

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 746 978**

51 Int. Cl.:

F17C 9/04 (2006.01)

F17C 9/02 (2006.01)

F17C 13/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.12.2008 PCT/IB2008/003753**

87 Fecha y número de publicación internacional: **02.07.2009 WO09081278**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.12.2008 E 08864167 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.07.2019 EP 2235426**

54 Título: **Método y aparato de suministro de gas natural**

30 Prioridad:

21.12.2007 EP 07352008

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

09.03.2020

73 Titular/es:

**CRYOSTAR SAS (100.0%)
Zone Industrielle Boite Postale 48
68220 Hesingue, FR**

72 Inventor/es:

FUCHS, VINCENT

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 746 978 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

Método y aparato de suministro de gas natural

5 Esta invención se refiere a un método y a un aparato para suministrar combustible de gas natural para la finalidad de generar calefacción o potencia. El método y aparato de acuerdo con la invención son particularmente adecuados para uso a bordo de un buque adaptado para el almacenamiento y transporte de gas natural licuado (LNG) para la finalidad de utilizar una parte del LNG para combustible de los motores del buque u otro sistema de propulsión.

10 El documento EP1291576A se refiere a aparatos para suministrar combustible de gas natural (cuyo principal componente es metano) para calentar las calderas de un transportador marítimo para el transporte de LNG. El aparato comprende un compresor que tiene una entrada que se comunica con el espacio de margen de llenado de al menos un tanque de almacenamiento de LNG y una salida que se comunica con un conducto que conduce desde el compresor hasta los quemadores de combustible asociados con las calderas y un vaporizados de LNG forzado
15 que tiene una entrada que se comunica con una región de almacenamiento de líquido de dicho tanque y una salida que se comunica con el mismo o un conducto diferente que conduce a quemadores de combustible asociado con el conducto.

20 También se conoce emplear gas natural evaporado formado de esta manera directamente en la propulsión del transportador marítimo o buque. En particular, se conocen en el mercado tres tipos de propulsión. Primero, existen motores de combustible dual de velocidad media con propulsión eléctrica. Este sistema se ha establecido bien en el mercado y compite con el sistema utilizado anteriormente de calderas con propulsión de turbina de vapor. En segundo lugar, existen motores diésel de baja velocidad, que queman fueloil pesado, combinados con una unidad de re-licuación para recuperar gas natural que se evapora naturalmente. Tercero, se está evaluando un sistema de
25 propulsión de turbina de gas. Estos sistemas de propulsión tienen en común que el gas natural evaporado naturalmente o bien es consumido para la propulsión o el re-licuado, siendo ventilado u oxidado térmicamente sólo en caso de emergencia.

30 Parte del combustible suministrado a los motores de combustible dual de velocidad media es tomada del gas natural almacenado. Parte del combustible de gas natural se forma de gas que se evapora naturalmente en los depósitos de almacenamiento del buque. El resto del combustible de gas natural es evaporado por la fuerza. Debido a que el gas natural es suministrado ahora directamente a los motores del buque, no es necesaria una unidad de re-licuación del gas natural o para ventilación o combustión del gas en oxidador térmico, con tal que la cantidad del gas natural evaporado naturalmente sea igual o menos que la cantidad requerida por motores para la velocidad de crucero
35 seleccionada del buque.

40 El documento WO-A-2006/077094 se refiere a un método y aparato mejorados para suministrar gas natural a motores de un buque u otra unidad de propulsión. Una corriente primaria del gas natural evaporado es tomada del espacio de margen de llenado de un contenedor de gas natural licuado. La corriente primaria es mezclada con una corriente secundaria que se forma por evaporación forzada, pero parcial de una corriente de LNG tomadas desde el contenedor, y desacoplando el gas natural no evaporado desde la corriente evaporada. Como se explica en el documento WO-A-2006/077094, este método permite que la composición del gas natural formada mezclando las corrientes primaria y secundaria sea controlada para cumplir la especificación para motores y otra unidad de propulsión.
45

Otro medio de propulsión directa de baja velocidad alternativo, conocido como motor diésel de baja velocidad modificado para inyección de gas a alta presión está disponible ahora en el mercado para la propulsión de transportador marítimos para el almacenamiento y transporte de LNG. El motor es del tipo diésel de dos marchas. Este motor es un propulsor de alta eficiencia, especialmente con una hélice acoplada directamente. En transportadores de LNG, la potencia deseada para propulsión puede ser generada por un motor individual con una sola hélice combinada con un sistema de potencia "take home", o una instalación de motor doble con accionamiento directo a las dos hélices. Una ventaja particular del motor diésel de naja velocidad doble con sistemas de inyección de gas a alta presión es que si falla el suministro de combustible de gas natural, es posible accionar al menos uno de los motores sólo con fueloil pesado, aunque esto no es totalmente deseable por razones ambientales. El motor diésel de baja velocidad con inyección de gas a alta presión emplea un suministro a presión elevada de gas natural. Para conseguir altas eficiencias operativas, el gas natural es comprimido típicamente a una presión en el rango de 200-300 bares. Con cargas inferiores, la presión necesaria se reduce linealmente hasta 30 % de carga del motor, lo que requiere típicamente una presión de 150 bares. Se ha propuesto formar el suministro de gas elevado mezclando gas evaporado comprimido con gas evaporado por la fuerza y comprimiendo, además, la mezcla hasta la presión
50 requerida para el sistema de propulsión requerido.
55
60

Existen otros usos en los que se puede emplear el LNG a bordo de un transportador marítimo para el almacenamiento y transporte de LNG. Por ejemplo, el documento WO-A-2005/068847 describe que parte del LNG se puede utilizar para eliminar calor de comprensión desde el gas evaporado entre las etapas de un compresor de

varias etapas y curso arriba de su etapa inicial.

5 El documento WO2005/058692A1 se refiere a una disposición de suministro de gas de una embarcación marina que está adaptada para transportar gas licuado en su tanque de carga que tiene una sección de espacio de margen de llenado y una sección de fase líquida, cuya disposición utiliza el gas como combustible para proporcionar potencia para la embarcación, comprendiendo la disposición una primera línea de suministro de gas prevista para procesar el gas natural evaporado formado en el tanque de carga, una segunda línea de suministro de gas, que conecta el tanque de carga y la línea de suministro principal de gas y que está provista con al menos una bomba para elevar la presión del gas líquido y para bombearlo hacia adelante. La segunda línea de suministro de gas está provista con un depósito de gas que tiene una sección de espacio de margen de llenado y una sección de fase líquida, y en donde la disposición está provista con una primera sección de conducto de la segunda línea de suministro de gas que conecta la sección de fase líquida del tanque de carga y la sección de fase líquida del depósito de gas, y que está provista con una bomba y la disposición está provista adicionalmente con una línea de retorno que conecta la sección de fase líquida del depósito y el depósito de carga que está provista con una válvula de control para retornar de forma controlada el gas líquido de retorno al tanque de carga.

20 El documento WO 2005/058684A1 se refiere a una disposición de suministro de gas para una embarcación marina que está adaptada para transportar gas licuado en su tanque de carga, que tiene una sección de espacio de margen de llenado y una sección de fase líquida, y para utilizar la carga como combustible para proporcionar potencia para la embarcación, comprendiendo la disposición una primera línea de suministro de gas que conecta una sección de espacio de margen de llenado del tanque de carga y una línea de suministro principal de gas, que está provista con un compresor para elevar la presión del gas hasta un nivel adecuado, y una segunda línea de suministro de gas que conecta la sección de fase líquida del tanque de carga y la línea de suministro principal de gas y que está provista con al menos una bomba para elevar la presión del gas líquido y para bombearlo hacia adelante. La segunda línea de suministro de gas está provista con un depósito de gas que tiene una sección de espacio de margen de llenado y una sección de fase líquida, cuyo depósito está conectado a la sección de fase líquida del tanque de carga por una primera sección de conducto de la segunda línea de suministro de gas y a la línea de suministro principal de gas por una segunda sección de conducto de la segunda línea de suministro de gas.

30 El documento FR A 2876981 se refiere a un dispositivo para suministrar combustible a una instalación de producción de energía de a bordo sobre un buque de transporte de gas licuado desde al menos un tanque de gas licuado del buque, que incluye un eyector de líquido dispuesto en el tanque con el fin de aspirar gas licuado al nivel del fondo del tanque, una bomba de circulación dispuesta por encima del tanque, un circuito de líquido que conecta una salida de la bomba de circulación a una entrada del eyector de líquido y una salida del eyector de líquido a una entrada de la bomba de circulación para permitir la circulación en circuito cerrado de una corriente de gas licuado a través del eyector de líquido, y una línea de alimentación que conecta el circuito de líquido a la instalación de producción de energía.

40 El uso de parte del LNG almacenado para alimentar los motores del buque (u otras unidades de propulsión, tales como turbinas de gas) plantea requerimientos particulares al equipo para suministrar el gas natural desde los tanques de almacenamiento del buque, cuyas disposiciones convencionalmente no están óptimamente adaptados a satisfacer, particularmente cuando los tanques contienen sólo una cantidad relativamente pequeña de LNG durante de viaje de lastre. A continuación se describen problemas específicos que son resueltos por el método y aparato de acuerdo con la invención.

45 De acuerdo con la invención se proporcionan aparatos para suministrar gas natural a presión elevada, como se define en la reivindicación 1.

50 Características preferidas del aparato de acuerdo con la invención se indican en las reivindicaciones 2 a 10 siguientes.

La invención proporciona también un método para suministrar gas natural a presión elevada, como se define por la reivindicación 11.

55 Características preferidas del método de acuerdo con la invención se indican en las reivindicaciones 12 a 15 siguientes.

60 El método y aparato de acuerdo con la invención ofrecen un número de ventajas siguientes, particularmente en el suministro de gas natural a un sistema de propulsión a bordo de un transportador marítimo de transporte de LNG.

la bomba sumergida en la o en cada embarcación de almacenamiento principal puede ser una bomba de baja presión (por ejemplo, que tiene una presión de salida del orden de 3-4 bares);

el método y aparato de acuerdo con la invención pueden accionarse para suministrar LNG a presión desde

la embarcación de contención secundaria hasta el evaporador forzado de manera intermitente o continua dependiendo de la selección de los medios de elevación de la presión asociados con el contenedor secundario;

5 la o cada bomba sumergida puede ser accionada intermitentemente y durante un periodo reducido de tiempo en comparación con los requerimientos de suministro de gas;

el o cada tanque de almacenamiento principal puede transportar menos LNG que es convencional para un viaje de lastre;

10 el método y aparato de acuerdo con la invención se pueden utilizar al final del viaje de lastre para refrigerar el tanque de almacenamiento de LNG, cuando la bomba sumergida no se ceba debido a que el nivel de LNG es demasiado bajo;

15 el método y aparato de acuerdo con la invención se pueden utilizar para eliminar calor de compresión a partir de LNG evaporado naturalmente entre etapas y/o para pre-refrigerar el LNG evaporado naturalmente curso arriba de o en un compresor para el LNG evaporado naturalmente.

20 Preferiblemente el o cada contenedor secundario tiene un sensor del nivel superior del líquido y un sensor del nivel inferior del líquido, estando asociados dichos sensores operativamente con una válvula de entrada, siendo tal la disposición que el flujo de LNG dentro de dicho contenedor secundario sólo se inicia cuando el nivel de LNG cae allí por debajo del sensor de nivel inferior y sólo se detiene cuando el nivel de LNG allí se eleva hasta el sensor superior del nivel.

25 El gas natural es transferido típicamente desde el evaporador forzado hasta al menos un motor o turbina operativos para generar potencia para propulsión del buque o transportador. La presión a la que se eleva el gas natural líquido en el o en cada contenedor secundario depende de la presión operativa de dicho motor o turbina. En algunos sistemas de presión relativamente baja, esta presión puede elevarse hasta 11 bares. Si el o cada motor o turbina requiere un suministro de tal gas natural a presión relativamente baja sólo intermitentemente, el LNG puede ser transferido desde el o cada contenedor secundario hasta el evaporador forzado aislando el o cada contenedor secundario, elevando la presión en el espacio de margen de llenado del o de cada contenedor secundario, y entonces poniendo el o cada contenedor secundario en comunicación con el evaporador forzado para permitir que la presión en el espacio de margen de llenado efectúe la transferencia. La ventaja de este medio de transferencia es que no se requiere ninguna bomba mecánica. Si se emplean dos o más de tales sistemas en paralelo, el suministro de gas puede ser continuo. El o cada contenedor secundario es despresurizado típicamente antes de recargarlo con LNG por la bomba sumergida de baja presión.

35 Si se requiere un suministro continuo de LNG al evaporador forzado, o la eliminación de pérdidas de gas presurizado por despresurización del contenedor secundario, se puede prever al menos una bomba secundaria en la tubería intermedia entre dicha segunda embarcación y el evaporador forzado. La bomba o bombas secundarias pueden utilizarse para crear cualquier presión elevada hasta, por ejemplo, 300 bares. Una bomba alternativa de líquido criogénico que tiene uno o una pluralidad de cilindros puede utilizarse para crear las altas presiones que son típicamente necesarias si el gas natural evaporado debe suministrarse al motor diésel de baja velocidad con inyección de gas a alta presión o a una turbina de gas. Una ventaja de tal disposición es que evita la necesidad de un compresor de gas a alta presión para elevar la presión del gas natural evaporado hasta una presión de inyección para uso en un motor diésel de baja velocidad con inyección de gas a alta presión o en ciertos tipos de turbina de gas.

40 Preferiblemente, en un aparato de acuerdo con la invención para suministrar combustible de gas natural a un motor diésel de baja velocidad con inyección de gas a alta presión o una turbina de gas, todo el flujo de combustible de gas natural fluye a través de dicha tubería, y se re-licua todo el LNG evaporado naturalmente. El gas natural re-licuado puede ser enviado a el o a cada contenedor secundario, siendo retornado cualquier exceso desde el contenedor secundario hasta el contenedor o contenedores principales. Alternativamente, el gas natural re-licuado puede ser enviado directamente hasta el contenedor de almacenamiento principal. Esta disposición con la re-licuación del LNG evaporado naturalmente eliminará cualquier desecho posible del gas por ventilación o combustión en un oxidador térmico, en el caso de que la cantidad del gas natural evaporado naturalmente sea mayor que la cantidad requerida por motores para la velocidad de crucero o carga del motor seleccionadas del buque.

50 Si el aparato de acuerdo con la invención incluye un compresor para comprimir LNG evaporado naturalmente, una parte del LNG de la o de cada contenedor secundario puede ser suministrada para fines de eliminar calor de compresión desde el LNG evaporado naturalmente entre etapas y/o para pre-refrigerar el LNG evaporado naturalmente. Se pueden utilizar intercambiadores de calor para esta finalidad, pero la pre-refrigeración se realiza preferiblemente mezclando el LNG del o de cada contenedor secundario con el LNG evaporado naturalmente.

El gas natural evaporado por la fuerza se eleva típicamente en la temperatura o bien directamente en el evaporador forzado, o curso abajo del evaporador forzado por el paso a través de un intercambiador de calor. El evaporador forzado y el intercambiador de calor se pueden calentar por vapor o cualquier otro medio de calefacción adecuado como agua caliente desde el sistema de refrigeración del motor.

5 El método y aparato de acuerdo con la presente invención se describirán ahora a modo de ejemplo con referencia a los dibujos que se acompañan, en los que:

10 La figura 1 es un diagrama de flujo esquemático de un primer aparato para el suministro de gas natural desde una batería de contenedores de almacenamiento de LNG.

La figura 2 es un diagrama de flujo esquemático de un segundo aparato para el suministro de gas natural desde una batería de contenedores de almacenamiento de LNG; y

15 La figura 3 es un diagrama de flujo esquemático de un tercer aparato para el suministro de gas natural desde una batería de contenedores de almacenamiento de LNG.

Los dibujos no están a escala.

20 Las partes iguales en los dibujos se indican por los mismos números de referencia.

Con referencia a la figura 1 de los dibujos, se muestra una batería 2 de tanques o contenedores principales de LNG. Los tanques o contenedores principales de almacenamiento están localizados a bordo de un petróleo (no mostrado). Cuatro tanques de almacenamiento 4, 6, 8 y 10 esencialmente idénticos se ilustran en la figura 1. Típicamente, en la práctica, la batería 2 puede comprender más que estos cuatro tanques de almacenamiento 4, 6, 8 y 10. Cada uno de los tanques de almacenamiento de LNG 4, 6, 8 y 10 está aislado térmicamente para mantener baja la tasa a la que su contenido, LNG, absorbe calor desde medio ambiente. Cada uno de los tanques de almacenamiento 4, 6, 8 y 10 se muestra en la figura 1 con volumen 12 de LNG. Naturalmente, existe un espacio de margen de llenado 14 en cada uno de los tanques 4, 6, 8 y 10 por encima del nivel del líquido. Puesto que el NG hierve a una temperatura muy por debajo de ambiente, existe una evaporación continua del LNG desde cada volumen 12 hasta el espacio de margen de llenado encima.

Cada uno de los tanques 4, 6, 8 y 10 contiene una bomba criogénica 16 sumergida en el volumen de LNG. Cada bomba 16 es operativa para bombear LNG fuera del tanque en el que está localizado hasta una cabecera de distribución 18. La cabecera 18 se comunica con una tubería de LNG 20. Un contenedor o tambor de almacenamiento secundario 22 de almacenamiento de LNG aislado térmicamente, que tiene típicamente una capacidad menor que cada uno de los tanques 4, 6, 8 y 10, está localizado en la tubería 20. El tambor 22 puede estar pesto en comunicación con la cabecera 18 abriendo una válvula 24 localizada curso arriba del tambor 22. El tambor es capaz de esta manera de ser cargada con LNG. En una disposición, el tambor 22 está provisto con un sensor de nivel inferior 26 y un sensor de nivel superior 28. Cuando el nivel del LNG en el tambor 22 cae por debajo del sensor de nivel inferior 26, se pueden activar las bombas 16, se puede abrir la válvula 24 y se puede suministrar LNG al tambor 22. Cuando el nivel del LNG en el tambor 22 alcanza el sensor de nivel superior 28, se puede detener la operación de las bombas 16 y se cierra de nuevo la válvula 24.

45 El tambor 22 está asociado operativamente con un evaporador o bobina elevadora de la presión 30. El evaporador o bobina elevadora de la presión 30 está localizado en un conducto 32 que se extiende desde una región de la tubería de LNG 20 inmediatamente curso abajo del tambor 22 hasta el espacio de margen de llenado del tambor 22. Una válvula de control de flujo 34 está localizada en el conducto 32. El evaporador o bobina elevadora de la presión 30 puede estar dispuesto también independientemente de la tubería 20, pero directamente sobre el tambor 22.

50 La posición de la válvula 34 puede ser controlada por un sensor de presión (no mostrado) en el espacio de margen de llenado del tambor 22, siendo la disposición tal que la presión se mantiene allí a un nivel generalmente constante por evaporación controlada de LNG en el evaporador o bobina elevadora de la presión 30. Típicamente, esta presión está en el rango de 5 a 11 bares absolutos.

55 Es bajo la presión en el espacio de margen de llenado del tambor 22 que una carga de LNG puede pasar desde el tambor 22 a lo largo de la tubería 20 hasta las unidades de evaporación forzada y calentamiento de LNG 36. Una válvula 38 está localizada en la tubería 20 y cuando se cierra aísla las unidades de evaporación forzada y calentamiento de LNG 36 del tambor 22. Sin embargo, cuando la válvula 38 está abierta, LNG fluye desde el tambor 22 bajo la presión del gas natural evaporado en su espacio de margen de llenado hasta las unidades de evaporación forzada y calentamiento de LNG 36.

60 En una disposición (no mostrada) el evaporador forzado (o forzador) es de un tipo que emplea calefacción de vapor, o agua caliente, o una mezcla de agua-glicol que se calienta para elevar la temperatura del fluido que fluye a través

de una cámara de evaporación para evaporar de esta manera el LNG suministrado desde el tambor 22. Un nido de tubos de intercambio de calor se puede emplear para efectuar la transferencia de calor desde el vapor, agua caliente, o agua caliente-glicol al LNG. El evaporador forzado está provisto también típicamente con una línea de derivación que se extiende desde inmediatamente curso arriba del evaporador hasta una cámara de mezcla estática inmediatamente curso abajo del evaporador. La línea de derivación se puede utilizar para controlar la temperatura del gas curso abajo del evaporador. Este gas se mezcla típicamente con gas evaporado naturalmente desde los tanques de almacenamiento 4, 6, 8 y 10 principales. El gas evaporado fluye hacia fuera desde los tanques hasta una segunda cabecera 39 que se comunica con una segunda tubería de gas natural 40. Un compresor 42 de varias etapas está localizado en la tubería 40. El compresor 42 es accionado para elevar la presión del gas natural evaporado hasta aproximadamente la que se mantiene en el espacio de margen de llenado del tambor 22. El gas natural evaporado comprimido es mezclado con gas natural evaporado a la fuerza y la mezcla se eleva típicamente aproximadamente a temperatura ambiente, preferiblemente por intercambio de calor indirecto en un intercambiador de calor con vapor u otro medio de calefacción, por ejemplo agua caliente, o una mezcla de agua caliente-glicol. En general, el tambor 22 tiene una capacidad relativamente baja y la mayor parte del gas natural para fines de propulsión es proporcionada desde el compresor 42. Además, si el compresor 42 es de un tipo de etapas múltiples, la pre-refrigeración y la refrigeración entre fases del gas natural comprimido son proporcionadas preferiblemente por un flujo de LNG desde el tambor 22. Este LNG fluye a través de una válvula 44 hasta un intercambiador de calor o intercambiadores de calor (no mostrados), en los que se elimina calor de compresión desde el gas natural evaporado entre la o cada pareja de etapas de compresión sucesivas en el compresor 42. El gas natural evaporado resultante puede ser mezclado con el gas evaporado. Además, parte del LNG del tambor 22 puede ser mezclada con el gas evaporado curso arriba del compresor 42 para proporcionar pre-refrigeración del gas evaporado.

El gas natural caliente desde la evaporación forzada de LNG y las unidades calefactoras 36 es suministrado a lo largo de la tubería 20 a uno o más motores o turbinas de gas de un medio de propulsión 46 para el transportador marítimo. El aparato mostrado en la figura 1 es capaz de proporcionar una carga de base de gas natural evaporado desde los tanques 4, 6, 8 y 10 hasta los medios de propulsión 46. La tasa a la que esta carga de base es suministrada depende de la cantidad de LNG que está transportando la batería 2 de tanques. Cuando estos tanques están totalmente cargados, esta carga de base es mayor que cuando los tanques transportan LNG durante el viaje de lastre, en cuyo caso los tanques pueden estar cargados con LNG típicamente hasta sólo 3 % o menos de su capacidad máxima. El evaporador forzado puede emplearse típicamente para mejorar la tasa de suministro de gas natural a los motores de los medios de propulsión 46. Esta capacidad es ventajosa cuando un motor de combustible dual funciona a presión media (o sea, en el rango de 5 a 10 bares). No obstante, también es posible emplear un tambor 22 de capacidad suficiente que reduzca al mínimo la necesidad de mantener cantidades de LNG en los tanques 4, 6, 8 y 10 como lastre, una vez que han descargado su carga principal de LNG. Esta cantidad minimizada de lastre consta del residuo de LNG no bombeable que permanece después de la descarga del buque. En tal caso, el compresor 42 es cerrado periódicamente. Con la batería 2 casi vacía de tanques de almacenamiento, el compresor 42 puede ser accionado, por ejemplo, 0,5 días, cada 2,5 días. Durante el arranque después de un periodo de corte, la presión de descarga del compresor 42 sería demasiado baja para un sistema de propulsión 46 que comprende motores DFDE sin uso del LNG desde el tambor 22 para bajar la temperatura del BOG curso arriba del compresor 42.

Una de las ventajas del aparato mostrado en la figura 1 es que las bombas sumergidas 16 sólo tienen que ser de un tipo de presión relativamente baja. Tales bombas están ya normalmente instaladas en los depósitos para fines de pulverización y arranque y, por lo tanto, no es necesario instalar bombas sumergidas adicionales de combustible a baja presión en los tanques. Típicamente, las bombas 16 suministran el LNG al tambor 22 a una presión de 3-4 bares. Además, las bombas 16, debido a que tienen normalmente una capacidad de flujo mucho más alta que la requerida para la propulsión del buque, sólo tienen que accionarse intermitentemente para mantener el tambor 22 cargado con LNG. Como resultado, se pueden mantener bajos los costes de capital y operativos del sistema de suministro de gas natural. Además, se reduce el riesgo de desgaste mecánico de cualquiera de las bombas 16 debido al tiempo limitado de funcionamiento. Ésta es una ventaja significativa debido a que las bombas 16 sólo pueden repararse en dique seco.

Otra característica del aparato mostrado en la figura 1 es que las bombas sumergidas 16 se pueden utilizar para retornar parte del LNG a los tanques 4, 6, 8 y 10 a través de válvulas 48. Esta medida ayuda a mantener baja la estratificación de la temperatura en los tanques 4, 6, 8 y 10. Otra función de las bombas 16 es mantener estos tanques fríos durante el viaje de lastre por pulverización. Otra característica del aparato mostrado en la figura 1 es que en el caso de exceso de evaporación natural del LNG, el exceso de vapor se puede ventilar en emergencia a un mástil de ventilación 50 o a un unidad de oxidación térmica (no mostrada) a través de una válvula 52 localizada en un conducto 54 que se comunica con la segunda cabecera 39.

Con referencia ahora a la figura 2 de los dibujos, mostrando aquí un aparato alternativo al mostrado en la figura 1 para proporcionar un suministro de presión media (hasta 10 bares g) de LNG evaporado por la fuerza a los motores (o turbinas) de un sistema de propulsión 46. Un inconveniente del aparato mostrado en la figura 1 es que cuando el nivel del líquido en el tambor 22 cae por debajo del sensor del nivel inferior 26, es deseable generalmente cerrar la

ES 2 746 978 T3

válvula 38 (con el fin de aislar la evaporación forzada y unidades calefactoras 36 desde el tambor 22) para liberar la presión en el tambor y recargar el tambor 22 hasta que el volumen de LNG ha sido elevado hasta el nivel del sensor superior de nivel 28. En el aparato mostrado en la figura 2, una bomba criogénica mecánica 60 está sustituida por el evaporador o bobina de formación de presión 30. La bomba 60 puede ser de cualquier tipo adecuado para bombear y presurizar líquidos criogénicos, por ejemplo, centrífuga, alternativa o de cualquier otro tipo de desplazamiento positivo. Esta bomba 60 es operativa para suministrar LNG continuamente a las unidades de evaporación forzada y de calefacción 36 del aparato mostrado en la figura 2 y para la refrigeración del gas evaporado curso arriba y entre etapas del compresor 42. El conducto 32 y la válvula de control de flujo 34 están retenidos con la entrada al conducto 32 que está localizada curso abajo de la bomba 60 para mantener el flujo mínimo de la bomba en el caso de baja carga del motor y, por lo tanto, bajo consumo de gas natural. La bomba 60 puede ser accionada a una tasa constante, siendo retornado cualquier exceso de LNG al tambor 22 a través del conducto 32. En otros aspectos, la configuración y funcionamiento del aparato mostrado en la figura 2 son los mismos que se muestran en la figura 1.

El aparato mostrado en la figura 3 está destinado para suministrar gas natural al sistema de propulsión 46 a una presión alta, típicamente muy por encima de 11 bares, y hasta presiones supercríticas en el rango de 200 a 300 bares. A presiones supercríticas, no existe ningún cambio de fase cuando el gas natural pasa a través del evaporador forzado que forma parte de las unidades de calefacción y de evaporación. En el contexto de esta memoria descriptiva, el término 'evaporación' comprende el calentamiento de un fluido supercrítico a partir de una primera temperatura a la que retornaría al contenedor o tambor secundario 22, en cuya primera temperatura y a la presión operativa del tambor sería un líquido hasta una segunda temperatura más alta que la primera temperatura, de tal manera que el gas natural a retornar al contenedor o tambor secundario a esa segunda temperatura y a la temperatura operativa del contenedor o tambor secundario 22 sería un gas. La bomba 60 es típicamente una bomba alternativa de líquido criogénico de uno o varios cilindros capaz de elevar la presión del gas natural hasta una presión supercrítica deseada. En la mayoría de otros aspectos, la configuración y operación del aparato mostrado en la figura 3 son los mismos que se muestran en la figura 2. Otra diferencia importante es, sin embargo, en el funcionamiento del aparato mostrado en la figura 3 que el gas evaporado naturalmente desde la batería 2 de tanques de almacenamiento no es meramente comprimido, sino que es licuado en un licuador 70 que está sustituido por el compresor 42 (pero que incluye todavía un compresor).

El licuador 70 puede ser del tipo descrito en el documento EP-A-1132698. Típicamente emplea un compresor de dos etapas y, por lo tanto, puede ser necesaria una refrigeración de entre etapas de ese compresor. A pesar de todo, se prefiere todavía utilizar LNG desde el tambor para pre-refrigerar el gas evaporado curso arriba del compresor 42, preferiblemente mezclándolos con el gas evaporado. Alternativamente, parte del líquido del licuador 70 puede utilizarse para esa finalidad. De acuerdo con ello, la válvula 44 y el tubo en el que está localizada se puede omitir del aparato mostrado en la figura 3. Existe un tubo 72 que se extiende desde el licuador 70 hasta el contenedor o tambor secundario 22 y una válvula de control de flujo 74 localizada en el tubo 72. Como resultado, todo el gas evaporado licuado es retornado al tambor 22. Una consecuencia de este retorno de líquido al tambor 22 es que la tasa total de flujo de líquido al tambor 22 es típicamente mayor que la tasa total a la que el líquido es extraído desde el tambor 22. Por lo tanto, el líquido excesivo es retornado desde el tambor 22 hasta la batería 2 de tanques o contenedores de almacenamiento principales a través de otro tubo 78, teniendo el otro tubo 78 dispuesta allí una válvula de control de flujo 80 para regular el caudal de retorno del LNG hasta la batería 2 de tanques y, por lo tanto, el nivel de líquido en el tambor 22. Alternativamente, el gas natural licuado puede enviarse directamente desde el licuador 70 hasta la batería 2 de tanques de almacenamiento principales.

Además, en el funcionamiento normal del aparato mostrado en la figura 3, el gas evaporado naturalmente que evoluciona desde la batería 2 de tanques de almacenamiento principales es esencialmente todo licuado por el licuador 70. Por lo tanto, no existe ninguna línea en el aparato mostrado en la figura 3 que corresponda a la de la figura 2, que transporta el gas evaporado comprimido hasta la unidad de evaporación y de calefacción 36 para mezclarlo con LNG evaporado por la fuerza.

El aparato mostrado en la figura 3 es capaz de funcionar para suministrar continuamente gas a alta presión para inyección en un motor o motores diesel de baja velocidad con inyección de gas a alta presión que forma parte de la unidad de propulsión 46 del transportador marítimo.

En lugar de tener un tambor 22 individual, cada aparato mostrado en los dibujos puede incluir una pluralidad de tales tambores. En el aparato mostrado en las figuras 2 y 3, si una pluralidad de tambores en paralelo son sustituidos por el tambor individual 22 mostrado aquí, cada tambor añadido tiene su propia bomba 60 dedicada.

Otra ventaja del aparato mostrado en la figura 2 o figura 3 es que el tambor 22 y la bomba 60 son fácilmente accesibles para mantenimiento. Además, la bomba 60 se puede cebar fácilmente para uso.

El aparato mostrado en la figura 3 es ventajoso cuando la cantidad de gas natural evaporada naturalmente es mayor que la cantidad requerida por motores para la velocidad de crucero o carga del motor seleccionada del buque. Evita cualquier desecho posible del gas por ventilación o combustión en el oxidador térmico. Tal desecho puede ser

significativo cuando se navega a una velocidad típica normal del buque en lugar de la velocidad de diseño (velocidad máxima continua).

5 El aparato mostrado en la figura 3 es también ventajoso por que evita por medio del bombeo de líquido el uso de maquinaria de compresión de gas a muy alta presión con alto consumo de potencia.

REIVINDICACIONES

1. Aparato para suministrar gas natural a presión elevada, incluyendo el aparato al menos un contenedor de almacenamiento principal (4, 6, 8, 10) para LNG, una bomba (16) sumergida en dicho contenedor de almacenamiento principal (4, 6, 8, 10), siendo capaz la bomba sumergida de entrar en comunicación con una tubería de suministro de gas natural (20), en donde en la tubería de suministro de gas natural (20) está localizado al menos un contenedor secundario (22) para mantener el LNG capaz de entrar en comunicación con un evaporador forzado (36) del LNG, y en donde el contenedor secundario (22) tiene asociado con él unos medios (30, 32; 60) para transferir el LNG bajo presión desde el contenedor secundario (22) hasta el evaporador forzado (36), estando localizado el evaporador forzado (36) en la tubería de suministro de gas natural (20), un compresor (42) para comprimir LNG evaporado naturalmente desde dicho contenedor de almacenamiento principal (4, 6, 8, 10), caracterizado por que incluye medios para pre-refrigerar el LNG evaporado naturalmente curso arriba del compresor con LNG desde el o cada contenedor secundario.
2. Aparato de acuerdo con la reivindicación 1, que incluye adicionalmente una mezcladora para pre-mezclar LNG desde el o cada contenedor secundario con el LNG evaporado naturalmente.
3. Aparato de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, en el que el compresor (42) es un compresor de varias etapas (42) y existe un intercambiador de calor para eliminar calor de compresión desde el LNG evaporado naturalmente entre una pareja de sus etapas, teniendo el intercambiador de calor pasos de refrigeración aptos para ser colocados en comunicación con el o cada contenedor secundario.
4. Aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el o cada contenedor secundario (22) tiene un sensor del nivel superior de líquido y un sensor del nivel inferior del líquido (28, 26), estando asociados dichos sensores operativamente con una válvula de entrada (24), siendo la disposición tal que el flujo de LNG en dicho contenedor secundario (22) sólo se inicia cuando el nivel de LNG cae allí por debajo del sensor del nivel inferior (26) y sólo se detiene cuando el nivel de LNG se eleva allí hasta el nivel del sensor del nivel superior (28).
5. Aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde dichos medios (30, 32; 60) para transferir el LNG bajo presión incluye un intercambiador de calor o bobina de elevación de la presión (30) asociados con el contenedor secundario (22).
6. Aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4. en donde dichos medios (30, 32; 60) para transferir el LNG comprenden al menos una bomba secundaria (60).
7. Aparato de acuerdo con la reivindicación 6, en donde dicha bomba secundaria (60) es una bomba alternativa que tiene uno o más cilindros.
8. Aparato de acuerdo con la reivindicación 6 ó 7, en donde existe una pluralidad de contenedores secundarios en paralelo, teniendo dicho contenedor su propia bomba secundaria (60).
9. Aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 6 a 8, que incluye adicionalmente un licuador (70) para licuar LNG evaporado naturalmente desde dicho contenedor de almacenamiento principal (4, 6, 8, 10), teniendo el licuador (70) una salida (72) para que el LNG pueda entrar en comunicación con dicho contenedor secundario (22) o con dicho contenedor de almacenamiento principal (4, 6, 8, 10).
10. Aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el aparato está dispuesto para suministrar gas natural a un sistema de propulsión (46) a bordo de un transportador marítimo de LNG.
11. Un método para suministrar gas natural a presión elevada, que comprende almacenar LNG en al menos un contenedor de almacenamiento principal, transferir LNG por medio de la bomba sumergida desde dicho contenedor de almacenamiento principal a lo largo de una tubería de suministro de gas natural hasta al menos un contenedor secundario para retener el LNG, elevar la presión del LNG y transferir el LNG a presión elevada a lo largo de la tubería de suministro de gas natural desde el contenedor de contención secundario hasta un evaporador forzado, y evaporar el LNG en el evaporador forzado, estando localizado el evaporador forzado en la tubería de gas natural, caracterizado por que el calor de compresión es eliminado desde un LNG evaporado naturalmente y/o el LNG evaporado naturalmente es pre-refrigerado curso arriba de o en un compresor para LNG evaporado naturalmente.
12. Un método de acuerdo con la reivindicación 11, en donde se transfiere LNG desde el contenedor de contención secundario hasta el evaporador forzado bajo la presión de vapor en el espacio de margen de llenado del contenedor de contención secundario.
13. Un método de acuerdo con la reivindicación 12, en donde se transfiere LNG desde el contenedor de contención secundario hasta el evaporador forzado por al menos una bomba secundaria, que eleva la presión del LNG hasta

una presión de 300 bares.

5 14. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 11 a 13, que comprende adicionalmente licuar LNG que se evapora naturalmente desde dicho tanque de almacenamiento principal y pasar el líquido así formado hasta dicho contenedor secundario o retornar el líquido así formado hasta el contenedor de almacenamiento principal.

10 15. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 11 a 14, en donde el LNG evaporado es suministrado desde el evaporador forzado hasta el sistema de propulsión de un transportador marítimo de LNG.

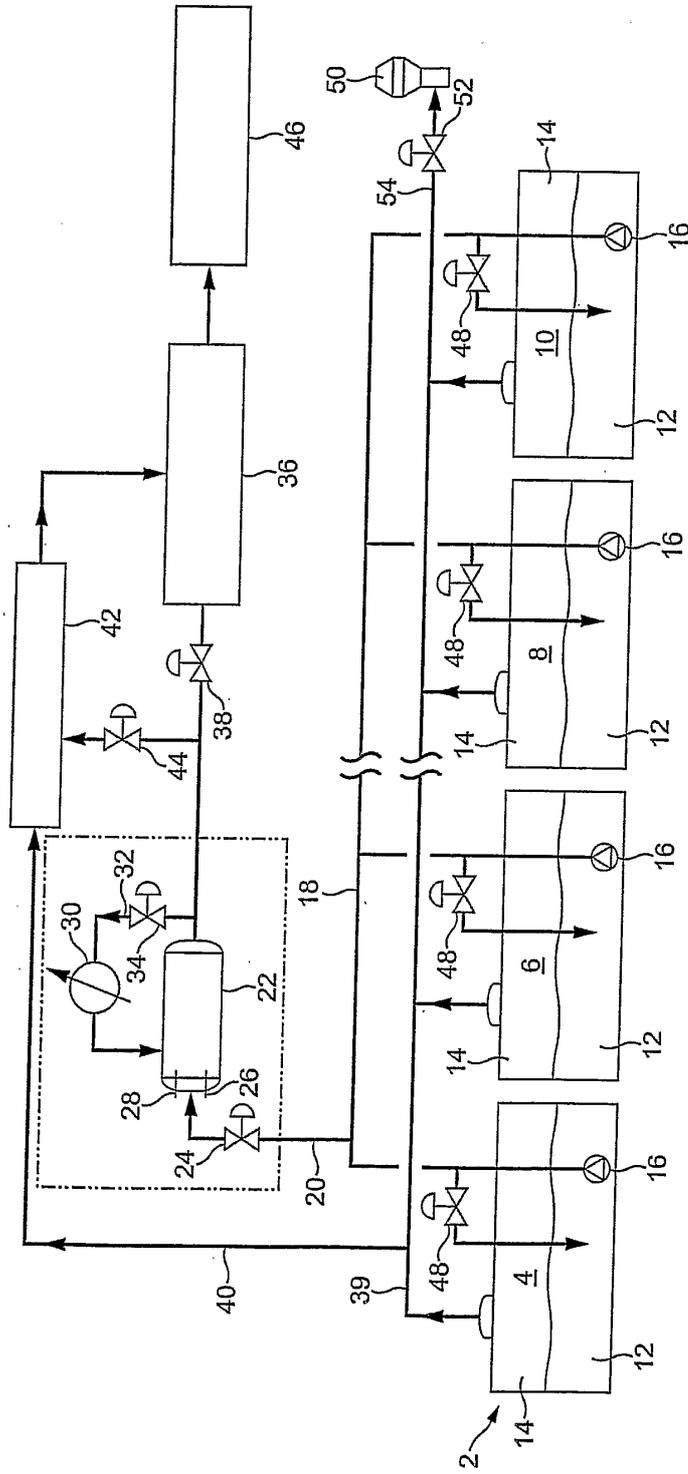


FIG. 1

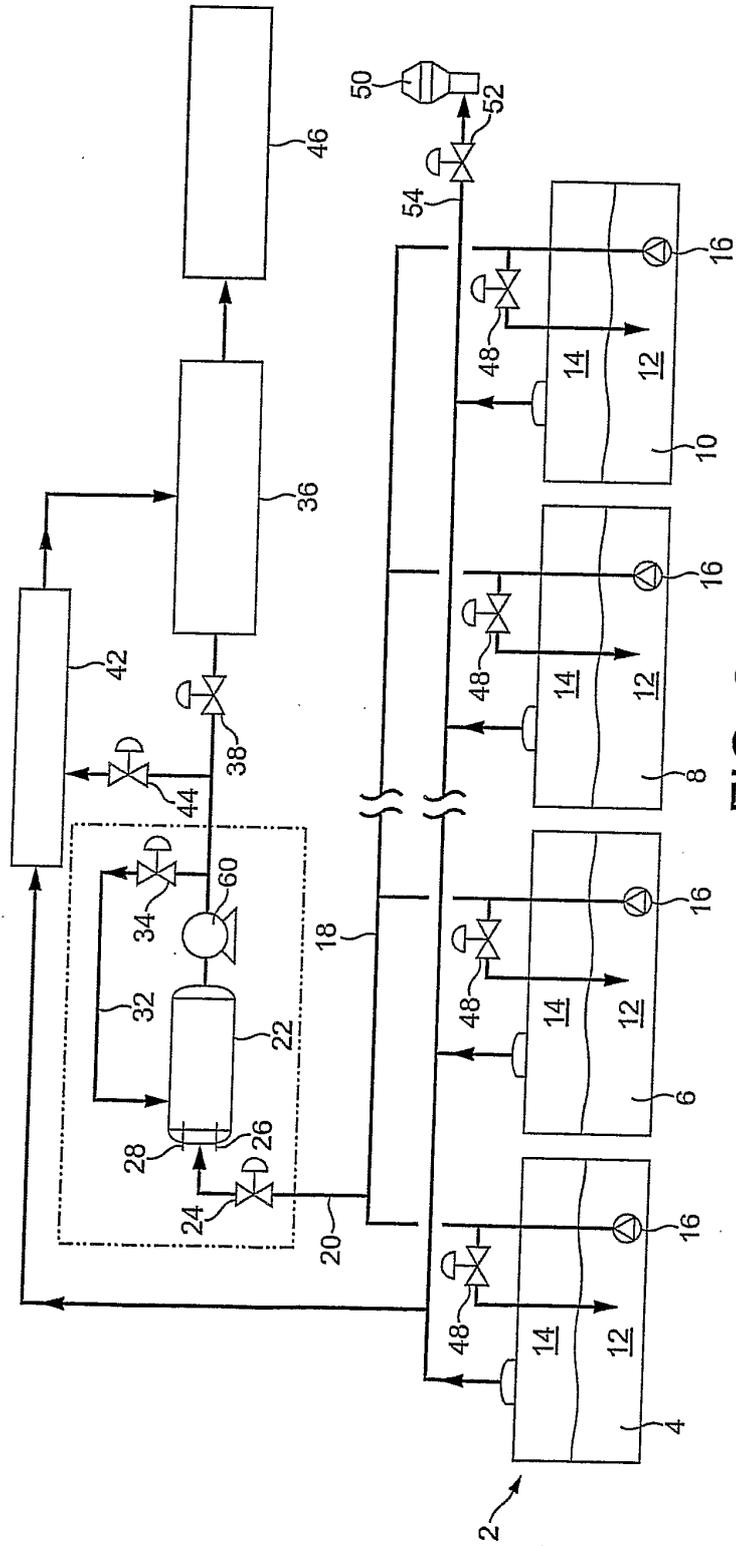


FIG. 2

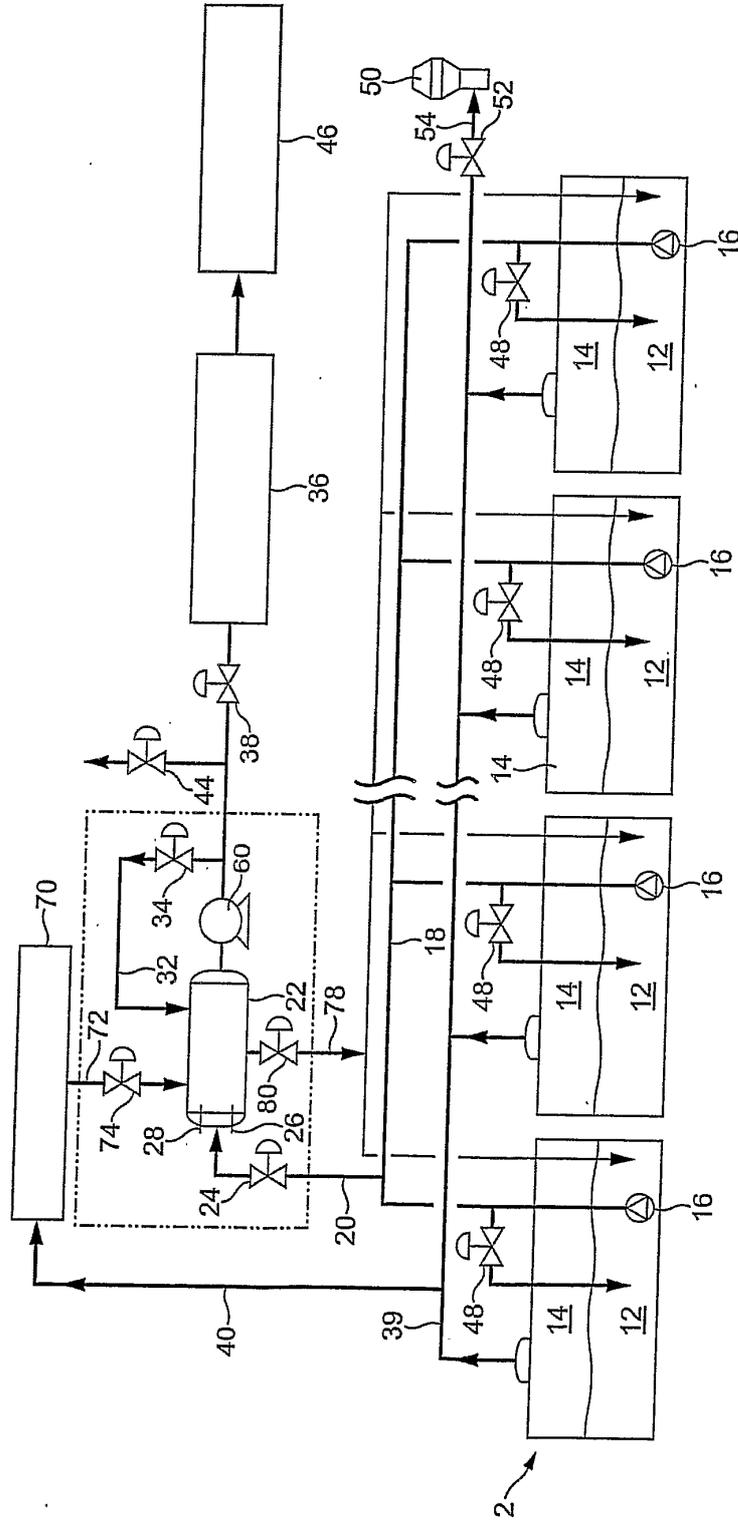


FIG. 3