

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 711 564**

51 Int. Cl.:

F25J 1/00 (2006.01)

F25J 1/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.03.2016 E 16718459 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.11.2018 EP 3271671**

54 Título: **Planta para la licuación de nitrógeno utilizando la recuperación de las frigorías derivadas de la evaporación de gas natural licuado**

30 Prioridad:

17.03.2015 IT BG20150018

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

06.05.2019

73 Titular/es:

**SIAD MACCHINE IMPIANTI S.P.A. (100.0%)
Via Canovine, 2/4
24126 Bergamo, IT**

72 Inventor/es:

**GRITTI, PIERLUIGI;
BIGI, ALESSANDRO y
MASSERDOTTI, FABIO DANIELE**

74 Agente/Representante:

CURELL SUÑOL, S.L.P.

ES 2 711 564 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

- 5 Planta para la licuación de nitrógeno utilizando la recuperación de las frigorías derivadas de la evaporación de gas natural licuado.
- La presente invención se refiere a una planta y a un procedimiento para la licuación de nitrógeno utilizando la recuperación de las frigorías derivadas de la evaporación de gas natural licuado.
- 10 Para poder transportar la cantidad máxima de gas natural, el gas natural se transporta en forma líquida, manteniéndolo a temperaturas criogénicas.
- Para volver a la forma gaseosa, el gas natural debe vaporizarse y calentarse, y por tanto debe transferir sus frigorías a otro fluido.
- 15 La patente EP 1 469 265, del mismo solicitante, describe un procedimiento de esta clase. La patente US nº 2010/251763 A1 divulga un procedimiento para la licuación de nitrógeno utilizando la recuperación de las frigorías derivadas de la evaporación de gas natural licuado.
- 20 El objetivo de la presente invención es recuperar las frigorías derivadas de la evaporación de gas natural licuado para utilizarlas en la licuación de nitrógeno, al tiempo que se reduce el consumo de electricidad en el procedimiento de licuación de nitrógeno líquido, explotando las frigorías obtenidas a partir de la evaporación de gas natural líquido.
- 25 Un objetivo adicional es recuperar las frigorías derivadas de la evaporación de gas natural licuado para utilizarlas en la licuación de nitrógeno, lo que es más ventajoso que los procedimientos adoptados actualmente.
- Según la presente invención, estos y aún otros objetivos se alcanzan mediante un procedimiento según la reivindicación 1.
- 30 En las reivindicaciones dependientes, se describen unas características adicionales de la invención.
- Las ventajas de esta solución con respecto a soluciones conocidas en la técnica son diversas.
- 35 La presente planta presenta un consumo específico de menos de 0.1 kW/Nm³ de LIN para un licuefactor con una capacidad de 400 TPD, y por tanto, se obtiene una reducción del consumo específico para licuación de nitrógeno de alrededor del 80% con respecto al ciclo de licuación clásico que no utiliza la recuperación de las frigorías a partir de LNG, que normalmente presenta un consumo específico de 0.52 kW/Nm³ de LIN.
- 40 Asimismo, se obtiene una reducción del consumo de electricidad considerable con respecto a la patente EP 1 469 265 anteriormente mencionada, de hecho, la presente solución utiliza un compresor menos, ya que el nitrógeno que se licúa (procesado por el compresor de recirculación de alta presión) actúa como refrigerante y como producto de licuación. Como resultado de esto, el recirculador de alta presión de la patente anterior está integrado en el compresor que lleva el nitrógeno a la presión de licuación.
- 45 Además, esta sinergia deja intacta la condición de que el gas natural licuado no se utiliza nunca directamente para enfriar el gas procesado por los compresores.
- 50 Las características y las ventajas de la presente invención se pondrán de manifiesto a partir de la siguiente descripción detallada de una forma de realización práctica de la misma, ilustrada a modo de ejemplo no limitativo en el dibujo adjunto, en el que:
- la figura 1 muestra una forma de realización para la licuación de nitrógeno utilizando la recuperación de las frigorías derivadas de la evaporación de gas natural licuado según la presente invención.
- 55 Haciendo referencia a la figura adjunta, una planta para la licuación de nitrógeno que utiliza la recuperación de las frigorías derivadas de la evaporación de gas natural licuado según la presente invención recibe el nitrógeno gaseoso que va a licuarse a una presión de 10 bar y a la temperatura ambiental de 15°C, mientras que el gas natural está a la temperatura de -156°C.
- 60 El flujo de nitrógeno 100 que va a licuarse se suministra a un preenfriador 101.
- El flujo 102 de nitrógeno preenfriado se combina con el flujo 103 de gas recirculante que viene de la turbina 104 y con el flujo 105 de gas frío recuperado de la recirculación a baja presión que se combinan en el colector de nitrógeno frío 106 a una presión de 10 bar y a una temperatura de -110°C.
- 65 El flujo 107 que sale del colector 106 es enviado al intercambiador de calor 108 del compresor de recirculación

ES 2 711 564 T3

de alta presión para enfriarse adicionalmente a -145°C .

El flujo 110 que sale del intercambiador de calor 108 se combina, en el colector 113, con el flujo 111 de gas instantáneo (-165°C) que viene del separador a media presión 112.

5 El flujo 114 que sale del colector 113 es comprimido en el primer estadio 115 del compresor de recirculación de alta presión.

10 El flujo 116 que sale del primer estadio 115 es enfriado en el intercambiador de calor 108 y enviado al segundo estadio 117 del compresor de recirculación de alta presión, retirando el calor de compresión, de forma que la succión de la máquina tiene lugar a la temperatura más baja posible (-150°C). De esta manera, el consumo de electricidad se reduce considerablemente a medida que la velocidad del flujo volumétrica que va a comprimirse es menor.

15 El flujo 120 de nitrógeno que sale del segundo estadio 117 del compresor de recirculación de alta presión está a una presión de alrededor de 40 bar tal como para licuar el nitrógeno (-154°C) como resultado del gas natural disponible (-156°C).

20 El flujo 120 que sale del segundo estadio 117 es enviado al intercambiador de calor de licuación 121.

El flujo 123 de gas natural entra, a contracorriente con respecto al nitrógeno, en el intercambiador de calor 121, a partir del cual sale el flujo 124. El gas natural es gasificado (hasta -125°C) y el nitrógeno es licuado a una temperatura unos pocos grados por encima de la temperatura del gas natural que entra.

25 El flujo 126 de nitrógeno líquido producido se divide en dos flujos.

Un primer flujo 127 (alrededor del 10% del total) es enviado al intercambiador de calor 128 del compresor de recirculación a baja presión para retirar el calor de compresión aguas abajo de cada estadio de compresión.

30 El nitrógeno, aún frío, véase el flujo 157, es inmediatamente recirculado a la turbina 104.

El segundo flujo 129 (el 90% restante) se divide de nuevo (aproximadamente por la mitad) en dos flujos 130 y 150.

35 Un flujo 130 es adicionalmente enfriado mediante una reducción de presión, mediante un expansor 131, hasta el valor de la presión de succión del compresor de recirculación de alta presión (alrededor de 10 bar), y alcanza el separador de presión media 112.

40 La fase líquida 132 es separada de la fase vapor 111 en el separador a media presión 112, recuperando el gas instantáneo frío 111 (alrededor del 25% de la velocidad de flujo que se expande a -165°C) directamente en el lado de succión del primer estadio (-150°C) del compresor de recirculación de alta presión 115.

45 El flujo 132 de nitrógeno líquido a una presión de equilibrio a 10 bar es adicionalmente enfriado mediante una reducción de presión, mediante un expansor 133, hasta el valor de presión de almacenamiento (la presión aguas abajo del expansor es la presión ambiental más la de la altura piezométrica de carga del tanque, provocando la gasificación del 25% del flujo 132 a una temperatura de equilibrio de -193°C).

50 El flujo que sale del expansor 133 es enviado a un separador de baja presión 136 en el que la fase líquida 134 se separa de la fase vapor 135.

La fase líquida 134 es enviada a almacenamiento, mientras que la fase vapor 135 es enviada al primer estadio 140 del compresor de recirculación a baja presión. El flujo 141 que sale del primer estadio 140 es enfriado en el intercambiador de calor 128 y enviado al segundo estadio 142 del compresor de recirculación a baja presión.

55 Los compresores de recirculación de baja presión y de alta presión presentan dos estadios y comprenden los intercambiadores de calor intermedios, respectivamente 128 y 108. El intercambiador de calor 128 debe considerarse opcional; de esta manera, el consumo de electricidad del compresor de recirculación a baja presión puede reducirse adicionalmente, dado que la velocidad de flujo volumétrica que va a comprimirse es más baja.

60 El flujo 143 que sale del segundo estadio 142 del compresor de recirculación a baja presión es enviado una vez más al intercambiador de calor 128. El flujo 105 que sale del intercambiador de calor 128 se envía al colector 106.

65 El otro flujo 150, que viene del segundo flujo 129, es enviado al intercambiador de calor 108 del compresor de recirculación de alta presión.

ES 2 711 564 T3

El flujo 151 que sale del intercambiador de calor 108, se divide en los dos flujos 152 y 153.

El flujo 152 es enviado al preenfriador 101, cuyo flujo 155 de salida se combina con el flujo 153 y con el flujo 157 que sale del intercambiador de calor 128, en relación con el flujo 127.

5 El flujo resultante 158 es adicionalmente enfriado por medio de una reducción de presión, mediante una turbina 104, que expande el flujo de entrada hasta la presión del gas preenfriado que va a licuarse (10 bar y -110°C).

La planta se ha dividido en bloques para facilitar la comprensión de la misma.

10 El bloque 200 recibe el nitrógeno que va a licuarse, y lleva a cabo el preenfriamiento.

El bloque 201 recibe el gas natural y lleva a cabo la licuación del nitrógeno.

15 El bloque 202 se utiliza para la producción de nitrógeno líquido.

El bloque 203 se utiliza para el subenfriamiento.

20 El bloque 204 se utiliza para la compresión y para recuperación de frigorías (temperatura).

El bloque 205 se utiliza para la recuperación de trabajo (presión).

25 El bloque 203 es opcional, ya que, si se requiere el almacenamiento de nitrógeno líquido a la misma presión que el flujo 100 (gas nitrógeno de entrada), no están instalados el separador de baja presión 136, el compresor de recirculación a baja presión 140 y 142, ni el intercambiador de calor 128, ya que no se requiere subenfriamiento.

Cuando entra en el bloque 203 el nitrógeno líquido está a la presión igual al flujo 100 (gas nitrógeno de entrada) y por tanto, el flujo 132 es directamente enviado a almacenamiento.

30 Aunque se mantenga el bloque 203 en la planta, el intercambiador de calor 128 del compresor de recirculación a baja presión también es opcional: este intercambiador de calor 128 se instala sólo si el compresor de recirculación a baja presión 140, 142 presenta una capacidad lo suficientemente grande para compensar el coste de instalación del intercambiador de calor 128 con la ganancia de energía que se deriva del interenfriamiento de las etapas de compresión.

35 El bloque 200 también es opcional, ya que si el nitrógeno no se preenfriaba se pierde la carga calorífica más fría en la entrada del intercambiador de calor de recirculación de alta presión 108 con un aumento consecuente del consumo específico debido al aumento de la velocidad de flujo de recirculación que debe enfriar el intercambiador de calor y a la disminución de la eficacia de la turbina 104, ya que la velocidad de flujo volumétrica en el lado de succión de la turbina es más baja.

40 El gas nitrógeno producido mediante el separador a media presión 112 se reintegra directamente en el lado de succión del primer estadio del compresor de recirculación de alta presión 115.

45 Además, existe la opción de recuperar este gas directamente en el colector 106 (junto con el nitrógeno preenfriado 102 y con la recuperación 105 del nitrógeno del compresor de recirculación a baja presión 140, 142) antes de que el gas nitrógeno entre en el intercambiador de calor de recirculación de alta presión 128. Cualquier recuperación en el colector 106 (y no en el lado de succión de la máquina) afecta sólo a la eficacia del ciclo, debido a un ligero aumento del consumo específico del compresor de recirculación de alta presión.

50 Los ejes de las máquinas 104, 117, 115, 140, 142, total o parcialmente, pueden ser conectables mecánicamente de forma que puedan reducir adicionalmente los consumos de electricidad. En particular, para plantas pequeñas pueden estar todos separados, mientras que en plantas más grandes es ventajoso conectarlos.

55 Según la presente invención, se han intentado utilizar grandes cantidades de gas disponibles en el área de regasificación para mantener la temperatura de compresión en el punto más bajo posible para permitir la compresión de grandes cantidades de nitrógeno gaseoso con bajo consumo de energía.

60 Además, utilizando un expansor 104, es posible expandir el nitrógeno líquido gasificado mediante el intercambiador de calor 108 y calentado 152, 155 en el expansor 104 para producir una gran cantidad de energía mecánica o eléctrica, que puede utilizarse por el compresor 117 y/o 115 para comprimir de nuevo el nitrógeno recirculante 107.

65 La función del preenfriador 101 es hacer descender la temperatura de funcionamiento (lado caliente) del intercambiador de calor 108 hasta temperaturas criogénicas para permitir un consumo de potencia específico mejorado del compresor de recirculación de alta presión 115/117.

ES 2 711 564 T3

El flujo 114 de nitrógeno que sale del intercambiador de calor 108 es enviado al compresor de recuperación de alta presión 115, 117, a la temperatura más baja posible utilizando nitrógeno líquido que viene del intercambiador de calor 121, mejorando adicionalmente la eficiencia energética.

5

El flujo 126 que sale del intercambiador de calor de licuación 121 es nitrógeno líquido para poder enfriar los elementos aguas abajo hasta la temperatura más baja posible. De esta manera, la utilización de nitrógeno líquido, por tanto a una temperatura por debajo de -155°C , permite una reducción adicional en el consumo de potencia de la planta.

10

El flujo 151, 152 de nitrógeno que sale del intercambiador de calor 108 es enviado al preenfriador 101 a contracorriente con respecto al flujo de nitrógeno 100 que va a licuarse, para calentar tanto como sea posible el nitrógeno gasificado en 108 para expandirse en la turbina 104 con recuperación de energía mecánica/eléctrica superior tal como para reducir el consumo de energía de la planta.

15

La utilización de un expansor 131 para producir nitrógeno líquido 132, y el separador 112 que separa el nitrógeno que viene del expansor 131 permite obtener un flujo de gas nitrógeno frío 111, que no es enviado a un intercambiador de calor tal como 128, sino directamente al lado de succión del compresor de recirculación de alta presión 115/117 tal como para bajar la temperatura de compresión para consumo de potencia específico mejorado.

20

La utilización de un compresor de recirculación 115/117 no sólo procesa el nitrógeno que va a licuarse 132/134, como producto final que se deriva del flujo de nitrógeno 100 que va a licuarse, sino que también trata una velocidad de flujo mucho mayor 107/110/114/120 tal como para recoger más frigorías a partir del metano líquido 123 tal como para transferirlas por medio del nitrógeno líquido 150 al intercambiador de calor 128 para obtener enfriamiento entre estadios mejorado del compresor 115/117 (en eficacia energética). Esta nueva disposición del compresor 115/117 con respecto a los intercambiadores de calor 128 y 121 hace posible obtener un consumo específico de la producción de nitrógeno líquido $\ll 0.1 \text{ kW/Nm}^3$, consumo de electricidad que de otra manera no es posible.

25

30

En formas de realización alternativas de la presente planta, quizá con un menor rendimiento, pero igualmente funcionales, puede implementarse lo siguiente.

35

El nitrógeno que va a licuarse es enviado a los siguientes elementos situados en serie: el intercambiador de calor 108 del compresor de recirculación de alta presión; el compresor de recuperación de alta presión 115, 117; el intercambiador de calor de licuación 121 que también recibe el flujo a contracorriente 123 de gas natural; el expansor 131; el separador a media presión 112 que suministra el flujo 132 de nitrógeno.

40

En particular, el compresor 115, 117 comprende en serie el primer estadio 115 del compresor de recirculación de alta presión; el intercambiador de calor 108 y el segundo estadio 117 del compresor de recirculación de alta presión.

45

El preenfriador 101 también puede añadirse a la entrada de la planta descrita anteriormente, antes de enviar el flujo 102 al colector 106.

50

El expansor 133, en el que el flujo es adicionalmente enfriado mediante una reducción de presión y el otro separador de baja presión 136 en el que la fase líquida 134 se separa de la fase vapor 135 también puede añadirse a la salida.

55

Por tanto, puede añadirse el bloque 205.

También puede añadirse el bloque 203.

Las plantas concebidas de este modo son susceptibles de numerosas modificaciones y variantes conocidas por los expertos en la materia después de que la presente descripción haya llegado a su conocimiento, encontrándose todas dentro del alcance del presente concepto inventivo: además, todos los elementos utilizados pueden reemplazarse por elementos técnicamente equivalentes.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la licuación de nitrógeno utilizando la recuperación de las frigorías derivadas de la evaporación de gas natural licuado que comprende las etapas siguientes:

5 enviar un flujo de gas nitrógeno a un primer (115) y un segundo (117) estadio del compresor de recirculación de alta presión;

10 enviar el flujo (120) de nitrógeno que sale de dicho segundo estadio (117) del compresor a un intercambiador de calor de licuación (121);

enviar a dicho intercambiador de calor de licuación (121) un flujo (123) de gas natural licuado, a contracorriente con respecto al flujo (120) de nitrógeno que sale de dicho compresor;

15 enviar una parte (130) del flujo (126) de nitrógeno líquido que sale de dicho intercambiador de calor de licuación (121) a un expansor (131);

20 enviar el flujo de nitrógeno que sale de dicho expansor (131) a un separador a media presión (112) que suministra un flujo de salida (132) de nitrógeno licuado;

caracterizado por que

el flujo de nitrógeno (100) que va a licuarse es enviado a un preenfriador (101);

25 el flujo (102) que sale de dicho preenfriador (101) es enviado a un colector (106) que suministra el flujo (107) de gas nitrógeno que es enviado al primer (115) y segundo (117) estadio del compresor;

en el que el envío del flujo (107) de gas nitrógeno al primer (115) y segundo (117) estadio del compresor comprende:

30 enviar el flujo (107) de gas nitrógeno a un intercambiador de calor (108) del compresor de recirculación de alta presión;

35 enviar el flujo (110) de nitrógeno que sale de dicho intercambiador de calor (108) del compresor de recirculación de alta presión al primer estadio (115) del compresor de recirculación de alta presión;

40 el flujo comprimido (116) que sale de dicho primer estadio (115) es enviado al intercambiador de calor (108) del compresor de recirculación de alta presión y el flujo que sale de este intercambiador de calor (108) es enviado al segundo estadio (117) del compresor de recirculación de alta presión (117) a -150°C ;

45 y por que la parte restante (150) del flujo (126) de nitrógeno líquido que sale de dicho intercambiador de calor de licuación (121) es enviada en primer lugar a dicho intercambiador de calor (108) del compresor de recirculación de alta presión a contracorriente con respecto a dicho flujo (107) de gas nitrógeno y a dicho flujo comprimido (116) de nitrógeno que sale de dicho primer estadio (115) del compresor;

a continuación (152) a dicho preenfriador (101) a contracorriente con respecto a dicho flujo (100) de nitrógeno que va a licuarse y a continuación, a una turbina (104);

50 enviar el flujo (103) que sale de dicha turbina (104) a dicho colector (106) que combina el flujo que sale de la turbina (104) y el flujo (102) que sale del preenfriador (101) para producir dicho flujo (107) de nitrógeno enviado al primer (115) y segundo (117) estadio del compresor.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que además comprende las etapas siguientes:

55 enviar el flujo (132) de nitrógeno que sale del separador a media presión (112) a un expansor (133) donde es adicionalmente enfriado mediante una reducción de presión; enviar el flujo que sale del expansor (133) a un separador de baja presión (136) donde la fase líquida (134) es separada de la fase vapor (135).

3. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que además comprende las etapas siguientes:

60 enviar el flujo (126, 127) de nitrógeno líquido que sale de dicho intercambiador de calor de licuación (121) a un intercambiador de calor (128) del compresor de recirculación a baja presión;

65 enviar el flujo (157) que sale de dicho intercambiador de calor (128) a dicha turbina (104); enviar el flujo (135) de nitrógeno en fase vapor que sale de dicho separador de baja presión (136) al primer estadio (140) del compresor de recirculación a baja presión;

el flujo (141) que sale de dicho primer estadio (140) es enviado a dicho intercambiador de calor (128); el flujo que sale de dicho intercambiador de calor (128) es enviado al segundo estadio (142) del compresor de recirculación a baja presión; el flujo (143) que sale de dicho segundo estadio (142) es enviado a dicho colector (106).

5

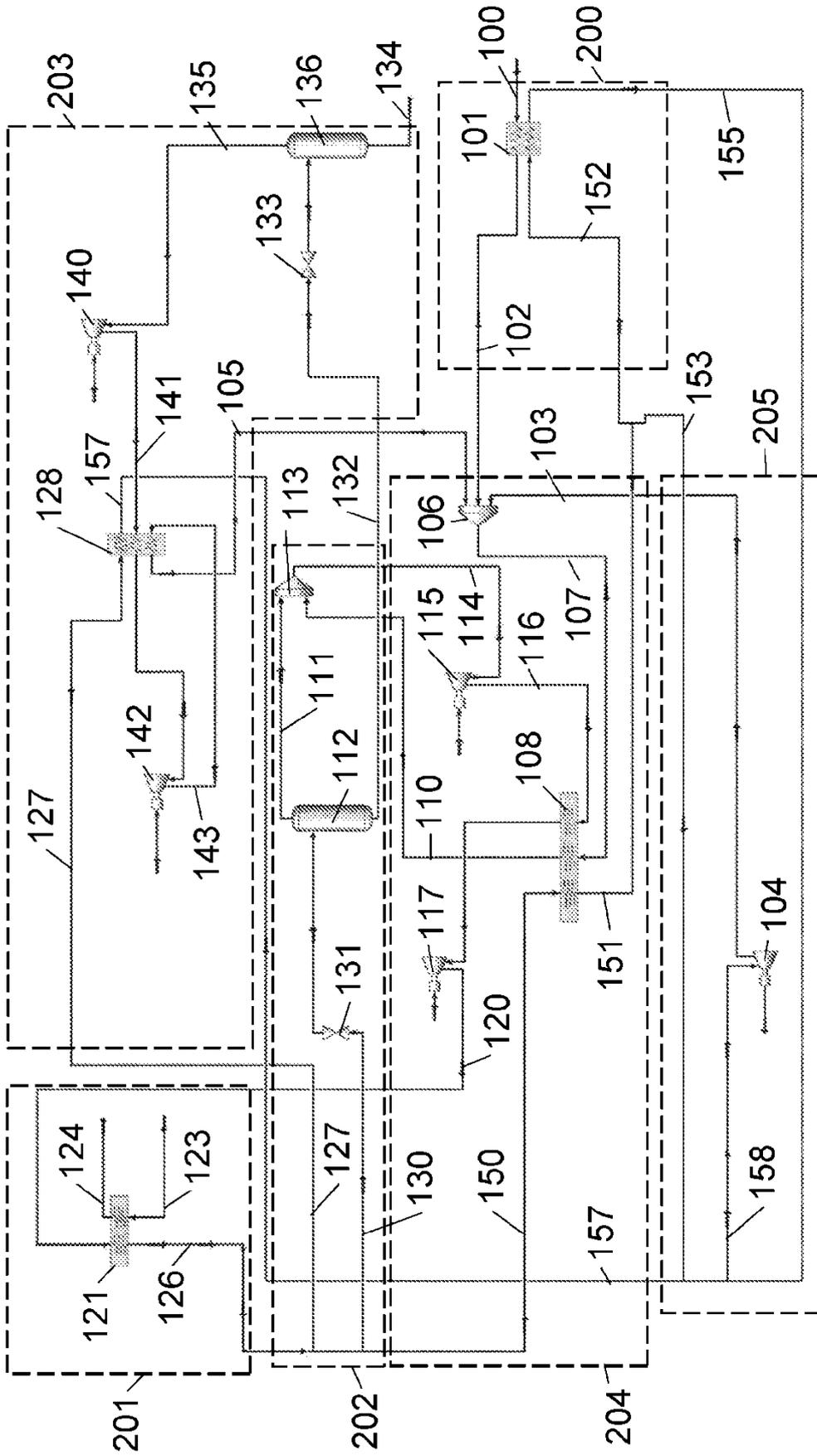


Fig. 1