

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 371 204**

51 Int. Cl.:
F01K 25/14 (2006.01)
F02C 1/02 (2006.01)
F17D 1/075 (2006.01)
F17D 1/00 (2006.01)
F02C 1/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **09162513 .7**
96 Fecha de presentación: **11.06.2009**
97 Número de publicación de la solicitud: **2264288**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **22.12.2010**

54 Título: **SISTEMA PARA UNA DESPRESURIZACIÓN DE FLUIDOS EFICIENTE.**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
28.12.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
28.12.2011

73 Titular/es:
Thermonetics LTD.
13, The Westway Centre Ballymount Avenue
Dublin 12, IE

72 Inventor/es:
Sikora, Paul

74 Agente: **Carpintero López, Mario**

ES 2 371 204 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 una despresurización de fluidos eficiente

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a un sistema para proporcionar una despresurización eficiente de fluidos presurizados en una canalización. El sistema puede proporcionar la generación de energía neta sin que el fluido experimente licuación, solidificación o reducción de temperatura inaceptable como resultado de un proceso de Joule-Thompson. El sistema es particularmente pertinente para despresurizar canalizaciones de gas natural a alta presión de una manera energéticamente eficiente mientras posibilita la generación de energía neta.

Antecedentes de la invención

10 El gas natural se transmite mediante canalizaciones o conducciones a alta presión y se distribuye a usuarios finales a presiones considerablemente inferiores. Generalmente, las estaciones de compresión se usan para elevar la presión y mantenerla durante una transmisión de larga distancia. Hay que resaltar que se usan diferentes presiones de conducción para conducciones de transmisión en diferentes emplazamientos geográficos, y las presiones se deben reducir en consonancia con los requisitos del diseño de la red en un número variable de etapas, que dependen de la dimensión y la naturaleza del usuario final o del nudo de subdistribución en el sistema.

15 El proceso de reducción de presión se lleva a cabo normalmente mediante un pequeño orificio o válvula de mariposa y da como resultado una reducción sustancial de la temperatura del gas. Naturalmente, la cuantía de la caída de temperatura es directamente proporcional a la cuantía de reducción de presión que se produce.

20 La caída de temperatura causada por los procesos de Joule-Thompson es indeseable y se debe evitar, o al menos limitar a un número de razones. El enfriamiento excesivo puede causar tensiones indeseables en las conducciones y el equipo auxiliar; puede degradar algunos revestimientos de conducciones y materiales de conducciones; puede también causar la congelación del terreno que rodea a la canalización con el consiguiente riesgo de hinchazón por congelación. Asimismo, el propio gas puede contener componentes condensables cuya licuación o solidificación a temperaturas reducidas puede plantear problemas para la red corriente abajo.

25 El procedimiento más directo para evitar tales problemas es calentar el flujo de gas inmediatamente antes de reducir su presión. La cantidad de calor proporcionada es controlada de manera que la temperatura de postexpansión del gas permanece suficientemente elevada para evitar problemas de bajas temperaturas al liberar presión.

30 Quemar una parte del gas representa una fuente lógica de calor disponible en la estación de reducción de la presión del gas natural. A menos que haya otra fuente fiable y continua de calor disponible en la estación de reducción de la presión, se despliega habitualmente una serie de calderas de alta eficiencia alimentadas con gas para proporcionar el calor necesario. Este remedio es efectivo y generalmente sencillo de realizar, pero se lleva a cabo a expensas de consumir parte de la energía a suministrar en gas. Se han hecho propuestas para usar células de combustible o unidades combinadas de calor y corriente (CHP) en lugar de calderas para suministrar calor junto con corriente, pero sigue persistiendo la pérdida de energía en términos de consumo de gas.

35 Los procedimientos de la técnica anterior para reducir o eliminar la pérdida de energía en los procesos de reducción de proceso de gas natural se describen en lo sucesivo.

40 La patente de los Estados Unidos nº 4.677.827 describe la adición de un inhibidor al gas corriente arriba de la reducción de presión. El fin del inhibidor es evitar la condensación en el gas enfriado. Después de añadir el inhibidor se permite la realización de la reducción de presión sin precalentamiento.

45 El recalentamiento después de la reducción de presión se puede llevar a cabo estableciendo un contacto térmico con el entorno ambiente ya que el gas expandido tendrá generalmente una temperatura inferior al entorno ambiente. Esto se puede llevar a cabo de numerosas maneras. Por ejemplo, proporcionando una refrigeración libre a una carga disponible (siempre que se pueda encontrar tal carga); proporcionando una conexión de intercambio de calor directa o indirecta entre el gas y el entorno ambiente o proporcionando un intercambio de calor pasivo con el calor suministrado por una bomba de calor. Estos procedimientos permiten que una gran parte de, sino todo el recalentamiento sea suministrado desde el entorno ambiente, con el consiguiente ahorro de calor producido quemando gas.

50 Las dificultades con este enfoque incluyen la necesidad de proporcionar un consumible adicional, es decir, el inhibidor, en cada emplazamiento y medir su inyección en el flujo de gas. Asimismo, puede ser necesario recuperar el inhibidor antes de suministrar el gas al usuario final. La recuperación del inhibidor implica un equipo adicional y añade material a la complejidad de la estación y a su funcionamiento.

Pozivil (Acta Montanística Slovaca, Rocnik 9 (2004), cislo 3, 258-260) informa de la transformación de la energía cinética liberada en el proceso de expansión del gas en energía mecánica en una turbina de expansión y, en la mayoría de los casos, posteriormente en corriente eléctrica. Esta energía eléctrica se puede usar entonces de diversas maneras: suministrarla de nuevo a la red eléctrica, usarla para proporcionar algunos o todos los requisitos eléctricos del emplazamiento y posiblemente usarla para accionar una bomba de calor para suministrar calor al gas expandido.

Existen numerosos problemas que hay que solucionar al considerar el uso de cualquier uno de estos procedimientos de generación de energía. En primer lugar se da el hecho de que la caída de la temperatura del gas que acompaña una expansión de producción de energía es varias veces superior a la que acompaña a una expansión por estrangulamiento a la misma presión final. Si este enfriamiento se ha de contrarrestar quemando gas corriente arriba del expansor, el proceso de recalentamiento consumirá más energía de la que se puede generar incluso por la unidad de expansión-generación más eficiente. Debe existir también una carga eléctrica permanente en la estación para utilizar la energía eléctrica producida. En la práctica esto significa habitualmente una conexión de red a través de la cual la electricidad es devuelta a la red. En cualquier caso hay una pérdida de energía neta utilizable incluso si la electricidad generada se usa enteramente. La justificación del gasto en esta disposición se debe buscar entre factores distintos del ahorro de energía.

Una variante de este enfoque es usar una unidad CHP además de la unidad de expansión-generación. La dimensión de la CHP viene determinada por la cantidad de recalentamiento requerido de manera que la potencia térmica de la CHP se puede usar para contrarrestar el enfriamiento de gas inducido por expansión. La potencia eléctrica del expansor-generador se añade a la de la unidad CHP y ambas se suministran a la red. Ambas potencias eléctricas producen un retorno económico al operador, pero las ventajas de la energía primaria y el CO₂ del enfoque son menos sencillas de llevar a cabo. La razón del despliegue de la unidad CHP es principalmente aprovechar su potencial térmico, de manera que esta parte de la energía de combustión debe ser considerada como sacrificial en el esquema global. La función de la CHP se debería de sustituir por una célula de combustible, y el enfoque global sería el mismo.

Si el calor se ha de añadir después de la combustión, entonces será necesario añadir inhibidores de condensación al flujo de gas. De hecho, debido a la enorme caída de temperatura puede ser necesario aumentar la dosificación del inhibidor para que siga siendo efectivo. También será necesario evaluar las implicaciones de un equipo de enfriamiento mediante caídas de temperatura de hasta -80°C que se pueden producir incluso en una única etapa de expansión. Este procedimiento es capaz de llevar a cabo ahorros de energía primaria considerables, pero su implementación presenta de una manera más extrema todas las dificultades indicadas anteriormente junto con el procedimiento de adición del inhibidor.

La patente de los Estados Unidos nº 5.628.191 divulga un sistema que comprende una bomba de calor para calentar la preexpansión del gas. Utilizando el enfoque de la bomba de calor de preexpansión, se ha de afrontar el problema del calentamiento del gas hasta temperaturas de hasta 80-90°C desde una temperatura de entrada típicamente de 5 - 10°C para de este modo evitar los problemas de enfriamiento anteriormente mencionado (más arriba). Conseguir las enormes temperaturas finales es un enorme desafío para cualquier bomba de calor convencional. Además, la necesidad de conseguir esta gran elevación de temperatura de una sola vez tendrá un efecto muy perjudicial sobre la eficiencia de la bomba de calor. Si la eficiencia de la bomba de calor no consigue un nivel de eficiencia de umbral mínimo, el proceso puede seguir requiriendo calentamiento suplementario (combustión).

La publicación de solicitud de patente de los Estados Unidos nº 2003/0172661 proporciona el uso de múltiples etapas de expansión de pequeña relación para limitar las caídas de temperatura a un intervalo que puede manejar una bomba de calor. Tal enfoque conllevaría una complejidad y un coste en equipamiento mucho mayor, sin ningún beneficio adicional. Las consideraciones anteriores tomadas juntas hacen que sea improbable que las bombas de calor convencionales puedan desempeñar cualquier función relevante en esta aplicación particular.

Sin embargo, el estado de la técnica seguirá siendo deseable para proporcionar un sistema que es capaz de precalentar un fluido presurizado hasta un punto suficiente de manera que durante la despresurización de fluidos se eviten los problemas asociados al enfriamiento. Sería deseable que el sistema fuese energéticamente eficiente. Asimismo, sería también deseable un sistema capaz de una generación de energía neta.

Sumario de la invención

La presente invención proporciona un sistema para minimizar los efectos del enfriamiento por expansión de cualquier fluido que experimenta una despresurización en un proceso continuo o casi continuo. El sistema se puede utilizar para recuperar la energía liberada por la expansión del fluido.

En particular, la presente invención proporciona un sistema utilizado para mitigar el enfriamiento por expansión de

procesos de despresurización de conducciones de gas natural. Ventajosamente, el sistema puede proporcionar recuperación de energía durante el proceso de enfriamiento por expansión del gas natural.

En un aspecto, la presente invención proporciona un sistema para la despresurización de un fluido presurizado en una canalización que comprende:

- 5
- al menos un despresurizador para expandir el fluido presurizado en la canalización a una presión inferior; y
 - una bomba de calor transcritical para hacer circular un fluido supercritical (refrigerante),

en el cual el fluido supercritical experimenta un enfriamiento de manera a liberar calor para su transmisión al fluido presurizado en la canalización antes de al menos una expansión de dicho fluido presurizado.

10

Como lo apreciará el experto en la técnica, al enfriarse el fluido refrigerante supercritical, la temperatura y la presión del fluido refrigerante pueden caer por debajo de la temperatura crítica y la presión crítica del fluido refrigerante. De este modo la bomba de calor transcritical puede también tener un lado de presión baja y temperatura baja para hacer circular un fluido refrigerante a una temperatura y una presión por debajo de su temperatura crítica y su presión crítica. La bomba de calor transcritical puede tener:

15

un lado de temperatura elevada y presión elevada para hacer circular un fluido refrigerante a una temperatura y una presión por encima de su temperatura crítica y su presión crítica.

un lado de temperatura baja y presión baja para hacer circular un fluido refrigerante a una temperatura y una presión por debajo de su temperatura crítica y su presión crítica.

20

La bomba de calor transcritical se puede entender también que comprende una fase de rechazo de calor para transferir calor desde el fluido refrigerante a una temperatura y presión por encima de su presión crítica y su presión crítica.

El sistema de la presente invención puede comprender, además, al menos un intercambiador de calor para la transmisión de calor al fluido presurizado en la canalización.

25

El calor liberado por el fluido supercritical que experimenta el enfriamiento se puede transmitir directamente al fluido presurizado en la canalización antes de al menos una expansión de dicho fluido presurizado. Por ejemplo, un fluido refrigerante puede experimentar un calentamiento y una compresión en la bomba de calor de manera que se vuelve supercritical y puede ser conducido directamente al, al menos un intercambiador de calor para calentar el fluido presurizado en la canalización. El fluido supercritical puede experimentar un enfriamiento en el intercambiador de calor para calentar el fluido presurizado en la canalización.

30

Por el contrario, el calor liberado por el fluido supercritical que experimenta el enfriamiento se puede transmitir indirectamente al fluido presurizado en la canalización antes de al menos una expansión de dicho fluido presurizado. Por ejemplo, este puede comprender un circuito secundario de transferencia de calor, que a su vez se acopla al menos un intercambiador de calor para calentar el fluido presurizado en la canalización. El fluido supercritical calentado puede experimentar un calentamiento en un intercambiador de calor para de este modo transmitir calor al circuito secundario de transferencia de calor, calentando de este modo un fluido (por ejemplo agua) en el circuito secundario de transferencia de calor. El fluido calentado en el circuito secundario de transferencia de calor puede ser conducido al, al menos un intercambiador de calor para calentar el fluido presurizado en la canalización.

40

El sistema de la presente invención puede proporcionar un calentamiento indirecto del fluido presurizado en la canalización por el fluido supercritical. Ventajosamente, la configuración para el calentamiento indirecto del fluido presurizado en la canalización por el fluido supercritical se puede integrar en unidades de bombas de calor estándar. La instalación de la bomba de calor transcritical que comprende los intercambiadores de calor asociados requeriría solamente técnicas de fontanería en lugar de técnica de refrigeración transcritical.

45

El sistema de la presente invención no excluye una etapa de despresurización antes del calentamiento del fluido presurizado por el intercambiador de calor. Siempre que la temperatura del gas entrante sea demasiado elevada para permitir un bajo nivel de despresurización, y/o que la cuantía de despresurización sea suficientemente elevada, se deberían evitar los problemas asociados al enfriamiento, tales como la licuación o la solidificación.

El fluido supercritical calentado puede experimentar un enfriamiento en el intercambiador de calor de manera a calentar el fluido presurizado en la canalización antes de expandir dicho fluido presurizado.

50

Tal como se usa en el presente documento el término "bomba de calor transcritical" se refiere a una bomba de calor en la cual un fluido refrigerante experimenta un ciclo transcritical, es decir, el fluido refrigerante cambia entre un estado supercritical y un estado subcritical. En el sistema de la presente invención, el fluido supercritical puede

experimentar un enfriamiento como parte de un ciclo transcrito para liberar calor al fluido presurizado en la canalización.

5 Convenientemente, el sistema de la presente invención funciona sin la necesidad de consumibles adicionales, por ejemplo inhibidores de condensación, en el emplazamiento de reducción de presión. Esto elimina los costes adicionales asociados a la introducción del inhibidor dentro de la canalización de fluido presurizado y la recuperación del inhibidor después de suministrar el fluido al usuario final.

10 El sistema de la presente invención proporciona un calentamiento de alta eficiencia como consecuencia de la capacidad de una bomba de calentamiento transcrito para proporcionar calor a lo largo de la larga rampa de temperatura continuamente descendente de un fluido supercrítico de enfriamiento (en oposición a la característica de distribución de calor casi isotérmico de la condensación en el ciclo de Rankine normal inverso).

15 En el sistema de la presente invención, el proceso de rechazo de calor (en un intercambiador de calor de la bomba de calor transcrito) se lleva a cabo a una presión superior a la presión crítica del fluido supercrítico. De este modo, se permite que el fluido supercrítico alcance temperaturas considerablemente superiores. Asimismo, el proceso de rechazo de calor en una bomba de calor supercrítica se produce a lo largo de una amplia banda de temperaturas en lugar de en una sola temperatura de condensación. Esto permite un calentamiento altamente eficiente de un fluido presurizado en una canalización, de manera que la temperatura del fluido presurizado se puede elevar suficientemente para de este modo mitigar la caída de temperatura asociada al enfriamiento por expansión del fluido presurizado.

20 El sistema de la presente invención es capaz de suministrar energía eléctrica al emplazamiento (por ejemplo de vuelta al sistema). La energía librada en la etapa de expansión del fluido (despresurización) se puede aprovechar. La energía aprovechada se puede suministrar de vuelta al sistema de la presente invención como fuente de energía. Por ejemplo, la bomba de calor transcrito del sistema de la presente invención puede ser accionada por un generador de energía. El generador de energía puede ser accionado por la energía liberada en la etapa de expansión del fluido.

25 La energía liberada por la despresurización del gas se puede acoplar directamente a un compresor de bomba de calor transcrito. Esta disposición puede permitir reducciones de coste ya que elimina el requisito de un generador eléctrico y el equipo asociado.

30 Alternativamente, el sistema de la presente invención se puede adaptar para suministrar energía externa al sistema, por ejemplo para suministrar energía eléctrica a una conexión de red. El sistema de la presente invención se puede adaptar para suministrar energía eléctrica de vuelta al sistema de la presente invención además de suministrar energía eléctrica a una conexión de red.

La bomba de calor transcrito de la presente invención se puede acoplar térmicamente a una fuente de calor ambiente (a través un intercambiador de calor). El calor del entorno ambiente se puede transferir al fluido refrigerante directa o indirectamente (similar a la anterior).

35 El calentamiento directo por el entorno ambiente puede comprender la transferencia directa de calor entre el fluido refrigerante y el intercambiador de calor acoplado a la fuente de calor ambiente. El acoplamiento indirecto al entorno ambiente se puede conseguir a través de un circuito secundario de transferencia de calor, que se puede acoplar al intercambiador de calor de la fuente de calor ambiente, y que toma calor del entorno ambiente para a su vez calentar el fluido refrigerante. La fuente de calor ambiente se puede seleccionar a partir del grupo que comprende aire, tierra, agua subterránea, agua superficial o combinaciones de los mismos. Esto puede permitir la admisión de energía térmica de bajas temperaturas por la bomba de calor. El entorno ambiente puede proporcionar calor al fluido refrigerante cuando está en un estado subcrítico.

45 El intercambiador de calor en comunicación con el fluido presurizado en la canalización se puede disponer en una disposición de contracorriente del fluido presurizado en una canalización. Esto proporciona un rechazo de calor más eficiente.

50 El refrigerante para el ciclo transcrito puede ser un fluido con una temperatura crítica suficientemente elevada para permitir la evaporación por ebullición hasta aproximadamente 20-25°C y suficientemente baja para que las temperaturas de rechazo de calor por refrigeración estándar de 40-80°C sean superiores a su temperatura crítica. El fluido debería tener una gran evaporación de calor. Idealmente, el fluido se podrá mezclar con aceite para de este modo proporcionar suficiente lubricación. Como lo apreciará el experto en la técnica, se puede utilizar cualquier fluido apropiado. Por ejemplo, el refrigerante transcrito se puede seleccionar entre CO₂, C₂H₆, N₂O, B₂H₆, C₂H₄). La presente invención también comprende combinaciones de los mismos. El fluido que experimenta enfriamiento transcrito puede ser CO₂. Ventajosamente, el CO₂ es un fluido no inflamable y no tóxico. Igualmente ventajosamente, el CO₂ tiene un potencial de depleción de ozono (ODP) de cero y un potencial de calentamiento global (GWP) de uno, haciendo de él una de las opciones de fluido transcrito más atractivas,

El despresurizador del sistema de la presente invención puede comprender una válvula de mariposa.

Convenientemente, el sistema de la presente invención está configurado para generar toda la energía requerida para calentar el fluido presurizado, sin quemar nada de dicho fluido presurizado en el proceso de calentamiento. Por ejemplo, cuando el fluido presurizado es gas natural, sin quemar nada del gas natural. Tal sistema sería energéticamente eficiente.

El sistema puede comprender, además, un generador de energía para convertir la energía liberada por el fluido en expansión en energía eléctrica. Idealmente, el fluido presurizado en la canalización por el intercambiador de calor antes de convertir la energía liberada por el fluido en expansión en energía eléctrica. Ventajosamente, calentando el fluido presurizado a una temperatura suficientemente alta, el sistema de la presente invención eliminaría el consumo del fluido presurizado, por ejemplo por combustión, para contrarrestar el enfriamiento no deseado que se produce a partir de la despresurización.

La energía liberada por el fluido en expansión se puede transmitir a un generador de energía. El generador de energía puede comprender un componente mecánico accionado por el fluido en expansión para generar energía. Por ejemplo, el fluido presurizado se puede expandir a través de una turbina. En una disposición ideal, la energía liberada por el fluido presurizado de expansión puede ser aprovechado por un turboexpansor. Idealmente, el fluido presurizado en la canalización se calienta (en un intercambiador de calor) antes de expandir el fluido presurizado a través del generador de energía.

El sistema de la presente invención que comprende un generador de energía que utiliza el proceso de expansión de fluido puede proporcionar generación de potencia neta. El expansor productor de potencia (por ejemplo, el turboexpansor) puede producir considerablemente más energía de la necesaria para hacer funcionar la bomba de calor transcítica. Por lo tanto, el sistema de la presente invención se puede configurar para producir un excedente de energía, un excedente de calor (para suministrar al fluido presurizado en la canalización) o una combinación de los mismos.

La expansión del fluido presurizado se puede dividir entre uno o más despresurizadores, por ejemplo un turboexpansor y una o más válvula de mariposa de Joule-Thompson. Las unidades de expansión-generación son más caras que las válvulas de mariposa de Joule-Thompson y puede ser más económico dividir la expansión entre una unidad de expansión-generación y un número de válvulas de mariposa de Joule-Thompson.

El sistema de la presente invención puede proporcionar una serie de despresurizadores en una disposición de tipo serie. Esto puede facilitar la expansión paso a paso del fluido presurizado. Cada despresurizador puede expandir el fluido presurizado a través de un generador de energía de manera a generar energía a partir de cada expansión. Alternativamente, uno de la pluralidad de despresurizadores puede expandir el fluido presurizado a través de un generador de energía. El resto de despresurizadores pueden ser válvulas de mariposa.

El sistema de la presente invención puede comprender, además, al menos uno de:

al menos un despresurizador para expandir el fluido presurizado antes del calentamiento del fluido presurizado por el intercambiador de calor;

al menos un despresurizador para expandir el fluido presurizado posterior a una expansión previa del fluido presurizado calentado; y

combinaciones de los mismos.

Incorporar, en el sistema de la presente invención, un despresurizador para expandir el fluido presurizado antes de calentar el fluido presurizado por el intercambiador de calor puede ser ventajoso para el proceso global. Un ligero preenfriamiento del fluido presurizado puede permitir una temperatura de entrada de gas inferior al intercambiador de calor sobre la conducción de gas. Esto puede tener un efecto positivo sobre el coeficiente de rendimiento de la bomba de calor y puede aumentar la eficiencia de la bomba de calor.

Una preexpansión del fluido presurizado puede aumentar la caída de presión total que se puede conseguir en una sola etapa. De este modo, puede aumentar la capacidad de reducción de presión global del sistema de la presente invención más allá del límite impuesto por la máxima relación de presión de entrada/salida del expansor/generador que actúa solo. Siempre que la temperatura del gas entrante sea suficientemente alta para permitir un pequeño nivel de despresurización, se deberían evitar los problemas asociados al enfriamiento, tales como la licuación o la solidificación.

Incorporar, en el sistema de la presente invención, un despresurizador para expandir el fluido presurizado después de una expansión previa del fluido presurizado calentado mitiga la capacidad de la bomba de calor de producir más calor del requerido para contrarrestar el enfriamiento que resulta de la etapa de expansión del gas de producción de

energía. De este modo, se puede proporcionar un enfriamiento adicional por despresurización adicional.

El sistema de la presente invención puede proporcionar una pluralidad de líneas de reducción de presión, opcionalmente dispuestas en paralelo una a otra. Cada línea de reducción de presión puede comprender al menos un intercambiador de calor. Alternativamente, un intercambiador de calor puede calentar el fluido presurizado para una posterior distribución en cada línea de reducción de presión. Cada línea de reducción de presión puede comprender un despresurizador. Cada línea de reducción de presión puede comprender al menos un despresurizador.

Cada línea de reducción de presión puede comprender al menos un despresurizador configurado para expandir el fluido presurizado a través de un generador de energía (expansor-generador). En una disposición ideal, una línea de reducción de presión comprende un generador de energía que puede proporcionar la energía necesaria para calentar el fluido en cada una de las líneas de reducción de presión. Por ejemplo, un único generador de presión puede proporcionar energía para accionar una sola bomba de calor o una pluralidad de bombas de calor. Los intercambiadores de calor asociados a las bombas de calor se pueden disponer en la misma línea de reducción de presión o en líneas de reducción de presión separadas. Alternativamente, un único generador de energía puede proporcionar energía para accionar una única bomba de calor, cuyo elemento intercambiador de calor calienta el fluido presurizado antes de la distribución del fluido presurizado en cada línea de reducción de presión.

Cada línea de reducción de presión se puede configurar para expandir el fluido presurizado a una presión diferente. Esto puede particularmente ser ventajoso cuando el fluido presurizado, por ejemplo gas natural, se ha de distribuir a diferentes usuarios finales por las diferentes líneas de reducción de presión. Apropiadamente, el sistema de la presente invención puede proporcionar 2 a 5 líneas de reducción de presión dispuestas en paralelo unas respecto de otras.

Se apreciará que el fluido presurizado en la canalización del sistema de la presente invención puede ser gaseoso. El fluido presurizado puede ser gas natural.

En otro aspecto, la presente invención proporciona el uso de un fluido supercrítico en una bomba de calor para la transmisión de calor a un fluido presurizado en una canalización antes de la despresurización del fluido presurizado. El fluido supercrítico puede experimentar un enfriamiento en una fase de rechazo de calor en un intercambiador de calor. El fluido supercrítico puede experimentar un enfriamiento como parte de un ciclo transcrito para liberar calor al fluido presurizado en la canalización. El calor proporcionado enfriando el fluido supercrítico se puede transmitir al fluido presurizado en la canalización directa o indirectamente. El calentamiento directo puede comprender la transferencia de calor directa entre el fluido supercrítico y el fluido presurizado en la canalización. La transferencia indirecta de calor se puede conseguir a través de un circuito secundario de transferencia de calor que comprende un fluido (por ejemplo agua), que está acoplado a un intercambiador de calor para calentar el fluido presurizado en la canalización, y que es calentado por el fluido presurizado que experimenta el enfriamiento para, a su vez, calentar el fluido presurizado en la canalización. El fluido presurizado en la canalización puede ser gas natural.

En otro aspecto más, la presente invención proporciona un procedimiento para calentar un fluido presurizado en una canalización que comprende:

proporcionar una bomba de calor transcrito, y

enfriar un fluido supercrítico para liberar calor para su transmisión al fluido presurizado en la canalización.

El fluido supercrítico puede experimentar un enfriamiento como parte de un ciclo transcrito para liberar calor al fluido presurizado en la canalización. El calor proporcionado enfriando el fluido supercrítico se puede transmitir al fluido presurizado en la canalización directa o indirectamente. La transferencia directa de calor puede comprender la transmisión directa de calor desde el fluido supercrítico que experimenta enfriamiento y un intercambiador de calor en comunicación con el fluido presurizado en la canalización. Una bomba de calor transcrito puede conducir directamente el fluido supercrítico calentado al intercambiador de calor.

La transferencia de calor indirecta se puede conseguir a través de un circuito secundario de transferencia de calor que comprende un fluido (por ejemplo agua), que está acoplado a un intercambiador de calor para calentar el fluido presurizado en la canalización, y que se calienta por el fluido supercrítico que experimenta un enfriamiento transcrito para, a su vez, calentar el fluido presurizado en la canalización. El fluido presurizado en una canalización puede ser gas natural.

La naturaleza sencilla del sistema de la presente invención significa que su funcionamiento debería conllevar un pequeño o ningún cambio respecto de las disposiciones existentes para su servicio y mantenimiento. La larga vida útil esperada y los mínimos requisitos de servicio/ajuste del sistema le proporcionan excelentes perspectivas de rentabilidad.

Cuando sea apropiado, se apreciará que todas las características opcionales y/o adicionales de una realización de la invención se pueden combinar con las características opcionales y/o adicionales de otra u otras realizaciones de la invención.

Breve descripción de los dibujos

- 5 Las características y ventajas adicionales de la presente invención se describen en, y serán evidentes a partir de la descripción detalla de la invención y de los dibujos en los cuales:

La figura 1 ilustra un sistema según la presente invención que comprende un generador de energía;

La figura 2 ilustra un sistema según la presente invención que comprende un valor de estrangulamiento para la despresurización de un fluido presurizado antes de calentarlo.

- 10 La figura 3 ilustra un sistema según la presente invención en el cual el fluido presurizado experimenta otra expansión posterior a una primera expansión generadora de energía.

La figura 4 ilustra un sistema según la presente invención en el cual el fluido presurizado experimenta una despresurización en una serie de emplazamientos.

La figura 5 ilustra un sistema según la presente invención que tiene dos líneas de reducción de presión en paralelo.

- 15 La figura 6 ilustra un sistema según la presente invención que tiene un acoplamiento mecánico directamente acoplado a la bomba de calor transcrítica; y

la figura 7 ilustra un sistema según la presente invención que comprende circuitos secundarios de intercambio de calor.

Descripción detallada de la invención

- 20 Será evidente para el experto en la técnica que los ejemplos divulgados en lo sucesivo en la presente memoria representan solamente ejemplos generalizados, y que otras disposiciones y procedimientos capaces de reproducir la invención son posibles y están comprendidos por la presente invención.

El sistema de la presente invención proporciona un dispositivo de conversión de energía de expansión del fluido (típicamente una turbina de expansión radial de flujo entrante acoplada a un generador eléctrico) y una bomba de calor transcrítica de fuente ambiente. El calor ambiente puede ser generado a partir de al menos uno de agua, aire o tierra. La configuración de los componentes para la reducción de presión en un conjunto de conducción de gas natural de presión se muestra en la **figura 1**.

Se toma el gas de alta presión entrante en la canalización 101 a través de un intercambiador de calor 102 en el cual se calienta, preferiblemente en una disposición a contracorriente, por fluido refrigerante que experimenta un enfriamiento transcrítico. La temperatura del gas que emerge del intercambiador de calor por la sección de canalización 103 se mantiene a un nivel suficientemente elevado para evitar cualesquiera problemas de baja temperatura después de la etapa de expansión.

El gas procede a entrar en el dispositivo de expansión 104 de gas producto de energía, preferiblemente una turbina de expansión de flujo entrante radial de alta eficiencia, en la cual la temperatura de gas vuelve a caer a un nivel próximo al del gas de alta presión entrante. La presión del gas saliente en la sección de canalización 105 es inferior a la del gas entrante 101 por la relación de reducción de presión de diseño para la estación particular. El gas pasa a continuación a otras etapas de procesamiento (que pueden comprender una o más etapas de expansión adicionales) o al sistema de distribución para la distribución a un usuario final. La energía de expansión de gas producida en el expansor 104 se transmite desde el expansor 104, por un acoplamiento mecánico 106, a un generador 107 donde se transforma en electricidad.

Toda o parte de la electricidad generada se usa para accionar una unidad de bomba de calor transcrítica 108, El generador de energía 107 se puede conectar directamente (no mostrado) a la bomba de calor 108. La presente divulgación incorpora una bomba de calor transcrítica 108 con el fin de solucionar varios inconvenientes que hacen que las mayorías de las bombas de calor sean ineficientes o incapaces de satisfacer las demandas de temperatura de la aplicación. En el ciclo transcrítico, el proceso de rechazo de calor se lleva a cabo a una presión por encima de la presión crítica del refrigerante, permitiendo de este modo que alcance temperaturas considerablemente superiores. Asimismo, el proceso de rechazo de calor en una bomba de calor transcrítica se produce a lo largo de una amplia banda de temperaturas en lugar de a una única temperatura de condensación, haciendo que esté particularmente bien adaptado a la aplicación actual.

- 50 El coeficiente de rendimiento (COP) del proceso transcrítico se determina mediante la temperatura media de

liberación de calor. Esta, en combinación con la larga rampa de temperaturas continuamente descendentes de un fluido supercrítico de enfriamiento permite que la bomba de calor transcítica consiga valores de COP muy favorables mientras suministra las altas temperaturas finales de gas requeridas.

5 La bomba de calor 108, cuyo componente de rechazo de calor es el intercambiador de calor anteriormente descrito
10 102, comprende, además, un compresor, un evaporador, un intercambiador de calor interno y otros componentes
15 requeridos para el funcionamiento del ciclo de la bomba de calor transcítica. Cualesquiera del compresor,
intercambiadores de calor, dispositivos de control de flujo y componentes de circuito interno de refrigerante pueden
20 ser de los tipos usados en la industria de las bombas de refrigeración/calor para sistemas transcíticos. El fluido
refrigerante caliente de alta presión es llevado al intercambiador de calor 102 a partir de la bomba de calor 108
mediante la tubuladura de alimentación de refrigerante calentado 109. El refrigerante enfriado de alta presión es
devuelto a la bomba de calor 108 a partir del intercambiador de calor 102 de alta temperatura por el conducto 110.
Opcionalmente, el bucle de distribución de calor que comprende el intercambiador de calor 102 y los conductos 109
y 110 podrían hacer circular el agua o el líquido apropiado en lugar del propio refrigerante. El evaporador de la
bomba de calor 108 está acoplado térmicamente al entorno ambiente local. Se debe acoplar al aire, la tierra, una
fuente de agua subterránea o superficial, un flujo de calor excedente, o cualquier combinación de estos elementos.
El circuito de intercambio de calor de acoplamiento al ambiente puede bien ser directo (por ejemplo, hacer circular
el refrigerante del sistema a través de todo el circuito de recogida de calor) o indirecta (por ejemplo usar un líquido
anticongelante para recoger el calor ambiente). El intercambio de calor de acoplamiento al ambiente 112 puede
adoptar varias formas dependiendo del tipo específico de intercambio de calor más apropiado a cada
emplazamiento.

La energía para hacer funcionar el equipamiento del sistema, tal como el compresor y otros periféricos eléctricos en
la bomba de calor es proporcionada por el generador 107 (que a su vez está acoplado a la unidad de expansión
104). La energía térmica es generada a partir del entorno ambiente y elevada en temperatura por una bomba de
calor transcítica para proporcionar calor al gas entrante antes de su expansión. La bomba de calor (incluido su
fuente de energía ambiente) está dimensionada para proporcionar el calentamiento del gas necesario y no
necesariamente para explotar por completo la energía de expansión de gas disponible.

La cantidad de calor que se debe distribuir al flujo de gas por el intercambiador de calor 102 para contrarrestar el
enfriamiento de expansión será considerablemente superior a la cantidad de energía eléctrica generada por el
generador 107. La eficiencia del expansor 104, el generador 107 y la electrónica de conversión de potencia limitará
la potencia que se puede suministrar a la bomba de calor a partir de la recuperación de energía de expansión del
gas. Incluso con un equipo contemporáneo bien ajustado, la energía recuperada como electricidad es improbable
que sobrepase el 70-80% de la energía de expansión de gas deseable.

Invariablemente, las pérdidas de energía anteriores no son recuperables como calor utilizable para la tarea de
calentamiento del gas. Por lo tanto estas pérdidas de energía deben ser suplidas a partir de la producción térmica
de la bomba de calor. Asimismo para compensar estas pérdidas, es necesario suplir calor para contrarrestar el
enfriamiento de Joule-Thompson que se lleva a cabo incluso en ausencia de cualquier recuperación de energía de
gas. El rendimiento de la bomba de calor por lo tanto debe sobrepasar un COP de calentamiento mínimo de
aproximadamente 2 con el fin de proporcionar una total recuperación de temperatura del gas entrante a alta
temperatura sin ningún consumo de gas (u otro combustible adquirido). La bomba de calor transcítica es
únicamente capaz de satisfacer este requisito de rendimiento mientras suministra las altas temperaturas y la
elevación de altas temperaturas necesaria para el precalentamiento.

En la **figura 2** el sistema incluye una etapa de expansión de gas opcional, que usa una válvula de mariposa 213,
situada corriente arriba del intercambiador de calor 102 y el expansor principal 104. Siempre que la temperatura de
gas entrante sea suficientemente alta para permitir un bajo nivel de despresurización, se deberían evitar los
problemas de licuación y solidificación asociados al enfriamiento. Un acoplamiento mecánico 106 conecta el
expansor 104 a un generador de energía 107. La energía generada por el generador 107 se debe utilizar para
accionar la bomba de calor transcítica 108. La bomba de calor transcítica 108 se acopla térmicamente al entorno
ambiente a través del circuito 111 y el intercambiador de calor 112. Las secciones de conducto 109 y 110 conectan
el intercambiador de calor 102 a la bomba de calor transcítica 108. La presión del gas saliente en la sección de
conducto 108 es inferior a la del gas entrante 101. El gas pasa a continuación a otras etapas de procesamiento
(que pueden comprender una o más etapas de expansión) o al sistema de distribución para su distribución a un
usuario final.

La provisión de una etapa de expansión de gas adicional, por la válvula de mariposa 213 corriente arriba del
intercambiador de calor 102 puede ser ventajosa para el proceso global de dos maneras diferentes. En primer lugar,
un ligero precalentamiento del gas proporciona una temperatura de entrada de gas inferior al intercambiador de
calor en la conducción de gas 101. Esto tiene un efecto positivo sobre el coeficiente de rendimiento de la bomba de
calor y aumenta la eficiencia de la bomba de calor. En segundo lugar, una preexpansión del gas aumenta la caída
de presión total que se puede llevar a cabo en una sola etapa y aumenta de este modo la capacidad de reducción

global de presión del agregado más allá del límite impuesto por la relación máxima de presión de entrada/salida del expansor que actúa solo.

5 La **figura 3** ilustra una variante en la cual hay una etapa de reducción de presión, a través de la válvula de mariposa 314 corriente abajo del proceso de expansión de producción de energía. Un acoplamiento mecánico 106 conecta el expansor 104 a un generador de energía 107. La energía generada por el generador 107 se puede utilizar para accionar la bomba de calor transcritical 108. La bomba de calor transcritical 108 está acoplada térmicamente al entorno ambiente a través del circuito 111 y el intercambiador de calor 112. Las secciones de conducto 109 y 110 conectan el intercambiador de calor 102 a la bomba de calor transcritical 108. La presión del gas saliente en la sección de conducto 105 es inferior a la del gas entrante 101.

10 La variante ilustrada en la **figura 3** mitiga la capacidad de la bomba de calor transcritical 108 para producir más calor del necesario para contrarrestar el enfriamiento que resulta de la etapa de expansión de gas de producción de energía a través del expansor 104. La etapa de reducción de presión corriente abajo se consigue a través del uso de un equipo convencional de estrangulamiento 314 e irá acompañado de enfriamiento de Joule-Thompson. La dimensión de la segunda etapa de reducción de presión cuyo enfriamiento asociado puede ser contrarrestado por el exceso de calor suministrado por la bomba de calor será limitada por la eficiencia de la bomba de calor conseguible en cada emplazamiento individual. El gas puede entonces pasar a otras etapas de procesamiento (que pueden comprender una o más etapas adicionales de expansión) o al sistema de distribución para su distribución a un usuario final.

20 En circunstancias favorables la segunda relación de presión, por válvula de mariposa 314, puede ser tan grande como la primera relación de reducción de presión (recuperadora de energía). Esto puede proporcionar una reducción de presión en dos etapas en la cual todo el requisito de recalentamiento puede ser suplido por un único conjunto de bomba de calor por expansión-generación.

25 En la **figura 4** se proporciona un sistema que tiene etapas de expansión por estrangulamiento incluidas tanto corriente arriba, por la válvula de mariposa 413, como corriente abajo, por la válvula de mariposa 414, del expansor de producción de potencia 104. Un acoplamiento mecánico 106 conecta el expansor 104 a un generador de energía 107. La energía generada por el generador 107 se puede utilizar para accionar la bomba de calor transcritical 108. La bomba de calor transcritical 108 está acoplada térmicamente al entorno ambiente a través del circuito 111 y el intercambiador de calor 112. Las secciones de conducto 109 y 110 conectan el intercambiador de calor 102 a la bomba de calor transcritical 108. La presión del gas saliente en la sección de conducto 105 es inferior a la del gas entrante 101. El gas pasa a continuación a otras etapas de procesamiento (que pueden comprender una o más etapas adicionales de expansión) o al sistema de distribución para su distribución a un usuario final.

30 Esta disposición representada en la **figura 4** permite que el sistema sea optimizado para un COP máximo de bomba de calentamiento mientras produce una reducción de presión superior a la que se puede conseguir en una única etapa de producción de potencia.

35 En la **figura 5** hay dos líneas de reducción de presión 515 y 516 en paralelo. Cada línea de reducción de presión 515 y 516 tiene un intercambiador de calor 517 y 518. El fluido supercritical calentado es conducido a los intercambiadores de calor 517 y 518 en las secciones de conducto 109 y 109a por la bomba de calor transcritical 108. El fluido enfriado vuelve a la bomba por los conductos 110 y 110a. La bomba de calor transcritical 108 está conectada térmicamente al entorno ambiente a través del circuito 111 y el intercambiador de calor 112. Como se apreciará, el sistema puede comprender una serie de líneas de reducción de presión en paralelo. Cada línea de reducción de presión puede comprender un expansor de producción de energía. Cada línea de reducción de presión puede comprender una válvula de mariposa. Cada una de la pluralidad de líneas de reducción de presión puede comprender bien un expansor de producción de energía o bien una válvula de mariposa (dependiendo de las necesidades del sistema).

45 La línea de reducción de presión 516 comprende un expansor de producción de energía 104, y la energía liberada es aprovechada por un acoplamiento mecánico 106 en un generador de energía 107. La presión del gas saliente en el conducto 521 es inferior a la del gas del conducto 516. El gas pasa a continuación a otras etapas de procesamiento (que pueden comprender una o más etapas adicionales de expansión) o al sistema de distribución para su distribución a un usuario final.

50 La línea de reducción de presión 515 comprende una válvula de mariposa 519. La energía liberada durante la despresurización no es aprovechada por un generador de energía. La presión del gas saliente en la sección de conducto 520 es inferior a la del gas del conducto 515. El gas pasa entonces a otras etapas de procesamiento (que pueden comprender una o más etapas adicionales de expansión) o al sistema de distribución para su distribución a un usuario final. La energía requerida para calentar el gas en las líneas de reducción de presión 515 y 516 se puede proporcionar mediante la bomba de calor transcritical 108, que a su vez puede ser accionada por el expansor de producción de energía 104.

55

Cada línea de reducción de presión 515 y 516 se puede configurar para expandir el gas presurizado a una presión diferente. Esto puede ser particularmente ventajoso cuando el gas natural se ha de distribuir a diferentes redes o usuarios finales por las diferentes líneas de reducción de presión 515 y 516.

5 En cada una de las **figuras 1 a 5** anteriormente mencionadas, se apreciará que el exceso de energía eléctrica respecto de la requerida para hacer funcionar la bomba de calor transcítica 108 puede ser suministrado por el generador 107. En tal circunstancia, el requisito primario es que se seleccione la unidad de expansor 104 – generador 107 para hacer un uso total de la energía de expansión recuperable mientras que la bomba de calor 108 está diseñada para suministrar una cantidad no superior al recalentamiento mínimo necesario para usar el mínimo de entrada en el proceso. Siempre que haya una carga útil (por ejemplo un equipo de conexión de red, iluminación, control, instrumentación y comunicación, un grupo de baterías, bombas y otros periféricos en los servicios del emplazamiento) que puedan aceptar siempre la energía eléctrica generada, esta opción ofrece un medio para recuperar la cantidad máxima de energía disponible en el proceso de reducción de presión. Para aplicar esta opción se necesita solamente una o más salidas adicionales del generador. Por ejemplo, una o más conexiones adicionales a los terminales eléctricos del generador y una capacidad dentro del controlador del sistema para conseguir que se pueda proporcionar la distribución de energía eléctrica a partir del generador.

20 En la **figura 6**, la potencia mecánica generada por la despresurización del gas se acopla directamente a un compresor 622. El compresor 622 se conecta a la bomba de calor transcítica 108 a través del circuito 623. Un acoplamiento mecánico 106 conectado al expansor 105 acciona el compresor 622. La bomba de calor transcítica 108 está acoplada térmicamente al entorno ambiente a través del circuito 111 y el intercambiador de calor 112. Los conductos 109 y 110 conectan el intercambiador de calor 102 a la bomba de calor transcítica 108. La presión del gas saliente en el conducto 105 es inferior a la del gas entrante 101. El gas pasa entonces a otras etapas de procesamiento (que pueden comprender una o más etapas adicionales de expansión) o al sistema de distribución para su distribución a un usuario final.

25 La configuración ilustrada en la **figura 6** que comprende un compresor 622 acoplado directamente al expansor 104 (por acoplamiento mecánico 106) evita la generación de un excedente de electricidad, pero consigue una mayor eficiencia energética y elimina la necesidad de un generador eléctrico, una unidad de conversión de potencia y un controlador de compresor eléctrico. Esta disposición permite la reducción del coste y se adapta más fácilmente a sistemas acoplados cerrados que se pueden prefabricar, particularmente para aplicaciones más pequeñas donde es improbable que la generación y la exportación del exceso de electricidad sean económicamente factibles.

30 En la **figura 7** el calor generado por el fluido supercrítico se transfiere al fluido presurizado en la canalización 101 mediante un circuito 701 de fluido de intercambio térmico secundario en comunicación con el intercambiador de calor 102. El circuito 701 de fluido de intercambio de calor secundario es accionado por una bomba 702, que hace que el circuito 701 de fluido de intercambio de calor secundario se separe de la bomba de calor transcítica 108. La transferencia de calor entre el fluido supercrítico calentado y el circuito 710 de fluido de intercambio de calor secundario se produce en el intercambiador de calor 703. Típicamente, el fluido de intercambio de calor secundario en el circuito 701 sería agua. El agua puede contener una pequeña fracción de anticongelante añadida para proteger el sistema en el caso de una parada.

35 En la **figura 7** se proporciona un circuito 706 secundario adicional de intercambio de calor. El circuito 706 funciona entre el intercambiador de calor 704 y el intercambiador de calor 11 de fuente ambiente. El circuito 706 de fluido de intercambio de calor secundario es accionado por una bomba 705, haciendo que el circuito 706 de fluido de intercambio de calor secundario se separe de la bomba de calor transcítica 108. El calor del entorno ambiente se transfiere al circuito secundario 701 de intercambio de calor en el intercambiador de calor ambiente 112. El calor se transfiere posteriormente al fluido refrigerante enfriado en el intercambiador de calor 704. El fluido utilizado en el circuito secundario de intercambio de calor 706 requeriría una considerable protección anticongelante ya que podría funcionar próxima a o por debajo de cero grados Celsius.

40 Un acoplamiento mecánico 106 conecta el expansor 104 a un generador de energía 107. La energía generada por el generador 107 se puede utilizar para accionar la bomba de calor transcítica 108 y/o las bombas 702 y 705. La presión del gas saliente en la sección de conducto 105 es inferior a la del gas entrante 101.

45 Ventajosamente la configuración ilustrada en la figura 7 se puede integrar en paquetes similares a los usados con las bombas de calor existentes no transcíticas. La instalación de la bomba de calor transcítica 108 empaquetada junto con los intercambiadores de calor asociados 703 y 704 requeriría solamente técnicas de fontanería en lugar de técnica de refrigeración transcítica.

50 Se apreciará que cada una de las realizaciones divulgadas en las figuras anteriores (en lo que antecede) se puede usar una o más veces, por ejemplo dos o más sistemas en serie o matrices en serie/paralelo para conseguir las tareas de calentamiento de gas y de producción de potencia necesarias en cualquier emplazamiento individual.

55

Los términos "comprende/comprendiendo" y los términos "tener/incluir" cuando se usan en la presente memoria con referencia a la presente invención se usan para especificar la presencia de características establecidas, números enteros, etapas o componentes pero no evitan la presencia o la adición de una o más características, números enteros, etapas componentes o grupos adicionales de los mismos.

- 5 Se apreciará que algunas características de la invención, que son, por motivos de claridad, descritas en el contexto de realizaciones separadas, se pueden también proporcionar en combinación en una sola realización. Por el contrario, diversas características de la invención que son, por motivos de brevedad, descritas en el contexto de una única realización, también se pueden proporcionar por separado o en cualquier subcombinación apropiada.

REIVINDICACIONES

- 1.- Un sistema para la despresurización de un fluido presurizado en una canalización (101) que comprende:
- al menos un despresurizador (104) para expandir el fluido presurizado en la canalización (101) a una presión inferior; **caracterizado por**
- 5 una bomba de calor transcritical (108) para hacer circular un fluido supercritical,
- en el cual el fluido supercritical experimenta un enfriamiento para de este modo liberar calor para la transmisión al fluido presurizado en la canalización (101) antes de al menos una expansión de dicho fluido presurizado.
- 2.- Sistema según la reivindicación 1, que comprende, además, al menos un intercambiador de calor (102) para la transmisión de calor al fluido presurizado en la canalización.
- 10 3.- Sistema según la reivindicación 1 o 2, en el cual al menos un circuito secundario de transferencia de calor (701) transmite calor a partir del fluido supercritical que experimenta un enfriamiento al fluido presurizado en la canalización.
4. - Sistema según cualquier reivindicación anterior que comprende, además, un generador de energía (107) para convertir la energía liberada por el fluido en expansión en energía eléctrica.
- 15 5.- Sistema según la reivindicación 4 en el cual la bomba de calor transcritical es accionada por el generador de energía.
- 6.- Sistema según cualquier reivindicación anterior en el cual la bomba de calor transcritical está térmicamente acoplada a una fuente de calor ambiente.
- 20 7.- Sistema según las reivindicaciones 2 a 6 en el cual el intercambiador de calor (102) está dispuesto en una disposición a contracorriente del fluido presurizado en la canalización.
- 8.- Sistema según cualquier reivindicación anterior en el cual el fluido supercritical que experimenta un enfriamiento se selecciona entre CO₂, C₂H₆, N₂O, B₂H₆, C₂H₄ y las combinaciones de los mismos.
- 9.- Sistema según las reivindicaciones 4 a 8 en el cual la energía liberada por el gas en expansión se transmite por un acoplamiento mecánico al generador.
- 25 10.- Sistema según cualquier reivindicación anterior que comprende, además, al menos uno de:
- al menos un despresurizador (213) para expandir el fluido presurizado antes del calentamiento del fluido presurizado por un intercambiador de calor;
- al menos un despresurizador (314) para expandir el fluido presurizado después de una expansión previa del fluido presurizado calentado, y
- 30 las combinaciones de los mismos.
- 11.- Sistema según cualquier reivindicación anterior en el cual el fluido presurizado en la canalización es gas natural.
- 12.- Uso de un fluido supercritical en una bomba de calor (108) para la transmisión de calor a un fluido presurizado en una canalización (101) antes de la despresurización del fluido presurizado.
- 35 13.- Procedimiento para calentar un fluido presurizado en una canalización (101) **caracterizado porque** comprende las etapas de:
- proporcionar una bomba de calor transcritical (108), y
- enfriar un fluido supercritical para liberar calor para su transmisión al fluido presurizado en la canalización.
- 40 14.- Procedimiento según la reivindicación 13, que comprende además proporcionar al menos un circuito secundario de transferencia de calor (701) para la transmisión de calor a partir del fluido supercritical que somete enfriamiento al fluido presurizado en la canalización.
- 15.- Procedimiento según las reivindicaciones 13 ó 14 en el que el fluido presurizado en la canalización es gas natural.

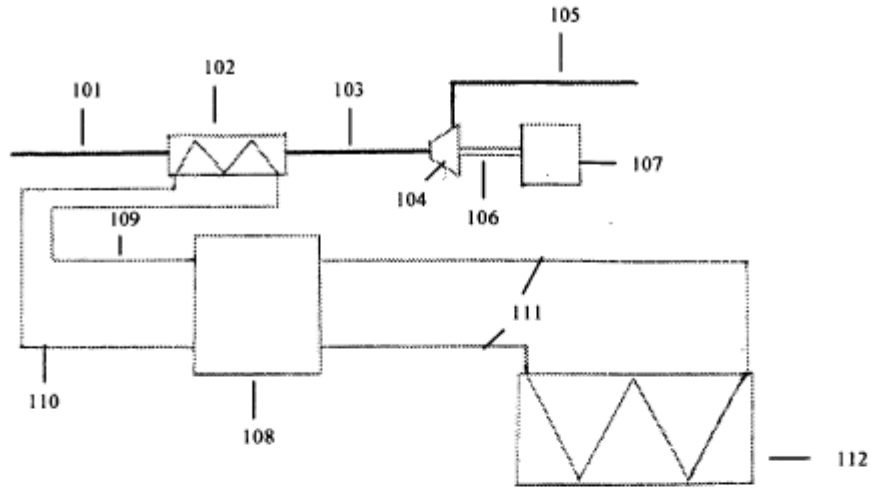


Figura 1

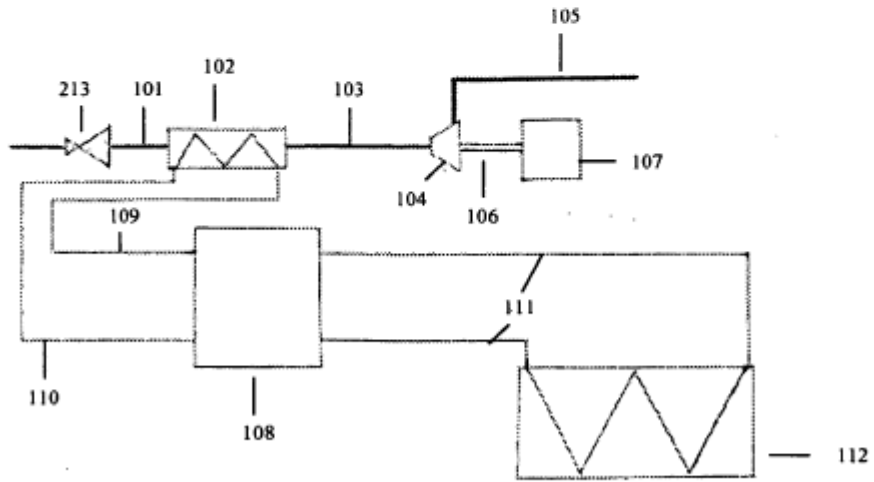


Figura 2

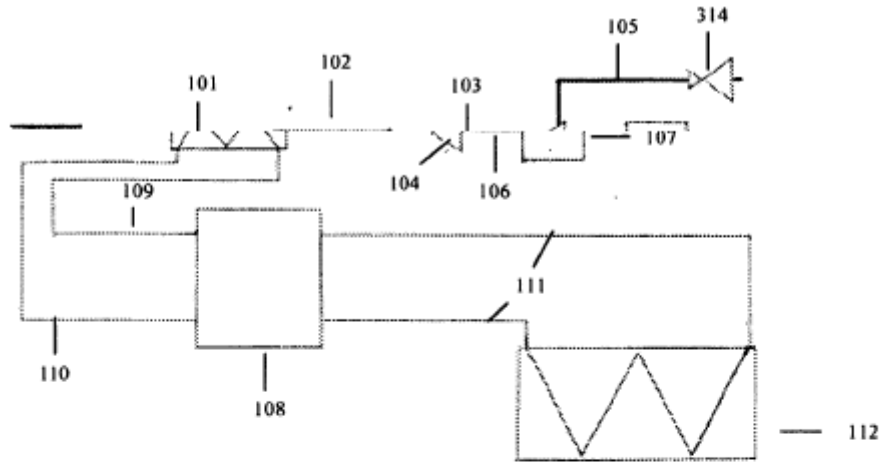


Figura 3

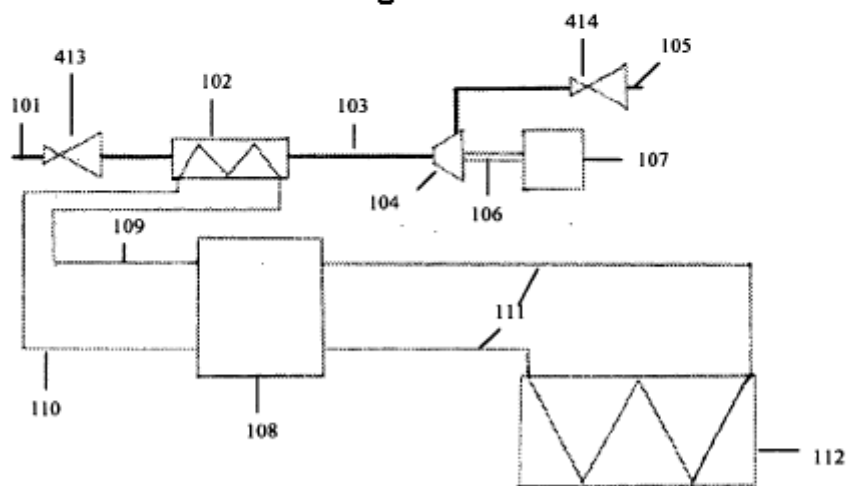


Figura 4

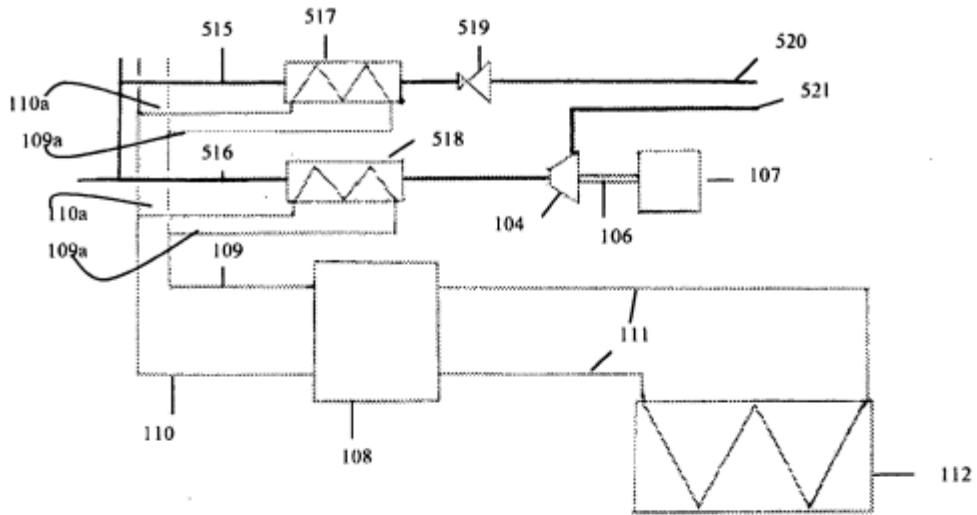


Figura 5

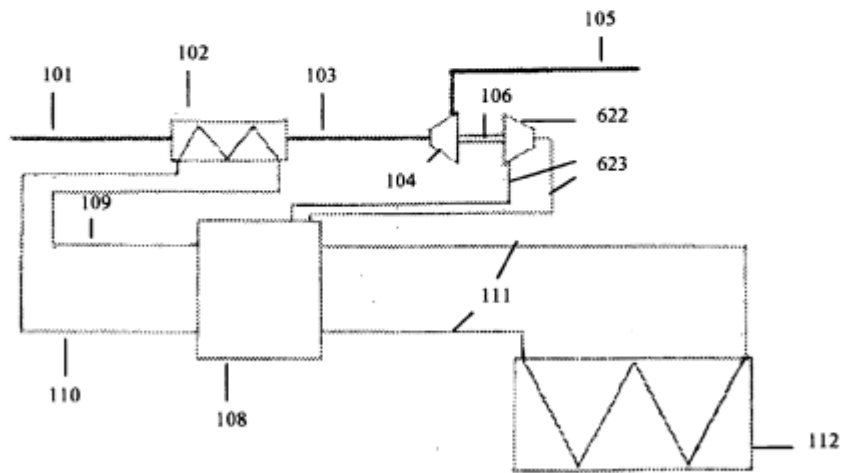


Figura 6

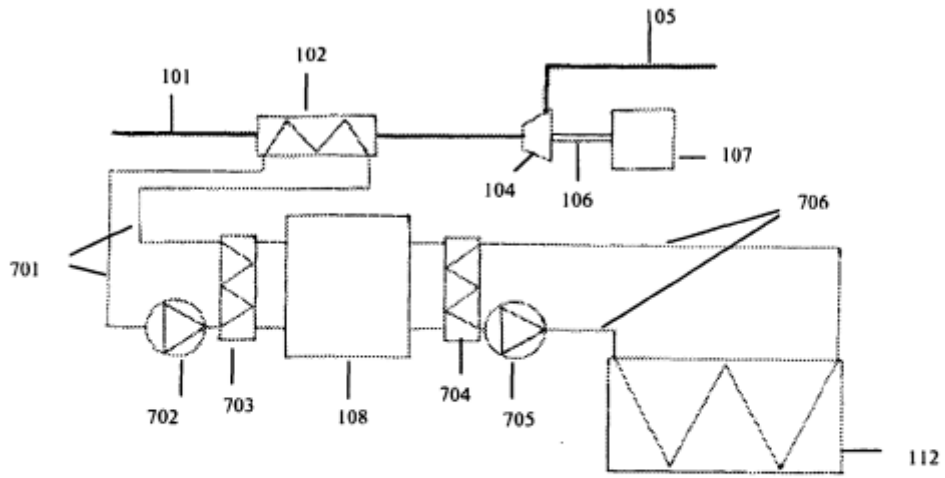


Figura 7