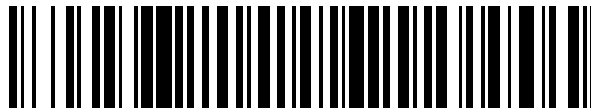


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 829 266**

51 Int. Cl.:

F25J 1/00 (2006.01)

F25J 1/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.03.2017 PCT/FR2017/050669**

87 Fecha y número de publicación internacional: **28.09.2017 WO17162984**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.03.2017 E 17716577 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.09.2020 EP 3433557**

54 Título: **Sistema para tratar un gas producido por la evaporación de un líquido criogénico y para alimentar un motor de gas con gas presurizado**

30 Prioridad:

23.03.2016 FR 1652504

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

31.05.2021

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

RAGOT, MATHIAS

74 Agente/Representante:

DEL VALLE VALIENTE, Sonia

ES 2 829 266 T3

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

DESCRIPCIÓN

Sistema para tratar un gas producido por la evaporación de un líquido criogénico y para alimentar un motor de gas con gas presurizado

5 La presente invención se refiere a un sistema y a un método para tratar gas producido por la evaporación de un líquido criogénico y para alimentar un motor de gas con gas presurizado.

10 La presente invención pertenece más particularmente al campo del transporte por el mar de líquidos criogénicos y, aún más particularmente, de Gas Natural Licuado (GNL). Sin embargo, los sistemas y los métodos que serán propuestos a continuación también pueden encontrar aplicaciones en instalaciones de base terrestre.

15 Cuando se considera un gas natural licuado, el mismo tiene una temperatura de -163 °C (o inferior) a presión ambiente. Cuando el GNL se transporta por mar, se dispone en tanques en un buque, un buque de GNL. Aunque estos tanques se aíslan térmicamente, existen fugas térmicas y el entorno externo calienta el líquido contenido en los tanques. El líquido se calienta y, por lo tanto, se evapora. Considerando el tamaño de los tanques en un buque de GNL, dependiendo de las condiciones de aislamiento térmico y las condiciones externas, se pueden evaporar varias toneladas de gas cada hora.

20 Por motivos de seguridad, no es posible mantener el gas evaporado dentro de los tanques del buque. La presión dentro de los tanques aumentaría peligrosamente. Por lo tanto, es necesario permitir que el gas evaporado se escape de los tanques. Las regulaciones prohíben descargar este gas (si es gas natural) en la atmósfera tal cual. El mismo debe ser quemado.

25 Con el fin de evitar perder este gas evaporado, también es conocido, por una parte, usarlo como combustible para los motores a bordo del buque que lo transporta y, por otro lado, relicuarlo a fin de devolverlo a los tanques en los que se origina.

30 Para relicuar el gas evaporado, es conocido enfriar este gas a fin de devolverlo a las condiciones de temperatura y presión que permiten devolverlo a la fase líquida. Este enfriamiento se realiza más habitualmente mediante intercambio de calor con un circuito de enfriamiento que comprende, por ejemplo, un bucle de fluido refrigerante, tal como nitrógeno.

35 Además, algunos buques de GNL utilizan el gas natural que transportan como combustible para su propia propulsión. Existen varios tipos de motores que funcionan con gas natural. La presente invención se refiere más particularmente a aquellos que se alimentan con gas natural en la fase gaseosa a alta presión. Por lo tanto, con el fin de alimentar el motor de propulsión del buque de GNL, el gas se bombea fuera de un tanque de gas natural licuado ubicado a bordo del buque de GNL, y luego se presuriza por medio de una bomba antes de su vaporización para alimentar el motor.

40 El documento EP-2 746 707 A1 se refiere a un gas natural que se evapora desde tanques para almacenar gas natural licuado, típicamente dispuestos a bordo de un buque de altura, que se comprime dentro de un compresor con varias etapas de compresión. Al menos una parte del flujo de gas natural comprimido se envía a una licuadora que, típicamente, funciona de acuerdo con un ciclo de Brayton, para su relicuefacción. La temperatura del gas natural comprimido que se origina en la etapa final se reduce a un valor inferior a 0 °C al pasar a través de un intercambiador de calor. La primera etapa de compresión funciona en este caso como un compresor frío, y el gas natural comprimido frío resultante se usa en el intercambiador de calor para llevar a cabo el enfriamiento necesario del flujo que se origina en la etapa de compresión. Corriente abajo con respecto a su paso a través del intercambiador de calor, el gas natural comprimido frío circula a través de las etapas restantes del compresor. Si así se desea, una parte del gas natural comprimido puede servir como combustible para alimentar los motores del buque de altura. En una realización alternativa (§[0026]), se describe enfriar el gas comprimido en estado gaseoso previamente a su licuación en parte con líquido comprimido antes de ser expandido para su uso en un motor o una turbina.

50 La presencia de un bucle de enfriamiento con nitrógeno en el ciclo de Brayton, o cualquier otro gas refrigerante separado del fluido que se va a enfriar, implica usar un equipo específico para el fluido refrigerante. Así, por ejemplo, cuando se usa un circuito de enfriamiento de nitrógeno a bordo de un buque (o en otro lugar), se necesita una unidad de tratamiento de nitrógeno (purificación) con el fin de permitir usar el nitrógeno en el campo de la criogenia. También es recomendable usar un tanque, válvulas u otros dispositivos específicos para regular la circulación del nitrógeno.

55 Cuando el gas natural que alimenta los motores del buque de GNL se recoge directamente de los tanques del buque, es preferible tener una alta eficiencia de licuación, ya que el consumo de gas en la fase gaseosa es entonces limitado.

60 Por lo tanto, la presente invención tiene por objetivo dar a conocer un sistema optimizado que hace posible relicuar el gas evaporado y alimentar un motor de gas a alta presión. Preferiblemente, el sistema propuesto hace posible optimizar la cantidad de líquido recuperado en lo que respecta a la parte de gas a relicuar. Ventajosamente, el sistema propuesto puede usarse, además, a bordo de un buque, tal como un buque de GNL. Preferiblemente, el sistema funcionará sin usar un fluido refrigerante, tal como nitrógeno u otros, para evitar tener dos circuitos separados con fluidos de distinta naturaleza. Además, preferiblemente, la solución propuesta tampoco será más costosa de implementar que las soluciones de la técnica anterior.

Para ello, la presente invención propone un sistema para tratar un gas producido por la evaporación de un líquido criogénico y para alimentar un motor de gas con gas presurizado; comprendiendo dicho sistema, por un lado, en una dirección de corriente arriba a corriente abajo, una unidad de licuefacción con medios de compresión, un primer intercambiador de calor y medios de expansión y, por otro lado, una línea de suministro de gas presurizado que comprende, en una dirección de corriente arriba a corriente abajo, una bomba para presurizar líquido y medios de vaporización a alta presión.

Según la presente invención, la línea de suministro de gas presurizado tiene, corriente arriba con respecto a los medios de vaporización, un baipás para alimentar un segundo intercambiador de calor entre, por un lado, líquido presurizado de la línea de suministro y, por otro lado, una línea de la unidad de relicuefacción corriente abajo con respecto al primer intercambiador de calor y corriente arriba con respecto a los medios de expansión, caracterizándose por que el gas producido por la evaporación de un líquido criogénico, luego comprimido y enfriado, se condensa al menos parcialmente dentro del primer intercambiador (17) de calor.

La solución propuesta hace posible crear sinergia entre la relicuefacción del gas evaporado y la producción de gas presurizado para alimentar un motor, por ejemplo, un motor MEGI. De hecho, por un lado, existe la necesidad de enfriar gas y, por otro lado, existe la necesidad de calentar líquido antes de vaporizarlo. Por lo tanto, el segundo intercambiador propuesto hace posible limitar simultáneamente las necesidades (para el frío) de la unidad de relicuefacción y las necesidades (para el calor) de la línea de suministro de gas a alta presión. De una manera original, se propone en la presente descripción "sub-enfriar" gas condensado. De hecho, después del primer intercambiador, el gas comprimido se enfría lo suficiente para condensarse y volver en su mayor parte a la fase líquida bajo presión. Este líquido presurizado debe expandirse entonces para ser inyectado nuevamente en los tanques, que están sustancialmente a presión atmosférica (justo un poco más alta para evitar la entrada de aire). Durante esta expansión, una parte del gas condensado se revaporiza. Al enfriar el gas condensado antes de la expansión, dado que se encuentra por tanto en la fase líquida, este gas se sub-enfría, y esto permite limitar durante la expansión la parte de gas condensado que se revaporiza.

Para optimizar más el uso de la fuente de frío que proviene del flujo de líquido presurizado que se vaporizará para alimentar un motor, el baipás puede alimentar corriente abajo con respecto al segundo intercambiador un sistema de enfriamiento. Esto puede ser, por ejemplo, un tercer intercambiador montado en serie con el segundo intercambiador y corriente abajo con respecto al mismo y/o un intercambiador de calor montado en paralelo con respecto al segundo intercambiador.

En el sistema descrito anteriormente para el baipás, es posible alimentar, además del segundo intercambiador, uno o más intercambiadores para enfriar gas antes de su relicuefacción.

Una variante particular de un sistema según lo descrito anteriormente comprende, además, corriente abajo con respecto a los medios de expansión, un globo que separa la fase gaseosa de la fase líquida en el fluido expandido; una línea conduce la fase gaseosa a un colector para mezclarla con el gas producido por la evaporación del líquido criogénico, y el baipás alimenta un intercambiador de calor para enfriar la fase gaseosa antes de su introducción en el colector.

El sistema descrito anteriormente es particularmente adecuado para una unidad de relicuefacción que usa como líquido refrigerante el mismo fluido que el fluido que se licuará. En esta alternativa ventajosa, dicha unidad comprende por lo tanto, por ejemplo, corriente abajo con respecto a sus medios de compresión, un baipás a un bucle que comprende segundos medios de expansión, y el bucle se une al circuito corriente arriba con respecto a los medios de compresión después de haber pasado a través del primer intercambiador de calor en la dirección opuesta a la fracción de gas del circuito que no pasa por baipás mediante el bucle. En esta realización, preferiblemente, los medios de compresión comprenden varias etapas de compresión, cada una con una rueda compresora, los segundos medios de expansión comprenden una turbina de expansión, y cada rueda compresora y la turbina de expansión están asociadas a una misma transmisión mecánica. También es posible que el sistema, con esta unidad de relicuefacción, comprenda además un tercer intercambiador de calor entre líquido presurizado que pasa por baipás de la línea de suministro y gas entre los medios de compresión y los segundos medios de expansión. Este tercer intercambiador hace posible aumentar los intercambios y, por lo tanto, optimizar el sistema. Tal como se mencionó anteriormente, según una primera realización alternativa, el tercer intercambiador puede montarse en paralelo con respecto al segundo intercambiador, y según otra realización alternativa, el tercer intercambiador puede montarse en serie con el segundo intercambiador.

Asimismo, la presente invención se refiere a un buque, en particular, un buque de GNL, propulsado por un motor de gas, caracterizado por que comprende un sistema para tratar un gas producido por la evaporación de un líquido criogénico y para alimentar un motor de gas con gas presurizado según lo descrito anteriormente.

Finalmente, la presente invención propone un método para tratar un flujo de gas producido por la evaporación de un líquido criogénico y para alimentar un motor con gas a alta presión, siendo comprimido en primer lugar dicho flujo de gas y luego enfriado y condensado al menos parcialmente en un primer intercambiador de calor antes de su expansión, y llevándose a cabo el suministro de gas a alta presión presurizando el líquido criogénico y vaporizándolo a continuación, y, después de su compresión, el flujo de líquido presurizado se separa en una

primera parte de flujo de líquido y una segunda parte de flujo de líquido, y la primera parte del flujo de líquido se usa para enfriar gas comprimido y condensado dentro de un segundo intercambiador antes de la expansión del gas condensado, y la segunda parte del flujo de líquido recibe la primera parte del flujo de líquido después de que este último ha enfriado el gas comprimido, vaporizándose a continuación la totalidad del flujo de líquido.

5 De forma ventajosa, este método permite condensar más de la mitad y, preferiblemente, al menos el 90 % en masa del gas comprimido antes de ser enfriado dentro del segundo intercambiador.

10 Para aumentar la eficiencia de relicuefacción, resulta ventajoso que el flujo de líquido presurizado también se use para enfriar gas antes de su condensación.

15 En un método según lo descrito anteriormente, de forma ventajosa, parte del gas comprimido se toma del primer intercambiador de calor para su expansión dentro de una turbina de expansión, y el gas expandido se introduce en el primer intercambiador de calor a contracorriente para enfriar el gas comprimido y causar su condensación. De esta manera, el fluido a relicuar se usa también como fluido refrigerante y, por ello, no es necesario usar un circuito de enfriamiento que usa otro fluido para permitir la relicuefacción.

20 Los detalles y ventajas de la presente invención resultarán más evidentes a partir de la siguiente descripción, haciendo referencia a los dibujos esquemáticos adjuntos, en donde:

Las Figuras 1 a 8 son una vista esquemática, según diversas variantes, de un tanque de líquido criogénico asociado con un sistema para recuperar gas evaporado de dicho tanque, con un sistema para tratar una parte del gas recuperado a efectos de licuarlo y con una línea para suministrar gas a alta presión a un motor de gas.

25 Cada una de las figuras adjuntas muestra un tanque 1. En el resto de la descripción, se asumirá que el mismo es un tanque de Gas Natural Licuado (o GNL) entre varios otros tanques similares a bordo de un buque de altura de GNL.

30 Los valores numéricos en la siguiente descripción se indican como ejemplos numéricos meramente ilustrativos que no tienen ningún efecto limitativo. Los mismos son adecuados para tratar GNL a bordo de un buque, pero pueden variar, particularmente si la naturaleza del gas cambia.

35 El tanque 1 almacena el GNL a una temperatura del orden de $-163\text{ }^{\circ}\text{C}$, que se corresponde con la temperatura de almacenamiento habitual para GNL a una presión cercana a la presión atmosférica. Esta temperatura depende, por supuesto, de la composición del gas natural y las condiciones de almacenamiento. Cuando la atmósfera alrededor del tanque 1 está a una temperatura mucho más alta que la del GNL, incluso si el tanque 1 está muy bien aislado térmicamente, se añade energía calorífica al líquido, que se calienta y vaporiza. A medida que el volumen del gas evaporado es mucho mayor que el del líquido correspondiente, la presión dentro del tanque 1 tiende a aumentar con el paso del tiempo y se añade energía calorífica al líquido.

40 Para evitar alcanzar presiones excesivamente altas, el gas evaporado se retira gradualmente del tanque 1 (y de los otros tanques del buque) y acaba en un colector 2 conectado a varios tanques. En el resto de la descripción, el gas evaporado se denomina "gas" incluso cuando es relicuado posteriormente. Por lo tanto, el mismo es distinto del GNL, que se recoge en forma líquida de los tanques para alimentar un motor.

45 En los sistemas mostrados en los dibujos, se usa el gas evaporado como una fuente de energía a bordo (por ejemplo, para generar electricidad) y el excedente de gas es relicuado. En este caso, el objetivo es evitar perder el gas evaporado y, por lo tanto, utilizarlo a bordo en el buque, o recuperarlo y devolverlo, en la fase líquida, al tanque 1. Además, se usa una línea para alimentar un motor de gas de tipo MEGI con gas a alta presión de GNL líquido recogido en los tanques del buque.

50 Para poder usarlo a bordo del buque, el gas evaporado de los tanques debe ser comprimido en primer lugar. Por lo tanto, esta compresión se realiza en una primera unidad 3 de compresión, que puede ser, tal como se muestra en los dibujos, de múltiples etapas. Esta unidad, a modo de ejemplo numérico ilustrativo sin efecto limitativo, hace que la presión del gas recogido en el colector 2 pase de una presión sustancialmente igual a la presión atmosférica a una presión del orden de 15 a 20 bares ($1\text{ bar} = 10^5\text{ Pa}$).

55 Después de esta primera etapa de compresión, el gas pasa a un enfriador intermedio 4 en el cual se enfría sin modificar sustancialmente su presión. El gas que se calentó durante su compresión se encuentra a una temperatura del orden de $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ en la salida del enfriador intermedio (estos valores se proporcionan simplemente para fines ilustrativos y son aplicables en particular en gas natural). Por lo tanto, el gas comprimido y enfriado puede enviarse entonces en la fase gaseosa a través de una tubería 5 a un generador a bordo del buque.

60 La demanda de gas en el generador o generadores del buque es por tanto inferior a la "producción" de gas por evaporación en todos los tanques a bordo del buque. El gas no utilizado en el generador o generadores es enviado por lo tanto a una unidad 10 de relicuefacción.

65

ES 2 829 266 T3

La unidad 10 de relicuefacción comprende en su entrada una válvula 6 prevista en particular para controlar la presión del gas dentro de la tubería 5, seguida de un circuito principal y un bucle, que se describirán a continuación.

5 El circuito principal permite obtener a partir del gas (en la fase gaseosa y a una presión del orden de varios bares, aproximadamente a 50 bares - valores no limitativos-) gas en la fase líquida que puede volver al tanque 1.

10 El método para obtener este gas en la fase líquida para su devolución al tanque es convencional. El mismo consiste en comprimir el gas, enfriarlo para condensarlo y luego expandirlo de manera que vuelva a la presión dentro de los tanques. Este procedimiento es convencional en el campo de la criogenia.

15 Por lo tanto, se ha descubierto que el circuito principal incluye en primer lugar un compresor de múltiples etapas que, en este caso, comprende tres etapas consecutivas con las referencias 11, 12 y 13. Cada etapa está formada por una rueda de compresión y las tres ruedas de compresión son accionadas por una misma transmisión 15 con vástagos y piñones. La línea entre las etapas de compresión en las figuras simboliza la conexión mecánica entre ellas. En la realización mostrada en la Figura 1, el gas que llega al compresor de múltiples etapas llega a la segunda etapa 12 de este compresor. Dependiendo del sistema, el mismo también puede llegar a la primera etapa -tal como se muestra en las otras figuras de los dibujos- o a la tercera etapa (o, más generalmente, la n^{ésima} etapa) de este compresor.

20 Después de esta segunda compresión, el gas pasa al interior de un enfriador intermedio 16. Su presión es entonces de varias docenas de bares, por ejemplo, alrededor de 50 bares, y su temperatura, una vez más, es del orden de 40 °C a 45 °C.

25 De este modo, el gas así comprimido se enfría y condensa dentro de un primer intercambiador 17 de flujo múltiple. El gas circula en este primer intercambiador 17 en una primera dirección. Los fluidos que circulan en la dirección opuesta (con respecto a esta primera dirección) y que se usan para su enfriamiento se describirán más adelante.

30 En la salida del primer intercambiador 17, el gas comprimido enfriado hasta una temperatura del orden de -110 °C a -120 °C está en su mayor parte (casi totalmente) en la fase líquida y se envía, aún a una presión del orden de varias docenas de bares (por ejemplo alrededor de 50 bares), a través de una tubería aislada 22, a una válvula 30 de expansión.

La expansión a través de la válvula 30 de expansión del gas condensado suministra simultáneamente gas rico en metano en la fase líquida y un gas rico en nitrógeno en la fase gaseosa. La separación de esta fase líquida y esta fase gaseosa se lleva a cabo dentro de un globo 40 en el que la presión es del orden de varios bares, por ejemplo, entre 3 bares y 5 bares.

35 Preferiblemente, el gas en la fase gaseosa del globo 40 se envía de regreso al colector 2. De esta manera, es posible su uso como combustible en un generador, o su paso de regreso a la unidad 10 de relicuefacción. Dado que este gas es frío, se puede usar para enfriar y condensar el gas comprimido en el primer intercambiador 17. Por lo tanto, el mismo circula en la dirección opuesta en este primer intercambiador 17 antes de devolverlo al colector 2.

40 Si el gas en la fase gaseosa del globo 40, por varias razones, en particular, durante fases transitorias, no puede reciclarse al colector 2, es posible su envío a una llama o una unidad de combustión. Un conjunto de válvulas 31, 32 controla el envío del gas en la fase gaseosa desde el globo 40, respectivamente, al colector 2, por medio de una tubería 35 de conexión, o a una unidad de combustión (no se muestra).

45 Por el contrario, se ha previsto que el gas en la fase líquida recuperado en el fondo del globo 40 regrese al tanque 1. Dependiendo de las condiciones de funcionamiento, el gas en la fase líquida se puede enviar al tanque 1 directamente (paso controlado por una válvula 33), o por medio de una bomba 41 (paso controlado por una válvula 34).

50 El retorno del gas en la fase líquida que proviene del globo 40, directamente o por medio de la bomba 41, al tanque 1 se lleva a cabo por medio de una tubería aislada 36 dotada en este caso de una válvula 54, por ejemplo, una válvula de cierre.

55 En la unidad 10 de relicuefacción, es recomendable enfriar el gas comprimido en el compresor de múltiples etapas (etapas 11, 12 y 13). Este enfriamiento se lleva a cabo generalmente utilizando una máquina termodinámica separada, que funciona, por ejemplo, según un ciclo de Brayton, y que usa nitrógeno como fluido refrigerante. Es posible usar en la unidad 10 de relicuefacción una máquina de enfriamiento de este tipo que, de este modo, enfría y condensa el gas dentro del primer intercambiador 17. Sin embargo, en la presente descripción se propone, tal como se ha mencionado anteriormente, usar esta unidad de relicuefacción con un bucle de enfriamiento que usa el gas natural como fluido refrigerante. Este bucle comienza con una tubería 18 de ramificación que separa el flujo de gas corriente abajo con respecto al compresor de múltiples etapas (etapas 11, 12, 13) en un primer flujo, o flujo principal, que se corresponde con el circuito principal descrito anteriormente, y en un segundo flujo, o flujo ramificado.

60 La tubería 18 de ramificación está conectada preferiblemente al circuito principal en el primer intercambiador 17. El gas en la fase gaseosa que entra por tanto en la tubería 18 de ramificación está a "alta presión" (alrededor de 50 bares en el ejemplo numérico mostrado) y a una temperatura intermedia entre 40 °C y -110 °C.

El gas recogido por la tubería 18 de ramificación se expande dentro de medios de expansión formados por una turbina 14 de expansión. En la realización preferida que se muestra en el dibujo, esta turbina 14 de expansión está conectada mecánicamente a las tres ruedas de compresión que se corresponden con las etapas 11, 12 y 13 del compresor de múltiples etapas de la unidad 10 de relicuefacción. La transmisión 15 por vástagos y piñones conecta la turbina 14 de expansión y las ruedas de compresión del compresor de múltiples etapas. Esta transmisión 15 está simbolizada por una línea que conecta la turbina 14 de expansión a las etapas 11, 12 y 13 en las figuras.

El gas se expande, por ejemplo, hasta un nivel de presión que se correspondería con su nivel de presión en la entrada de la unidad 10 de relicuefacción, es decir, aproximadamente 15 bares a 20 bares. Su temperatura cae por debajo de -120 °C. Este flujo de gas (fase gaseosa) se envía de este modo al primer intercambiador 17 en la dirección opuesta para enfriar y condensar el gas presurizado del circuito principal, inicialmente en una parte 19 ubicada corriente abajo con respecto a la tubería 18 de ramificación y luego en una parte de este circuito principal en el primer intercambiador 17 corriente arriba con respecto a esta tubería 18 de ramificación. En la salida del primer intercambiador 17, el gas expandido alcanza temperaturas del orden de 40 °C y puede ser reinyectado en la fase gaseosa en el circuito principal de la unidad de relicuefacción, corriente arriba con respecto al compresor de múltiples etapas por medio de una tubería 21 de retorno.

Por lo tanto, se forma un bucle de enfriamiento abierto que utiliza como gas refrigerante el mismo gas que el que se va a licuar.

Tal como se indicó anteriormente, el sistema mostrado también tiene una línea para suministrar gas a (alta) presión a un motor de gas, por ejemplo, un motor de tipo MEGI (no se muestra). Esta línea de suministro comienza en un tanque 1. Primero se alimenta mediante una bomba sumergible 50 que suministra líquido criogénico (GNL) a una tubería 51 para transportarlo hacia una bomba 48 de alta presión. El líquido a alta presión luego se lleva a través de una tubería 56 hacia un vaporizador 61, que realiza, por ejemplo, un intercambio de calor con vapor, para producir vapor (gas natural en la fase gaseosa) a alta presión que luego puede alimentar un motor de tipo MEGI a través de una línea 62 de suministro.

En las figuras se observa la presencia de un baipás 57 en la tubería 56. Este baipás 57 alimentará con líquido presurizado, aún en la fase líquida, un segundo intercambiador 60 destinado a sub-enfriar el condensado que sale del primer intercambiador 17 en el circuito principal de la unidad 10 de relicuefacción. En la realización mostrada en la Figura 1 este segundo intercambiador 60 realiza un intercambio de calor, por un lado, entre el líquido presurizado de la tubería 56 que alimenta el motor MEGI (u otros) y que pasa por baipás mediante el baipás 57 y, por otro lado, el condensado ubicado en la tubería aislada 22 entre el primer intercambiador 17 y la válvula 30 de expansión.

A título de ejemplo numérico meramente ilustrativo, el líquido que pasa por baipás en el baipás 57 está a alrededor de -150 °C corriente arriba con respecto al segundo intercambiador 60 y sale de este último, por ejemplo, a -140 °C (aún en la fase líquida). En la tubería aislada 22, el gas condensado que sale del primer intercambiador 17 pasa, por ejemplo, de -120 °C a -135 °C.

En la realización de la Figura 1, la regulación de los flujos en la tubería 56 y el baipás 57 se lleva a cabo por medio de una válvula 55 dispuesta en la tubería 56 corriente arriba con respecto al baipás 57 y de otra válvula 59 integrada en el baipás 57 (mostrada corriente abajo con respecto al segundo intercambiador 60, aunque una persona experta en la técnica entenderá que esta válvula 59 puede estar dispuesta de manera similar corriente arriba con respecto a este segundo intercambiador 60). Asimismo, se usa una válvula 58 con control manual o automático entre los dos puntos de conexión del baipás 57 con la tubería 56.

Finalmente, la Figura 1 (y las siguientes figuras) muestran la presencia de una unión 52 provista de una válvula 53 entre la tubería aislada 36 y la tubería 51. Esta unión 52 hace posible el paso del líquido obtenido de la unidad 10 de relicuefacción directamente a la tubería 51 y, por lo tanto, a la bomba 48 de alta presión sin pasar de regreso a través de un tanque 1. Por lo tanto, es claramente posible limitar las pérdidas de carga y las pérdidas de calor.

La Figura 2 muestra una realización alternativa del sistema de la Figura 1 con dos modificaciones que son completamente independientes entre sí. En primer lugar, tal como ya se ha mencionado anteriormente, se inyecta el gas comprimido en la primera unidad 3 de compresión en la primera etapa 11 del compresor de múltiples etapas de la unidad de relicuefacción. A continuación, se realiza la regulación en el segundo intercambiador 60 de calor de una manera ligeramente diferente. En lugar de ajustar los intercambios en el intercambiador variando los caudales en el baipás 57 (Figura 1), en este caso se modifican los caudales que pasan a través del intercambiador en la tubería aislada 22. Por lo tanto, la realización de la Figura 2 hace pasar por el segundo intercambiador 60 entre el 0 % y el 100 % del flujo (mezcla de fase gaseosa y líquida, aunque en su mayor parte, fase líquida) que circula en la tubería aislada 22. Con tal fin, una tubería 66 de ramificación evita el segundo intercambiador 60. Se usa una válvula 65 de tres vías dispuesta corriente arriba con respecto al segundo intercambiador 60 para regular el flujo de la tubería aislada 22 que pasa a través del segundo intercambiador 60 y el que pasa a través de la tubería 66 de ramificación. Se pueden contemplar otros medios de regulación (por ejemplo, en el baipás 57, con una válvula dispuesta corriente arriba con respecto a la tubería de ramificación y una válvula en la tubería de ramificación y/o en la ramificación de circuito que contiene el segundo intercambiador). En esta realización, también es posible aislar el segundo intercambiador 60 de la línea de suministro del motor MEGI (tubería 56). Con tal fin, la realización de la Figura 2 contempla, simplemente, usar cada ramificación del baipás 57, una ramificación dispuesta corriente arriba y

una ramificación dispuesta corriente abajo con respecto al segundo intercambiador 60, con una válvula, 64a y 64b, respectivamente, con control manual o controlada.

5 En la realización de la Figura 3, se simplifica la estructura del primer intercambiador 17 (esta simplificación también puede ser propuesta en las otras realizaciones alternativas de la invención). Aquí, la tubería 35 de conexión entre el globo 40 y el colector 2 ya no pasa a través del primer intercambiador 17, simplificándose por lo tanto su estructura. Debido a los cambios realizados dentro del segundo intercambiador 60, es posible obtener una buena relicuefacción de los gases evaporados en la unidad 10 de relicuefacción con un primer intercambiador 17 que tiene una estructura más sencilla y, por lo tanto, un precio de coste reducido.

10 En la realización de esta Figura 3, se propone otra regulación de los flujos en el baipás 57. En esta variante, una válvula 63 está dispuesta entre los dos puntos de conexión del baipás 57 con la tubería 56 de la línea de suministro del motor (no se muestra).

15 La Figura 4 muestra el paso de todo el gas evaporado recuperado en los tanques 1 por el colector 2, primero en la primera unidad 3 de compresión y luego en la unidad 10 de relicuefacción.

20 Las Figuras 5 y 6 muestran realizaciones que usan un tercer intercambiador 70 de calor para enfriar el gas en la fase gaseosa que entra en el bucle de enfriamiento de la unidad 10 de relicuefacción. El intercambio se lleva a cabo en este caso entre el líquido de la línea 56 y el gas comprimido en la fase gaseosa y ya enfriado parcialmente de la tubería 18 evitada mediante baipás.

25 En la realización de la Figura 5, el tercer intercambiador 70 está montado en paralelo con respecto al segundo intercambiador 60, mientras que en la realización de la Figura 6, el tercer intercambiador 70 está montado en serie con el segundo intercambiador 60 (y corriente abajo con respecto al mismo).

30 La Figura 7 propone una realización en la que se usan cuatro intercambiadores 80a-d de calor en varios puntos del circuito principal de la unidad 10 de relicuefacción para enfriar aún más el gas en la fase gaseosa antes de licuarlo. En este caso, el intercambiador 80a está previsto para enfriar el gas comprimido en la primera etapa 11 del compresor de múltiples etapas antes de entrar en la segunda etapa 12 de este compresor. El intercambiador 80b está dispuesto de manera similar entre la segunda etapa 12 y la tercera etapa 13. Otro intercambiador 80c está dispuesto corriente abajo con respecto al compresor de múltiples etapas, antes o después del enfriador intermedio 16 y antes del primer intercambiador 17. Finalmente, en la presente descripción también se propone usar un intercambiador 80d de calor en la tubería 35 de conexión para enfriar el gas que regresa al colector 2.

35 Esta realización se usa con fines ilustrativos (sin efecto limitativo) de las diversas posibilidades de disposición de los intercambiadores alimentados con líquido criogénico a alta presión. Estos intercambiadores pueden ser cuatro, o más, o menos. Preferiblemente, los mismos se montan en paralelo, tal como se muestra, con los intercambiadores 80n formando un sistema de intercambio con un montaje en serie con el segundo intercambiador 60. Pueden contemplarse otras opciones de montaje (en serie o en paralelo). También es posible usar intercambiadores en el circuito de enfriamiento de bucle abierto.

40 Finalmente, la Figura 8 está encerrada para mostrar que el líquido presurizado (aún en la fase líquida) en la tubería 56 también se puede utilizar, parcialmente, para enfriar otros elementos en un sistema 90 de enfriamiento a bordo del buque. El líquido usado para el sistema 90 de enfriamiento se dispone preferiblemente corriente abajo con respecto al segundo intercambiador 60, de manera que el líquido de la tubería 56 recogido en el baipás 57 sirve principalmente para enfriar en la unidad 10 de relicuefacción. El sistema de enfriamiento puede ser, por ejemplo, una unidad de aire acondicionado, una unidad de enfriamiento industrial, etc.

50 Las variantes propuestas en las diversas realizaciones pueden combinarse de varias maneras para producir otras realizaciones según la presente invención, aunque no mostradas.

55 El sistema propuesto en la presente descripción realiza una cooperación entre una unidad de licuefacción y un suministro de gas a alta presión, por ejemplo, para alimentar un motor de tipo MEGI. Se crea una sinergia entre estos dos sub-sistemas, uno que necesita frío para licuar un gas y otro que necesita energía para vaporizar líquido a alta presión. El sistema propuesto permite aumentar el rendimiento de la unidad de relicuefacción, es decir, aumentar la proporción del gas evaporado que se relicua, para limitar las necesidades de frío a usar para relicuar el gas evaporado y, al mismo tiempo, limitar las necesidades de energía a usar para obtener un gas a alta presión para alimentar un motor (motor MEGI u otro sistema que funciona con gas a alta presión).

60 El sistema propuesto en la presente descripción está especialmente bien adaptado a una unidad de relicuefacción que tiene un bucle abierto para enfriar gas en correspondencia con el gas enfriado con producción en frío a dos temperaturas diferentes, una temperatura de alrededor de -120 °C en la salida de la turbina de expansión y una temperatura de alrededor de -160 °C en la salida de la válvula de expansión.

65

El sistema es independiente de los motores dispuestos a bordo del buque y alimentados con el gas evaporado. Puede haber dos tipos diferentes de motores de gas, uno alimentado por la línea de suministro de alta presión y el otro por el gas evaporado comprimido por la primera unidad de compresión. El sistema también hace posible, a partir del gas evaporado, independientemente de cualquier fuente de frío externa, realizar una licuación.

5 En el baipás creado en la línea de suministro de gas a alta presión, la producción en frío se puede adaptar a la carga de la unidad de relicuefacción y puede regularse en un amplio intervalo.

10 El sistema propuesto no necesita una unidad para tratar nitrógeno o similares. Su estructura se simplifica mediante el uso de un gas refrigerante de la misma naturaleza que el gas que se va a enfriar y licuar y que también sirve como combustible para un motor (o similar).

15 Evidentemente, la presente invención no se limita a las realizaciones de los sistemas y métodos descritas anteriormente como ejemplos no limitativos, sino que también se refiere a todas las realizaciones alternativas que están disponibles para una persona experta en la técnica en el contexto de las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Sistema para tratar un gas producido por la evaporación de un líquido criogénico y para alimentar un motor de gas con gas presurizado, comprendiendo dicho sistema, por un lado, en una dirección de corriente arriba a corriente abajo, una unidad (10) de relicuefacción con medios (11, 12, 13) de compresión, un primer intercambiador (17) de calor y medios (30) de expansión y, por otro lado, una línea de suministro de gas presurizado que comprende, en una dirección de corriente arriba a corriente abajo, una bomba (48) para presurizar líquido y medios (61) de vaporización a alta presión, teniendo la línea de suministro de gas presurizado, corriente arriba con respecto a los medios (61) de vaporización, un baipás (57) para alimentar un segundo intercambiador (60) de calor entre, por un lado, líquido presurizado de la línea (56) de suministro y, por otro lado, una línea (22) de la unidad (10) de relicuefacción corriente abajo con respecto al primer intercambiador (17) de calor y corriente arriba con respecto a los medios (30) de expansión, **caracterizado por que** el gas resultante de la evaporación de un líquido criogénico, luego comprimido y enfriado se condensa al menos parcialmente en el primer intercambiador (17) de calor.
- 15 2. Sistema según la reivindicación 1, **caracterizado por que** el baipás (57) alimenta corriente abajo con respecto al segundo intercambiador (60) un sistema de enfriamiento.
- 20 3. Sistema según la reivindicación 2, **caracterizado por que** comprende un tercer intercambiador (70) montado en serie con el segundo intercambiador (60) y corriente abajo con respecto al mismo.
4. Sistema según una de las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado por que** comprende un intercambiador (70) de calor montado en paralelo con respecto al segundo intercambiador (60).
- 25 5. Sistema según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado por que** el baipás (56) también alimenta el segundo intercambiador (60), uno o más intercambiadores de calor para enfriar el gas antes de su licuefacción.
- 30 6. Sistema según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado por que** comprende, corriente abajo con respecto a los medios (30) de expansión, un globo (40) que separa la fase gaseosa de la fase líquida en el fluido expandido, por que una línea conduce la fase gaseosa a un colector para mezclarla con el gas de la evaporación del líquido criogénico, y por que el baipás (56) alimenta un intercambiador (80dd') de calor para enfriar la fase gaseosa antes de su introducción en el colector (2).
- 35 7. Sistema según una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado por que** la unidad de relicuefacción comprende, corriente abajo con respecto a los medios (11, 12, 13) de compresión, un baipás a un bucle que tiene segundos medios (14) de expansión, y por que el bucle se une al circuito corriente arriba con respecto a los medios (11, 12, 13) de compresión después de haber pasado a través del primer intercambiador (17) de calor en la dirección opuesta a la fracción de gas del circuito que no pasa por baipás mediante el bucle.
- 40 8. Sistema según la reivindicación 7, **caracterizado por que** los medios de compresión comprenden varias etapas (11, 12, 13) de compresión, cada una con una rueda compresora, por que los segundos medios de expansión comprenden una turbina (14) de expansión, y por que cada rueda compresora y la turbina (14) de expansión están asociadas con una misma transmisión mecánica (15).
- 45 9. Sistema según la reivindicación 3, y también según una de las reivindicaciones 7 u 8, siempre que las mismas dependan de la reivindicación 3, **caracterizado por que** el tercer intercambiador (70) de calor intercambia calor entre líquido presurizado derivado de la línea (56) de suministro y gas entre los medios (11, 12, 13) de compresión y los segundos medios (14) de expansión.
- 50 10. Buque, en particular, buque de GNL, propulsado por un motor de gas, **caracterizado por que** comprende un sistema para tratar un gas producido por la evaporación de un líquido criogénico y para alimentar un motor de gas con gas presurizado según una de las reivindicaciones 1 a 9.
- 55 11. Método para tratar un flujo de gas producido por la evaporación de un líquido criogénico y para alimentar un motor con gas a alta presión, siendo comprimido en primer lugar dicho flujo de gas y luego enfriado en un primer intercambiador (17) de calor antes de ser expandido, y obteniéndose el suministro en gas a alta presión presurizando el líquido criogénico y vaporizándolo a continuación, **caracterizado por que**, después de su compresión, el flujo de líquido presurizado se separa en una primera parte de flujo de líquido y una segunda parte de flujo de líquido, por que la primera parte del flujo de líquido se usa para enfriar gas comprimido y condensado dentro de un segundo intercambiador (60) antes de la expansión del gas condensado, y por que la segunda parte del flujo de líquido recibe la primera parte del flujo de líquido después de que este último ha enfriado el gas comprimido, vaporizándose a continuación la totalidad del flujo de líquido,
- 60
- 65

caracterizado por que el gas resultante de la evaporación de un líquido criogénico y comprimido y enfriado posteriormente se condensa al menos parcialmente dentro del primer intercambiador de calor.

- 5
12. Método según la reivindicación 11, **caracterizado por que** más de la mitad y, preferiblemente, al menos el 90 % en masa del gas comprimido, se condensa antes de ser enfriado dentro del segundo intercambiador (60).
- 10
13. Método según una de las reivindicaciones 11 o 12, **caracterizado por que** el flujo de líquido presurizado también se usa para enfriar gas antes de su condensación.
14. Método según una de las reivindicaciones 11 a 13, **caracterizado por que** parte del gas comprimido se toma del primer intercambiador de calor para ser expandido dentro de una turbina (14) de expansión, y por que el gas expandido se introduce en el primer intercambiador (17) de calor a contracorriente para enfriar el gas comprimido y causar su condensación.

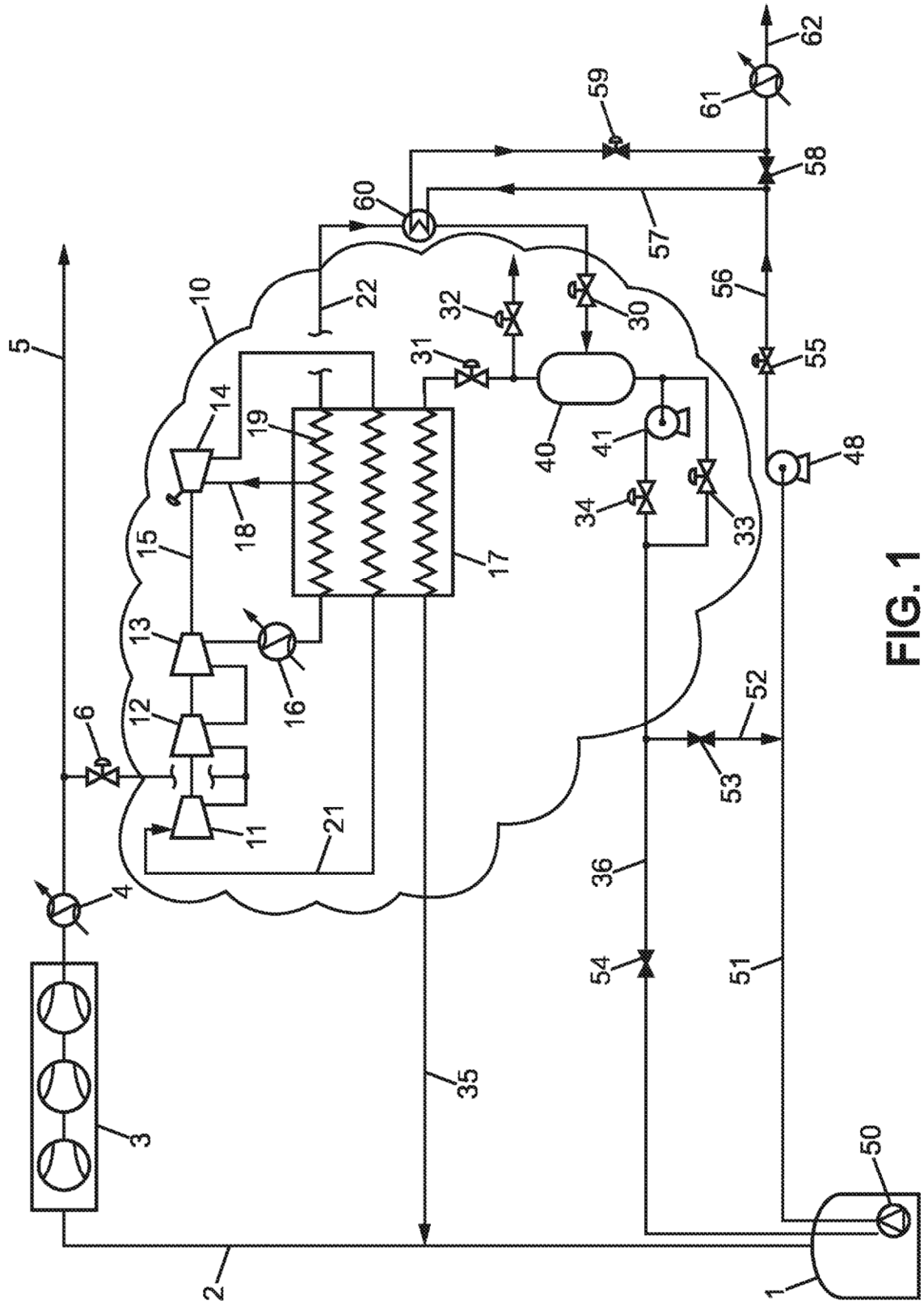


FIG. 1

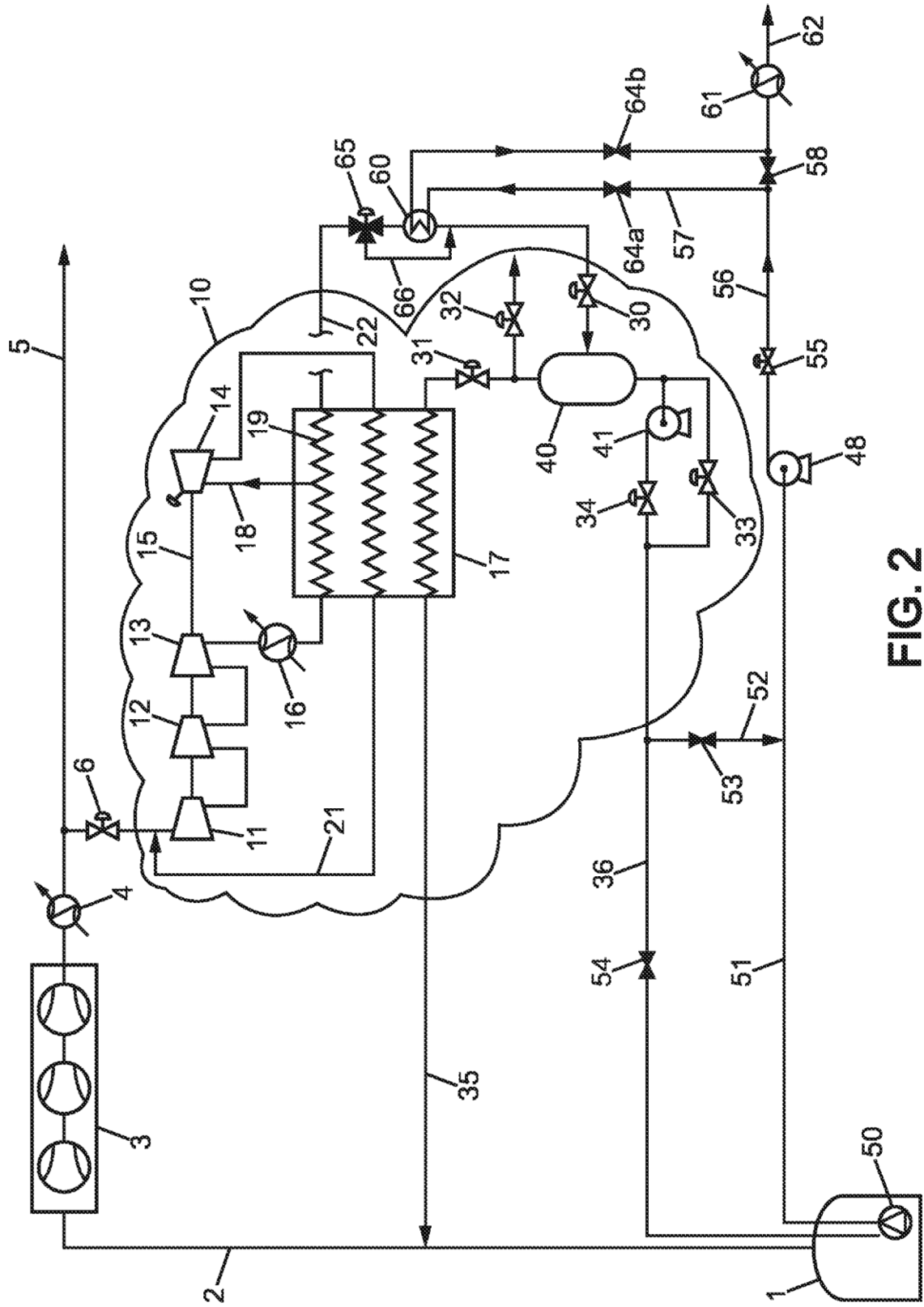


FIG. 2

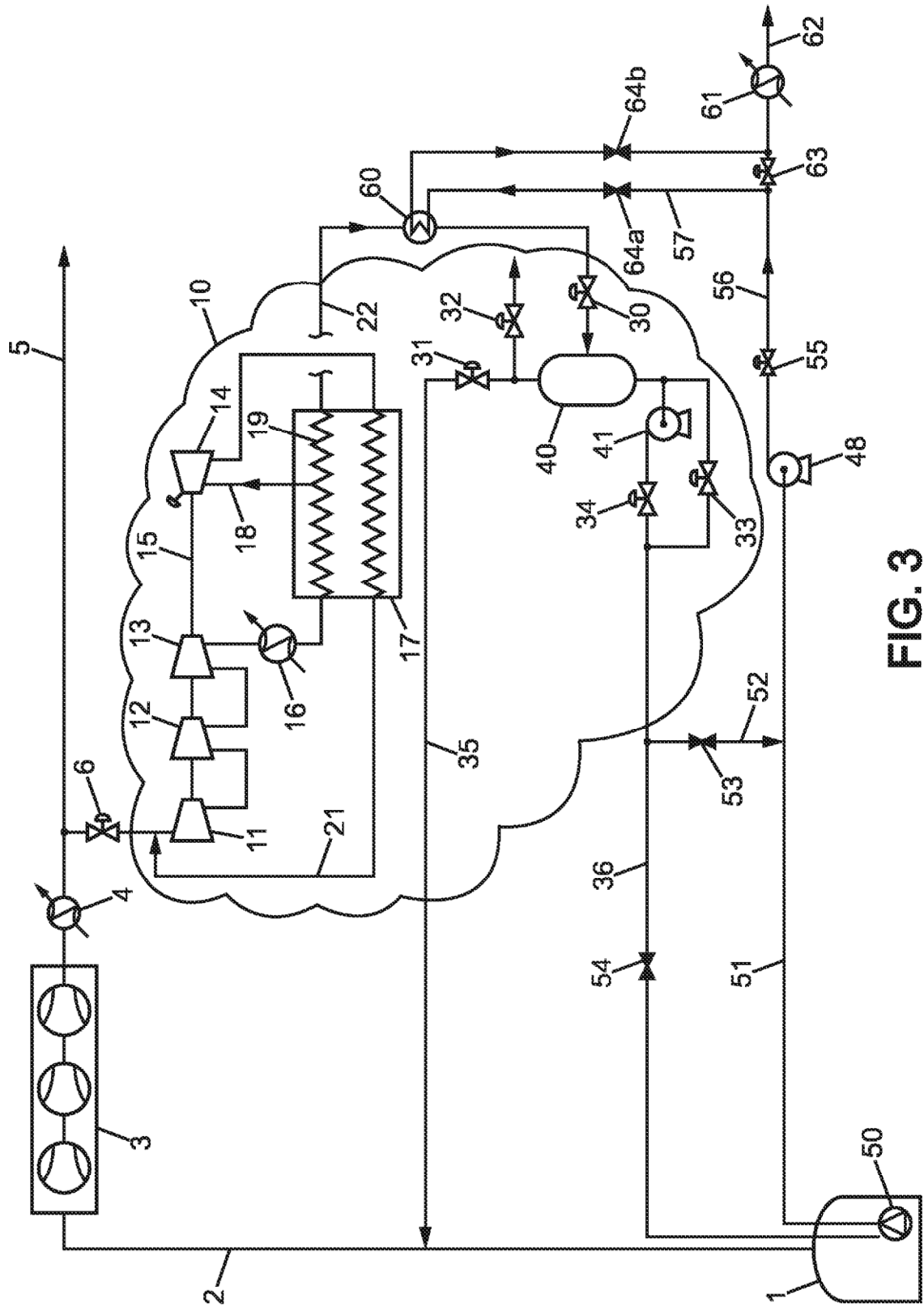


FIG. 3

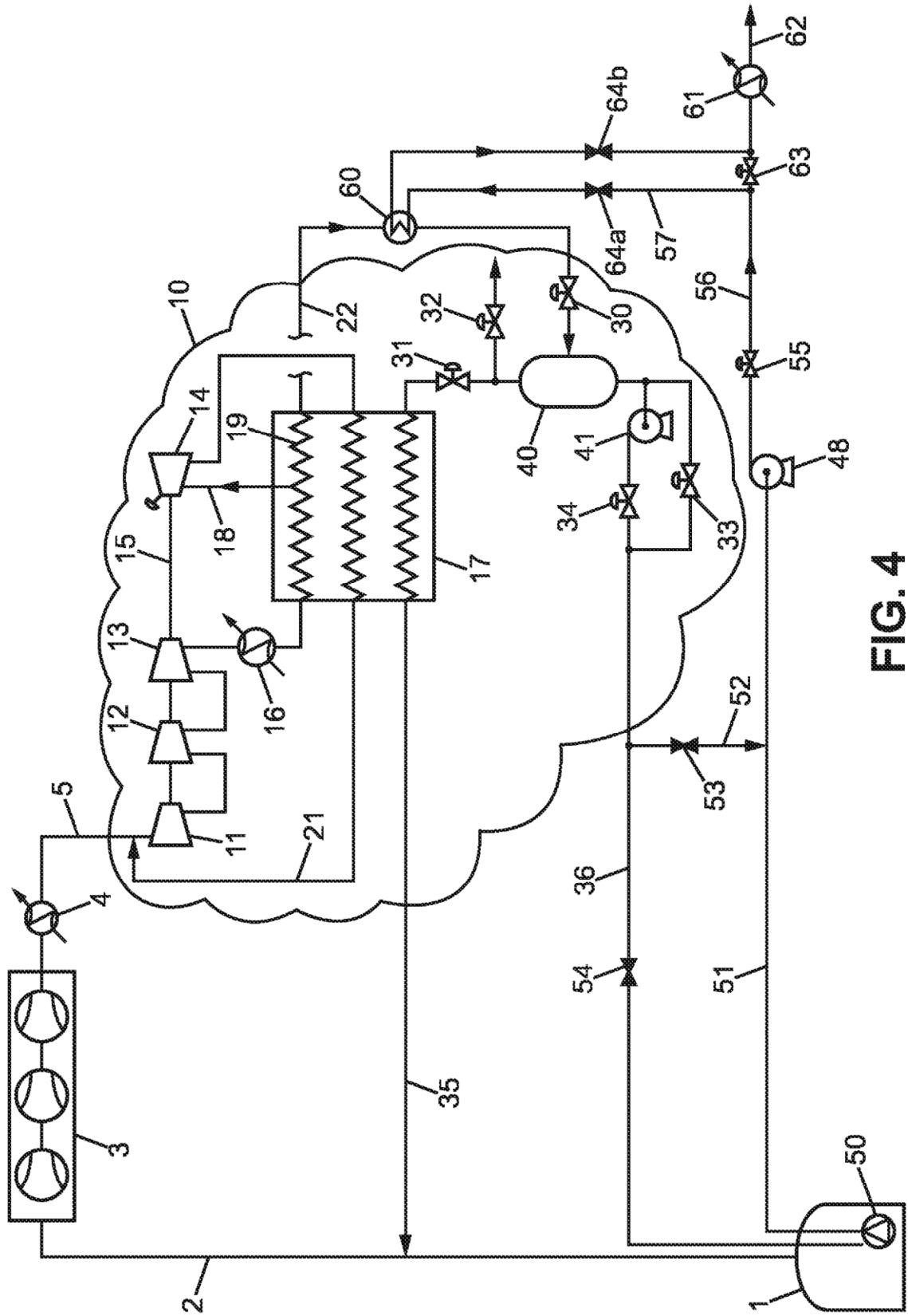


FIG. 4

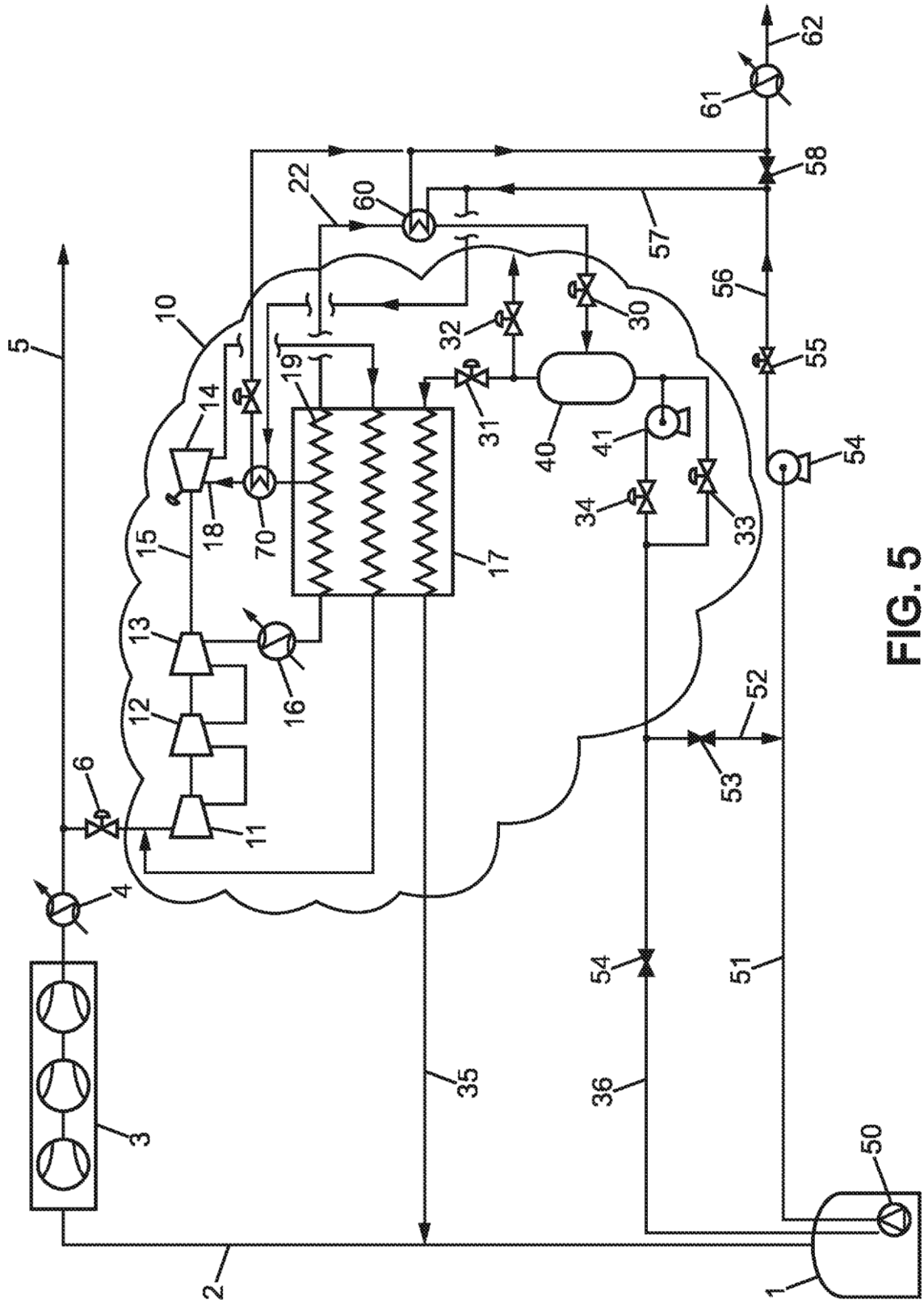


FIG. 5

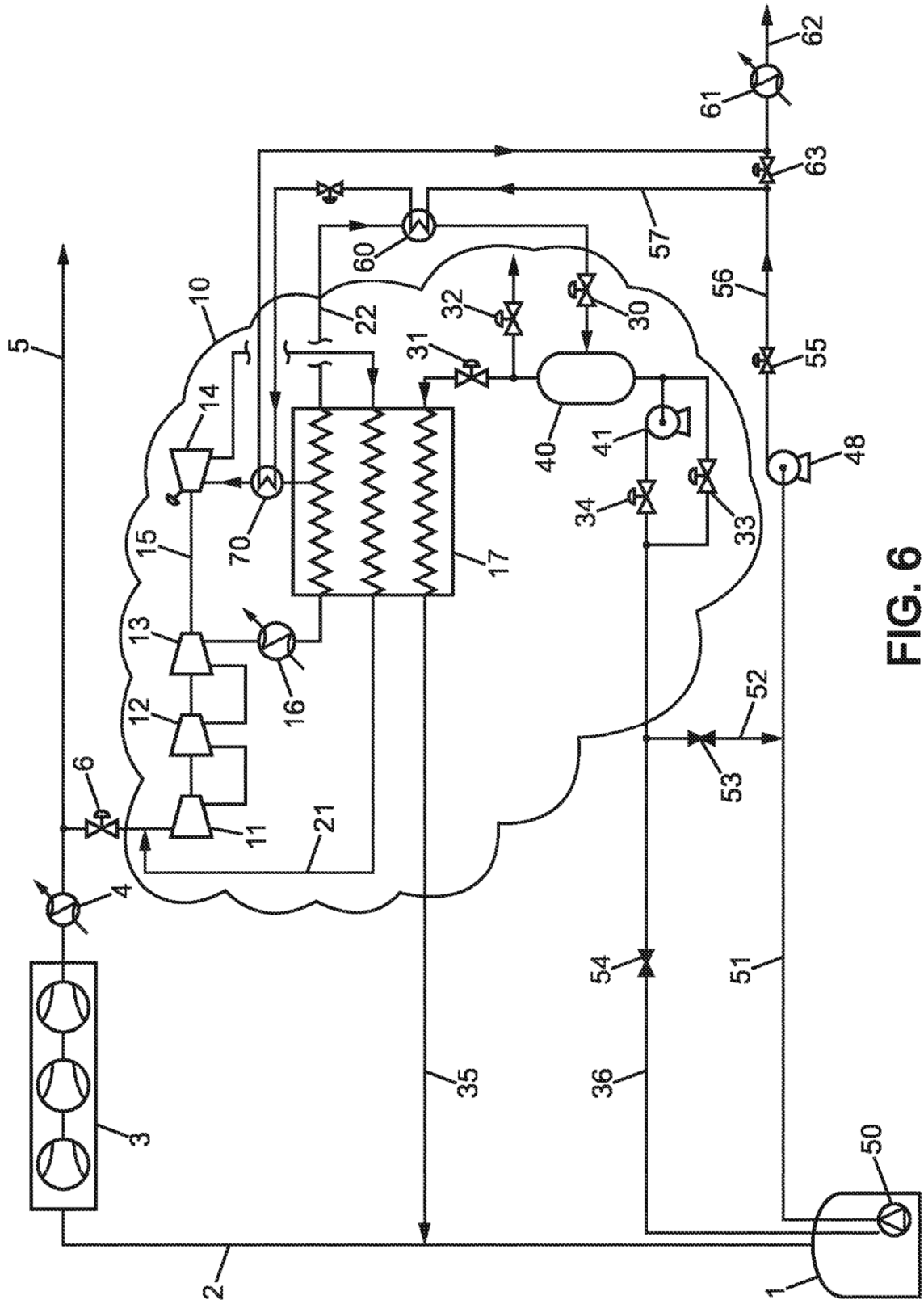


FIG. 6

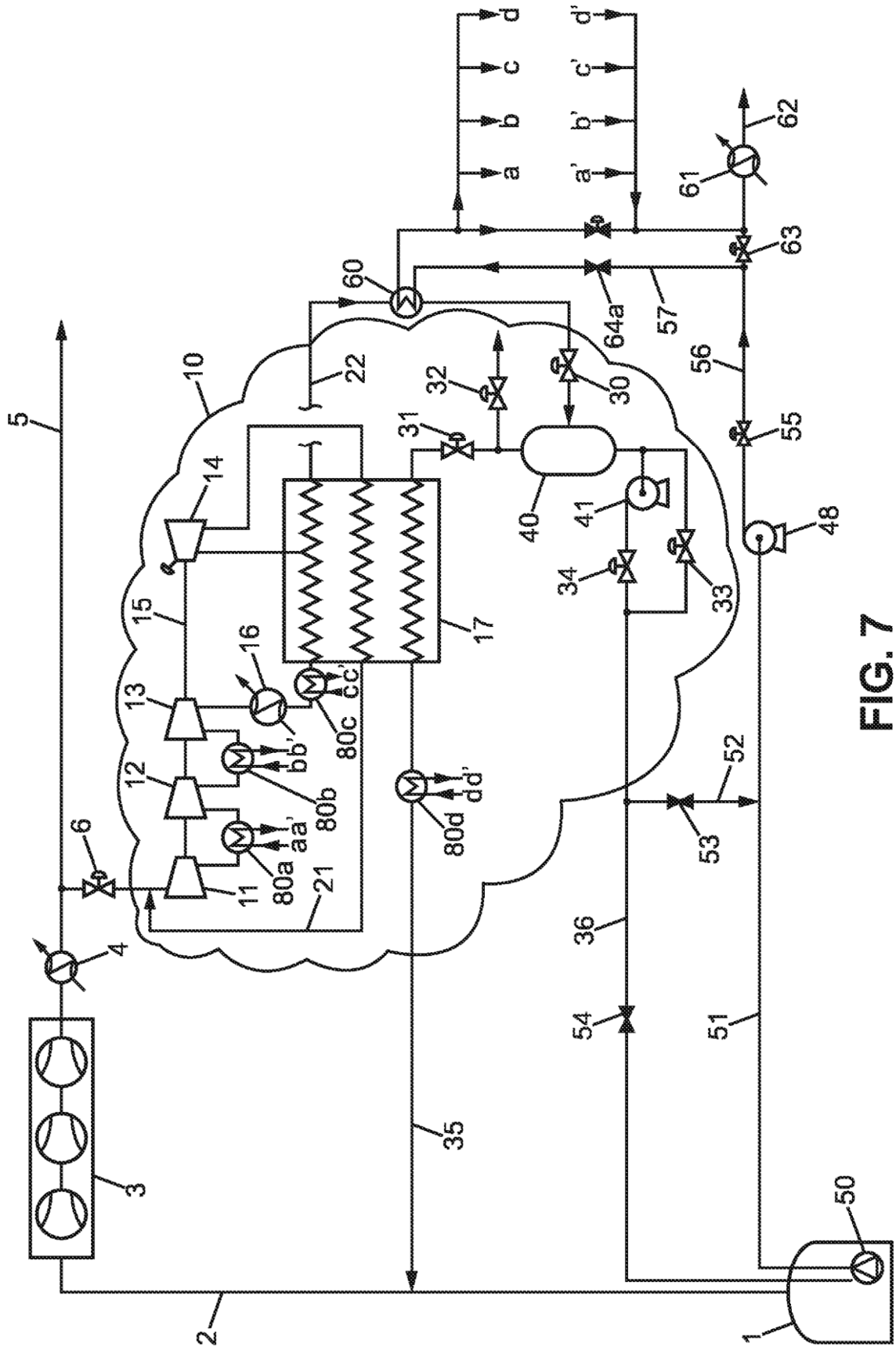


FIG. 7

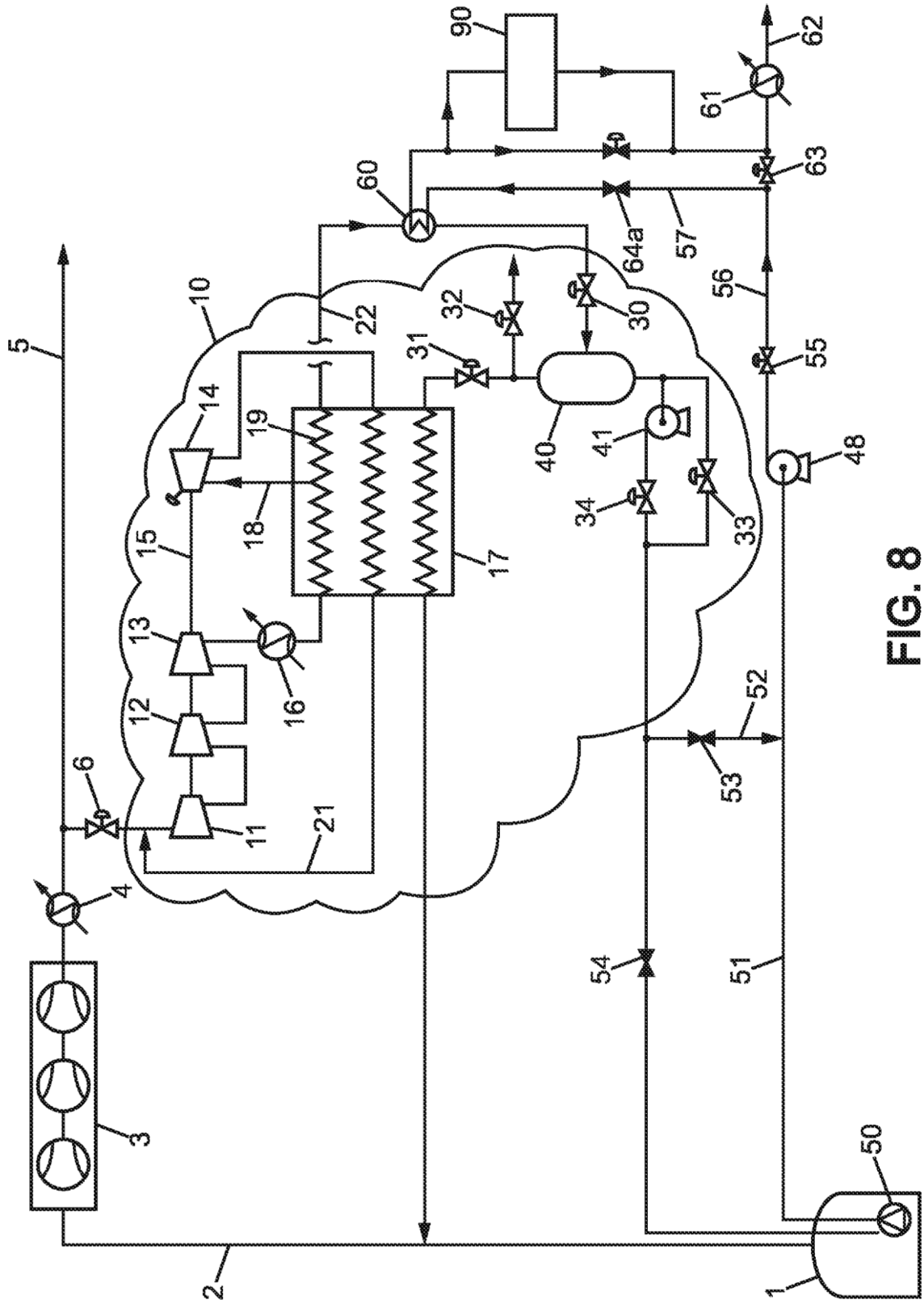


FIG. 8