

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 895 679**

51 Int. Cl.:

F01K 7/38 (2006.01)

F01K 7/44 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.10.2018 PCT/EP2018/079128**

87 Fecha y número de publicación internacional: **31.05.2019 WO19101461**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.10.2018 E 18800504 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.07.2021 EP 3662145**

54 Título: **Procedimiento optimizado para la generación de electricidad durante la regasificación de un fluido mediante una expansión de presión supercrítica**

30 Prioridad:

27.11.2017 EP 17203813

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

22.02.2022

73 Titular/es:

**SIEMENS ENERGY GLOBAL GMBH & CO. KG
(100.0%)**

**Otto-Hahn-Ring 6
81739 München, DE**

72 Inventor/es:

HAAS, SEBASTIAN

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 895 679 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 optimizado para la generación de electricidad durante la regasificación de un fluido mediante una expansión de presión supercrítica

5 La presente invención hace referencia a un dispositivo para la generación de electricidad durante la regasificación, así como a un correspondiente procedimiento para la generación de electricidad.

En la construcción de centrales eléctricas, la tendencia es alejarse de la producción en las grandes centrales eléctricas de combustibles fósiles y dirigirse más hacia la generación de energía renovable como la eólica, fotovoltaica, etc. Además, la generación de energía descentralizada también juega un papel más importante.

10 Para cumplir con los requisitos de estabilidad de la red y seguridad del suministro, las soluciones de almacenamiento serán cada vez más importantes en el futuro. Además de los requisitos especiales de la respectiva aplicación, la atención se centra, como siempre, en la rentabilidad. El almacenamiento de energía debe ser duradero y estar disponible rápidamente, no contaminar el medio ambiente con sustancias tóxicas, ser independiente de las condiciones geográficas, tener un amplio rango de potencia, contenido energético y alta eficiencia e, idealmente, seguir siendo económico.

15 Una posibilidad consiste en el almacenamiento de energía en forma de aire líquido (por sus siglas en inglés: LAES = liquid air energy storage). La tecnología LAES aún se encuentra en la fase inicial y todavía parece ofrecer potencial para mejoras y mayores reducciones de costes. Brevemente resumido, el proceso LAES para un proceso de almacenamiento puro consta de un condensador de aire, un tanque para aire líquido y una unidad de reconversión en la cual el aire líquido se bombea a alta presión, se evapora y expande en una turbina con calentamiento intermedio en múltiples etapas. Para aumentar el nivel de eficiencia, el calor de compresión producido durante la licuación del aire se puede almacenar y utilizar en el ciclo de reconversión para llevar el aire a una temperatura más elevada antes del ingreso a la turbina.

De la misma forma, en el ciclo de reconversión, el "frío" que se produce durante la evaporación del aire se puede almacenar para minimizar el consumo de energía durante el ciclo de licuación.

25 También existen combinaciones de procesos LAES con otros procesos tales como, por ejemplo, los procesos de turbinas de gas. Además, el frío que de otro modo es desechado, por ejemplo, mediante evaporadores de gas natural licuado, se puede integrar ventajosamente en un proceso LAES. Lo mismo se aplica al calor residual de bajo valor de los procesos industriales, que aún se puede utilizar de manera económica debido a la baja temperatura de proceso más baja del proceso LAES.

30 Los compuestos orgánicos que se licuan como consecuencia del aire evaporado pueden denominarse como acumuladores de frío. Sobre todo, la reducción de los costes de inversión parece ser importante en la actualidad para alcanzar un avance comercial. El gas natural se licua con fines de transporte, para lo cual se requiere mucha energía. En las terminales de GNL - siglas de gas natural licuado-, el gas natural licuado (GNL) se presuriza, se evapora y se alimenta a una tubería.

35 Con el fin de aprovechar el potencial del frío existente en el gas natural licuado para generar electricidad y recuperar parte de la energía utilizada para la licuación, hasta ahora sólo han existido procedimientos que ofrecen baja eficiencia y/o que resultan costosos y complejos. Como regla general, se utilizan procesos que requieren medios de trabajo adicionales y comprenden numerosos componentes. La disponibilidad es reducida y la complejidad es aún mayor.

40 La solicitud US 2010/154471 A1 revela un sistema del estado del arte, en el cual la electricidad se genera mediante regasificación de gas natural licuado.

El objeto de la presente invención consiste en proporcionar un dispositivo y un procedimiento para el almacenamiento y reconversión con alto nivel de eficiencia, y que al mismo tiempo también resulte económico, sencillo y fiable.

45 La presente invención resuelve el objeto en referencia a un dispositivo porque la misma prevé que en un dispositivo de esta clase para la generación de electricidad durante la regasificación, que comprende un tanque para un fluido criogénico, una primera bomba conectada al tanque a través de una primera línea y un primer intercambiador de calor conectado con la primera bomba a través de una segunda línea y un segundo intercambiador de calor conectado aguas abajo del primer intercambiador de calor, así como una primera turbina inmediatamente aguas abajo del segundo intercambiador de calor, de la primera turbina se derive una tercera línea y desemboque en el primer intercambiador de calor; y de este primer intercambiador de calor derive una cuarta línea y desemboque en la

segunda línea entre la primera bomba y el segundo intercambiador de calor; en donde una segunda bomba esté conectada en la cuarta línea.

5 En una forma de ejecución ventajosa, un tercer intercambiador de calor está conectado en la segunda línea y en la cuarta línea aguas arriba de la segunda bomba. Este tercer intercambiador de calor (recuperador) aumenta la potencia eléctrica alcanzable del dispositivo, aunque no es absolutamente necesario, por lo cual también se puede omitir para economizar costes de inversión. La línea eléctrica del dispositivo desciende aproximadamente un 1% cuando se omite el recuperador.

10 Resulta conveniente cuando una quinta línea deriva de la primera turbina y desemboca en una tubería. Alternativamente y dependiendo del medio utilizado, también es concebible una cámara de combustión de turbina de gas, una cámara frigorífica o una descarga a la atmósfera después de una expansión posterior.

También resulta conveniente cuando se conecta un cuarto intercambiador de calor en la quinta línea.

15 Cuando la presión de la tubería requerida debe ser menor que la presión de expansión supercrítica necesaria, el flujo que va a la tubería se puede expandir al nivel de la presión de la tubería en una etapa de turbina adicional. En este caso, una segunda turbina está conectada en la quinta línea y el cuarto intercambiador de calor estaría dispuesto entonces aguas abajo de la segunda turbina.

En este caso, el calentamiento puede tener lugar antes de la última etapa de expansión. Es decir, resulta conveniente cuando un quinto intercambiador de calor está dispuesto aguas arriba de la segunda turbina en la quinta línea.

20 En una forma de ejecución alternativa y ventajosa, el primer intercambiador de calor, el tercer intercambiador de calor y el punto de alimentación de la cuarta línea a la segunda línea están integrados en un componente.

En una forma de ejecución preferida de la presente invención, el tanque contiene gas licuado (GNL). Pero también son posibles fluidos como aire líquido, nitrógeno líquido, oxígeno líquido o argón líquido.

25 La idea básica de la presente invención consiste en que, por ejemplo, el gas natural se expande como medio de trabajo en la turbina a una presión supercrítica. De esta manera, resulta posible recuperar un gran flujo parcial, bombear bajo presión y absorber calor del ambiente y/u otros procesos antes de la expansión en la turbina. Por tanto, la potencia eléctrica se puede incrementar con costes muy reducidos. El retorno del flujo parcial a una bomba que trabaja con un consumo de energía suficientemente bajo sólo es posible a través de la expansión supercrítica, ya que por el hecho de que los dos flujos de material en el intercambiador de calor gas natural-gas natural muestran una curva de temperatura similar, se crean pequeños gradientes y así se consigue una buena transferencia de calor.
30 De esta manera, la temperatura de entrada de la bomba es suficientemente baja y la salida de la bomba es correspondientemente reducida.

35 Por lo tanto, el objeto en referencia a un procedimiento se resuelve mediante un procedimiento para la generación de electricidad en el cual un fluido se lleva a una primera presión y así se genera un flujo de alta presión, dicho flujo de alta presión se combina con un segundo flujo de fluido, que es mayor que el flujo de alta presión, y el flujo de fluido total resultante es conducido a un primer intercambiador de calor, en el cual el flujo total de fluido es calentado por el segundo flujo de fluido; en donde a continuación el flujo total de fluido calentado se calienta más en un segundo intercambiador de calor mediante la introducción de calor ambiental y/o calor residual de otros procesos y el flujo de fluido total calentado adicionalmente en una primera turbina se expande a una presión más baja, pero supercrítica; en donde el flujo de fluido total que sale de la primera turbina se divide en el segundo flujo de fluido y en un tercer flujo de fluido menor y el segundo flujo de fluido, después de haber liberado calor al flujo de fluido total, se lleva al nivel de presión del flujo de alta presión.
40

Aquí resulta ventajoso cuando el segundo flujo de fluido, antes de ser llevado al nivel de presión del flujo de alta presión, se enfría aún más mediante un tercer intercambiador de calor, en donde el flujo de alta presión se calienta.

45 El fluido se extrae convenientemente de un tanque. Finalmente, el proceso hace referencia a la regasificación de medios líquidos que se almacenan en tanques.

Resulta ventajoso cuando el fluido extraído del depósito se lleva a una presión superior a 150 bar mediante una primera bomba.

Resulta ventajoso cuando el calentamiento adicional conduce a una temperatura de entrada de la turbina lo más elevada posible. Cuando solo se dispone de calor ambiental, resulta ventajoso cuando el calentamiento adicional se

acerca lo más posible a la temperatura ambiente, al menos 5° C por debajo de la temperatura ambiente. Resulta ventajoso cuando el calor ambiental se toma del aire o del agua del mar.

También resulta ventajoso cuando la presión inferior, aunque supercrítica es superior a 70 bares. Las ventajas de la expansión supercrítica ya han sido mencionadas anteriormente.

5 Un posible uso conveniente del tercer flujo de fluido es alimentarlo a una tubería para su uso posterior, por ejemplo, cuando el fluido extraído del tanque consiste en gas natural licuado. Sin embargo, en el procedimiento conforme a la invención también se pueden utilizar otros fluidos, tales como aire líquido, nitrógeno líquido, oxígeno líquido o argón líquido.

10 Para mejorar aún más el nivel de rendimiento, puede resultar ventajoso cuando en la primera turbina tiene lugar una expansión y un calentamiento intermedio en múltiples etapas.

La presente invención ofrece las siguientes ventajas:

- El nivel de rendimiento es comparativamente elevado.

- Es un concepto muy sencillo. Con un esfuerzo reducido se puede crear un control y una automatización robustos.

15 - Debido al reducido número de componentes y máquinas, es posible una gran flexibilidad operativa. Los cambios rápidos de carga tampoco presentan un problema importante.

- Aparte del fluido en sí (por ejemplo, gas natural), no se requiere ningún medio de trabajo adicional.

- A causa de la baja complejidad, el nuevo procedimiento ofrece una baja susceptibilidad a errores y, en consecuencia, una alta disponibilidad, lo que es muy importante para la aceptación del cliente.

20 - A diferencia de otros procedimientos tratados teóricamente en la literatura, no se requiere ningún esfuerzo para el nuevo desarrollo de componentes.

- Debido a la gran cantidad de calor transferido entre los, por ejemplo, flujos de gas natural, la temperatura del gas natural, que todavía debe ser calentado por el calor ambiental, ya es lo suficientemente alta. Esto ofrece como resultado intercambiadores de calor más rentables, ya que la congelación del agua de mar o la congelación de la humedad del aire causan en este caso muchos menos problemas.

25 Tanto para terminales de GNL planificadas como para terminales ya existentes se pueden ofrecer soluciones completas para la modernización para la generación de energía durante la regasificación.

Desde el punto de vista del cliente, existe la posibilidad de reducir significativamente los costes operativos con costes de inversión gestionables, ya que con la nueva solución se pueden reducir los propios requisitos y posiblemente incluso sea posible inyectar a la red el exceso de electricidad.

30 En comparación con las soluciones de regasificación convencionales, en las cuales parte del gas natural se quema para la evaporación, la rentabilidad aumenta significativamente, ya que la corriente total ahora se puede inyectar en la tubería y a la vez se produce electricidad.

La presente invención se explica en detalle, a modo de ejemplo, mediante los dibujos. Las figuras muestran de manera esquemática y no a escala:

35 Figura 1: un circuito básico para el proceso de generación de energía conforme a la invención.

Figura 2: un circuito para reducir la presión de la tubería.

Figura 3: un circuito para la optimización de costes al eliminar el recuperador.

Figura 4: una ejecución con intercambiador de calor integrado.

Figura 5: un diagrama de operaciones para el procedimiento conforme a la invención.

40 La figura 1 muestra esquemáticamente y a modo de ejemplo el circuito básico del dispositivo 1 para la generación de electricidad durante la regasificación de acuerdo con la invención. El dispositivo 1 comprende un tanque 2 para un

- 5 fluido criogénico, preferentemente, gas natural líquido (GNL), aunque también son posibles aire líquido, nitrógeno líquido, oxígeno líquido o argón líquido. Una primera bomba 4 está conectada con el tanque 6 a través de una primera línea 3. Una segunda línea 5 conecta la primera bomba 4 con un primer intercambiador de calor 6, al cual está conectado aguas abajo un segundo intercambiador de calor 7, que, a su vez, está conectado con una primera turbina 8 dispuesta aguas abajo. De acuerdo con la invención, una tercera línea 9 se deriva de la primera turbina 8 y desemboca en el primer intercambiador de calor 6, desde el cual se deriva una cuarta línea 10 y desemboca en la segunda línea 5.
- En esta cuarta línea 10 está conectada una segunda bomba 11 así como, aguas arriba de la segunda bomba 11, un tercer intercambiador de calor 12. El tercer intercambiador de calor 12 también está conectado a la segunda línea 5.
- 10 En el ejemplo de ejecución de la figura 1, una quinta línea 13 deriva de la primera turbina 8 y desemboca en una tubería 14. Además, un cuarto intercambiador de calor 15 está conectado a la quinta línea 13.
- El circuito de la figura 2 está optimizado para una presión de tubería más baja. En este caso, una segunda turbina 16 está conectada en la quinta línea 13; en donde el cuarto intercambiador de calor 15 está dispuesto aguas abajo de la segunda turbina 16. Además, un quinto intercambiador de calor 17 está dispuesto aguas arriba de la segunda
- 15 turbina 16 en la quinta línea 13.
- El ejemplo de ejecución de la figura 3 sirve para optimizar costes. Se omite el tercer intercambiador de calor 12 en la línea 10. El fluido llega directamente desde el primer intercambiador de calor 6 a la segunda bomba 11 antes de retornar la segunda línea 5.
- 20 Finalmente, la figura 4 muestra una ejecución con un intercambiador de calor integrado 18, es decir, el primer intercambiador de calor 6, el tercer intercambiador de calor 12 y el punto de alimentación 19 de la cuarta línea 10 a la segunda línea 5 están integrados en un componente.
- La figura 5 muestra un diagrama del procedimiento para la generación de electricidad. En un primer paso 101, el fluido (aire líquido, gas natural líquido, nitrógeno líquido, oxígeno líquido o argón líquido) se extrae de un tanque 2.
- 25 En un segundo paso 102, el fluido extraído del tanque 2 se lleva a una primera presión generando así un flujo de alta presión. Dicha presión es superior a 150 bares.
- En un tercer paso 103, este flujo de alta presión se combina con un segundo flujo de fluido que es mayor que el flujo de alta presión.
- En un cuarto paso 104, el flujo total de fluido resultante se suministra a un primer intercambiador de calor 6, en el cual el flujo total de fluido es calentado por el segundo flujo de fluido.
- 30 En un quinto paso 105, el flujo total de fluido calentado se calienta más en un segundo intercambiador de calor 7 introduciendo calor ambiental y/o calor residual de otros procesos. En el caso del calor ambiental, esto se puede realizar a través de aire o, por ejemplo, con agua de mar y la temperatura alcanzable debe ser lo más cercana posible a la temperatura ambiente. La temperatura alcanzable depende de la temperatura del intercambiador de calor utilizado. La temperatura objetivo debería ser lo más alta posible, en cualquier caso, no más de 5° C por debajo
- 35 de la temperatura ambiente
- En un sexto paso 106, el flujo total de fluido calentado adicionalmente se expande en una primera turbina 8 a una presión más baja, pero supercrítica. Dicha presión inferior es por lo general superior a 70 bares.
- Los pasos cinco 105 y seis 106 se pueden repetir dependiendo de la forma de ejecución, de manera que en la primera turbina 8 tenga lugar una expansión y un calentamiento intermedio en múltiples etapas.
- 40 En un séptimo paso 107, el flujo total de fluido que sale de la primera turbina 8 se divide en el segundo flujo de fluido y un tercer flujo de fluido menor.
- En un octavo paso 108, el segundo flujo de fluido libera calor al flujo de fluido total.
- En un noveno paso 109, el segundo flujo de fluido se lleva al nivel de presión del flujo de alta presión antes de fusionarse con él (paso 3).
- 45 En un décimo paso 110, la tercera corriente de fluido se alimenta a una tubería 14.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Dispositivo (1) para la generación de electricidad durante la regasificación, que comprende un tanque (2) para un fluido criogénico, una primera bomba (4) conectada al tanque (2) a través de una primera línea (3) y un primer intercambiador de calor (6) conectado con la primera bomba (4) a través de una segunda línea (5) y un segundo intercambiador de calor (7) conectado aguas abajo del primer intercambiador de calor (6), así como una primera turbina (8) inmediatamente aguas abajo del segundo intercambiador de calor (7); en donde de la primera turbina (8) se deriva una tercera línea (9) y desemboca en el primer intercambiador de calor (6), caracterizado porque de este primer intercambiador de calor (6) deriva una cuarta línea (10) y desemboca en la segunda línea (5) entre la primera bomba (4) y el segundo intercambiador de calor (7); en donde una segunda bomba (11) está conectada en la cuarta línea (10).
- 10 2. Dispositivo (1) según la reivindicación 1, en donde un tercer intercambiador de calor (12) está conectado en la segunda línea (5) y en la cuarta línea (10) aguas arriba de la segunda bomba (11).
3. Dispositivo (1) según una de las reivindicaciones 1 ó 2, en donde una quinta línea (13) deriva de la primera turbina (8) y desemboca en una tubería (14).
- 15 4. Dispositivo (1) según la reivindicación 3, en donde un cuarto intercambiador de calor (15) está conectado en la quinta línea (13).
5. Dispositivo (1) según la reivindicación 4, en donde una segunda turbina (16) está conectada en la quinta línea (13) y el cuarto intercambiador de calor (15) está dispuesto aguas abajo de la segunda turbina (16).
- 20 6. Dispositivo (1) según la reivindicación 5, en donde un quinto intercambiador de calor (17) está dispuesto aguas arriba de la segunda turbina (16) en la quinta línea (13).
7. Dispositivo (1) según la reivindicación 2, en donde el primer intercambiador de calor (6), el tercer intercambiador de calor (12) y el punto de alimentación (19) de la cuarta línea (10) a la segunda línea (5) están dispuestos en un intercambiador de calor integrado (18).
- 25 8. Dispositivo (1) según una de las reivindicaciones precedente, en donde el depósito (2) contiene gas natural licuado (GNL).
- 30 9. Procedimiento para la generación de electricidad en el cual un fluido se lleva a una primera presión y así se genera un flujo de alta presión, dicho flujo de alta presión se combina con un segundo flujo de fluido, que es mayor que el flujo de alta presión, y el flujo de fluido total resultante es conducido a un primer intercambiador de calor (6), en el cual el flujo total de fluido es calentado por el segundo flujo de fluido; en donde a continuación el flujo total de fluido calentado se calienta más en un segundo intercambiador de calor (7) mediante la introducción de calor ambiental y/o calor residual de otros procesos y el flujo de fluido total calentado adicionalmente en una primera turbina (8) se expande a una presión más baja, pero supercrítica; en donde el flujo de fluido total que sale de la primera turbina (8) se divide en el segundo flujo de fluido y en un tercer flujo de fluido menor y el segundo flujo de fluido, después de haber liberado calor al flujo de fluido total, se lleva al nivel de presión del flujo de alta presión.
- 35 10. Procedimiento según la reivindicación 9, en donde el segundo flujo de fluido, antes de ser llevado al nivel de presión del flujo de alta presión, se enfría aún más mediante un tercer intercambiador de calor (12), en donde el flujo de alta presión se calienta.
11. Procedimiento según una de las reivindicaciones 9 ó 10, en donde el fluido se extrae de un depósito (2).
- 40 12. Procedimiento según la reivindicación 11, en donde el fluido extraído del depósito (2) se lleva a una presión superior a 150 bar mediante una primera bomba (4).
13. Procedimiento según una de las reivindicaciones 9 a 12, en donde el calor ambiental se extrae del aire o del agua de mar.
14. Procedimiento según una de las reivindicaciones 9 a 13, en donde el calentamiento adicional se realiza al menos hasta 5° C por debajo de la temperatura ambiente.
- 45 15. Procedimiento según una de las reivindicaciones 9 a 14, en donde la presión inferior, aunque supercrítica es superior a 70 bares.

16. Procedimiento según una de las reivindicaciones 9 a 15, en donde la tercera corriente de fluido se alimenta a una tubería (14).
17. Procedimiento según una de las reivindicaciones 9 a 16, en donde en la primera turbina (8) tiene lugar una expansión y un calentamiento intermedio en múltiples etapas.
- 5 18. Procedimiento según una de las reivindicaciones 11 a 17, en donde el fluido extraído del tanque es aire líquido, gas natural líquido, nitrógeno líquido, oxígeno líquido o argón líquido.

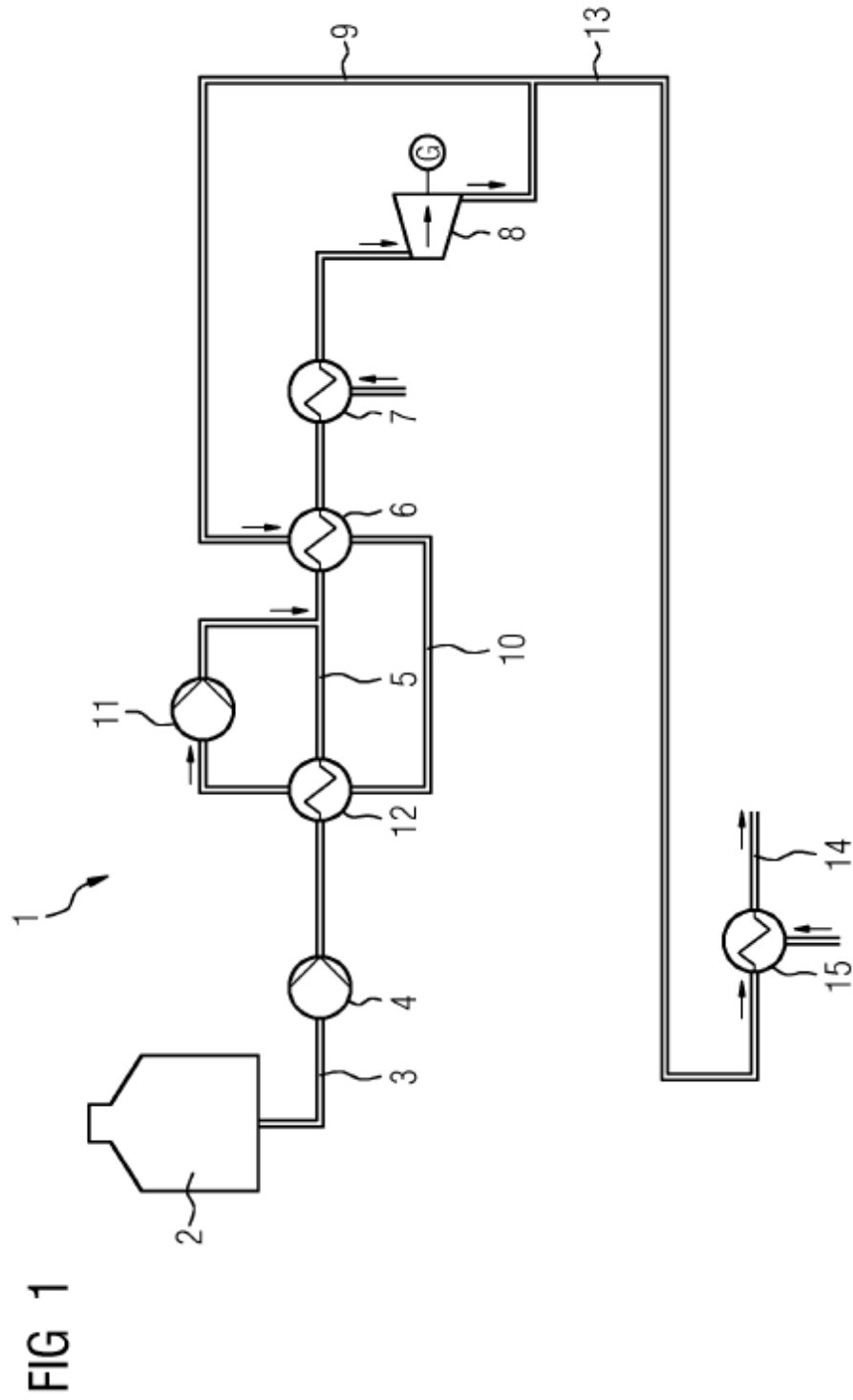


FIG 2

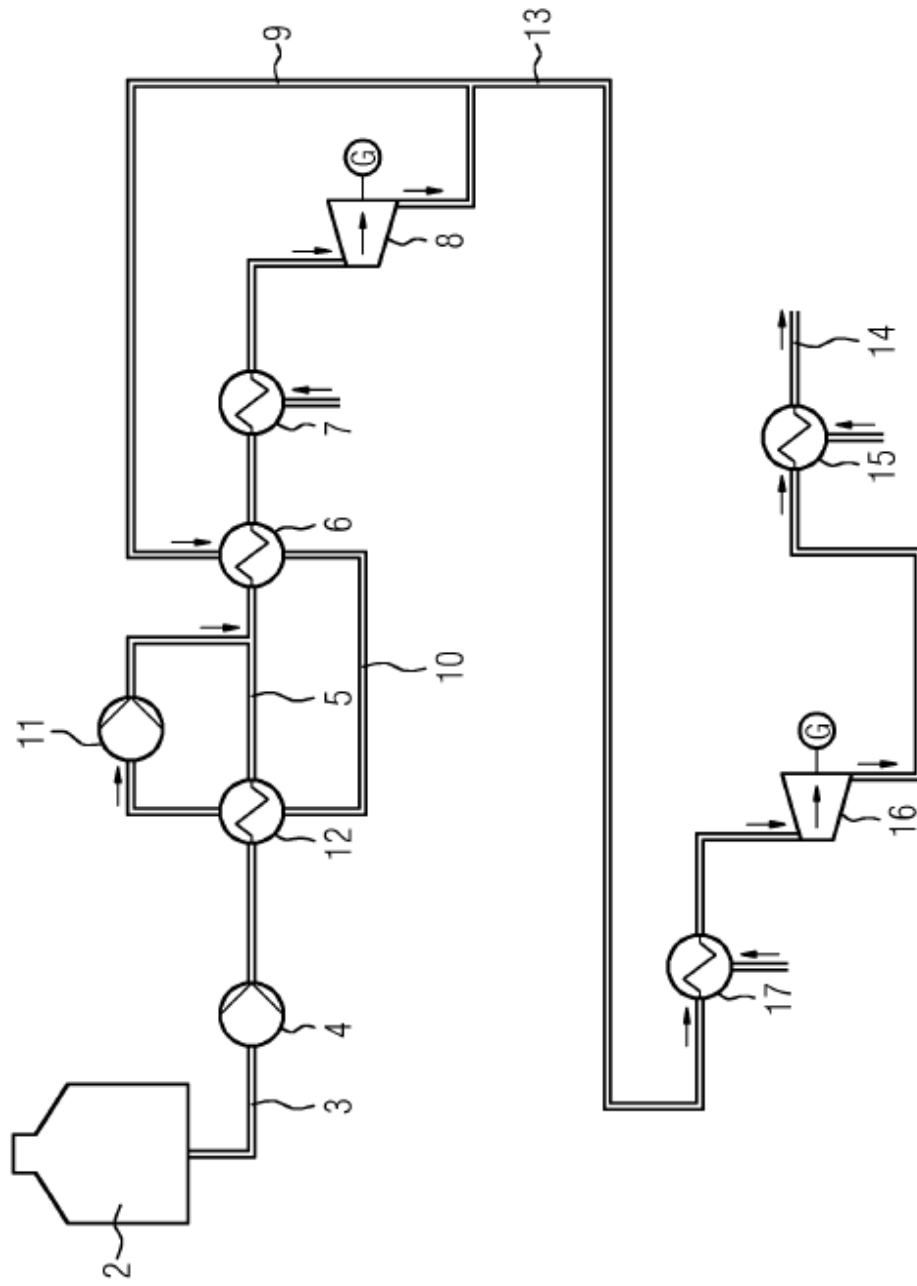
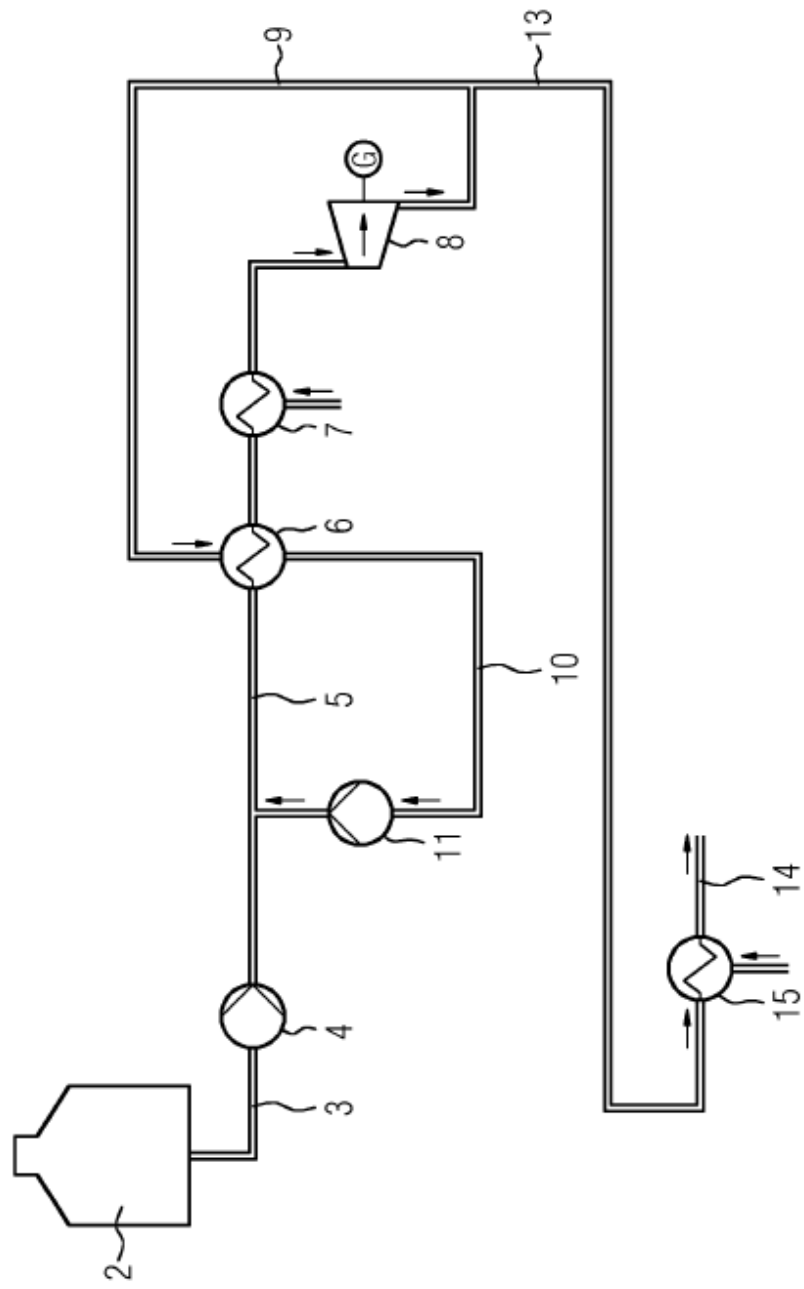


FIG 3



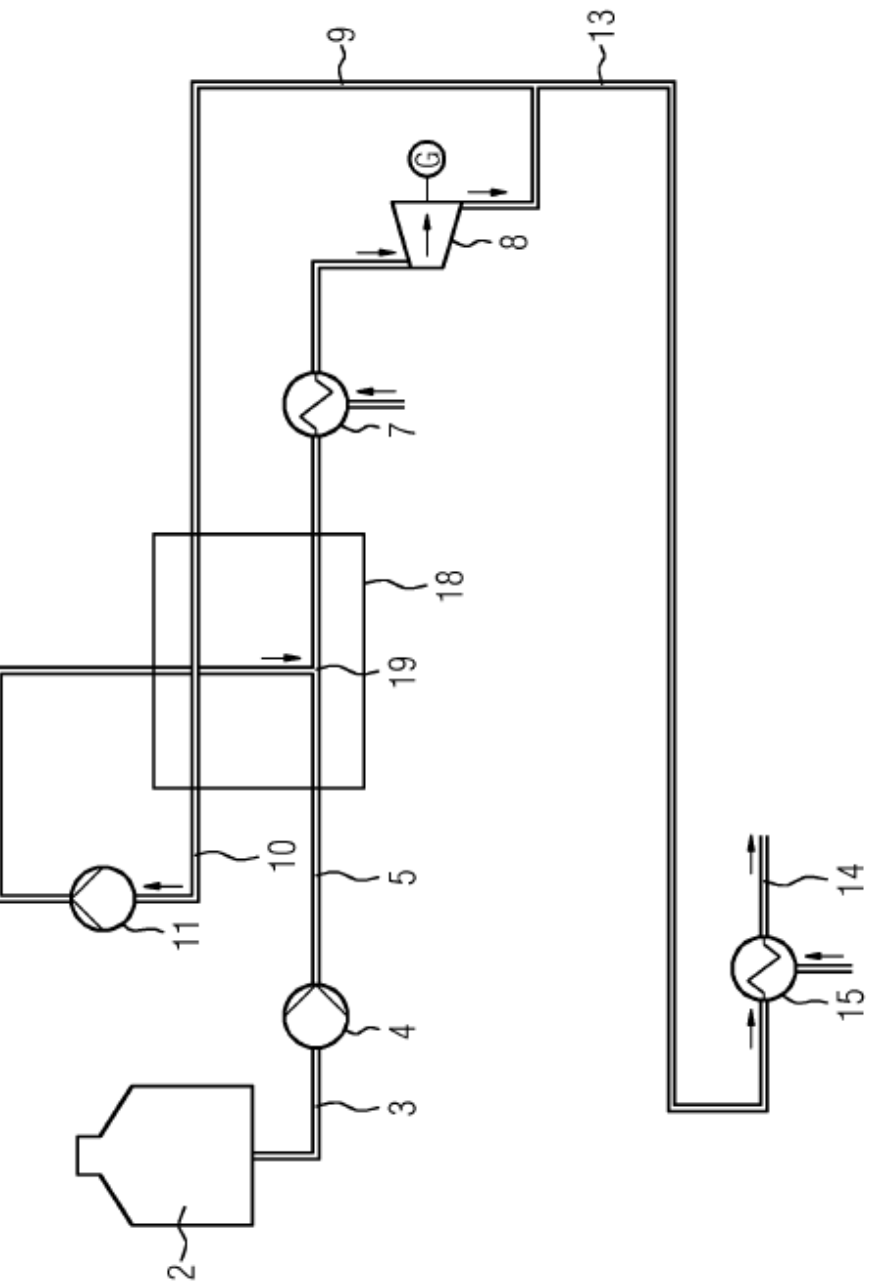


FIG 4

FIG 5

