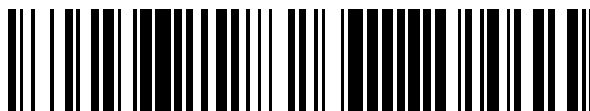


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 766 767**

51 Int. Cl.:

F25J 1/00 (2006.01)

F17C 13/00 (2006.01)

F25J 1/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **02.04.2007 PCT/NO2007/000123**

87 Fecha y número de publicación internacional: **18.10.2007 WO07117148**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.04.2007 E 07747584 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.10.2019 EP 2005094**

54 Título: **Procedimiento y aparato para precalentar gas evaporado de GNL a temperatura ambiente antes de su compresión en un sistema de relicuefacción**

30 Prioridad:

07.04.2006 NO 20061580

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

15.06.2020

73 Titular/es:

**WÄRTSILÄ GAS SOLUTIONS NORWAY AS
(100.0%)
Solbråveien 10
1383 Asker, NO**

72 Inventor/es:

HAUKEDAL, BJØRN

74 Agente/Representante:

MILTENYI , Peter

ES 2 766 767 T3

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

DESCRIPCIÓN

Procedimiento y aparato para precalentar gas evaporado de GNL a temperatura ambiente antes de su compresión en un sistema de relicuefacción

Campo de la invención

- 5 La invención se refiere al campo de la relicuefacción de gases evaporados de gas natural licuado (GNL). Más específicamente, la invención se refiere a un procedimiento y a un aparato para enfriar una corriente de gas evaporado (*boil-off gas*, BOG) de GNL en una planta de relicuefacción de acuerdo con el preámbulo de las reivindicaciones 1 y 3, respectivamente. Tal procedimiento, y respectivamente, tal aparato se conocen a partir del documento US 2003/0182947 A.

10 **Antecedentes**

Se estableció una nueva generación de buques de GNL en asociación con la introducción de sistemas de relicuefacción de GNL (SR GNL). Antes de esto, básicamente todos los buques de GNL se accionaban mediante turbinas de vapor impulsadas por los gases evaporados (BOG) que se evaporaban de la carga durante el transporte. En los períodos en los que la cantidad total de BOG era insuficiente para cubrir toda la demanda de potencia, se tenía que alimentar GNL adicional a las calderas a través de vaporizadores forzados.

Breve descripción de la técnica anterior

El nuevo SR GNL abrió la posibilidad de recoger, enfriar y relicuar todo el BOG y, por lo tanto, de conservar el volumen total de carga durante los viajes cargados y en lastre. Los motores diesel convencionales de baja velocidad, con altas eficiencias en comparación con las turbinas de vapor, podrían usarse para propulsión.

- 20 El documento US 2003/182947 A divulga un procedimiento para convertir una corriente evaporada que comprende metano en un líquido que tiene una temperatura de punto de ebullición preseleccionada. La corriente evaporada se presuriza, luego se enfría y posteriormente se expande para enfriarla adicionalmente y al menos licuarla parcialmente. La temperatura de punto de ebullición preseleccionada del líquido presurizado resultante se obtiene realizando al menos una de las siguientes etapas: antes, durante o después del procedimiento de licuefacción de la corriente evaporada, eliminar de la corriente evaporada una cantidad predeterminada de uno o más componentes, como el nitrógeno, que tienen una presión de vapor mayor que la presión de vapor del metano, y antes, durante o después del procedimiento de licuefacción de la corriente evaporada, agregar a la corriente evaporada uno o más aditivos que tienen un peso molecular mayor que el peso molecular del metano y que tienen una presión de vapor menor que la presión de vapor del metano.

- 30 El documento WO 03/081154 A1 se refiere a un procedimiento y a un aparato para la producción de gas licuado presurizado. En primer lugar, una corriente de gas se enfría y se expande para licuar la corriente de gas. La corriente de gas licuada se extrae como producto de gas presurizado y una porción se recicla a través del intercambiador de calor para proporcionar al menos una parte del enfriamiento y se devuelve a la corriente. Reciclar el producto de gas licuado presurizado ayuda a mantener el enfriamiento y la compresión de la corriente de gas en la región supercrítica del diagrama de fases. Las válvulas J-T en paralelo con el expansor permiten hacer funcionar el sistema hasta que la corriente esté en la región supercrítica de su diagrama de fases y el expansor hidráulico pueda operar. El procedimiento es adecuado para corrientes de gas natural que contienen metano para formar un producto de gas natural licuado presurizado (GNLP).

- 40 Varias patentes han descrito diversos aspectos con tales plantas de relicuefacción y, en consecuencia, mejoras a estas. La técnica anterior (por ejemplo, la solicitud de patente noruega N.º 20051315) básicamente se enfoca en las mejoras del ciclo de nitrógeno de Brayton y en la utilización de nitrógeno frío para el preenfriamiento. Sin embargo, existe una necesidad adicional de mejorar el sistema para reducir las demandas de potencia.

- 45 La mayoría de los buques de GNL actuales utilizan compresores centrífugos de BOG a baja temperatura para alimentar sus calderas. Gran parte de la razón para elegir la compresión a baja temperatura es que esto reducirá el tamaño del compresor significativamente en comparación con la compresión a temperatura ambiente. Las leyes de los ventiladores son aplicables a los compresores centrífugos y muestran que una temperatura de succión baja asegurará una relación de presión mayor por fase. En consecuencia, la densidad del gas aumentará, el flujo volumétrico se reduce al mínimo y el tamaño y la eficiencia de los compresores de BOG se vuelven más favorables.

- 50 Dado que no hay necesidad de conservar el trabajo a baja temperatura en la corriente de BOG, de hecho, el BOG normalmente se calienta adicionalmente antes de la introducción en las calderas, el calor de compresión es absorbido deliberadamente por el gas comprimido sin ningún medio de evacuación de calor corriente debajo de la compresión de BOG.

- 55 La práctica común de la compresión de BOG a baja temperatura se ha aplicado además a los nuevos diseños de compresores de BOG, dedicados a la operación hacia sistemas de relicuefacción de GNL. Desde un punto de vista energético, esto da como resultado una operación ineficiente, ya que el ciclo de enfriamiento debe dimensionarse

para eliminar el calor de compresión de los compresores de BOG, *además de* al calor de la evaporación y al sobrecalentamiento adsorbido en el sistema de contención de carga.

Asimismo, surgen otros problemas cuando se aplica la compresión de BOG a baja temperatura. Como no se emplean postenfriadores (enfriadores intermedios), el reciclaje a bajas capacidades depende del control de temperatura corriente arriba del compresor de BOG. El trabajo de enfriamiento necesario para este fin puede ser difícil de predecir ya que dependerá mucho de la eficiencia del compresor de BOG, que a su vez depende de varias propiedades de la corriente procesada. El uso de BOG recondensado para proporcionar este enfriamiento, también reduce el rendimiento de la planta, medido en términos de potencia por unidad de BOG relicuado devuelto a los tanques.

Sumario de la invención

Se proporciona un procedimiento para enfriar una corriente de gas evaporado (BOG) de GNL en una planta de relicuefacción, el BOG que fluye desde un depósito, comprendiendo el procedimiento: comprimir el BOG; intercambiar calor del BOG comprimido contra un refrigerante en una caja fría; hacer fluir sustancialmente el BOG relicuado desde la caja fría al depósito, caracterizado por, antes de la etapa de compresión, precalentar el BOG a temperaturas sustancialmente ambientales, intercambiando calor del BOG con dicho refrigerante en un primer intercambiador de calor, teniendo dicho refrigerante antes del intercambio de calor una temperatura mayor que el BOG, en el que el trabajo necesario para calentar el BOG antes de la compresión se transfiere desde la corriente de refrigerante, corriente abajo de un postenfriador del compresor/expansor de refrigerante pero corriente arriba de la caja fría, y en el que una porción de la corriente de refrigerante al precalentador de BOG, en un punto entre el compresor/expansor de refrigerante y el precalentador, se dirige a una ruta de flujo dedicada en la caja fría antes de que se mezcle con la corriente de refrigerante que fluye desde el precalentador.

En una realización, la presión del BOG relicuado entre la caja fría y el depósito se controla independientemente de la presión de descarga del compresor de BOG y de la presión del depósito, y de este modo pueden controlarse la cantidad de gas de ventilación generado y su composición.

También se proporciona un aparato para enfriar un gas evaporado (BOG) de GNL en un sistema de relicuefacción, que comprende un circuito de refrigerante de ciclo cerrado para el intercambio de calor entre un refrigerante y el BOG; un compresor de BOG que tiene un lado de entrada conectado de manera fluida a un depósito de GNL; una caja fría que tiene una ruta de flujo de BOG con una entrada de BOG conectada de manera fluida al lado de salida del compresor de BOG; teniendo dicha ruta de flujo de BOG una salida para el BOG sustancialmente relicuado, conectada de manera fluida al depósito; comprendiendo además dicha caja fría rutas de flujo de refrigerante para el intercambio de calor entre el BOG y el refrigerante; caracterizado por un primer intercambiador de calor en la conexión de fluido entre el depósito y el lado de entrada del compresor de BOG, teniendo dicho primer intercambiador de calor una ruta de refrigerante conectada de manera fluida al circuito de refrigerante de ciclo cerrado, en un punto corriente abajo del postenfriador del compresor/expansor (*compander*) del circuito de refrigerante pero corriente arriba de las rutas de flujo de refrigerante en la caja fría, por lo que el compresor de BOG recibe BOG con temperaturas cercanas o a la temperatura ambiente del sistema, una válvula selectora en el circuito de refrigerante, en una línea corriente abajo del postenfriador del compresor/expansor y una línea de refrigerante conectada en un extremo a una primera salida de la válvula selectora y en el otro extremo a la entrada del paso de refrigerante del primer intercambiador de calor, y una línea de refrigerante, conectada en un extremo a una segunda salida de la válvula selectora y en el otro extremo a la entrada de un primer paso de refrigerante en la caja fría.

En una realización, la invención proporciona un separador en conexión de fluido con la salida de la caja fría y con el depósito, una primera válvula en la línea de salida de la caja fría y una segunda válvula en una línea conectada al depósito, comprendiendo también dicho separador una línea de ventilación, mediante la cual puede controlarse la presión en el separador, y de este modo pueden ajustarse la cantidad de gas de ventilación y su composición.

Breve descripción del dibujo.

La figura 1 es un diagrama de flujo de procedimiento simplificado que ilustra la invención.

Descripción detallada de realizaciones preferentes

La invención se describirá ahora con referencia a la figura 1, que ilustra las características novedosas del SR GNL con compresión de BOG a temperatura ambiente.

La figura muestra esquemáticamente un tanque 74 de carga, que contiene un volumen de GNL 72. El BOG, que se evapora del GNL, entra a una línea 1 que está conectada a un primer intercambiador H10 de calor. En este intercambiador de calor, el BOG se calienta hasta temperaturas cercanas a la ambiental, como se describirá más adelante. Después de este precalentamiento, el BOG entra al compresor C11 de BOG de la primera fase a través de la línea 2. El compresor de BOG se muestra como un compresor centrífugo de tres fases C11, C12, C13, interconectadas a través de las líneas 3-7 a través de los enfriadores H11, H12 intermedios y del postenfriador H13 como se muestra en la figura, pero otros tipos de compresores pueden ser igualmente aplicables. El precalentamiento asegura que el calor generado por la compresión pueda ser evacuado a través del agua de

enfriamiento en los enfriadores H11, H12 intermedios y en el postenfriador H13.

A continuación, el BOG presurizado se alimenta, a través de una línea 8, a un segundo intercambiador H20 de calor (o "caja fría") en el que intercambia calor contra un refrigerante, como se describirá más adelante. El refrigerante es preferentemente nitrógeno (N₂). Después del intercambio de calor, el BOG sustancialmente relicuado sale de la caja H20 fría a través de las líneas 9, 10 conectadas a un separador F10. El separador está provisto de una línea 11 de ventilación. Una válvula V10 de estrangulamiento está dispuesta en las líneas 9, 10 entre la caja fría y el separador, para expandir el BOG relicuado. Después de la separación, el BOG relicuado se alimenta al GNL 72 en el tanque 74 de carga a través de las líneas 12, 13, como se muestra en la figura 1. Una válvula V11 está dispuesta en las líneas entre el separador F10 y el tanque 74, cuyo fin será se describirá más adelante.

El ciclo de enfriamiento cerrado N₂-Brayton está representado en el presente documento por un compresor de 3 fases C21, C22, C23 con los enfriadores H21, H22 intermedios y el postenfriador H23, interconectados a través de las líneas 51-55 como se muestra en la figura, y una sola fase de expansor E20. (En este contexto también pueden utilizarse otras constelaciones de ciclo de enfriamiento, por ejemplo como se discute en la solicitud de patente noruega N.º 20051315 también se puede utilizar en este contexto). El refrigerante presurizado (N₂) sale del compresor y del postenfriador H23 a través de una línea 56 conectada a una válvula V12 de tres vías. La válvula V12 de tres vías es controlable para dividir selectivamente la corriente de N₂ a alta presión que fluye en la línea 56 en dos corrientes diferentes en las líneas 57, 59 respectivas, como se detalla más adelante. Una primera salida de la válvula V12 de tres vías está conectada a una entrada de refrigerante en el primer intercambiador H10 de calor a través de una línea 59. Una línea 60 conecta la salida de refrigerante del primer intercambiador H10 de calor con la sección central del segundo intercambiador H20 de calor, a través de una línea 61, como se muestra en la figura 1. Una línea 57 conecta una segunda salida de la válvula V12 de tres vías a la entrada de un primer paso 82 de refrigerante en la sección superior del segundo intercambiador H20 de calor. La salida del primer paso 82 de refrigerante está conectada a través de una línea 58 a un punto de entrada en la línea 60 descrita anteriormente. Una línea 61 conecta este punto de entrada a la entrada de un segundo paso de refrigerante 84 en la caja fría, cerca de la sección central de la caja fría, como se ilustra en la figura 1. El refrigerante fluye a través del segundo paso 84 de refrigerante y dentro de un expansor E20 a través de una línea 62. El refrigerante expandido entra a la sección inferior del segundo intercambiador H20 de calor (caja fría) a través de una línea 63 conectada a la entrada de un tercer paso 86 de refrigerante antes de salir del intercambiador de calor y fluye de regreso al compresor C21, C22, C23 a través de la línea 50. La división de flujo descrita en el presente documento como una válvula V12 de tres vías puede realizarse igualmente mediante otras configuraciones de control de flujo, tales como válvulas de control de línea única normales, orificios, etc. El aspecto importante es que la división de flujo puede controlarse para hacer frente a las condiciones de flujo de BOG variables.

En general, el procedimiento implica tres prestaciones nuevas que difieren de los diseños de relicuefacción sugeridos previamente:

1. Un intercambiador H10 de calor, para asegurar que la mayor parte del trabajo a baja temperatura que se puede extraer del BOG en la línea 1 de cabecera de vapor del barco, permanezca conservada dentro del sistema de relicuefacción,
2. Un compresor C11, C12, C13 de BOG que funciona en condiciones ambientales o casi ambientales, con la evacuación de su calor de compresión H11, H12, H13 al ambiente;
3. Una presión generalmente mayor para la corriente 8 de BOG que entra al intercambiador H20 de calor principal (caja fría), en comparación con la presión de descarga de los compresores de BOG comunes, lo que permite que la condensación tenga lugar a un nivel de temperatura mayor, y al mismo tiempo abre las posibilidades para controlar la presión de separación en el separador F10 a un nivel entre la presión de salida de la caja fría en la línea 9 y la presión de almacenamiento en los tanques 74 de carga. Este control de presión debe verse en asociación con el control de flujo a través de la línea 11 de ventilación del separador (válvula de control de flujo no mostrada en la figura 1). Ajustando la presión de separación, el flujo de ventilación, así como la composición del condensado que se devuelve a los tanques 74, puede controlarse de acuerdo con las preferencias del operario. La minimización del flujo de gas de ventilación da como resultado una entrada de potencia de relicuefacción mayor requerida y viceversa. Por lo tanto, los ajustes de la presión del separador permitirán al operario seleccionar las condiciones más favorables para la optimización económica de la operación del SR GNL.

1. Intercambiador de calor corriente arriba del compresor de BOG

El intercambiador H10 de calor corriente arriba del compresor C11, C12, C13 de BOG se instala para conservar el trabajo a baja temperatura en el BOG proveniente de los tanques 74, dentro del sistema. Para extraer la mayor cantidad de trabajo a baja temperatura posible de esta corriente de BOG, se debe permitir que la temperatura del BOG aumente hasta temperaturas cercanas a la ambiental. Para conservar el trabajo a baja temperatura dentro del sistema, el trabajo debe ser absorbido por otra corriente en el sistema de relicuefacción, originándose a una temperatura mayor que la corriente de BOG.

Esta otra corriente normalmente será una fracción de la corriente 59 de N₂ templada a alta presión como se muestra en la figura 1. También son posibles otras alternativas, como usar toda la corriente de N₂ (no solo una parte de ella),

o la corriente de BOG desde corriente abajo del postenfriador del compresor de BOG. Sin embargo, el procedimiento de la figura 1 probablemente será el más beneficioso, dadas las limitaciones y características de los equipos comúnmente empleados para tales procedimientos. En consecuencia, solo se discutirá a continuación el procedimiento de la figura 1, que implica una división de la corriente 56 de N₂ a alta presión corriente abajo del postenfriador H23 del compresor/expansor de N₂ en dos corrientes 57, 59 diferentes.

El control del precalentador de BOG se basa en el control del flujo de refrigerante (N₂) en el lado secundario. La energía que se transfiere entre el N₂ comprimido y el BOG en el primer intercambiador H10 de calor (precalentador) dependerá del flujo y de la temperatura del BOG y, en consecuencia, será un valor más o menos fijo [kW] siempre que el flujo de BOG sea constante. Esto significa que la temperatura del flujo de N₂ que sale del precalentador H10 variará con el caudal de N₂. Mientras el área de transferencia de calor del precalentador sea lo suficientemente grande, la válvula V12 de tres vías (o constelaciones de división de flujo equivalentes) en la corriente de N₂ corriente arriba, el precalentador H10 puede usarse para dos fines diferentes:

A: para la optimización termodinámica del procedimiento general:

La libertad representada por la división del flujo (válvula V12 de tres vías) puede usarse para asegurar un intercambio de calor muy eficiente (baja LMTD [diferencia de temperatura media logarítmica] y, en consecuencia, bajas pérdidas de energía) en las partes superiores de la caja H20 fría. En teoría, las curvas de calentamiento y enfriamiento pueden diseñarse para ser paralelas con una diferencia de temperatura constante entre corrientes a cualquier temperatura en las partes superiores (templadas) de la caja fría.

Dado que el ciclo de Brayton se basa en el concepto de que el N₂ presurizado tiene una mayor capacidad calorífica que el N₂ a baja presión, las curvas de calentamiento solo pueden hacerse paralelas si el flujo másico a alta presión es menor que el flujo frío a baja presión. La división de la corriente a alta presión, en consecuencia, causará un intercambio de calor muy eficiente en las partes superiores de la caja fría, y dado que el flujo derivado también se enfría independientemente en el precalentador de BOG, la penalización energética que de otro modo se hubiera asociado con la mezcla de las dos corrientes de N₂ a alta presión a una temperatura menor se reduce al mínimo.

La división del flujo generalmente se controlará en función de la temperatura de aspiración del compresor de BOG.

B: para reducir al mínimo el estrés térmico en la caja fría

Otro beneficio del control de la división de flujo hecho posible por la válvula V12 de tres vías (o constelaciones alternativas de división de flujo), es que la temperatura de la corriente de N₂ a alta presión que sale del precalentador H10 y fluye en la línea 60, puede monitorizarse y, si es necesario, controlarse para evitar fluctuaciones rápidas de temperatura en el flujo que se reintroduce en la caja fría a través de la línea 61.

La caja fría normalmente está fabricada de aluminio y es sensible al estrés térmico. Al aplicar una función de control de seguridad que cambia el flujo a través del precalentador en función de condiciones no deseables, la temperatura de todas las corrientes que entran a la caja fría puede controlarse cuidadosamente. Esto no hubiera sido posible si el precalentador fuera un intercambiador de calor de BOG a baja presión frente a un intercambiador de calor de BOG a alta presión, ya que la temperatura de salida de BOG a alta temperatura cambiaría sincrónicamente con la fluctuación en el BOG entrante a baja presión.

Normalmente, la relación de división que define los flujos de las corrientes 57 y 59 se ajustará para extraer la mayor cantidad de trabajo a baja temperatura posible del BOG a baja temperatura. Sin embargo, esta configuración también se abre para controlar la relación de división con respecto a la temperatura de la corriente 61 de nitrógeno que entra a la sección central de la caja fría. Al hacerlo, se pueden eliminar fácilmente las condiciones que pueden exponer el intercambiador de calor H20 principal a tensiones térmicas perjudiciales.

De acuerdo con un aspecto no cubierto por la presente invención y para lograr la integración óptima del calor desde un punto de vista termodinámico, los intercambiadores de calor H10 y H20 se pueden combinar en un solo intercambiador de calor de múltiples pasadas. Sin embargo, dado que el intercambiador de calor H20 principal (caja fría) normalmente será un intercambiador de calor de placas y aletas, que en cierta medida es sensible tanto a las fluctuaciones rápidas de temperatura como a los grandes enfoques de temperatura local, puede ser factible extraer parte de la transferencia de calor a un intercambiador de calor externo de un tipo más robusto, como se muestra en el precalentador H10 en la figura 1.

La configuración del intercambiador de calor que se muestra en la figura 1 también amortiguará las fluctuaciones de temperatura del flujo 61 que entra a la sección central del intercambiador de calor H20 principal, ya que la corriente de refrigerante N₂ será muy grande en comparación con el flujo de BOG. Esto asegurará una operación mucho más segura con respecto a las tensiones térmicas en la caja fría.

2. Compresor de BOG a temperatura ambiente

El principal incentivo para emplear la compresión de BOG a temperatura ambiente es la posibilidad que esto ofrece de evacuar el calor al ambiente. Si bien los compresores de BOG de uso común de hoy en día conservan el calor de

compresión dentro de la corriente de BOG, el calor de compresión ahora se puede entregar a una fuente externa que opera a temperatura ambiente o casi a temperatura ambiente (por ejemplo, agua de refrigeración).

La compresión a temperatura ambiente también ofrece otros beneficios. Dado que un postenfriador H13 como se muestra en la figura 1 normalmente estará asociado con este sistema, la temperatura de la corriente 8 comprimida que entra a la caja fría se estabiliza en relación con la temperatura de la fuente de evacuación de calor. El postenfriamiento y el enfriamiento intermedio también representan grandes ventajas con respecto a la operación en los modos de recirculación y/o de regulación, en los que los medios de enfriamiento externos aseguran una operación estable, normalmente sin ningún control adicional de temperatura.

La compresión de BOG a temperatura ambiente es especialmente favorable para los buques de GNL en los que las tasas, composiciones, temperaturas y presiones de evaporado pueden variar considerablemente con el tipo de viaje (viajes en lastre o cargados) y con la carga. El enfriamiento intermedio y el postenfriamiento hacia las condiciones ambientales estabilizarán las condiciones de compresión y facilitará el control de la capacidad (recirculación, etc.)

3. Beneficios de seleccionar una relación de presión mayor

En este contexto, una relación de presión "mayor" sobre los compresores C11, C12, C13 de BOG se relacionará con una presión de entrada a la caja fría mayor en la línea 8 que la estrictamente necesaria para proporcionar una presión diferencial suficiente para forzar el regreso del GNL a los tanques de carga.

Esto permite que el separador criogénico F10 se coloque a un nivel de presión intermedio, normalmente limitado a una zona entre dos válvulas V10, V11 como se muestra en la figura 1. La presión en esta zona se puede controlar independientemente de la presión de descarga del compresor de BOG y de la presión del tanque de carga. En consecuencia, parte del control de capacidad del sistema en general se puede realizar mediante ajustes de presión en esta región. Consecuentemente, permitirá al operario o al sistema de control automatizado ajustar tanto la cantidad de gas de ventilación generado como la composición del gas de ventilación para operar en las condiciones económicamente más favorables durante todas las fluctuaciones de precios del GNL.

También se puede colocar una línea dedicada para evitar el separador en condiciones en las que el BOG relicuado está tan subenfriado que, de lo contrario, la presión de separación caerá por debajo de un valor mínimo definido.

El diferencial de presión entre el intercambiador de calor H20 principal y el separador F10 asegura que el separador pueda colocarse de manera más independiente del intercambiador de calor principal.

Una presión de descarga del compresor de BOG mayor aumentará la ganancia (ya sea en forma de un cambio adiabático de temperatura mayor o de una generación de vapor instantáneo reducida) durante los procedimientos de estrangulación hasta la presión del tanque.

Por último, una presión de procedimiento mayor aumentará el coeficiente de transferencia de calor en el intercambiador de calor H20 principal y asegurará que la condensación en este punto se realizará a temperaturas mayores para reducir las pérdidas de energía.

El experto en la materia apreciará que el fin de la válvula V12 de tres vías es controlar selectivamente la división de flujo entre (i) la línea 59 conectada al primer intercambiador de calor H10 y (ii) la línea 57 conectada a la caja H20 fría. Para este fin, la válvula V12 de tres vías descrita anteriormente se puede reemplazar por, por ejemplo, una válvula de estrangulamiento controlable en la línea 60, corriente abajo del primer intercambiador de calor H10, y una restricción de dimensión fija en la línea 57.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para enfriar una corriente de gas evaporado (boil-off gas, BOG) de GNL en una planta de relicuefacción, el BOG que fluye desde un depósito (74), comprendiendo el procedimiento:

- comprimir (C11, C12, C13) el BOG;
- 5 - intercambiar calor del BOG comprimido contra un refrigerante en una caja fría (H20);
- hacer fluir el BOG sustancialmente relicuado desde la caja fría (H20) al depósito (74);
- antes de la etapa de compresión, precalentar el BOG a temperaturas sustancialmente ambientales, intercambiando calor del BOG con dicho refrigerante en un primer intercambiador de calor (H10), teniendo dicho refrigerante antes del intercambio de calor una temperatura mayor que el BOG, y
- 10 - en el que el trabajo necesario para calentar el BOG antes de la compresión se transfiere desde la corriente de refrigerante, corriente abajo de un postenfriador (H23) del compresor/expansor de refrigerante pero corriente arriba de la caja fría (H20),

caracterizado porque una porción de la corriente de refrigerante al primer intercambiador (H10) de calor, en un punto entre el postenfriador (H23) del compresor/expansor de refrigerante y el primer intercambiador de calor (H10), se dirige a una ruta de flujo dedicada en la caja fría antes de que se mezcle con la corriente de refrigerante que fluye desde el primer intercambiador de calor (H10).

2. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que la presión del BOG relicuado entre la caja fría y el depósito se controla independientemente de la presión de descarga del compresor de BOG y de la presión del depósito, y de este modo se pueden controlar la cantidad de gas de ventilación generado y su composición.

3. Un aparato para enfriar un gas evaporado (BOG) de GNL en un sistema de relicuefacción, que comprende:

- un circuito de refrigerante de ciclo cerrado para el intercambio de calor entre un refrigerante y el BOG;
- un compresor de BOG (C11, C12, C13) que tiene un lado de entrada conectado de manera fluida a un depósito (74) de GNL;
- una caja fría (H20) que tiene una ruta de flujo de BOG con una entrada de BOG (8) conectada de manera fluida al lado de salida del compresor de BOG; teniendo dicha ruta de flujo de BOG una salida (9, 10, 12, 13) para el BOG sustancialmente relicuado, conectada de manera fluida al depósito;
- comprendiendo además dicha caja fría rutas de flujo (82, 84, 86) de refrigerante para el intercambio de calor entre el BOG y el refrigerante; y
- un primer intercambiador de calor (H10) en la conexión de fluido entre el depósito (74) y el lado de entrada del compresor de BOG, teniendo dicho primer intercambiador de calor (H10) una ruta (59, 60) de refrigerante conectada de manera fluida al circuito de refrigerante de ciclo cerrado, en un punto corriente abajo del postenfriador (H23) del compresor/expansor del circuito de refrigerante pero corriente arriba de las rutas de flujo de refrigerante en la caja fría, por lo que el compresor de BOG recibe BOG con temperaturas cercanas a o a la temperatura ambiente del sistema, **caracterizado por**
- una válvula selectora (V12) en el circuito de refrigerante, en una línea (56) corriente abajo del postenfriador (H23) del compresor/expansor), y
- una línea de refrigerante (59) conectada en un extremo a una primera salida de la válvula selectora (V12) y en el otro extremo a la entrada del paso de refrigerante del primer intercambiador de calor (H10), y
- una línea de refrigerante (57), conectada en un extremo a una segunda salida de la válvula selectora (V12) y en el otro extremo a la entrada de un primer paso (82) de refrigerante en la caja fría (H20).

4. El aparato de la reivindicación 3, en el que la conexión de fluido (59, 60) de la ruta de refrigerante del primer intercambiador de calor (H10) comprende además una línea de refrigerante (60) conectada en un extremo a la salida del paso de refrigerante del primer intercambiador de calor (H10) y en el otro extremo a una línea (58) conectada de manera fluida a la salida del primer paso (82) de refrigerante del segundo intercambiador de calor (H20), y en el que dichas líneas (58, 60) están conectadas (61) a la entrada de un segundo paso (84) de refrigerante en el segundo intercambiador de calor (H20).

5. El aparato de la reivindicación 3, que comprende además un separador (F10) en conexión de fluido (9) con la salida de la caja fría y con el depósito (74), una primera válvula (V10) en la línea de salida (9) de la caja fría y una segunda válvula (V11) en una línea (12) conectada al depósito, comprendiendo también dicho separador una línea de ventilación (11), mediante la cual puede controlarse la presión en el separador, y de este modo pueden ajustarse la cantidad de gas de ventilación y su composición.

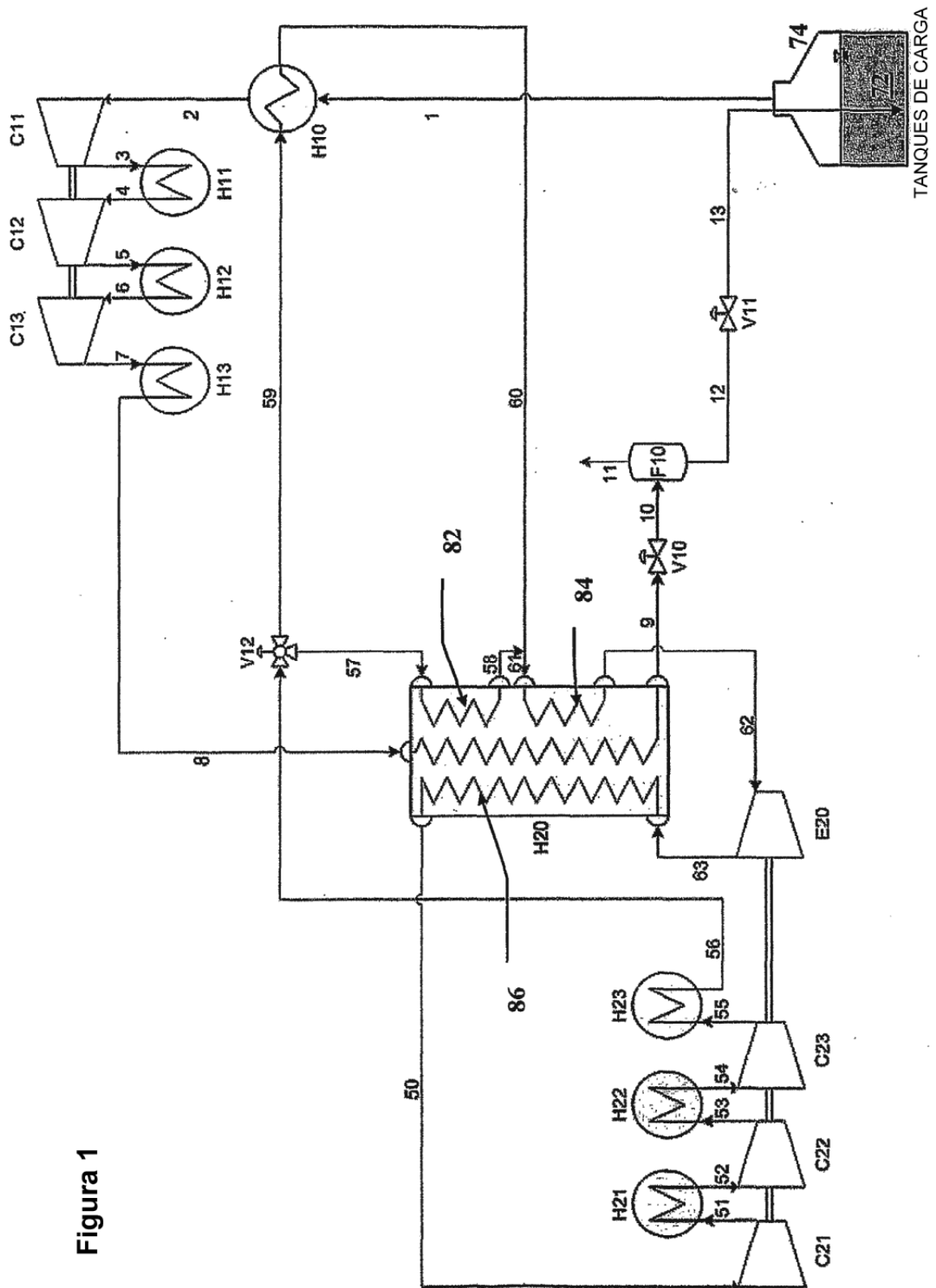


Figura 1