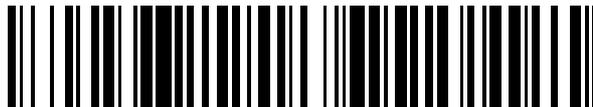


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 728 750**

51 Int. Cl.:

F01K 21/00 (2006.01)

F01K 25/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **25.05.2016 PCT/US2016/034178**

87 Fecha y número de publicación internacional: **08.12.2016 WO16196144**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.05.2016 E 16727110 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.04.2019 EP 3303779**

54 Título: **Motores térmicos, sistemas para proporcionar refrigerante a presión y métodos relacionados**

30 Prioridad:

02.06.2015 US 201562169971 P

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

28.10.2019

73 Titular/es:

**HEAT SOURCE ENERGY CORP. (100.0%)
P.O. Box 362
Salem, Utah 84653, US**

72 Inventor/es:

JOHNSON, KEITH STERLING

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 728 750 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

Motores térmicos, sistemas para proporcionar refrigerante a presión y métodos relacionados.

Campo técnico

5 Los modos de realización de la presente divulgación se refieren en general a sistemas y métodos para la generación de potencia y otros procesos que implican refrigerantes comprimidos. Por ejemplo, los sistemas y métodos pueden usarse para generar electricidad a partir de una fuente de calor.

Antecedentes

10 El ciclo de Rankine es un ciclo termodinámico en el que el calor se convierte en trabajo. El calor se suministra de manera externa a un circuito cerrado, normalmente con agua como fluido de trabajo. El ciclo de Rankine genera aproximadamente el 80% de toda la energía eléctrica utilizado en todo el mundo, y es utilizada por las plantas de energía solar térmica, biomasa, carbón y energía nuclear. Los sistemas de energía de ciclo Rankine normalmente transforman la energía térmica en energía eléctrica. Un sistema de energía de ciclo Rankine convencional emplea las siguientes cuatro etapas básicas: (1) la energía térmica se utiliza, en una caldera, para convertir el agua en vapor; (2) el vapor se envía a través de una turbina, que a su vez impulsa un generador eléctrico; (3) el vapor es condensado nuevamente en agua mediante la descarga de la energía térmica restante en el vapor al entorno; y (4) el condensado se bombea de nuevo a la caldera. En un ciclo de Rankine óptimo, la expansión es isentrópica (es decir, a entropía constante) y los procesos de evaporación y condensación son isobáricos (es decir, a presión constante). Sin embargo, las irreversibilidades en procesos reales disminuyen la eficiencia del ciclo. Esas irreversibilidades se deben principalmente a dos factores: la conversión de algo de energía en calor durante la expansión del fluido de trabajo durante la etapa (2) del ciclo; y la ineficiencia causada por las caídas de presión en los intercambiadores de calor durante las etapas (1) y (3).

25 La eficiencia de un ciclo de Rankine es una función de las propiedades físicas del fluido de trabajo. Sin que la presión alcance niveles supercríticos para el fluido de trabajo, el rango de temperatura sobre el que puede funcionar el ciclo es bastante pequeño. Por ejemplo, los límites de temperatura de entrada de la turbina convencionales son de alrededor de 565°C (el límite de fluencia del acero inoxidable) y las temperaturas del condensador son alrededor de 30°C. Esto proporciona una eficiencia de Carnot teórica de aproximadamente el 63% en comparación con una eficiencia real del 42% para una central eléctrica de carbón moderna. La baja temperatura de entrada de la turbina (en comparación con una turbina de gas de combustión interna) es la razón por la cual el ciclo de Rankine se usa a menudo como un ciclo de fondo en las centrales eléctricas de turbina de gas de ciclo combinado. El fluido de trabajo en un ciclo de Rankine sigue un circuito cerrado y es reutilizado continuamente. Si bien muchos fluidos de trabajo pueden y han sido utilizados en el ciclo de Rankine, el agua suele ser el fluido de elección porque es abundante, barata, no tóxica, generalmente no reactiva y posee propiedades termodinámicas favorables. Los ciclos orgánicos de Rankine (ORC) se han desarrollado para permitir la recuperación de energía de fuentes de temperatura más baja, como calor residual industrial, calor geotérmico, estanques solares, etc. Los fluidos de trabajo en los ORC son fluidos orgánicos de alta masa molecular que tienen un cambio de fase de líquido a vapor (es decir, punto de ebullición) a una temperatura más baja que el cambio de fase de agua a vapor a una presión determinada. Usando un ORC, el calor de fuentes de temperatura más baja se puede convertir en un trabajo útil que se puede aprovechar para generar electricidad.

40 La tecnología ORC se puede utilizar para recuperar energía del calor residual. Por ejemplo, la tecnología se puede aplicar a centrales térmicas y eléctricas, procesos industriales y agrícolas (por ejemplo, la fermentación de productos orgánicos), escapes calientes de hornos o crisoles, condensación de gases de combustión, gases de escape de vehículos, refrigeración intermedia de un compresor y el condensador de un ciclo de energía. La tecnología ORC también se puede utilizar para extraer energía útil a partir de biomasa, fuentes de calor geotérmicas, campos solares, etc.

45 Los documentos US2013/0263598 A1, US2010/0034684 A1 y WO2014/117156 A1 describen ciclos de Rankine con un circuito de lubricación y separación del aceite lubricante del fluido de trabajo. Los ORC se describen en la Publicación de Patente Internacional número WO 2014/124061, titulada "Improved Organic Rankine Cycle Decompression Heat Engine," publicada el 14 de agosto de 2014.

Divulgación

50 El método de acuerdo con la invención se describe en la reivindicación 1 y el motor térmico de acuerdo con la invención se describe en la reivindicación 9. Otros aspectos de la invención se describen en las reivindicaciones dependientes. En algunos ejemplos, un método incluye mezclar un aceite lubricante con una primera porción de un refrigerante en una fase líquida para formar una mezcla y calentar la mezcla del aceite lubricante y la primera porción del refrigerante para formar una mezcla calentada, en donde al menos una porción de la primera porción del refrigerante está en una fase gaseosa. El método incluye mezclar la mezcla calentada con una segunda porción del refrigerante en una fase sobrecalentada y atomizar el aceite lubricante para dispersar el aceite lubricante dentro del refrigerante. El refrigerante puede mostrar un punto de ebullición por debajo de -35°C. En algunos modos de realización, el refrigerante puede incluir un material orgánico.

- En otros ejemplos, un motor térmico incluye una zona de alta presión configurada para transferir calor desde al menos una fuente de calor a un refrigerante y configurada para contener una primera porción del refrigerante en una fase gaseosa; una zona de baja presión configurada para transferir calor del refrigerante a al menos un disipador de calor y configurada para contener una segunda porción del refrigerante en una fase líquida; una zona de derivación configurada para mezclar una tercera porción del refrigerante en una fase líquida con un aceite lubricante; y un atomizador que comprende un medio de mezcla configurado para atomizar el aceite lubricante y dispersar el aceite lubricante dentro de las porciones primera y tercera del refrigerante. El refrigerante presenta un punto de ebullición por debajo de aproximadamente -35°C . Una trayectoria de circuito esencialmente cerrada para el refrigerante comprende la zona de alta presión, la zona de baja presión y la zona de derivación.
- En algunos ejemplos, un sistema para proporcionar un refrigerante a presión incluye una bomba configurada para mover una primera porción de un refrigerante en una fase líquida a través de un conducto; un dispositivo de mezcla para mezclar un aceite lubricante con la primera porción del refrigerante en la fase líquida; al menos una fuente de calor configurada para transferir calor a la primera porción del refrigerante en la fase líquida; otro dispositivo de mezcla para mezclar una segunda porción del refrigerante en una fase gaseosa con el aceite lubricante y la primera porción del refrigerante; y un medio de mezcla configurado para atomizar el aceite lubricante y dispersar el aceite lubricante dentro del refrigerante. El refrigerante muestra un punto de ebullición por debajo de aproximadamente -35°C . La al menos una fuente de calor está configurada para evaporar la primera porción del refrigerante.

Breve descripción de los dibujos

- La figura 1 es un diagrama de bloques esquemático simplificado que ilustra un sistema para proporcionar un refrigerante a presión, de acuerdo con la presente divulgación;
- La figura 2 es un diagrama de bloques esquemático simplificado que ilustra un motor térmico que incluye el sistema mostrado en la figura 1;
- La figura 3 es un diagrama simplificado que ilustra un colector que se puede usar en el motor térmico ilustrado en la figura 2; y
- La figura 4 es un diagrama de bloques esquemático simplificado que ilustra cómo el refrigerante en el motor térmico mostrado en la figura 2 se puede utilizar junto con otros equipos.

Modos para llevar a cabo la invención

- La siguiente descripción proporciona detalles específicos, como tipos de materiales, composiciones, grosores de materiales y condiciones de procesamiento con el fin de proporcionar una descripción detallada de los modos de realización de la divulgación. Sin embargo, un experto medio en la técnica entenderá que los modos de realización de la divulgación se pueden poner en práctica sin emplear estos detalles específicos. De hecho, los modos de realización de la divulgación se pueden poner en práctica junto con las técnicas convencionales empleadas en la industria. Además, la descripción que se proporciona a continuación no forma un flujo de proceso completo para proporcionar fluidos a presión u hacer funcionar motores térmicos. Solo aquellos actos del proceso y estructuras necesarias para comprender los modos de realización de la divulgación se describen en detalle a continuación. Un experto medio en la técnica reconocerá que algunos componentes del proceso (por ejemplo, tuberías, filtros de línea, válvulas, detectores de temperatura, detectores de flujo, detectores de presión, etc.) se divulgan en el presente documento de manera inherente y que agregar varios componentes y actos de proceso convencional estaría de acuerdo con la divulgación. Pueden proporcionarse actos o materiales adicionales mediante la adición de elementos convencionales a los divulgados.

Como se usa en el presente documento, las formas singulares "un/una" y "el/la" pretenden incluir también las formas plurales, a menos que el contexto indique claramente lo contrario.

Como se usa en el presente documento, el término "y/o" incluye cualquiera y todas las combinaciones de uno o más de los elementos enumerados.

- Como se usa en el presente documento, los términos relacionales, como "primero", "segundo", "arriba", "abajo", "superior", "inferior", "sobre", "bajo", etc. se usan para aclarar y facilitar la comprensión de la divulgación y los dibujos adjuntos y no conllevan ni dependen de ninguna preferencia, orientación u orden específico, excepto cuando el contexto indique claramente lo contrario.

- Como se usa en el presente documento, el término "esencialmente", en referencia a un parámetro, propiedad o condición determinada, significa en un grado que un experto medio en la técnica entenderá que se cumple el parámetro, propiedad o condición determinada con un pequeño grado de variación, como dentro de tolerancias de fabricación aceptables.

- La figura 1 es un diagrama de bloques esquemático simplificado que ilustra un sistema 100 para proporcionar un refrigerante a presión. El sistema 100 se puede usar para proporcionar refrigerante a presión a un motor térmico, a un sistema de refrigeración, a una bomba de calor o a cualquier otro sistema en el que se use refrigerante a presión. En algunos modos de realización, el sistema 100 puede proporcionar refrigerante a presión a un motor térmico utilizando un ciclo orgánico Rankine (ORC).

Como se muestra en la figura 1, el sistema 100 puede incluir una válvula 102 de retención configurada para permitir el flujo de refrigerante en una sola dirección. Una bomba 104 puede configurarse para recibir refrigerante de la válvula 102 de retención y proporcionar una fuerza para conducir refrigerante a través del sistema 100. La bomba 104 puede ser, por ejemplo, una bomba de circulación de velocidad variable. La bomba 104 puede ser considerablemente más pequeña que las bombas utilizadas convencionalmente para proporcionar refrigerantes a presión porque la bomba 104 no necesita aumentar de manera significativa la presión del refrigerante. En cambio, la presión del refrigerante se puede aumentar mediante calentamiento, como se explica con más detalle a continuación.

El refrigerante puede ser un material orgánico que tenga un punto de ebullición por debajo de aproximadamente -35°C . Dicho refrigerante se puede usar para extraer energía de fuentes de calor que tengan temperaturas relativamente bajas (por ejemplo, por debajo de aproximadamente 82°C) y convertir esa energía en electricidad de manera más eficiente que los refrigerantes en sistemas convencionales. Por ejemplo, el refrigerante puede ser R-410A, una mezcla casi azeotrópica de difluorometano y pentafluoroetano, que tiene un punto de ebullición de aproximadamente -51°C . También se pueden usar otros refrigerantes, como los conocidos en la técnica como R-22, R-502, R-507, R-13, R-503, R-23, R-717 (amoníaco) o R-744 (dióxido de carbono (CO_2)). Dichos refrigerantes están disponibles comercialmente, por ejemplo, en Airgas Refrigerants Inc., de Lawrenceville, Georgia, EE.UU.

Un dispositivo 106 de mezcla puede configurarse para mezclar aceite lubricante con el refrigerante orgánico después de que el refrigerante orgánico pase a través de la bomba 104. El dispositivo 106 de mezcla puede incluir, por ejemplo, una pieza en T de mezcla, una cámara de mezcla, un aspirador o cualquier otro medio para mezclar fluidos. El aceite lubricante puede ser un material orgánico formulado para permanecer en una fase líquida en las condiciones de funcionamiento de un proceso de refrigeración, y tener propiedades beneficiosas de lubricación y estabilidad. Por ejemplo, el aceite lubricante puede incluir aceite mineral (por ejemplo, naftalénico) o aceites sintéticos (por ejemplo, glicoles, ésteres, alquilbencenos, poliolésteres, etc.). En algunos modos de realización, el aceite lubricante también puede incluir un potenciador de la lubricación, como un paquete de aditivos que se vende con el nombre comercial A/C Re-New de Nu-Calgon, de Sant Louis, Missouri, EE.UU. El mejorador de la lubricidad puede formularse para tener una mayor lubricidad que el aceite lubricante.

El sistema 100 puede incluir además una o más fuentes 108 de calor representadas como un intercambiador de calor en la figura 1. Una o más fuentes 108 de calor pueden incluir condensadores, serpentines de calentamiento o cualquier otra fuente de calor. Una o más fuentes 108 de calor pueden incluir al menos una pared a través de la cual se puede transferir calor al refrigerante orgánico y al aceite lubricante. Aunque una fuente 108 de calor está representada en la figura 1, el sistema 100 puede incluir cualquier número de fuentes de calor, como una, dos, tres, cuatro, etc. La una o más fuentes 108 de calor pueden configurarse para evaporar el refrigerante orgánico para que forme un gas. Por ejemplo, la una o más fuentes 108 de calor pueden incluir un evaporador o un sobrecalentador.

El sistema 100 puede incluir además un atomizador 112 configurado para mezclar el refrigerante orgánico y el aceite lubricante con otra porción de refrigerante orgánico, y para atomizar el aceite lubricante. El atomizador 112 puede incluir un cuerpo que tiene medios 114 de mezcla y atomización en el mismo. Por ejemplo, el atomizador 112 puede incluir álabes mezcladores, una malla metálica (por ejemplo, una malla de acero inoxidable sinterizado, como un material de malla de acero inoxidable 316L que tenga un tamaño de malla de aproximadamente 1.000 micrones, vendido por Dorstener Wire Tech, de Spring, Texas, EE.UU. con el nombre SINTERPORE®), un medio de cobertura o cualquier otra estructura para mezclar y/o atomizar. En algunos modos de realización, el atomizador 112 puede incluir además un medio de filtro (que puede ser reemplazable) u otros medios para evitar que el aceite líquido no atomizado salga del atomizador 112. El atomizador 112 puede estar configurado para funcionar con una restricción mínima, de manera que la caída de presión dentro del atomizador 112 sea pequeña o insignificante.

El sistema 100 se puede usar para proporcionar un refrigerante a presión y calentado. Un refrigerante 122 puede pasar a través de la válvula 102 de retención a la bomba 104, que bombea el refrigerante 122 a través del sistema 100. En algunos modos de realización, la bomba 104 puede proporcionar los únicos medios para hacer circular el refrigerante 122. El refrigerante 122 que sale de la bomba 104 puede entrar en el dispositivo 106 de mezcla y mezclarse con un aceite 124 lubricante para formar una mezcla 126. La mezcla 126 se puede calentar después en la fuente 108 de calor. La fuente 108 de calor puede recibir un fluido 128 caliente que tiene una temperatura de menos de aproximadamente 80°C , menos de aproximadamente 70°C , menos de aproximadamente 60°C o incluso menos de aproximadamente 50°C . El calor del fluido 128 caliente se transfiere a la mezcla 126, de manera que un fluido 130 enfriado (que contiene material que entró en la fuente 108 de calor como fluido 128 caliente) y una mezcla 132 calentada (que contiene material que entró en la fuente 108 de calor como la mezcla 126) abandone la fuente 108 de calor. El caudal volumétrico de la mezcla 132 calentada puede ser mayor que el caudal volumétrico de la mezcla 126 debido a la evaporación del refrigerante 122.

La mezcla 126 puede, en algunos modos de realización, exponerse a fuentes de calor adicionales. La transferencia de calor desde la fuente 108 de calor a la mezcla 126 puede implicar un aumento del volumen específico de la mezcla 126.

La fuente 108 de calor puede incluir, por ejemplo, una fuente de calor residual, un gas de escape, un compresor refrigerador intermedio, biomasa, una fuente de calor geotérmica, un panel solar o cualquier otra fuente de calor. La

fente 108 de calor no necesita estar a una temperatura tan alta como la requerida en los sistemas convencionales, por lo que el sistema 100 puede utilizarse para extraer energía de fuentes de calor que tradicionalmente no se utilizan para la generación de potencia.

5 La mezcla 132 calentada (que incluye el aceite 124 lubricante mezclado con el refrigerante 122) y otra porción de refrigerante 140 gaseoso o sobrecalentado puede mezclarse dentro del atomizador 112 para formar una mezcla 141 sobrecalentada. Como alternativa, la mezcla 132 calentada y el refrigerante 140 se pueden mezclar antes de entrar al atomizador 112 para formar la mezcla 141 sobrecalentada, como en una pieza en T de mezcla, una cámara de mezcla, un aspirador, o cualquier otro medio para mezclar fluidos. El refrigerante 140 puede tener normalmente la misma composición que el refrigerante 122. El refrigerante 140 puede estar en o cerca de su temperatura crítica.
10 Dentro del atomizador 112, el aceite lubricante puede atomizarse para formar una neblina fina, que se puede dispersar dentro del refrigerante. Por ejemplo, la mezcla 141 sobrecalentada puede pasarse a través de una malla metálica. En algunos modos de realización, el aceite 124 lubricante se puede dispersar de manera aproximadamente uniforme en todo el refrigerante. El refrigerante y el aceite lubricante pueden abandonar el atomizador 112 como una mezcla 142 atomizada. En algunos modos de realización, la mezcla 142 atomizada se puede filtrar o procesar de otra manera para mejorar la homogeneidad de la mezcla 142 atomizada.
15

En algunos modos de realización, la mezcla 142 atomizada (es decir, el refrigerante a presión y el aceite lubricante atomizado) se puede usar en un motor térmico ORC. Por ejemplo, la figura 2 es un diagrama de bloques esquemático simplificado que ilustra un motor 200 térmico que incluye el sistema 100 mostrado en la figura 1 (hay que tener en cuenta que los números de referencia para algunos flujos de material mostrados en la figura 1 se omiten de la figura 2 por simplicidad). El motor 200 térmico generalmente incluye una zona de alta presión, una zona de baja presión y una zona de derivación. Cuando el motor 200 térmico está en funcionamiento, la presión del refrigerante de trabajo dentro de la zona de alta presión es aproximadamente constante, con variaciones en la temperatura a lo largo de la trayectoria del flujo. De manera similar, dentro de la zona de baja presión, la presión del refrigerante de trabajo es aproximadamente constante (pero a una presión más baja que en la zona de alta presión).
20 El refrigerante en la zona de derivación está aproximadamente a la misma presión que en la zona de alta presión. Debido a que la zona de alta presión y la zona de baja presión están a presiones aproximadamente constantes, el refrigerante puede pasar a través de uno o más circuitos externos si se desea o se requiere una transferencia de calor adicional, como se explica a continuación y se muestra en la figura 3.
25

El motor 200 térmico incluye un tanque 202 de retención para contener refrigerante. El refrigerante 248 a presión circula desde el tanque 202 de retención a un evaporador 204 y a un sobrecalentador 206, que se pueden denominar generalmente como fuentes 204, 206 de calor. Las fuentes 204, 206 de calor pueden incluir cada una al menos una pared a través de la cual se puede transferir el calor al refrigerante 248 desde un fluido 240 caliente. Aunque en la figura 2 se representan dos fuentes 204, 206 de calor, el motor 200 térmico puede incluir cualquier número de fuentes de calor, como una, dos, tres, cuatro, etc. Una de las fuentes 204, 206 de calor puede estar configurada para evaporar el refrigerante 248 presurizado para que forme un gas, que puede corresponder al refrigerante 140 mostrado en la figura 1. Después de que el refrigerante 140 deja el sobrecalentador 206, el refrigerante 140 puede estar en o cerca de su temperatura crítica.
30
35

Las fuentes de calor 204, 206, pueden recibir el fluido 240 caliente que tiene una temperatura de menos de aproximadamente 80°C, de menos de aproximadamente 70°C, de menos de aproximadamente 60°C, de menos de aproximadamente 50°C, o incluso de menos de aproximadamente 40°C. El calor del fluido 240 caliente se transfiere al refrigerante 248. El fluido 240 caliente puede dejar las fuentes 204, 206 de calor como fluido 244 para su eliminación u otros usos.
40

El refrigerante 140 se puede mezclar luego con la mezcla 132 calentada de refrigerante y aceite que se ha precalentado en la fuente 108 de calor (véase también la figura 1). Dentro del atomizador 112, el aceite lubricante puede atomizarse para formar una neblina fina, que puede dispersarse dentro del refrigerante como la mezcla 142 atomizada, como se expuso anteriormente y se muestra con más detalle en la figura 1.
45

La mezcla 142 atomizada puede entonces entrar en un colector 207 que tiene un dispositivo 208 de expansión acoplado a y configurado para impulsar un generador 209 eléctrico. El dispositivo 208 de expansión puede incluir un descompresor de desplazamiento positivo configurado para proporcionar un gradiente de presión a través del cual el refrigerante orgánico en la fase gaseosa fluye continuamente desde la zona de alta presión a la zona de baja presión. El dispositivo 208 de expansión puede configurarse para mantener un diferencial de presión entre la zona de alta presión y la zona de baja presión de entre aproximadamente 10 bares y aproximadamente 100 bares, y puede configurarse para extraer energía mecánica debido al gradiente de presión. Por ejemplo, el dispositivo 208 de expansión puede configurarse para mantener un diferencial de presión entre la zona de alta presión y la zona de baja presión de entre aproximadamente 20 bares y aproximadamente 42 bares.
50
55

En algunos modos de realización, el dispositivo 208 de expansión puede ser una turbina, un descompresor, un expansor de doble tornillo o cualquier otro dispositivo apropiado configurado para girar una porción del generador 209 eléctrico. Por ejemplo, el dispositivo 208 de expansión puede incluir un descompresor de scroll orbital. El dispositivo 208 de expansión puede incluir materiales formulados para soportar condiciones de funcionamiento. Por ejemplo, el dispositivo 208 de expansión puede incluir acero inoxidable. Una mezcla 250 que abandona el dispositivo
60

208 de expansión puede estar a una presión relativamente más baja y una temperatura relativamente más alta que la mezcla 142 atomizada que entra al dispositivo 208 de expansión. Por tanto, la zona de alta presión del motor 200 térmico puede definirse para que incluya el tanque 202 de retención, las fuentes 204, 206 de calor, el atomizador 112 y el dispositivo 208 de expansión.

5 El colector 207 puede configurarse para recibir la mezcla 142 atomizada del atomizador 112 y para proporcionar la mezcla 250 a una presión más baja y temperatura más alta que la mezcla 142 atomizada. El colector 207 puede configurarse para usar calor de la mezcla 142 atomizada para ayudar a separar el aceite de la mezcla 250. La mezcla 250 puede elevarse verticalmente dentro del colector 207 a través de orificios o una malla de acero. Esto puede favorecer la separación del aceite, que tiende a ser más pesado, del refrigerante. El aceite puede tender a caer hacia abajo de nuevo en el generador 209 eléctrico de debajo donde puede reutilizarse para sellado y lubricación.

10 Como se muestra en la figura 3, el colector 207 puede incluir una entrada 302 de refrigerante a través de la cual se puede recibir la mezcla 142 atomizada (figura 2). La mezcla 142 atomizada puede pasar al dispositivo 208 de expansión a través de un saliente 304. El refrigerante que sale del dispositivo 208 de expansión (es decir, como la mezcla 250, que se muestra en la figura 2) entra al colector 207 a través de una abertura 306. El refrigerante se desplaza a través de una zona 308 de separación, donde se extrae el aceite del refrigerante para formar la mezcla 250 (figura 2), que sale del colector 207 a través de una salida 310 de refrigerante. El aceite extraído puede regresar al dispositivo 208 de expansión y/o al generador 209 eléctrico a través de un drenaje 312 de aceite.

15 La combinación de la entrada 302 de refrigerante y la salida 310 de refrigerante puede simplificar la instalación del motor 200 térmico, y puede proporcionar un medio para usar algo de calor de la mezcla 142 atomizada entrante para ayudar en la separación del aceite. El colector 207 puede incluir trayectorias de flujo configuradas para favorecer la transferencia de calor entre el refrigerante entrante y saliente.

20 Además, el colector 207 puede incluir una o más trayectorias tortuosas a través de las cuales puede pasar el refrigerante antes de dejar el colector 207. Por ejemplo, la abertura 306 puede incluir uno o una pluralidad de agujeros u orificios perforados, que opcionalmente se pueden cubrir con una malla de acero u otro material que tenga una gran superficie. Forzar el vapor de escape para que se eleve verticalmente a través de una trayectoria de este tipo puede mejorar la separación del aceite del refrigerante (por ejemplo, porque el aceite puede ser más pesado que el refrigerante).

25 El vapor de escape puede elevarse verticalmente dentro del colector 207, luego fluir alrededor de bordes afilados, antes de fluir nuevamente hacia abajo, favoreciendo así la separación del aceite más pesado, que puede drenarse hacia abajo desde la zona 308 de separación a través de la abertura 306 de vuelta al dispositivo 208 de expansión, en base a la gravedad.

30 El saliente 304 puede configurarse de manera que la mezcla 142 atomizada que entra al dispositivo 208 de expansión no interrumpa el flujo de la mezcla 142 atomizada a través de la zona 308 de separación. Por ejemplo, el saliente 304 puede extenderse hacia abajo desde el centro del colector 207 para no permitir que la mezcla 142 atomizada que entra al dispositivo 208 de expansión fuerce fácilmente cualquier aceite mezclado que abandona el dispositivo 208 de expansión para que entre en la abertura 306. Es decir, el refrigerante que abandona el dispositivo 308 de expansión puede entrar al colector 207 a través de la abertura 306 por medio del saliente 304, y puede retener algo de aceite. Dicha disposición también puede favorecer la transferencia de calor entre el refrigerante entrante y saliente, lo que puede mejorar la separación del aceite.

35 El generador 209 eléctrico puede ser cualquier dispositivo configurado para convertir la energía mecánica extraída del refrigerante en el dispositivo 208 de expansión en energía eléctrica, como un generador de corriente alterna que tenga un rotor y un estator. El dispositivo 208 de expansión puede situarse verticalmente por encima o por debajo del generador 209 eléctrico. En algunos modos de realización, el dispositivo 208 de expansión y el generador 209 eléctrico pueden integrarse en un solo dispositivo.

40 Al menos una porción del aceite 124 lubricante puede extraerse del refrigerante 254 en un separador 211, que puede ser, por ejemplo, una trampa, un filtro, etc. El aceite 124 lubricante puede devolverse al refrigerante 122 a través de una bomba 218 y el dispositivo 106 de mezcla. El refrigerante 254 caliente a baja presión puede entrar en un condensador 210, donde puede ser enfriado por un disipador 242 de calor para condensar el refrigerante 254, formando un refrigerante 258 condensado. El disipador 242 de calor puede ser agua fría (por ejemplo, agua de consumo, agua de pozo, etc.). El disipador 242 de calor puede estar a aproximadamente la temperatura ambiente o del entorno. Por ejemplo, el disipador 242 de calor puede entrar en el condensador 210 a una temperatura de aproximadamente 5°C a aproximadamente 35°C, como de aproximadamente 15°C a aproximadamente 25°C. El disipador 246 de calor que abandona el condensador 210 puede estar desde aproximadamente 1°C a aproximadamente 15°C más caliente que el disipador 242 de calor, cuya diferencia de temperatura puede depender de los caudales del disipador 242 de calor y del refrigerante 254, así como las temperaturas de los mismos. El refrigerante 254 puede estar parcial o totalmente condensado en el condensador 210.

El refrigerante 258 condensado puede transferirse a un tanque 212 de refrigerante líquido, donde el refrigerante 258 condensado puede refrigerarse de manera opcional mediante uno o más disipadores 220 de calor adicionales para formar refrigerante 260 enfriado. El disipador 220 de calor puede ser, por ejemplo, agua fría, una válvula de expansión térmica (TXV), un dispositivo termoelectrico o cualquier otro material o dispositivo capaz de absorber o transferir calor. El motor 200 térmico puede manejarse para usar múltiples disipadores 220 de calor de diferentes tipos y a diferentes temperaturas. Se pueden agregar disipadores 220 de calor para equilibrar las cargas de calor con otros procesos. En algunos modos de realización, el refrigerante 258 condensado o una porción del mismo puede circular a través de un conducto 270 desde el motor 200 térmico a un disipador de calor externo para que se enfríe, y posteriormente devolverlo al motor 200 térmico a través de otro conducto 272 (por ejemplo, volver al tanque 212 de refrigerante líquido). En dichos modos de realización, se puede considerar que el refrigerante tiene una trayectoria de circuito esencialmente cerrado que incluye el motor 200 térmico y el disipador de calor externo.

Un sistema 214 de control de presión puede regular el flujo y la presión del refrigerante 260 enfriado desde el tanque 212 de refrigerante. El sistema 214 de control de presión puede incluir una válvula de retención, un regulador de presión, una cámara de amortiguamiento, un controlador manual o electrónico, y/o cualquier otro dispositivo de control seleccionado.

Después de pasar a través del sistema 214 de control de presión, la(s) fuente(s) 222, 224 de calor puede(n) precalentar de manera opcional el refrigerante 260 enfriado para formar un refrigerante 262 precalentado. Las fuentes 222, 224 de calor pueden ser, por ejemplo, una fuente de calor residual, gases de escape, un compresor refrigerador intermedio, biomasa, una fuente de calor geotérmica, un panel solar o cualquier otro material o dispositivo capaz de generar o transferir calor. En algunos modos de realización, el refrigerante 260 enfriado o una porción del mismo puede hacerse circular a través de un conducto 274 fuera del motor 200 térmico hasta una fuente de calor externa para que se caliente, bien en lugar de las fuentes 222, 224 de calor o en adición a las mismas, y posteriormente devolverse al motor 200 térmico a través de otro conducto 276. En dichos modos de realización, se puede considerar que el refrigerante tiene una trayectoria de circuito esencialmente cerrado que incluye el motor 200 térmico y la fuente de calor externa. Por tanto, el motor 200 térmico puede ser manejado para usar múltiples fuentes 222, 224 de calor de diferentes tipos y a diferentes temperaturas. Las fuentes 222, 224 de calor se pueden agregar para equilibrar las cargas de calor con otros procesos.

Una bomba 216 de circulación puede devolver el refrigerante 262 precalentado al tanque 202 de retención, y puede separar la zona de baja presión de la zona de alta presión. Por tanto, la zona de baja presión del motor 200 térmico se puede definir para que incluya el separador 211, el condensador 210, el tanque 212 de refrigerante y el sistema 214 de control de presión. La bomba 216 de circulación puede proporcionar un flujo continuo del refrigerante 262 precalentado en la fase líquida desde la zona de baja presión hasta la zona de alta presión. La bomba 216 de circulación puede ser, por ejemplo, una bomba hidráulica de desplazamiento positivo. La bomba 216 de circulación puede configurarse para funcionar como una bomba potenciadora de presión de líquido, aumentando la presión del refrigerante 262 precalentado a medida que mueve el refrigerante 262 precalentado a través del motor 200 térmico. El bombeo del refrigerante 262 precalentado en la fase líquida puede ser una forma relativamente más eficiente de aumentar la presión que bombear un refrigerante en fase gaseosa. El tanque 202 de retención se puede precalentar de manera adicional mediante otra fuente 226 de calor. La fuente 226 de calor puede ser, por ejemplo, una fuente de calor residual, un gas de escape, un compresor refrigerador intermedio, biomasa, una fuente de calor geotérmica, un panel solar o cualquier otro material o dispositivo capaz de generar o transferir calor. El uso de múltiples fuentes 222, 224, 226 de calor para precalentar el refrigerante (además de las fuentes 204, 206 de calor) puede aumentar la cantidad de generación de energía mediante el aumento de la cantidad total de calor transferido al refrigerante en el ciclo.

El motor 200 térmico incluye una zona de derivación, en la que una cantidad relativamente pequeña del refrigerante 122 se mezcla con el aceite 124 lubricante. La zona de derivación puede definirse para que incluya la válvula 102 de retención, la bomba 104, el dispositivo 106 de mezcla, y la fuente 108 de calor.

El aceite 124 lubricante puede ayudar a sellar el dispositivo 208 de expansión para limitar o evitar el deslizamiento de las partes móviles del dispositivo 208 de expansión. El aceite 124 lubricante también puede aumentar la densidad del refrigerante que entra al dispositivo 208 de expansión como la mezcla 142 atomizada. Sin embargo, si el aceite 124 lubricante pasa a través del dispositivo 208 de expansión en forma masiva, el aceite 124 lubricante puede atascar el dispositivo 208 de expansión, por ejemplo, bloqueando el flujo del refrigerante. Por tanto, en la zona de derivación, el aceite 124 lubricante se puede mezclar previamente con una porción del refrigerante 122 para mejorar la dispersión. El funcionamiento de las unidades en la zona de derivación (en concreto, la válvula 102 de retención, la bomba 104, el dispositivo 106 de mezcla y la fuente 108 de calor) se describen más arriba con respecto a la figura 1. El atomizador 112 puede favorecer aún más la dispersión del aceite 124 lubricante en el refrigerante, de modo que el aceite 124 lubricante pueda lubricar de manera eficaz las partes móviles del dispositivo 208 de expansión sin impedir el flujo del refrigerante. Por tanto, el aceite 124 lubricante puede aumentar la eficiencia del motor 200 térmico (mediante la reducción de las pérdidas por fricción en el dispositivo 208 de expansión) y aumentar la vida útil esperada del mismo.

El motor 200 térmico puede incluir un medio para mezclar el refrigerante 122 y el aceite 124 lubricante de la zona de derivación con el refrigerante 140 del sobrecalentador 206 antes de que estos materiales ingresen al atomizador

112, como en una pieza en T de mezcla, una cámara de mezcla, un aspirador, o cualquier otro medio para mezclar fluidos. En algunos modos de realización, estos materiales pueden mezclarse dentro del atomizador 112 o dentro de un cuerpo que también contenga el atomizador 112.

5 La mezcla 142 atomizada que entra en el dispositivo 208 de expansión puede ser de aproximadamente 0,01% a aproximadamente 10% en masa (es decir, una relación de un caudal másico del refrigerante 122, 140 a un caudal másico del aceite 124 lubricante puede estar entre aproximadamente 10:1 y aproximadamente 10.000:1). Por ejemplo, la mezcla 142 atomizada puede ser de aproximadamente 0,1% a aproximadamente 1,0% en masa (es decir, una relación del caudal másico del refrigerante 122, 140 respecto al caudal másico del aceite 124 lubricante puede estar entre aproximadamente 100:1 y aproximadamente 1000:1). La mezcla 142 atomizada puede ser de aproximadamente 5,0% en masa (es decir, una relación del caudal másico del refrigerante 122, 140 respecto al caudal másico del aceite 124 lubricante puede ser de aproximadamente 20:1).

15 Un método para generar energía a partir de una fuente de calor incluye mezclar una porción del refrigerante en una fase líquida con un aceite lubricante, calentar la mezcla para evaporar la porción del refrigerante, mezclar la mezcla calentada con una porción sobrecalentada del refrigerante, atomizar el aceite lubricante, y pasar el aceite lubricante atomizado y el refrigerante a través de un descompresor acoplado con un generador eléctrico para generar una corriente eléctrica. Al menos una porción del aceite lubricante puede separarse después del refrigerante, y el refrigerante puede condensarse nuevamente a la forma líquida.

20 La potencia puede generarse sin usar un compresor y, por tanto, la salida de potencia puede ser mayor que la salida de potencia de un motor térmico convencional con las mismas entradas. Es decir, el motor térmico puede ser más eficiente en la conversión de energía que los sistemas convencionales.

25 En el motor 200 térmico, el calor fluye hacia el refrigerante en las fuentes de calor 204, 206. El calor se convierte en trabajo mecánico y en electricidad en el dispositivo 208 de expansión y el generador 209 eléctrico. El calor residual se elimina del motor 200 térmico a través del condensador 210. Se consumen cantidades menores de energía bombeando el refrigerante, el aceite lubricante y las fuentes y disipadores de calor (por ejemplo, agua), pero el motor 200 térmico no requiere un compresor para producir refrigerante 140 a presión (figura 1). Por tanto, el motor 200 térmico puede funcionar de manera más eficiente que los motores térmicos convencionales.

30 El refrigerante puede extraerse del motor 200 térmico, usarse en otro dispositivo u operación, y devolverse al motor 200 térmico. Por ejemplo, y como se muestra en la figura 4, un refrigerante 402 en forma líquida puede entrar en un dispositivo 404 de expansión térmica. El refrigerante 402 puede convertirse en un refrigerante 406 gaseoso. Un serpentín 408 puede usarse como un disipador de calor para refrigeración o aire acondicionado.

35 El refrigerante 406 gaseoso puede entrar en un compresor 410 de velocidad variable, que puede producir un refrigerante 412 gaseoso caliente a presión adecuado para el retorno al motor 200 térmico (figura 2). Otro refrigerante 414 gaseoso también se puede comprimir en el compresor 410 de velocidad variable, en lugar de o además del refrigerante 406 gaseoso. La cantidad de energía requerida para hacer funcionar el compresor 410 de velocidad variable de manera que el refrigerante 412 gaseoso caliente a presión pueda ser devuelto al motor 200 térmico puede ser menor que la energía requerida para hacer funcionar equipos de refrigeración convencionales.

40 Volviendo a la figura 2, el refrigerante 402 en forma líquida puede separarse del refrigerante 248 (bien antes o después de la fuente 204 de calor), o cualquier otro punto seleccionado en el motor 200 térmico. El refrigerante 414 en forma gaseosa puede separarse del refrigerante 254, el refrigerante 258, o cualquier otro punto seleccionado en el motor 200 térmico. El refrigerante 412 gaseoso caliente a presión puede devolverse al motor 200 térmico después de la bomba 216 de circulación, después del tanque 202 de retención, o en cualquier otro lugar apropiado. Debido a que el motor 200 térmico tiene una zona de alta presión y una zona de baja presión, el punto de extracción o adición de refrigerantes puede estar en cualquier punto dentro de cada zona. Es decir, al igualar la presión, el refrigerante puede fluir y mezclarse con el refrigerante en el motor 200 térmico sin la necesidad de acondicionamiento adicional.

45 Ejemplos

Ejemplo profético 1: Motor térmico modelado matemáticamente

50 Un motor térmico similar al motor 200 térmico mostrado en la figura 2 se prevé que produzcan 9,88kW de electricidad de una fuente de agua caliente a 69,0°C, con una fuente de agua fría a 17,0°C, utilizando refrigerante R-410A. El dispositivo 208 de expansión es un scroll orbital, un compresor de scroll disponible comercialmente, diseñado para aire acondicionado, modelo SH380, disponible de Danfoss S.A., de Nordborg, Dinamarca, que funciona a 1517 RPM. El compresor funciona en la orientación inversa de su uso previsto, por lo que funciona como un expansor y no como un compresor.

Las presiones y temperaturas calculadas para el refrigerante y los suministros de agua caliente y fría se muestran en la Tabla 1.

55 Tabla 1: Presiones y Temperaturas de Funcionamiento

ES 2 728 750 T3

	Temperatura (°C)	Presión (bares)
Evaporador de agua caliente, entrada	69,0	
Evaporador de agua caliente, salida	63,0	
Agua de enfriamiento del condensador, entrada	17,0	
Agua de enfriamiento del condensador, salida	21,0	
Refrigerante en la salida de la bomba de circulación	23,0	36,0
Refrigerante en la entrada del evaporador	23,0	36,0
Refrigerante en la salida del sobrecalentador	67,0	36,0
Refrigerante en la entrada del scroll	67,0	36,0
Refrigerante en la salida del scroll	21,5	15,6
Refrigerante en la entrada del condensador	21,5	15,0
Refrigerante en la salida del condensador	21,0	15,0
Refrigerante en la entrada de la bomba de circulación	21,0	15,0

Los parámetros de funcionamiento adicionales se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2: Otros Parámetros de Funcionamiento

Flujo másico de refrigerante	304,5g/s
Flujo de agua caliente	282l/min
Flujo de agua fría	482l/min
Transferencia de calor del agua caliente al refrigerante	113,4kW
Transferencia de calor del refrigerante al agua fría	112,0kW
Eficiencia de Carnot (máximo teórico)	15,20%
Salida de trabajo máxima	17,23kW
Trabajo bruto de salida del scroll	11,14kW
Eficiencia bruta	9,83%
Porcentaje bruto de eficiencia de Carnot	64,7%
Potencia consumida por las bombas (bomba de aceite, bomba de refrigerante y bombas de agua)	1,27kW
Potencia neta producida	9,88kW
Eficiencia neta	8,71%
Porcentaje neto de eficiencia de Carnot	57,3%

5 Ejemplo 2: Motor térmico funcionando a 1500 RPM

Un motor térmico similar al motor 200 térmico mostrado en la figura 2 se hizo funcionar para producir aproximadamente 11kW de electricidad a partir de una fuente de agua caliente a aproximadamente 68,9°C, con una fuente de agua fría a aproximadamente 16,3°C, utilizando refrigerante R-410A. El dispositivo 208 de expansión era un scroll orbital, un compresor de scroll disponible comercialmente diseñado para aire acondicionado, modelo

ES 2 728 750 T3

SH380, de Danfoss S.A., que funciona a aproximadamente 1500 RPM. Los parámetros de funcionamiento seleccionados según lo observado se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3: Parámetros de Funcionamiento Observados

Evaporador de agua caliente, entrada	68,9°C
Evaporador de agua caliente, salida	61,8°C
Flujo de agua caliente	260l/min
Agua de enfriamiento del condensador, entrada	16,3°C
Agua de enfriamiento del condensador, salida	12,7°C
Flujo de agua fría	485l/min
Eficiencia de Carnot (máximo teórico)	15,3%
Potencia neta producida	11kW
Eficiencia neta	8,8%
Porcentaje neto de eficiencia de Carnot	57,5%

5 Ejemplo 3: Motor térmico funcionando a 1121 RPM

Un motor térmico similar al motor 200 térmico mostrado en la figura 2 se hizo funcionar para producir aproximadamente 6kW de electricidad de una fuente de agua caliente a aproximadamente 58,1°C, con una fuente de agua fría a aproximadamente 15,5°C, utilizando refrigerante R-410A. El dispositivo 208 de expansión era un scroll orbital, un compresor de scroll comercialmente disponible diseñado para aire acondicionado, modelo SH380, disponible de Danfoss S.A., que funciona a aproximadamente 1121 RPM. Los parámetros de funcionamiento seleccionados según lo observado se muestran en la Tabla 4.

10

Tabla 4: Parámetros de Funcionamiento Observados

Evaporador de agua caliente, entrada	58,1°C
Evaporador de agua caliente, salida	52,2°C
Flujo de agua caliente	191l/min
Agua de enfriamiento del condensador, entrada	15,5°C
Agua de enfriamiento del condensador, salida	12,4°C
Flujo de agua fría	376l/min
Eficiencia de Carnot (máximo teórico)	12,9%
Potencia neta producida	6kW
Eficiencia neta	7,1%
Porcentaje neto de eficiencia de Carnot	55,0%

REIVINDICACIONES

1. Un método que comprende:
- mezclar un aceite lubricante con una primera porción de un refrigerante para formar una mezcla, la primera porción del refrigerante en una fase líquida;
- 5 calentar la mezcla del aceite lubricante y la primera porción del refrigerante para formar una mezcla calentada, en donde al menos una porción de la primera porción del refrigerante está en una fase gaseosa;
- mezclar la mezcla calentada con una segunda porción del refrigerante, la segunda porción del refrigerante en una fase sobrecalentada; y
- atomizar el aceite lubricante para dispersar el aceite lubricante dentro del refrigerante.
- 10 2. El método de la reivindicación 1, en donde la atomización del aceite lubricante comprende pasar el aceite lubricante y el refrigerante a través de una malla metálica.
3. El método de la reivindicación 1, que comprende además bombear la primera parte del refrigerante a través de un conducto antes de mezclar el aceite lubricante con el mismo.
- 15 4. El método de la reivindicación 1, en donde el refrigerante muestra un punto de ebullición por debajo de aproximadamente -35°C.
5. El método de la reivindicación 1, que comprende, además:
- pasar el aceite lubricante atomizado y el refrigerante a través de un descompresor asociado de manera operativa con un generador eléctrico para disminuir la presión del refrigerante y generar una corriente eléctrica;
- 20 separar al menos una porción del aceite lubricante del refrigerante; y
- condensar al menos una porción del refrigerante para volver a formar la primera porción del refrigerante.
6. El método de la reivindicación 1, en donde la atomización del aceite lubricante comprende mantener el aceite lubricante y el refrigerante a una presión aproximadamente constante.
7. El método de la reivindicación 1, que comprende además mezclar un aditivo con la mezcla, presentando el aditivo una mayor lubricidad que el aceite lubricante.
- 25 8. El método de la reivindicación 1, en donde mezclar un aceite lubricante con una primera porción de un refrigerante para formar una mezcla comprende mezclar la primera porción del refrigerante en una fase líquida con el aceite lubricante aguas abajo de una bomba que hace circular la primera porción del refrigerante.
9. Un motor (200) térmico, que comprende:
- 30 una zona (202, 204, 206, 112, 208) de alta presión configurada para transferir calor de al menos una fuente de calor a un refrigerante y configurada para contener una primera porción del refrigerante en una fase gaseosa, mostrando el refrigerante un punto de ebullición por debajo de aproximadamente -35°C;
- una zona (211, 210, 212, 214) de baja presión configurada para transferir calor del refrigerante a al menos un disipador de calor y configurada para contener una segunda porción del refrigerante en una fase líquida;
- 35 una zona (102, 104, 106, 108) de derivación configurada para mezclar una tercera porción del refrigerante con un aceite lubricante, la tercera porción del refrigerante y el aceite lubricante en una fase líquida; y
- un atomizador (112) que comprende un medio de mezcla configurado para atomizar el aceite lubricante y dispersar el aceite lubricante dentro de las porciones primera y tercera del refrigerante;
- en donde una trayectoria de circuito esencialmente cerrado para el refrigerante comprende la zona de alta presión, la zona de baja presión y la zona de derivación.
- 40 10. El motor térmico de la reivindicación 9, que comprende además un dispositivo de mezcla configurado para mezclar el aceite lubricante con la tercera porción del refrigerante en la fase líquida.
11. El motor térmico de la reivindicación 9, en donde la zona de alta presión comprende al menos una pared de al menos una fuente de calor configurada para transferir calor desde al menos una fuente de calor a la primera porción del refrigerante en la fase líquida, en donde al menos una fuente de calor está configurada para evaporar la primera
- 45 porción del refrigerante.
12. El motor térmico de la reivindicación 9, que comprende además un descompresor (208) de desplazamiento positivo configurado para proporcionar un gradiente de presión a través del cual el refrigerante en la fase gaseosa fluye continuamente desde la zona de alta presión a la zona de baja presión, configurado el descompresor de desplazamiento positivo para mantener un diferencial de presión entre la zona de alta presión y la zona de baja
- 50 presión de entre aproximadamente 20 bars y aproximadamente 42 bars, el descompresor de desplazamiento positivo configurado para extraer energía mecánica a causa del gradiente de presión.

13. El motor térmico de la reivindicación 12, que comprende además un generador eléctrico acoplado al descompresor de desplazamiento positivo y configurado para convertir la energía mecánica extraída en energía eléctrica.
- 5 14. El motor térmico de la reivindicación 13, que comprende además una bomba hidráulica de desplazamiento positivo para proporcionar un flujo continuo del refrigerante en la fase líquida desde la zona de baja presión hasta la zona de alta presión.
15. El motor térmico de la reivindicación 9, en donde la trayectoria de circuito esencialmente cerrado comprende además al menos un conducto de transferencia térmica externo al motor térmico.

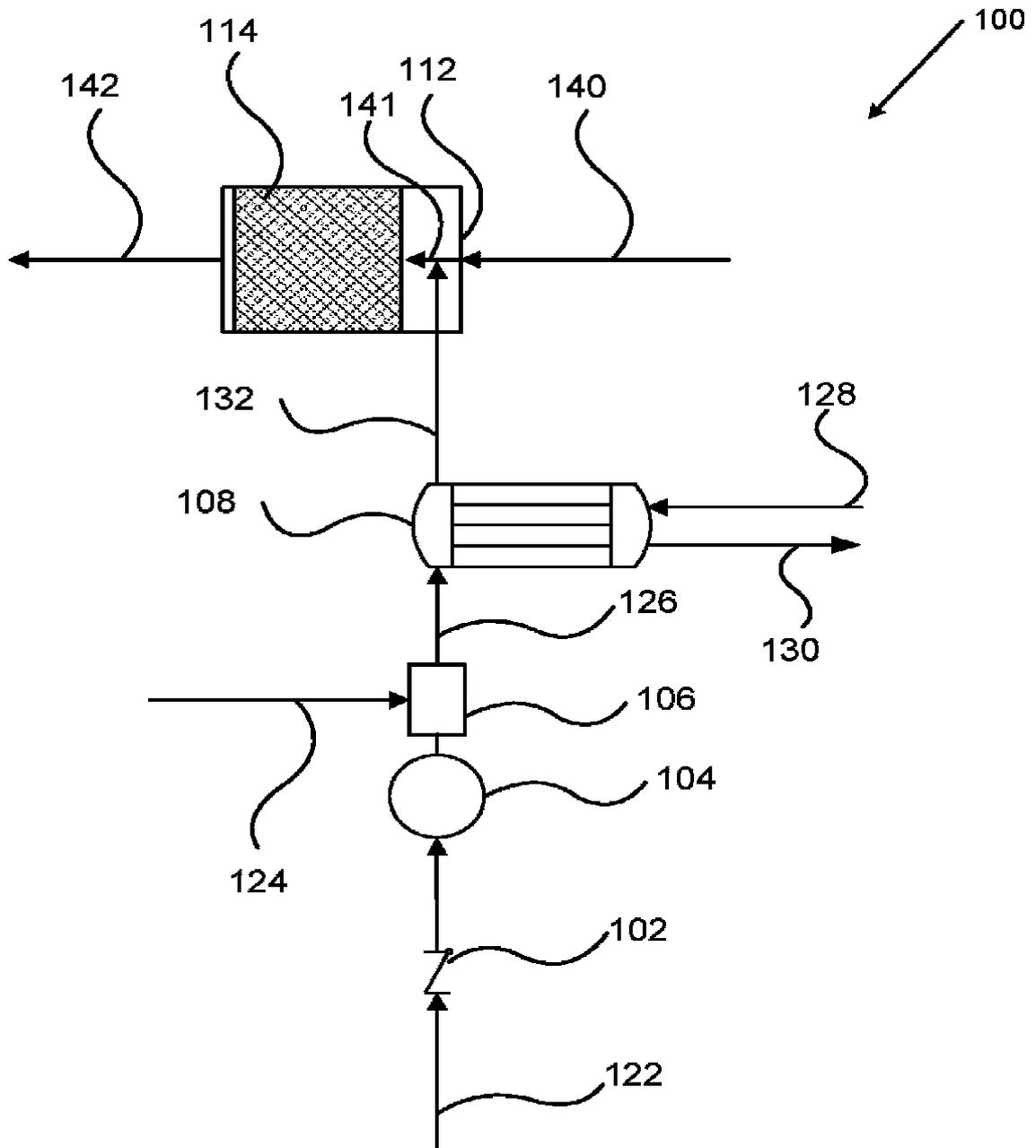


FIG. 1

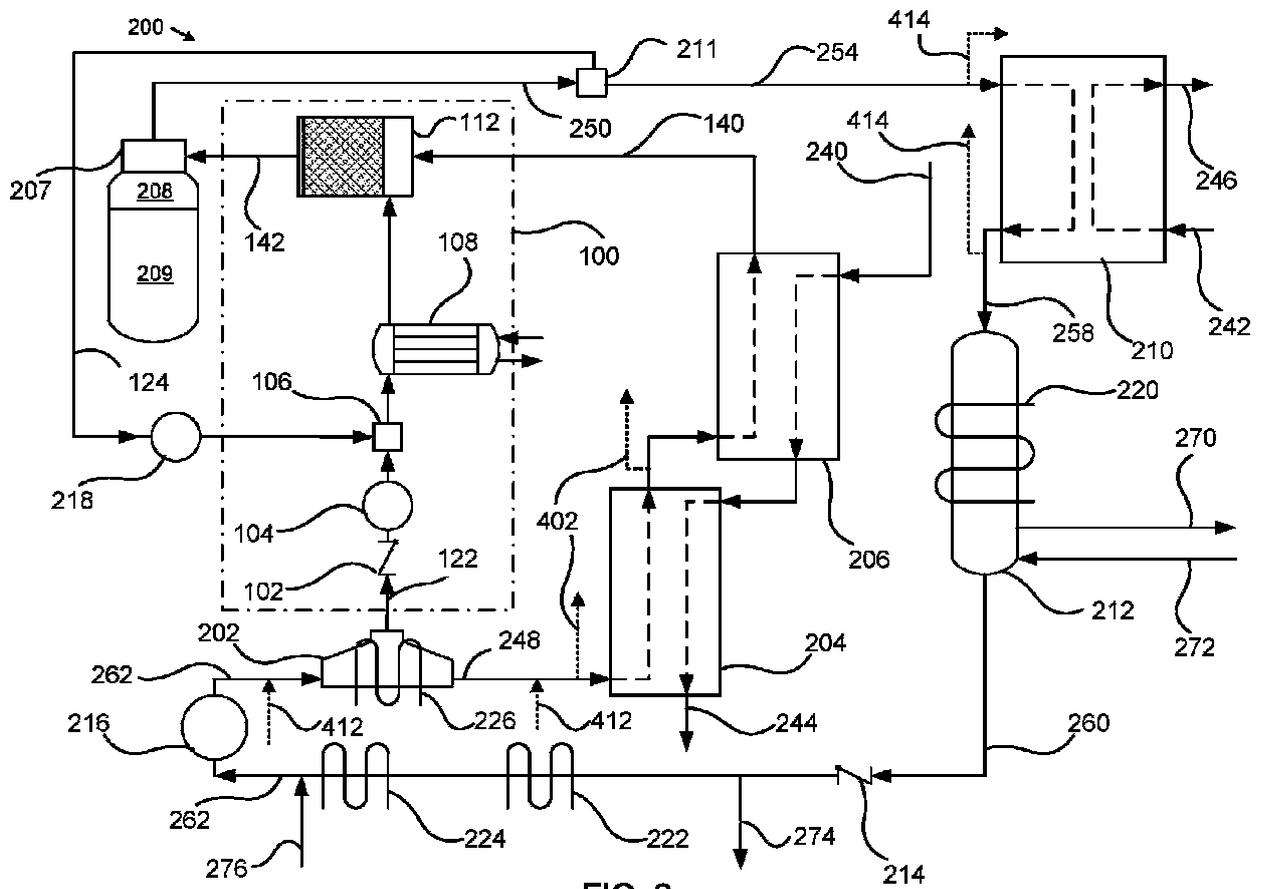


FIG. 2

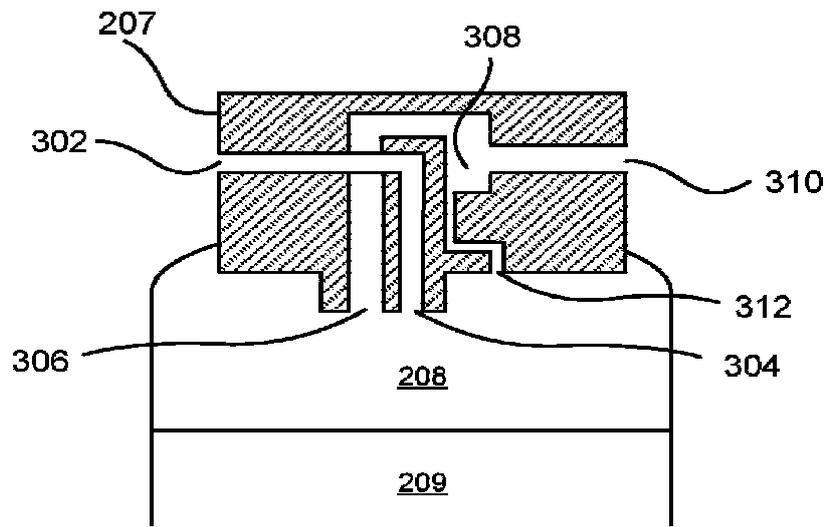


FIG. 3

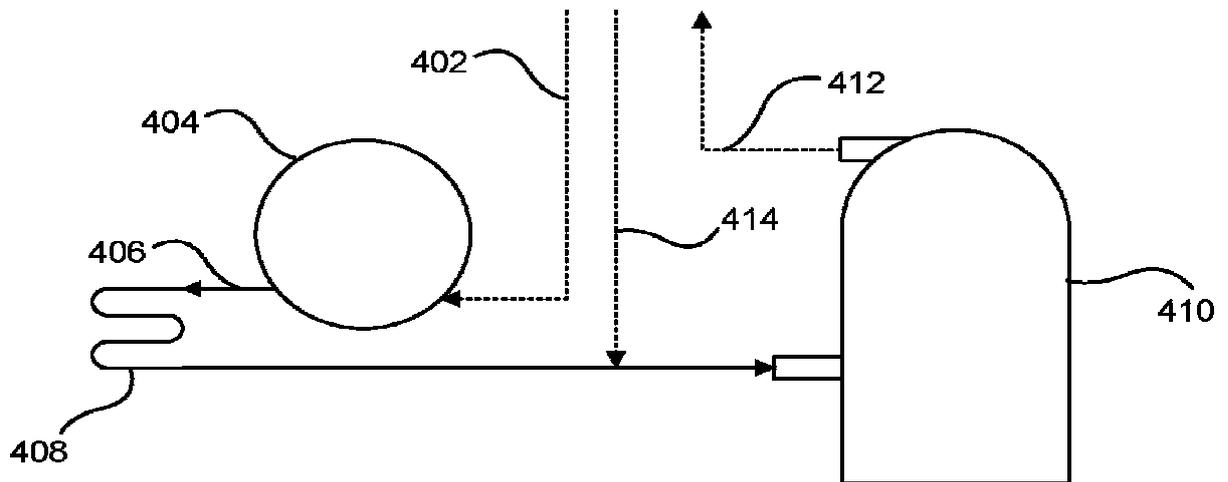


FIG. 4