercera corriente del BOG comprimido. El intercambiador de calor 21 intercambia calor entre la tercera corriente del BOG comprimido y la primera corriente del BOG que se descarga desde el depósito de almacenamiento 11 y se suministra al compresor 13.

Debido a que un caudal de la primera corriente del BOG antes de la compresión es mayor que un caudal de la tercera corriente, la tercera corriente del BOG comprimido se puede enfriar (es decir, al menos parcialmente licuarse) recibiendo energía fría de la primera corriente del BOG antes de la compresión. En este sentido, en el intercambiador de calor 21, el BOG del estado de alta presión se enfría (se licua) mediante el intercambio de calor entre el BOG de la temperatura criogénica inmediatamente después de descargarse del depósito de almacenamiento 11 y el BOG del estado de alta presión comprimido en el compresor 13.

El LBOG enfriado en el intercambiador de calor 21 se descomprime al tiempo que se pasa a través de un medio de descompresión 22 (por ejemplo, una válvula J-T o expansor), y se suministra a un separador de gas - líquido 23 en un estado mixto de gas - líquido. El LBOG puede descomprimirse a una presión aproximadamente atmosférica (por ejemplo, descomprimido de 300 bares a 3 bares) al tiempo que se pasa a través del medio de expansión 22. El BOG licuado se separa en componentes de gas y líquidos en el separador de gas - líquido 23. El componente de líquido, es decir, el LNG, se transfiere al depósito de almacenamiento 11 a través de una línea de retorno de BOG L3, y el componente de gas, es decir, el BOG, se descarga a través de una línea de recirculación de BOG L5 y se une con el BOG que se descarga del depósito de almacenamiento 11 y que se suministra al compresor 13. Más específicamente, la línea de recirculación de BOG L5 se extiende desde un extremo superior del separador de gas - líquido 23 y se conecta a un lado de más aguas arriba que el intercambiador de calor 21 en la línea de suministro de BOG L1.

Por conveniencia de la explicación, se ha descrito que el intercambiador de calor 21 se instala en la línea de retorno de BOG L3, pero el intercambiador de calor 21 se puede instalar en la línea de suministro de BOG L1 debido a que el intercambio de calor se realiza realmente entre la primera corriente del BOG transferido a través de la línea de suministro de BOG L1 y la tercera corriente del BOG transferido a través de la línea de retorno de BOG L3.

Otro medio de expansión 24 (por ejemplo, un expansor o válvula JT, al que se hace referencia en lo sucesivo en el presente documento como "segundo medio de expansión 24") se puede instalar además en la línea de recirculación de BOG L5. Por lo tanto, el componente de gas descargado desde el separador de gas - líquido 23 puede descomprimirse al tiempo que se pasa a través del segundo medio de expansión 24. El segundo medio de expansión 24 se puede usar para ajustar una presión interna del separador de gas - líquido 23 y puede mantener la presión del gas natural del estado de líquido que se devuelve desde el separador de gas - líquido 23 al depósito de almacenamiento 11 a una presión mucho más alta que la presión interna del depósito de almacenamiento. Además, el segundo medio de expansión 24 ajusta la presión del lado de aguas abajo del segundo medio de expansión 24 en la línea de recirculación de BOG L5, de tal modo que el gas natural del estado de gas se puede unir suavemente con el BOG que se transfiere a lo largo de la línea de suministro de BOG L1.

Además, un enfriador 25 se instala en la línea de recirculación de BOG L5 con el fin de enfriar aún más la tercera corriente mediante el intercambio de calor entre la tercera corriente del BOG licuado en el intercambiador de calor 21 y suministrado al separador de gas - líquido 23 y el componente de gas separado en el separador 23 de gas - líquido y transferido a través de la línea de recirculación de BOG L5. Es decir, el enfriador 25 enfría adicionalmente el BOG de un estado de líquido a alta presión con un gas natural de un estado de gas criogénico de baja presión.

Por conveniencia de la explicación, se ha descrito que el enfriador 25 está instalado en la línea de recirculación de BOG L5, pero el enfriador 25 se puede instalar en la línea de retorno de BOG L3 debido a que el intercambio de calor se realiza realmente entre la tercera corriente del BOG transferido a través de la línea de retorno de BOG L3 y el componente de gas transferido a través de la línea de recirculación de BOG L5.

Mientras tanto, cuando se espera que se genere el BOG excedente debido a que una cantidad de BOG que se genera a partir del depósito de almacenamiento 11 es mayor que una cantidad de combustible necesaria para el motor DF (por ejemplo, durante una parada del motor o una navegación a baja velocidad), el BOG que se comprime etapa a etapa en el compresor 13 se ramifica a través de las líneas de ramificación de BOG L7 y a continuación se usa en el medio de consumo de BOG. Ejemplos de los medios de consumo de BOG pueden incluir una GCU y una turbina de gas, cada uno de los cuales puede usar gas natural como combustible.

Tal como se ha descrito anteriormente, en el sistema y en el método de tratamiento de BOG de acuerdo con la tercera forma de realización de la presente invención, el BOG que se genera durante el transporte de cargamento (es decir, el LNG) en el portador de LNG se puede usar como el combustible del motor, o se puede volver a licuar, devolverse al depósito de almacenamiento y almacenarse en el mismo. Por lo tanto, una cantidad del BOG consumido en la GCU o similar se puede reducir o eliminar. Además, el BOG se puede tratar por relicuefacción, sin necesidad de instalar aparatos de relicuefacción que usen refrigerantes separados, tales como nitrógeno.

Además, en el sistema y el método de tratamiento de BOG de acuerdo con la tercera forma de realización de la presente invención, debido a que no es necesario instalar aparatos de relicuefacción que usen refrigerantes separados (es decir, el ciclo de refrigeración de refrigerante - nitrógeno, el ciclo de refrigeración de refrigerante mixto, o similares), las instalaciones para suministrar y almacenar los refrigerantes no necesitan instalarse por separado. En consecuencia, es posible ahorrar el coste de instalación inicial y el coste de funcionamiento para configurar todo el sistema.

La figura 5 es un diagrama de configuración esquemático que ilustra un sistema de tratamiento de BOG para un buque de acuerdo con una cuarta forma de realización de la presente invención.

El sistema de tratamiento de BOG de acuerdo con la cuarta forma de realización difiere del sistema de tratamiento de BOG de acuerdo con la tercera forma de realización en que no se instala el enfriador 25. Por lo tanto, los mismos números de referencia se asignan a los mismos elementos que los de la tercera forma de realización, y se omitirá una descripción detallada de los mismos. Si el enfriador 25 no está instalado, la eficacia total del sistema puede rebajarse ligeramente. No obstante, la disposición de tuberías y el funcionamiento del sistema pueden facilitarse, y el coste de instalación inicial y la cuota de mantenimiento pueden reducirse.

Mientras tanto, a pesar de que no se ilustra, cuando una cantidad de BOG que se requiere para el motor DF (DFDE) es más grande que una cantidad de BOG que se genera de manera natural, el sistema se puede configurar de tal modo que LNG se vaporiza de manera forzada y, a continuación, se usa. Para este fin, una línea de vaporización forzada (que no se ilustra) está configurada de tal modo que, después de que el LNG que se almacena en el depósito de almacenamiento 11 se haya descargado mediante la bomba de descarga 12, el LNG se puede vaporizar en un vaporizador forzado (que no se ilustra) y, a continuación, suministrarse al compresor 13. Si se instala la línea de vaporización forzada, el combustible se puede suministrar de forma estable incluso cuando una cantidad de LNG que se almacena en el depósito de almacenamiento es pequeña y, por lo tanto, una cantidad de generación de BOG es pequeña, o incluso cuando una cantidad de BOG que se requiere como combustible en diversos motores es más grande que una cantidad de BOG que se genera de manera natural.

Además, las figuras 1 a 5 ilustran que el compresor 13 realiza una compresión de 5 etapas, pero esto es meramente a modo de ejemplo. Como un ejemplo del compresor 13, se puede usar un compresor fabricado por la empresa Burckhardt. El compresor fabricado por la empresa Burckhardt incluye cinco cilindros. Se sabe que los tres cilindros de la etapa delantera se operan con un método lubricado libre de aceite y dos cilindros de la etapa trasera se operan con un método lubricado con aceite. Por lo tanto, en el caso donde el compresor fabricado por la empresa Burckhardt se usa como el compresor 13 para comprimir el BOG, el BOG necesita transferirse a través de un filtro de aceite cuando el BOG se ramifica en 4 etapas o más del compresor. No obstante, es ventajoso en que el filtro de aceite no necesita usarse cuando el BOG se ramifica en 3 etapas o menos del compresor.

De acuerdo con la presente invención, a pesar de la reciente tendencia en la que se aumenta la cantidad de generación del BOG debido a la mayor capacidad del depósito de almacenamiento y se reduce una cantidad necesaria de combustible debido a la mejora del rendimiento del motor, el BOG restante después de usarse como el combustible del motor se puede volver licuar y devolverse al depósito de almacenamiento, evitando de este modo el desperdicio del BOG.

En la tercera y la cuarta formas de realización, se ha descrito que el consumidor que recibe el BOG que se ramifica a partir de la etapa intermedia al tiempo que se está comprimiendo en múltiples etapas en el compresor es un sistema de propulsión que usa gas natural como combustible, y un ejemplo del sistema de propulsión es el DFDE. No obstante, es obvio que la presente invención también se puede aplicar a otro sistema de propulsión que usa gas natural (LNG) como combustible, así como el DFDE.

La figura 6 es un diagrama de configuración esquemático que ilustra un sistema de tratamiento de BOG para un buque de acuerdo con una quinta forma de realización de la presente invención.

La figura 6 ilustra un ejemplo en el que el sistema de tratamiento de BOG de la presente invención se aplica a un portador de LNG que está equipado con un motor DF capaz de usar gas natural como combustible (es decir, un sistema de propulsión que usa el LNG únicamente o una mezcla del LNG y aceite como combustible, por ejemplo, un sistema de propulsión de DFDE que usa la electricidad que se genera en un DFDG e impulsa a través de un motor). No obstante, el sistema de tratamiento de BOG (es decir, un sistema de relicuefacción parcial de BOG) de la presente invención también se puede aplicar a cualquier tipo de buque (portador de LNG, RV LNG, y similares) y plantas marítimas (FSPP, BMPP, FRU LNG, FPSO LNG, FSRU LNG, y similares), en el que se instala un depósito de almacenamiento de gas licuado.

Además, en la presente forma de realización, se ha descrito que el consumidor que recibe el BOG que se comprime en el compresor es un sistema de propulsión que usa gas natural como combustible, y un ejemplo del sistema de propulsión es un DFDE (por ejemplo, un motor de 4 tiempos (DFDE) fabricado por la empresa Wartsila). No obstante, es obvio que la presente invención también se puede aplicar a otro sistema de propulsión (por ejemplo, un motor de 2 tiempos (W5X72) fabricado por la empresa Wartsila) que usa gas natural (LNG) únicamente o una

mezcla del LNG y aceite como combustible, así como el DFDE. En la siguiente descripción, a un motor (un motor de combustible heterogéneo) capaz de usar gas natural que se comprime a una presión de aproximadamente 5 a 20 bares solo o una mezcla del gas y aceite como combustible se le hará referencia como "motor de gas de media presión" (un motor de combustible heterogéneo de media presión). En la presente memoria descriptiva, la expresión "media presión" se debería considerar como que significa una presión de aproximadamente 5 a 20 bares a la que se comprime el BOG como el combustible que se suministra al motor.

En el sistema de tratamiento de BOG para el buque de acuerdo con la quinta forma de realización de la presente invención, el gas de evaporación (NBOG) que se genera y que se descarga de un depósito de almacenamiento 11 que almacena gas licuado se transfiere a lo largo de una línea de suministro de BOG L1 y a continuación se suministra al compresor 13. El compresor 13 puede ser un compresor de múltiples etapas. Tal como se describe en lo sucesivo, el BOG se puede comprimir a aproximadamente 5 a 20 bares, preferiblemente de aproximadamente 6 a 12 bares, y más preferiblemente de aproximadamente 6 a 7 bares, en el compresor. A continuación, el BOG comprimido se puede suministrar a un demandante, es decir, un sistema de propulsión que usa el LNG como combustible, por ejemplo, un DFDE 3 (motor de gas de media presión), a lo largo de una línea de suministro de combustible L2. El compresor 13 puede ser un compresor de múltiples etapas de tipo centrífugo. A pesar de que en la figura 6 el compresor se ilustra como de 4 etapas, el compresor puede ser de 3 etapas o menos o puede ser de 5 etapas o más. Un par de compresores 13 se pueden instalar en paralelo con el fin de satisfacer los requisitos de redundancia.

Cuando no se consume en el DFDE 3 todo el BOG que se genera en el depósito de almacenamiento, el BOG que no se suministra al DFDE 3 puede ser comprimido por un compresor de refuerzo 13a a una presión de aproximadamente 80 a 250 bares, preferiblemente de aproximadamente 100 a 200 bares, y más preferiblemente de aproximadamente 120 a 160 bares. A continuación, tal como se describe en lo sucesivo, el BOG se puede licuar al tiempo que se mueve a lo largo de la línea de retorno de BOG L3 y, a continuación, devolverse al depósito de almacenamiento 11. El compresor de refuerzo 13a puede ser un compresor de múltiples etapas de tipo alternativo. A pesar de que el compresor de refuerzo 13a se ilustra en la figura 6 como de 3 etapas, el compresor de refuerzo 13a puede ser de 2 etapas o menos o puede ser de 4 etapas o más.

De acuerdo con la presente invención, el BOG se comprime a una presión de aproximadamente 80 a 250 bares y a continuación se enfría y se licua mediante un intercambio de calor en el intercambiador de calor 21. Con el fin de enfriar y licuar el BOG comprimido mediante un intercambio de calor con el BOG criogénico que se descarga del depósito de almacenamiento, es necesario comprimir el BOG a una alta presión. En la presente memoria descriptiva, la expresión "alta presión" se debería considerar como que significa una presión de aproximadamente 80 a 250 bares a la que el BOG que se comprime sin un aparato de relicuefacción separado que usa un ciclo de refrigeración de nitrógeno o similares se puede licuar mediante un intercambio de calor con el BOG que se descarga del depósito de almacenamiento. Cuando la presión del BOG comprimido es 80 bares o menor, es difícil licuar el BOG comprimido mediante solo el intercambio de calor con el BOG que se descarga del depósito de almacenamiento, sin un aparato de relicuefacción separado que tenga un ciclo de refrigeración.

El depósito de almacenamiento tiene las paredes selladas y aisladas térmicamente con el fin de almacenar gas licuado tal como el LNG en un estado criogénico, pero no puede bloquear perfectamente el calor transferido desde el exterior. Por lo tanto, el gas licuado se vaporiza continuamente dentro del depósito de almacenamiento 11 y, con el fin de mantener la presión del BOG a un nivel apropiado, el BOG en el interior del depósito de almacenamiento 11 se descarga a través de la línea de descarga de BOG L1.

Una bomba de descarga 12 está instalada dentro del depósito de almacenamiento 11 con el fin de descargar el LNG al exterior del depósito de almacenamiento cuando sea necesario. La bomba de descarga 12 se puede instalar en el interior del depósito de almacenamiento 11 tal como se ilustra en la figura 6, o se puede instalar fuera del depósito de almacenamiento 11.

Una línea de vaporización forzada L11 se proporciona de tal modo que, cuando una cantidad de BOG que se descarga del depósito de almacenamiento 11 es más pequeña que una cantidad de combustible requerida como combustible en el DFDE, LNG se puede descargar mediante la bomba de descarga 12, vaporizarse en un vaporizador forzado 31 y, a continuación, suministrarse al compresor 13.

Cuando se proporciona la línea de vaporización forzada L11 que está equipada con el vaporizador forzado 31, el combustible se puede suministrar de forma estable incluso cuando una cantidad pequeña de BOG se genera debido a que una cantidad pequeña de LNG se almacena en el depósito de almacenamiento 11 en una condición de lastre, o incluso cuando una cantidad de BOG que se requiere como combustible en el motor es más grande que una cantidad de BOG que se genera de manera natural.

El BOG vaporizado de manera forzada se puede suministrar al compresor 13 a través de la línea de suministro de BOG L1.

Un separador de neblina 17 se puede instalar en la línea de suministro de BOG L1 con el fin de eliminar las gotitas

finas que pueden estar contenidas en el BOG.

El compresor 13 puede incluir uno o más dispositivos de compresión de tipo centrífugo 14 y uno o más enfriadores intermedios (que no se ilustran) para enfriar el BOG cuya temperatura se eleva durante la compresión. El compresor 13 se puede configurar para comprimir el BOG de 6 a 12 bares, preferiblemente de 6 a 7 bares. A pesar de que la figura 6 ilustra el compresor de múltiples etapas de tipo centrífugo 13 que incluye cuatro dispositivos de compresión de tipo centrífugo 14, el número de los dispositivos de compresión y el número de los enfriadores intermedios se pueden cambiar cuando sea necesario. Además, una pluralidad de dispositivos de compresión se pueden disponer dentro de un único compresor, y una pluralidad de compresores se pueden conectar en serie.

El compresor de refuerzo 13a puede incluir uno o más dispositivos de compresión de tipo alternativo 14a y uno o más enfriadores intermedios (que no se ilustran) para enfriar el BOG cuya temperatura se eleva durante la compresión. Si una presión del BOG que es comprimido por el compresor de refuerzo 13a es alta, se puede aumentar la eficiencia de la relicuefacción. No obstante, al mismo tiempo, el consumo de energía para comprimir el BOG se puede aumentar mucho y se puede requerir una gran capacidad para comprimir el BOG. Por lo tanto, el compresor de refuerzo 13a se puede configurar para comprimir el BOG de 80 a 250 bares, preferiblemente de 100 a 200 bares, más preferiblemente de 120 a 160 bares. A pesar de que la figura 6 ilustra el compresor de múltiples etapas de tipo alternativo 13a que incluye tres dispositivos de compresión de tipo alternativo 14a, el número de los dispositivos de compresión y el número de los enfriadores intermedios se pueden cambiar cuando sea necesario. Además, una pluralidad de dispositivos de compresión se pueden disponer dentro de un único compresor, y una pluralidad de compresores se pueden conectar en serie.

Al igual que en el compresor 13, un par de compresores de refuerzo 13a se pueden instalar en paralelo para un diseño redundante.

En lugar de disponer el compresor 13 y el compresor de refuerzo 13a en una fila tal como se ilustra en la figura 6, un compresor para el DFDE 3 solo y un compresor para la relicuefacción se pueden disponer en líneas separadas. No obstante, un caso en el que el compresor 13 para suministrar el combustible al motor del buque y el compresor de refuerzo 13a para la relicuefacción se disponen en una fila es ventajoso debido a que se puede usar el BOG que principalmente se comprime (aproximadamente de 6 a 7 bares) en el compresor 13. Como alternativa, tal como se ilustra en las figuras 1 a 5, se puede instalar un compresor de múltiples etapas y el BOG se puede ramificar durante la compresión de múltiples etapas.

El BOG que se comprime en el compresor 13 se comprime a aproximadamente 7 bares y se suministra a través de la línea de suministro de combustible L2 a un consumidor, por ejemplo, un motor DF (es decir, el DFDE 3). La totalidad o parte del BOG se puede suministrar de acuerdo con una cantidad de combustible requerida para el motor.

Es decir, de acuerdo con la quinta forma de realización de la presente invención, cuando el BOG que se descarga del depósito de almacenamiento 11 y que se suministra al compresor 13 (es decir, todo el BOG que se descarga del depósito de almacenamiento) es una primera corriente, la primera corriente del BOG se puede dividir en una segunda corriente y una tercera corriente en el lado de aguas abajo del compresor 13. La segunda corriente se puede suministrar como combustible al motor DF (es decir, el DFDE 3), y la tercera corriente se puede licuar y devolverse al depósito de almacenamiento 11.

En este instante, la segunda corriente se suministra al DFDE 3 a través de la línea de suministro de combustible L2, y la tercera corriente se devuelve al depósito de almacenamiento 11 a través de la línea de retorno de BOG L3. Un intercambiador de calor (por ejemplo, DCHE) 21 se instala en la línea de retorno de BOG L3 con el fin de licuar la tercera corriente del BOG comprimido. El intercambiador de calor 21 intercambia de calor entre la tercera corriente del BOG comprimido y la primera corriente del BOG que se descarga del depósito de almacenamiento 11 y que se suministra al compresor 13.

Debido a que un caudal de la primera corriente del BOG antes de la compresión es mayor que un caudal de la tercera corriente, la tercera corriente del BOG comprimido se puede enfriar (es decir, licuarse al menos parcialmente) recibiendo energía fría de la primera corriente del BOG antes de la compresión. En este sentido, en el intercambiador de calor 21, el BOG del estado de alta presión se enfría (licua) por intercambio de calor entre el BOG de la temperatura criogénica inmediatamente después de descargarse del depósito de almacenamiento 11 y el BOG del estado de alta presión comprimido en el compresor 13.

Se ha descrito que el BOG que se comprime en el compresor 13 se enfría y se licua en el intercambiador de calor 21. No obstante, cuando el BOG que se comprime en el compresor 13 se encuentra a una alta presión y a una alta temperatura, el BOG suministrado al intercambiador de calor 21 puede ser un estado supercrítico en el que no se puede distinguir gas o líquido. Por lo tanto, en un sentido estricto, cuando una presión se reduce mediante un medio de descompresión tal como la válvula de expansión que se instala en el lado de aguas abajo del intercambiador de calor 21 de acuerdo con las condiciones de presión y de temperatura del BOG, el BOG se puede volver un estado de líquido (o al menos parcialmente de líquido). En la presente memoria descriptiva, la expresión "BOG se licua en el

intercambiador de calor 21” se debería considerar como que incluye ambos del caso en el que el BOG se enfría y se licua en el intercambiador de calor y el caso en el que el BOG se vuelve un estado de líquido (o al menos parcialmente de líquido) como el BOG se enfría en el intercambiador de calor y, a continuación, se descomprime en el medio de descompresión.

5 Una línea de derivación L12 se puede instalar de tal modo que cuando no hay BOG alguno que volver a licuar, es decir, cuando el caudal de la primera corriente es igual al caudal de la segunda corriente, el BOG que se descarga del depósito de almacenamiento 11 se deriva sin pasar a través del intercambiador de calor 21 y se suministra directamente al compresor 13.

10 A pesar de que hay una diferencia de acuerdo con una velocidad de propulsión (es decir, una carga del DFDE 3) o una cantidad de generación del BOG, es general que aproximadamente de un 30 a un 70 % del BOG que se genera en el depósito de almacenamiento se usa como el combustible del motor del buque y el otro se vuelve a licuar.

15 El LBOG que se enfría en el intercambiador de calor 21 se descomprime al tiempo que se pasa a través de un medio de descompresión 22 (por ejemplo, un expansor o válvula JT, al que se hace referencia en lo sucesivo en el presente documento como “primer medio de expansión 22”), y se suministra continuamente a un separador de gas - líquido 23 en un estado mixto de gas - líquido. El LBOG se puede descomprimir a aproximadamente presión atmosférica (por ejemplo, descomprimirse de 300 bares a 3 bares) al tiempo que se pasa a través del primer medio de expansión 22. El BOG licuado se separa en componentes de gas y líquidos en el separador de gas - líquido 23. El componente de líquido, es decir, el LNG, se transfiere al depósito de almacenamiento 11 a través de la línea de retorno de BOG L3, y el componente de gas, es decir, el BOG, se transfiere a través de una línea de recirculación de BOG L5 y se une con el BOG que se descarga del depósito de almacenamiento 11 y que se suministra al compresor 13. Más específicamente, la línea de recirculación de BOG L5 se extiende desde un extremo superior del separador de gas - líquido 23 y se conecta a un lado de más aguas arriba que el intercambiador de calor 21 en la línea de suministro de BOG L1.

25 Por conveniencia de la explicación, se ha descrito que el intercambiador de calor 21 se instala en la línea de retorno de BOG L3, pero el intercambiador de calor 21 se puede instalar en la línea de suministro de BOG L1 debido a que el intercambio de calor se realiza realmente entre la primera corriente del BOG transferido a través de la línea de suministro de BOG L1 y la tercera corriente del BOG transferido a través de la línea de retorno de BOG L3.

30 Otro medio de expansión 24 (por ejemplo, un expansor o válvula J-T, al que se hace referencia en lo sucesivo en el presente documento como “segundo medio de expansión 24”) se puede instalar adicionalmente en la línea de recirculación de BOG L5. Por lo tanto, el componente de gas que se descarga del separador de gas - líquido 23 se puede descomprimir al tiempo que se pasa a través del segundo medio de expansión 24. El segundo medio de expansión 24 se puede usar para ajustar una presión interna del separador de gas - líquido 23 y puede mantener la presión del gas natural del estado de líquido que se devuelve desde el separador de gas - líquido 23 al depósito de almacenamiento 11 a una presión mucho más alta que la presión interna del depósito de almacenamiento. Además, el segundo medio de expansión 24 ajusta la presión del lado de aguas abajo del segundo medio de expansión 24 en la línea de recirculación de BOG L5, de tal modo que el gas natural del estado de líquido se puede unir suavemente con el BOG que se transfiere a lo largo de la línea de suministro de BOG L1.

35 Además, un enfriador (que no se ilustra) se instala en la línea de recirculación de BOG L5 con el fin de enfriar adicionalmente la tercera corriente mediante un intercambio de calor entre la tercera corriente del BOG que se licua en el intercambiador de calor 21 y que se suministra al separador de gas - líquido 23 y el componente de gas que se separa en el separador de gas - líquido 23 y que se transfiere a través de la línea de recirculación de BOG L5. Es decir, el enfriador enfría adicionalmente el BOG de un estado de líquido de presión alta con gas natural de un estado de gas criogénico de baja presión.

45 Mientras tanto, cuando se espera que se genere BOG excedente debido a que una cantidad del BOG que se genera en el depósito de almacenamiento 11 es más grande que una cantidad de combustible necesaria para el motor DF (es decir, el DFDE 3) (por ejemplo, durante una parada del motor o una navegación a baja velocidad), el BOG que es comprimido en el compresor 13 se ramifica a través de la línea de ramificación de BOG (L7) y se usa en un medio de consumo de BOG 5. Los ejemplos del medio de consumo de BOG pueden incluir un sistema de generador de gas inerte (IGG, *integrated inert gas generator*) / unidad de combustión de gas (GCU, *gas combustion unit*) integrado, una GCU, una turbina de gas y una caldera, cada uno de los cuales puede usar gas natural como combustible.

50 El sistema de IGG / GCU integrado es un aparato en el que están integrados el IGG y la GCU.

60 Tal como se ha descrito en lo que antecede, en el sistema y el método de tratamiento de BOG de acuerdo con la quinta forma de realización de la presente invención, el BOG que se genera durante el transporte del cargamento (es decir, LNG) en el portador de LNG se puede usar como el combustible del motor, o se puede volver a licuar, devolverse al depósito de almacenamiento, y almacenarse en el mismo. Por lo tanto, una cantidad del BOG consumido en la GCU o similar se puede reducir o eliminar. Además, el BOG se puede tratar por relicuefacción, sin

necesidad de instalar aparatos de relicuefacción que usen refrigerantes separados, tales como nitrógeno.

Además, en el sistema y el método de tratamiento de BOG de acuerdo con la quinta forma de realización de la presente invención, debido a que no es necesario instalar aparatos de relicuefacción que usen refrigerantes separados (es decir, el ciclo de refrigeración de refrigerante - nitrógeno, el ciclo de refrigeración de refrigerante mixto, o similares), las instalaciones para suministrar y almacenar los refrigerantes no necesitan instalarse por separado. En consecuencia, es posible ahorrar el coste de instalación inicial y el coste de funcionamiento para configurar todo el sistema.

De acuerdo con la presente invención, a pesar de la reciente tendencia de que se aumente la cantidad de generación del BOG debido a la mayor capacidad del depósito de almacenamiento y se reduzca una cantidad necesaria de combustible debido a la mejora del rendimiento del motor, el BOG restante después de usarse como el combustible del motor se puede volver licuar y devolverse al depósito de almacenamiento, evitando de este modo el desperdicio del BOG.

Un buque, tal como un portador de LNG o un RV LNG, se usa para transportar el LNG desde un área de producción a un consumidor. Por lo tanto, cuando se navega desde el área de producción hacia el consumidor, el buque navega en una condición de carga en la que el LNG se ha cargado completamente en el depósito de almacenamiento. Al volver a la zona de producción después de la descarga del LNG, el buque navega en una condición de lastre en la que el depósito de almacenamiento está casi vacío. En la condición de carga, se genera una gran cantidad de BOG debido a que una cantidad de LNG es relativamente grande. En la condición de lastre, se genera una cantidad relativamente pequeña de BOG debido a que la cantidad de LNG es pequeña.

A pesar de que hay una diferencia de acuerdo con la capacidad del depósito de almacenamiento, la temperatura exterior, y similares, una cantidad del BOG que se genera cuando la capacidad del depósito de almacenamiento de LNG es de aproximadamente 130.000 a 350.000 m³ es de aproximadamente 3 a 4 ton / h en la condición de carga y es de aproximadamente 0,3 a 0,4 ton / h en la condición de lastre. Además, una cantidad de gas combustible necesario para el motor principal (sistema de propulsión) del buque es de aproximadamente 1 a 4 ton / h (aproximadamente de 1,5 ton / h de media). Mientras tanto, en los últimos años, debido a que una tasa de evaporización (BOR, *boil-off rate*) ha tendido a reducirse debido a la mejora en las prestaciones de aislamiento térmico del depósito de almacenamiento, ha tendido a reducirse la cantidad de generación de BOG.

En la condición de carga en la que una cantidad de generación de BOG es grande, una parte del BOG que se comprime a través del compresor 13 se puede suministrar al motor del buque (es decir, el DFDE 3), y el otro BOG que no se suministra al motor del buque se puede comprimir adicionalmente a través del compresor de refuerzo 13a y suministrarse a y volverse a licuar en el intercambiador de calor 21.

Además, en la condición de lastre en la que una cantidad de generación de BOG es pequeña, LNG en el interior del depósito de almacenamiento 11 se puede suministrar al compresor 13 a través de la bomba de descarga 12 y el evaporador forzado 31 de acuerdo con una cantidad de combustible requerida para el motor del buque, comprimirse en el compresor 13 y suministrarse al DFDE 3.

En ese sentido, en la condición de lastre en la que la cantidad de generación de BOG es más pequeña que la cantidad de combustible requerida para el motor, el sistema se puede operar para tratar todo el BOG a través del DFDE 3.

Mientras tanto, debido a que una cantidad de generación del BOG es pequeña en la condición de lastre, el BOG no se descarga sino que se acumula hasta que el depósito de almacenamiento alcanza una presión predeterminada, y se descarga y se suministra de forma intermitente como combustible al motor DFDE, en lugar de descargar y consumir el BOG cada vez que se genera el BOG.

Además, el sistema de tratamiento de BOG de acuerdo con la presente forma de realización se puede aplicar a los buques ya construidos así como a buques recién diseñados. Por ejemplo, en el caso del buque que está equipado con la línea para suministrar el BOG desde el depósito de almacenamiento de LNG a través del compresor al DFDE, la presente forma de realización se puede aplicar a través de una modificación mediante la adición del compresor de refuerzo 13a, la línea de retorno de BOG L3, el intercambiador de calor 21, el primer medio de expansión 22, el separador de gas - líquido 23, la línea de recirculación de BOG L5 y el segundo medio de expansión 24, tal como se ha descrito en lo que antecede con referencia a la figura 6.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de tratamiento de gas de evaporación (BOG) para un buque, que trata el BOG que se descarga desde un depósito de almacenamiento (11) que almacena gas licuado, comprendiendo el sistema de tratamiento de BOG:
- 5 un medio de compresión (13) que está configurado para comprimir el BOG que se descarga del depósito de almacenamiento;
- un motor de gas de media presión que está configurado para recibir al menos una parte del BOG, que es comprimido por el medio de compresión, como combustible;
- 10 un intercambiador de calor (21) que está configurado para intercambiar de calor entre el otro BOG, que no se suministra al motor de gas de media presión como combustible, y el BOG, que se descarga del depósito de almacenamiento (11) y no se comprime; y
- un medio de expansión (22) que está configurado para descomprimir el otro BOG que se somete a intercambio de calor por medio del intercambiador de calor (21),
- 15 en donde el medio de compresión (13) incluye un compresor que está configurado para comprimir el BOG que se descarga del depósito de almacenamiento a una presión necesaria para el motor de gas de media presión; y
- un compresor de refuerzo (13a) que está configurado para comprimir adicionalmente el otro BOG, que no se suministra al motor de gas de media presión,
- 20 en donde el compresor de refuerzo (13a) comprime el BOG de 80 a 250 bares.
2. El sistema de tratamiento de BOG de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el compresor (13) es un compresor de múltiples etapas de tipo centrífugo.
3. El sistema de tratamiento de BOG de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el compresor (13) comprime el BOG de 5 a 20 bares.
- 25 4. El sistema de tratamiento de BOG de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el compresor de refuerzo (13a) es un compresor de múltiples etapas de tipo alternativo.
- 30 5. El sistema de tratamiento de BOG de acuerdo con la reivindicación 1, en donde una cantidad del BOG suministrado al motor de gas de media presión se determina en el intervalo de un 30 a un 70 % del BOG que se descarga del depósito de almacenamiento (11) de acuerdo con una carga del motor de gas de media presión.
- 35 6. El sistema de tratamiento de BOG de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el componente de gas del otro BOG, que se descomprime al tiempo que se pasa a través del medio de expansión (22) y se vuelve un estado mixto de gas - líquido, y se une con el BOG suministrado al intercambiador de calor (21).
7. El sistema de tratamiento de BOG de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el componente de gas del otro BOG, que se descomprime al tiempo que se pasa a través del medio de expansión (22) y se vuelve un estado mixto de gas - líquido, se descomprime adicionalmente al tiempo que se pasa a través de otro medio de expansión y se une con el BOG suministrado al intercambiador de calor.
- 40 8. El sistema de tratamiento de BOG de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el componente de líquido del otro BOG, que se descomprime al tiempo que se pasa a través del medio de expansión (22) y se vuelve un estado de gas - líquido, se devuelve al depósito de almacenamiento (11).
- 45 9. El sistema de tratamiento de BOG de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende adicionalmente un vaporizador forzado (31) que está configurado para vaporizar de manera forzada el gas licuado que se almacena en el depósito de almacenamiento (11) y suministrar el gas licuado vaporizado de manera forzada al compresor (13), y un separador de neblina que está configurado para eliminar las gotitas que están contenidas en el gas licuado vaporizado de manera forzada.
- 50 10. El sistema de tratamiento de BOG de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende adicionalmente un consumidor de BOG que está configurado para recibir y usar el BOG que es comprimido por el compresor (13).
- 55 11. El sistema de tratamiento de BOG de acuerdo con la reivindicación 10, en donde el consumidor de BOG es uno o más de un sistema de generador de gas inerte (IGG) / unidad de combustión de gas (GCU) integrado, una GCU y una turbina de gas.
- 60 12. Un método de tratamiento de gas de evaporación (BOG) para un buque, que trata el BOG que se descarga desde un depósito de almacenamiento (11) que almacena gas licuado, comprendiendo el método de tratamiento de BOG:
- 65 comprimir el BOG que se descarga del depósito de almacenamiento (11);
- abastecer un motor de gas de media presión con al menos una parte del BOG, que se comprime en la etapa de compresión, como combustible;

- intercambiar calor entre el otro BOG, que no se suministra al motor de gas de media presión como combustible, y el BOG, que se descarga del depósito de almacenamiento y no se comprime; y descomprimir el otro BOG que se somete a intercambio de calor en la etapa de intercambio de calor en donde la etapa de intercambio de calor comprende adicionalmente comprimir adicionalmente el otro BOG que se comprime en la etapa de compresión antes del intercambio de calor en donde, en la etapa de compresión adicional, el otro BOG se comprime adicionalmente de 80 a 250 bares.
- 5
13. El método de tratamiento de BOG de acuerdo con la reivindicación 12, en donde el componente de gas del otro BOG, que se descomprime y se vuelve un estado mixto de gas - líquido, se une con el BOG que se descarga del depósito de almacenamiento (11).
- 10
14. El método de tratamiento de BOG de acuerdo con la reivindicación 12, en donde el componente de líquido del otro BOG, que se descomprime y se vuelve un estado mixto de gas - líquido, se devuelve al depósito de almacenamiento (11).
- 15
15. El método de tratamiento de BOG de acuerdo con la reivindicación 12, que comprende adicionalmente:
- vaporizar de manera forzada el gas licuado que se almacena en el depósito de almacenamiento (11) de acuerdo con una cantidad de combustible necesaria para el motor de gas de media presión en una condición de lastre en la que una cantidad de generación de BOG es relativamente pequeña; y suministrar el gas licuado vaporizado de manera forzada a la etapa de compresión.
- 20
16. El método de tratamiento de BOG de acuerdo con la reivindicación 12, que comprende adicionalmente, en una condición de carga en la que una cantidad de generación de BOG es relativamente grande, suministrar una parte del BOG que se comprime en la etapa de compresión al motor de gas de media presión, y comprimir adicionalmente el otro BOG, que no se suministra al motor de gas de media presión, y suministrar el BOG comprimido adicionalmente a la etapa de intercambio de calor.
- 25
17. Un buque, que incluye un depósito de almacenamiento que almacena gas licuado, y un motor de gas de media presión que usa el gas licuado que se almacena en el depósito de almacenamiento (11) como combustible, comprendiendo el buque:
- 30
- el sistema de tratamiento de BOG de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el buque genera electricidad a través del motor de gas de media presión, que está incluido en el sistema de tratamiento de BOG y recibe el BOG que se descarga del depósito de almacenamiento como combustible, y se impulsa usando un motor.
- 35

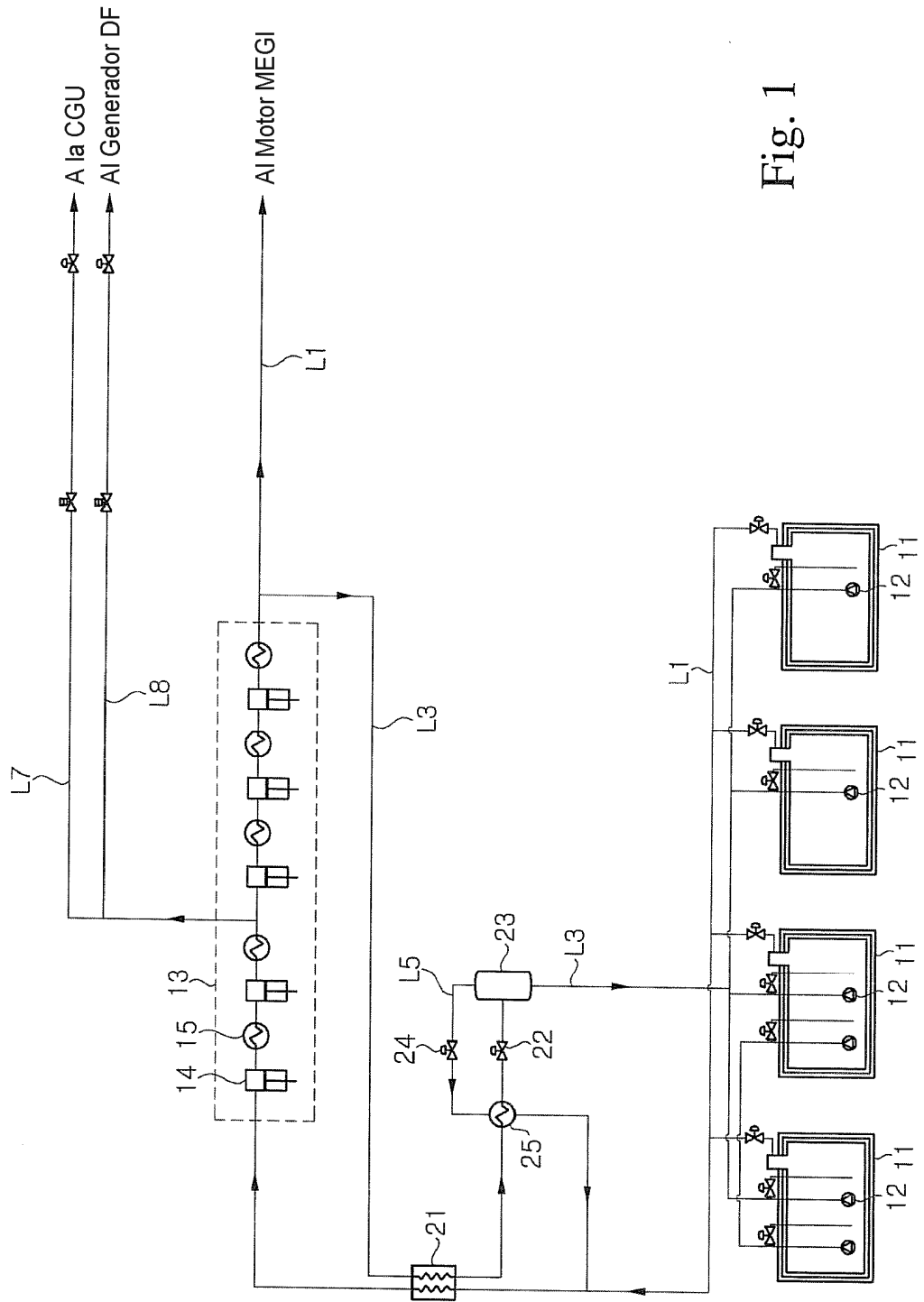


Fig. 1

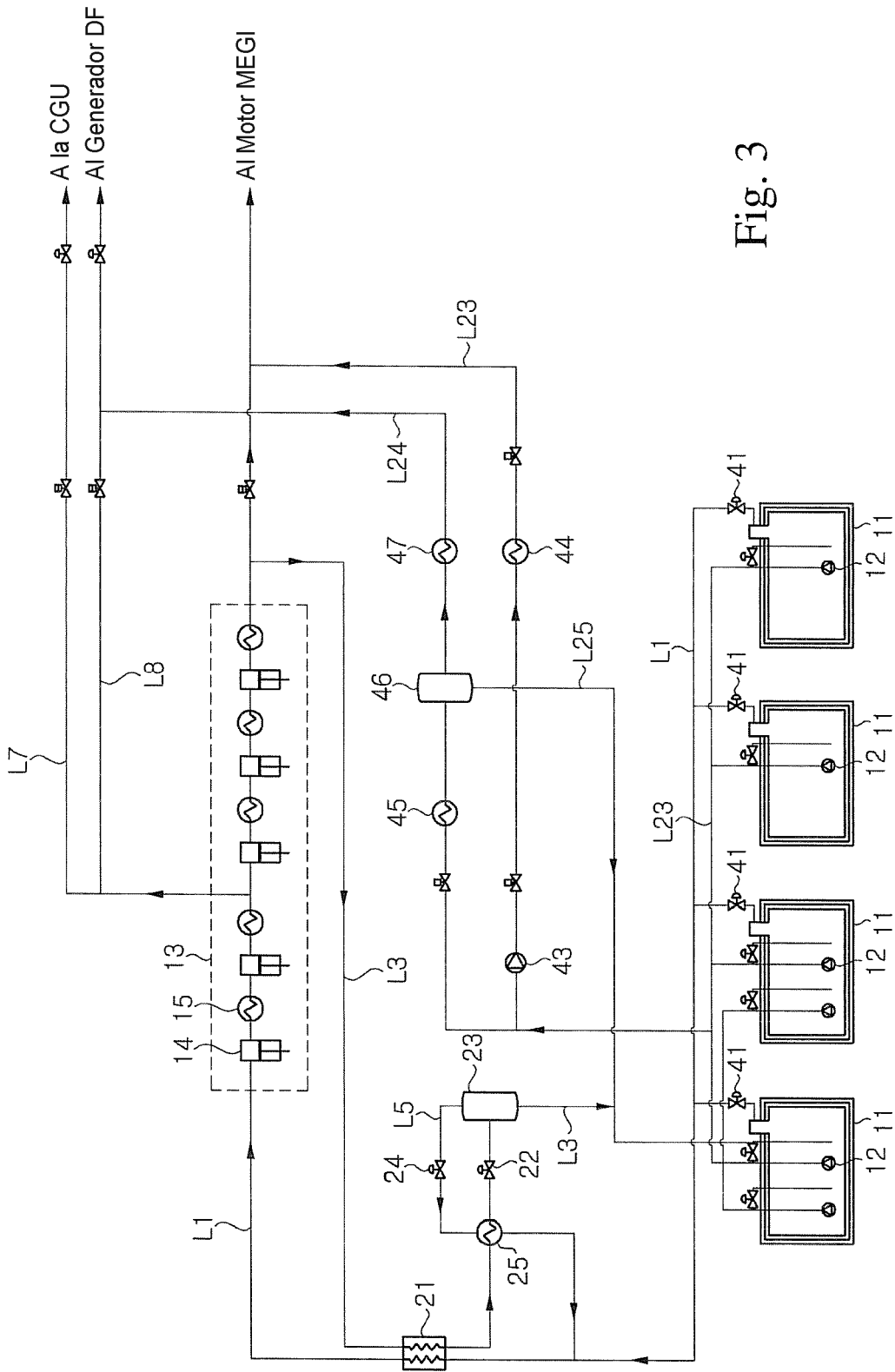


Fig. 3

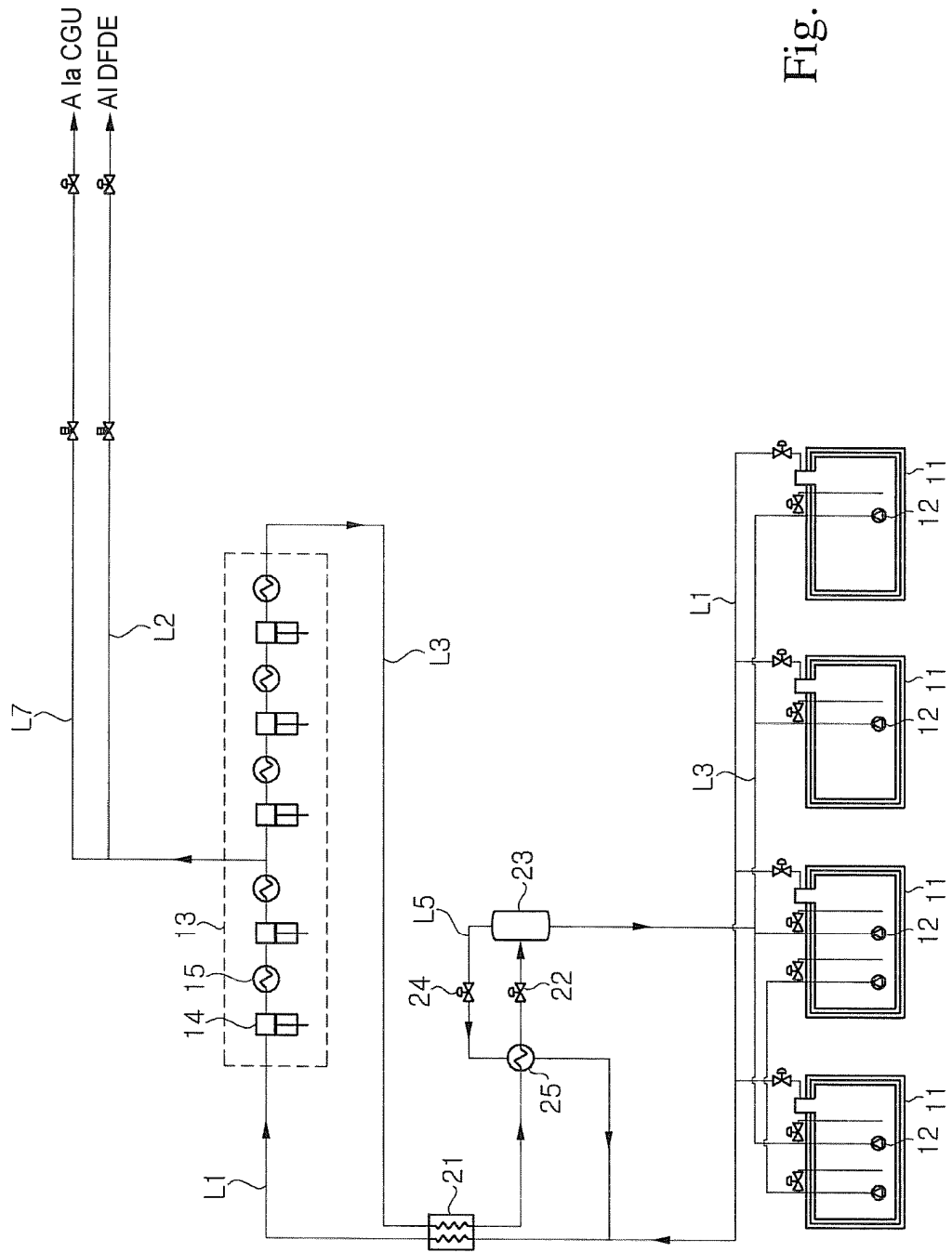


Fig. 4

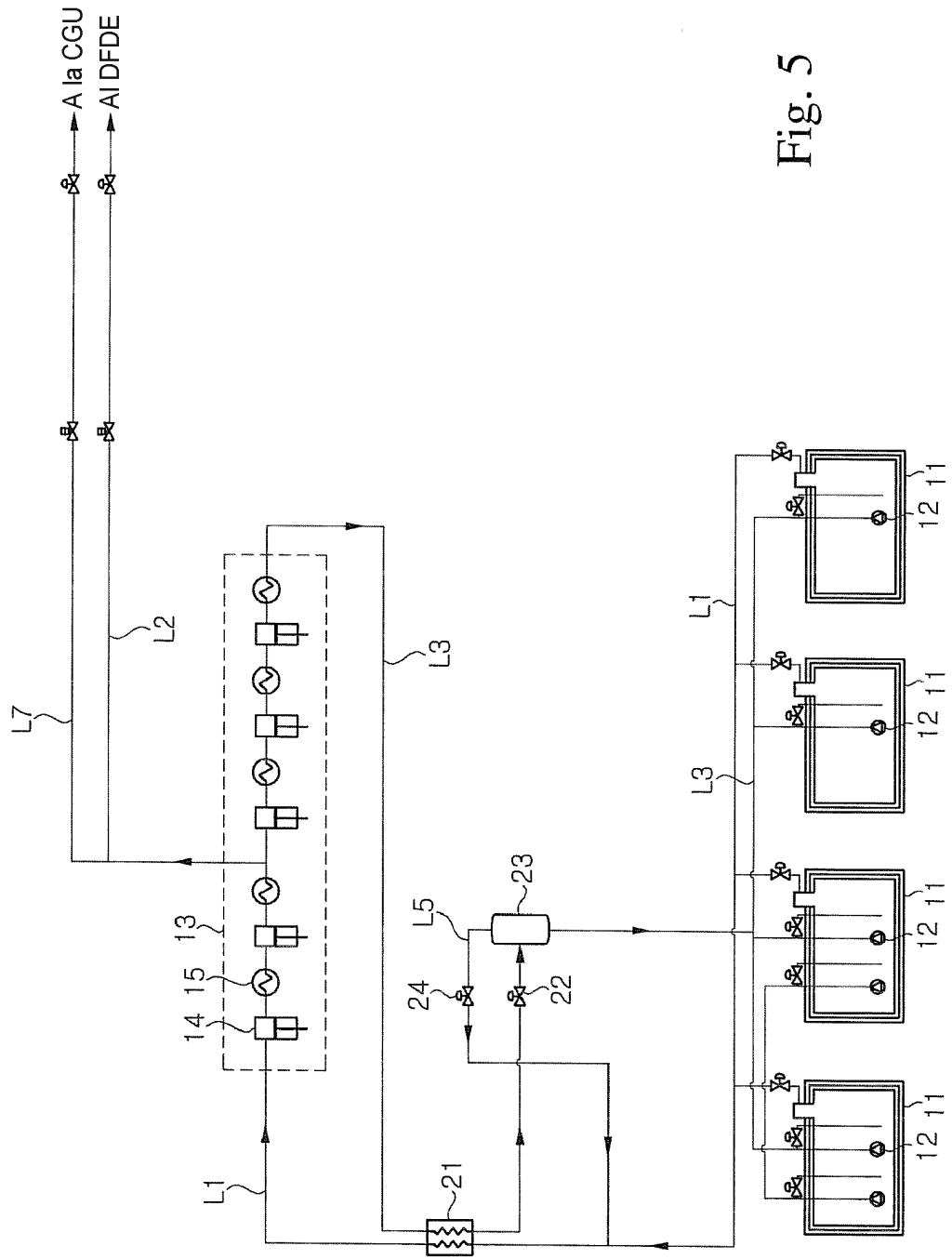


Fig. 5

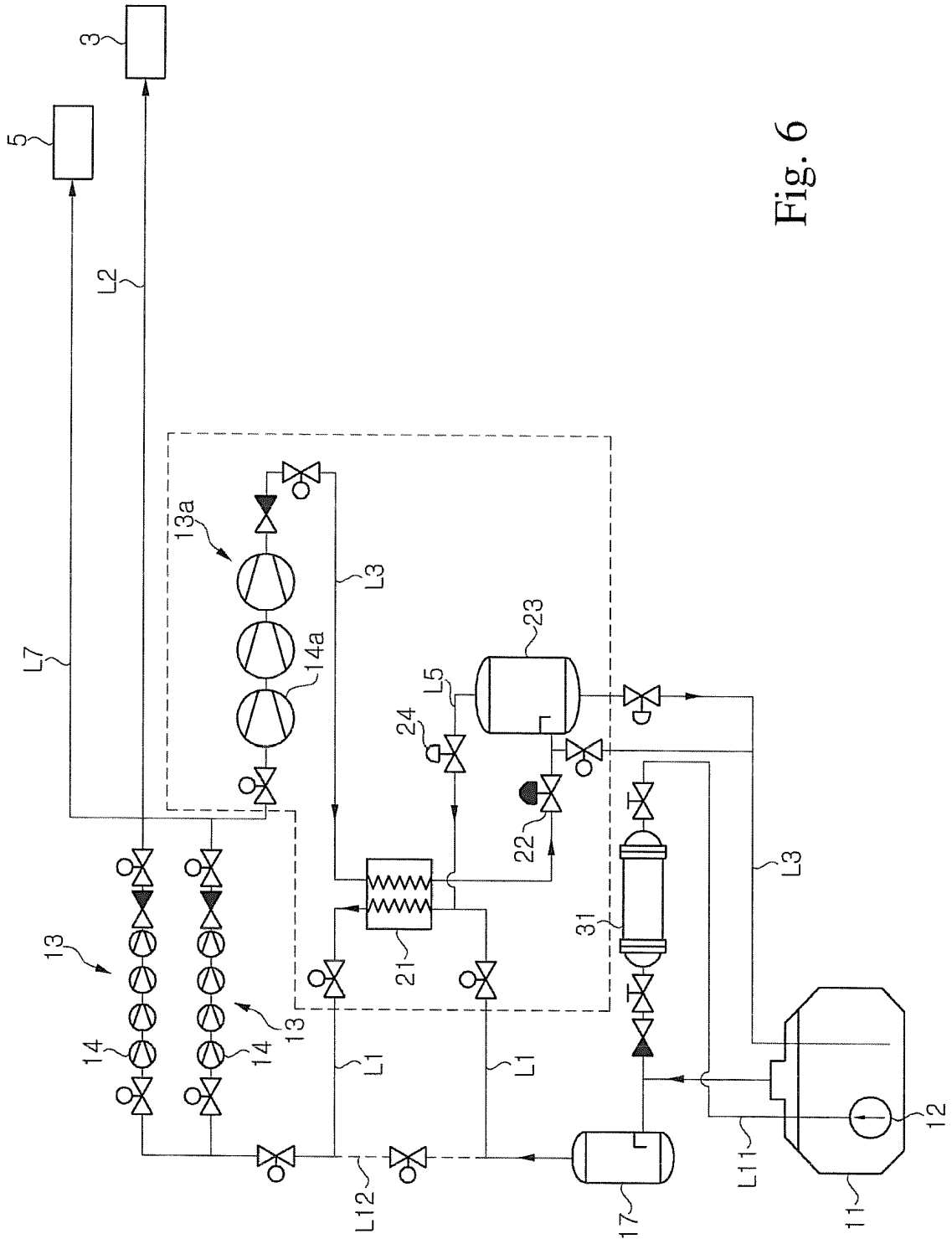


Fig. 6