

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 416 727**

51 Int. Cl.:

F01K 3/06 (2006.01)

F01K 3/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.10.2008 E 08806481 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.06.2013 EP 2220343**

54 Título: **Aparato de acumulación de energía y método para acumular energía**

30 Prioridad:

03.10.2007 GB 0719259

08.09.2008 GB 0816368

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

02.08.2013

73 Titular/es:

**ISENTROPIC LIMITED (100.0%)
7 Brunel Way, Segensworth East,
Fareham, Hampshire PO15 5TX , GB**

72 Inventor/es:

**MACNAGHTEN, JAMES y
HOWES, JONATHAN, SEBASTIAN**

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 416 727 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

Aparato de acumulación de energía y método para acumular energía.

5 La presente invención se refiere, en general, a aparatos para la acumulación de energía.

Las técnicas actuales de acumulación de energía o bien son costosas, o bien tienen unas malas eficiencias de carga / descarga o bien tienen unas consecuencias ambientales no deseadas debido a los tipos de productos químicos implicados o al tipo de uso del terreno.

10 Las técnicas de acumulación que se encuentran disponibles en la actualidad que no usan productos químicos son: acumulación de agua bombeada; acumulación de volante de inercia; y acumulación de energía por aire comprimido (CAES, *compressed air energy storage*). Todas estas técnicas presentan ciertas ventajas y desventajas:

15 Agua bombeada - requiere una cierta preparación geológica y tiene una capacidad de acumulación limitada. Aumentar la acumulación requiere una gran área de terreno por unidad de potencia acumulada.

20 Volantes de inercia - buena eficiencia de carga / descarga, pero una acumulación de potencia limitada por unidad de masa y costosos.

25 Acumulación de energía por aire comprimido - el inconveniente principal del CAES es su dependencia de las estructuras geológicas: la falta de cuevas subterráneas adecuadas limita sustancialmente la facilidad de uso de este método de acumulación. No obstante, para las ubicaciones en las que sea adecuado, este puede proporcionar una opción viable para acumular grandes cantidades de energía durante periodos prolongados. Acumular aire comprimido en recipientes a presión artificiales es problemático debido a que, habitualmente, se requieren unos espesores de pared grandes. Esto quiere decir que no existen economías de escala que usen recipientes presurizados manufacturados. Además, la eficiencia de carga / descarga no es alta.

30 El documento WO 2008 / 148962 da a conocer otra técnica de acumulación de energía usando dos medios de acumulación de calor colocados en un ciclo para producir un acumulador caliente y uno frío. En consecuencia, existe un deseo de proporcionar una forma mejorada de acumulación de energía que supere, o que por lo menos mitigue, algunos de los problemas asociados con la técnica anterior. En particular, existe un deseo de proporcionar una alternativa a las técnicas actuales que sea económica, eficiente, relativamente compacta y ambientalmente inerte.

35 Acumulación de energía usando acumulación combinada caliente y fría

De acuerdo con un primer aspecto de la presente invención, se proporciona un aparato para acumular energía tal como se expone en la reivindicación 1 más adelante.

40 De esta forma, se proporciona un aparato de acumulación de energía en el que unos medios de acumulación de calor primeros y segundos se colocan dentro de un ciclo de bomba de calor térmica para producir, respectivamente, un acumulador caliente y frío durante la carga. La energía puede recuperarse entonces en un modo de descarga haciendo que pase gas a través de los segundos medios de acumulación de calor enfriados, comprimiendo gas enfriado mediante los segundos medios de acumulación de calor, calentando el gas comprimido enfriado exponiendo el gas a los primeros medios de acumulación de calor calentados, y permitiendo que el gas calentado se expanda mediante la realización de trabajo sobre unos medios de generador.

50 El gas puede ser aire a partir de la atmósfera circundante. Ventajosamente, el uso de aire atmosférico como el fluido de trabajo quiere decir que no existe necesidad alguna de usar refrigerantes potencialmente contaminantes. Como alternativa, el gas puede ser nitrógeno o un gas noble (por ejemplo, argón o helio).

55 Puede hacerse que la presión de base del sistema (por ejemplo, la presión en los segundos medios de acumulación de calor) varíe desde inferior a la atmosférica hasta por encima de la atmosférica. Si la presión de base del sistema se eleva por encima de la atmosférica, entonces la presión pico se aumentará para un intervalo de temperaturas establecido y los medios de pistón de compresión y de expansión se harán más compactos. Existe una compensación recíproca debido a que los recipientes de acumulación se harán más costosos con el fin de abordar las presiones más altas. A la inversa, si la presión de sistema es inferior a la atmosférica, entonces las presiones pico serán más bajas y los recipientes de acumulación se harán menos costosos frente al aumento de tamaño de los medios de pistón de compresión y de expansión.

60 La compresión puede ser sustancialmente isentrópica o adiabática. La transferencia de calor desde el gas hasta los primeros medios de acumulación de calor puede ser sustancialmente isobárica. La expansión puede ser sustancialmente isentrópica o adiabática. La transferencia de calor desde los segundos medios de acumulación de calor hasta el gas puede ser sustancialmente isobárica. En realidad, no es posible lograr procesos isentrópicos perfectos debido a que, durante el proceso, tendrán lugar irreversibilidad en el proceso y transferencia de calor. Por

lo tanto, debería observarse que, cuando se hace referencia a un proceso como isentrópico, debería entenderse como que quiere decir casi, o sustancialmente, isentrópico.

5 Ventajosamente, el uso de un compresor/ expansor de pistón alternativo puede ofrecer una eficiencia significativamente mejorada sobre los compresores / expansores rotatorios aerodinámicos convencionales.

10 Por lo menos uno de los medios de acumulación de calor primeros y segundos puede comprender una cámara para recibir el gas, y un material particulado (por ejemplo, un lecho de material particulado) que está alojado en la cámara. El material particulado puede comprender unas partículas sólidas y / o fibras compactadas (por ejemplo, de forma aleatoria) para formar una estructura permeable a gases. Las partículas sólidas y / o fibras pueden tener una baja inercia térmica. Por ejemplo, las partículas sólidas y / o fibras pueden ser metálicas. En otra realización, las partículas sólidas y / o fibras pueden comprender un mineral o cerámica. Por ejemplo, las partículas sólidas pueden comprender grava.

15 El aparato puede comprender además unos medios de generador para recuperar la energía acumulada en los medios de acumulación de calor primeros y segundos. Los medios de generador pueden acoplarse con uno o ambos de los medios de pistón de compresión y los medios de pistón de expansión. Uno o ambos de los medios de pistón de compresión y los medios de pistón de expansión pueden ser configurables para funcionar en inversión durante la descarga (por ejemplo, cuando se están descargando, los medios de pistón de expansión pueden ser configurables para comprimir gas enfriado y los medios de pistón de compresión pueden ser configurables para permitir que el gas calentado se expanda).

Se proporciona además un método tal como se expone en la reivindicación 17 más adelante.

25 Aparato de Almacenamiento intermedio de energía

De acuerdo con un segundo aspecto de la presente invención, se proporciona un aparato para transmitir potencia mecánica desde un dispositivo de entrada hasta un dispositivo de salida tal como se expone en la reivindicación 12 más adelante.

30 De esta forma, se proporciona un sistema de transmisión termodinámica en el que puede acumularse energía en un "almacenamiento intermedio" en un primer modo de funcionamiento cuando la salida de potencia procedente del sistema es menor que la potencia suministrada y se recupera de forma automática en un segundo modo de funcionamiento cuando la potencia requerida procedente del sistema aumenta por encima de la de la potencia suministrada. El cambio entre los modos primero y segundo de funcionamiento puede tener lugar de forma automática. Por ejemplo, el aparato puede configurarse para reaccionar de forma automática a un desequilibrio en las potencias de entrada y de salida. Cuando la potencia suministrada y usada están equilibradas, el sistema evita de forma automática los medios de acumulación de calor primeros y segundos.

40 El gas puede ser aire a partir de la atmósfera circundante.

45 La compresión que se proporciona mediante los medios de pistón de compresión primeros y segundos puede ser sustancialmente isentrópica o adiabática. La transferencia de calor desde el gas hasta los primeros medios de acumulación de calor puede ser sustancialmente isobárica. La expansión que se proporciona mediante los medios de pistón de expansión primeros y segundos puede ser sustancialmente isentrópica o adiabática. La transferencia de calor desde los segundos medios de acumulación de calor hasta el gas puede ser sustancialmente isobárica.

50 Por lo menos uno de los medios de acumulación de calor primeros y segundos puede comprender una cámara para recibir el gas, y un material particulado (por ejemplo, un lecho de material particulado) que está alojado en la cámara. El material particulado puede comprender unas partículas sólidas y / o fibras compactadas (por ejemplo, de forma aleatoria) para formar una estructura permeable a gases. Las partículas sólidas y / o fibras pueden tener una baja inercia térmica. Por ejemplo, las partículas sólidas y / o fibras pueden ser metálicas. En otra realización, las partículas sólidas y / o fibras pueden comprender un mineral o cerámica. Por ejemplo, las partículas sólidas pueden comprender grava.

55 A continuación, se describirán a modo de ejemplo realizaciones de la presente invención, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

60 la figura 1 es una ilustración esquemática de un aparato de acumulación de energía de acuerdo con el primer aspecto de la presente invención;

la figura 2 muestra un diagrama de de P-V que modela un ciclo típico del aparato de la figura 1 durante la descarga;

la figura 3 muestra un diagrama de de P-V que modela un ciclo típico del aparato de la figura 1 durante la carga; y

65 la figura 4 es una ilustración esquemática de un aparato de transmisión que incorpora un aparato de acumulación de energía de acuerdo con el segundo aspecto de la presente invención.

La figura 1 muestra una disposición en la que unos medios de acumulación térmica se insertan dentro de un ciclo de bomba de calor térmica / motor. El ciclo que se usa tiene dos fases diferentes que pueden dividirse en dispositivos independientes o combinados en un dispositivo.

5 Acumulación caliente y fría combinada (figura 1)

La figura 1 muestra un dispositivo para el ciclo combinado que emplea una compresión sustancialmente isentrópica, usando un compresor, en el presente caso un dispositivo alternativo, que eleva la temperatura y la presión del fluido de trabajo (por ejemplo, aire). El fluido de trabajo pasa a continuación a través de un medio de acumulación térmica particular (potencialmente, grava o gránulos metálicos) en el que este se enfría. Este se expande a continuación, para enfriar el mismo y para hacer que la presión descienda antes de que pase a través de otro acumulador de material particulado, en el que se calienta de vuelta a la ambiente y a continuación de vuelta a la etapa uno.

15 Para la descarga, el fluido de trabajo pasa a través de la segunda acumulación de calor hasta 2, se comprime hasta 3, se calienta a través de la primera acumulación de calor hasta 4, se expande de vuelta a 1.

Este dispositivo tiene, de forma automática, la ventaja de evitar la necesidad de cualquier compresión o expansión isotérmica. Esto quiere decir que las pérdidas inevitables asociadas con la carga / descarga de los dispositivos solo caliente o solo frío pueden evitarse. Este es intrínsecamente más eficiente.

20 Análisis del ciclo

Energía mecánica / ciclo: (carga)

25 Compresión isentrópica:

$$E_{4 \rightarrow 2} = \frac{p_1 V_1^\gamma (V_2^{1-\gamma} - V_1^{1-\gamma})}{1-\gamma}$$

30 Enfriar desde 2 hasta 3:

$$E_{2 \rightarrow 3} = p_2 (V_3 - V_2)$$

En la que:

35
$$V_2 = V_1 (p_2/p_1)^{-1/\gamma}$$

$$V_3 = V_2 (T_3/T_2)^{1/(1-\gamma)}$$

40
$$T_2 = T_1 (V_2/V_1)^{1-\gamma}$$

$$T_3 \text{ aprox.} = T_1$$

Expandir desde 3 hasta 4:

45
$$E_{3 \rightarrow 4} = \frac{p_2 V_3^\gamma (V_4^{\gamma-1} - V_3^{\gamma-1})}{1-\gamma}$$

En la que

$$V_4 = V_3^\gamma (p_4/p_3)^{-1/\gamma}$$

Calentar desde 4 hasta 1:

$$E_{4 \rightarrow 1} = p_1 (V_1 - V_4)$$

5 Masa de fluido implicada por ciclo:
 $M = pV / RT$ (ecuación de estado)
 Energía térmica acumulada:

$$E_{T(2 \rightarrow 3)} = M \cdot C_p (T_2 - T_3)$$

$$10 \quad E_{T(1 \rightarrow 4)} = M \cdot C_p (T_1 - T_4)$$

Relación de la acumulación mecánica
 con respecto a la térmica

$$= \frac{E_{1 \rightarrow 2} + E_{2 \rightarrow 3} + E_{3 \rightarrow 4} + E_{4 \rightarrow 1}}{E_{T(2 \rightarrow 3)} + E_{T(1 \rightarrow 4)}}$$

Debido a que este ciclo es, en teoría, reversible, deberían poder conseguirse unas eficiencias altas.

15 Usos del concepto

En la figura 4, se muestra un aparato que une dos máquinas termodinámicas con un acumulador de energía, de tal modo que la entrada de energía es completamente independiente de las acciones procedentes de la salida. Esto transforma el dispositivo en una forma de transmisión termodinámica con la capacidad de acumular una cantidad de energía significativa.

En la realización que se ilustra, todo el conjunto de tuberías ha de estar sumamente aislado, con la excepción de las tuberías de T_a , que deberían encontrarse expuestas para mantener el nivel de referencia.

25 Esta preparación evita de forma automática la masa de acumulación si la potencia suministrada iguala la potencia retirada, cualquier desequilibrio da una transferencia automática y sin discontinuidades de la energía hasta y desde el almacenamiento intermedio.

30 El principio clave es que la adición o retirada de energía es únicamente una función de los caudales relativos de gas a través de los dispositivos de entrada y de salida. Si estos son iguales, entonces nada de energía entra en, o sale de, el acumulador, si el flujo de entrada es más grande entonces se acumula energía, si el flujo de salida es más grande, sale energía del acumulador.

35 Para evitar una subida global en la entropía del sistema, ha de enfriarse por lo menos un flujo ambiente. Esto podría lograrse mediante la apertura del extremo a T_a (ambiente) de la segunda acumulación de calor a la atmósfera, de tal modo que el lado frío se encuentra entonces a la presión ambiente. Si se hace que la totalidad del dispositivo funcione a una presión elevada, este puede hacerse más compacto, esto puede tener aplicación en el transporte para vehículos híbridos y similares.

40 Para una acumulación de gran capacidad de energía, será deseable la acumulación a la presión ambiente, esto puede lograrse haciendo que los flujos presurizados pasen desde la maquinaria a través de los intercambiadores de calor en los extremos de las masas de acumulación e insuflando aire a presión ambiente a través de los acumuladores a través de estos intercambiadores de calor.

45 Cuando se usa un intercambiador de calor y un acumulador no presurizado, es probable que se produzca una caída de temperatura asociada con cada fase de transferencia. Por ejemplo, el aire podría dejar el compresor caliente a 500 °C. Se hará que este aire pase a través del intercambiador de calor y podría entrar en el acumulador caliente no presurizado a aproximadamente 450 °C. Cuando el sistema se invierte, la temperatura del aire subirá solo hasta aproximadamente 400 °C. En esta situación, puede ser beneficioso complementar el calor en el acumulador no presurizado con alguna fuente de calor externa, tal como electricidad o gas.

50 Debido a que este calor se añade a una temperatura alta, existe un beneficio significativo en términos del aumento de la densidad de energía del acumulador y de la energía recuperable tras la descarga. Por ejemplo, en el ejemplo

dado el acumulador podría calentarse hasta 550 °C y el flujo de retorno de aire durante el ciclo de descarga volvería a calentarse hasta su temperatura original de 500 °C.

Además, este calentamiento puede usarse para mantener la temperatura del acumulador si este se deja sin descargar durante periodos prolongados de tiempo. Esto tiene una aplicación particular en servicios de potencia en reposo o de SAI.

Una acumulación de gran capacidad presurizada puede lograrse colocando los volúmenes de acumulación bajo tierra a una profundidad significativa, por ejemplo podrían usarse viejas minas. La masa de la tierra anterior puede usarse entonces para equilibrar las altas presiones de gas en el interior del acumulador.

Ciclos adicionales en los que puede insertarse en el ciclo de bomba de calor térmica / motor.

Descripción detallada de las figuras

Figura 1

La figura 1 muestra un sistema de acumulación de energía 10 que comprende: unos medios de compresor / expansor 20 que incluyen unos medios de compresor 21, unos medios de expansor 22 y unos medios de entrada / salida de potencia 40; unos primeros medios de acumulación de calor 50, unos segundos medios de acumulación de calor 60, unos medios de transferencia de alta presión 70, 71 y unos medios de transferencia de baja presión 80, 81. En este diagrama, los medios de compresor / expansor 20 se muestran como una única unidad.

Los medios de compresor 21 comprenden: unos medios de entrada de baja presión 23; una cámara de compresión 24; unos medios de pistón de compresión 25; y unos medios de escape de alta presión 26. En el presente ejemplo, los medios de compresor 21 se configuran para funcionar en inversión y para funcionar como unos medios de expansor en la fase de descarga del ciclo. Existen otras dos formas alternativas de lograr una expansión en la fase de descarga: (1) conmutar los flujos cuando se invierte el sistema, de tal modo que los medios de compresor 21 solo se usan para comprimir el gas y los medios de expansor 22 para expandir el gas, pero esto tiene la desventaja de un dimensionamiento de cilindros incorrecto; y (2) proporcionar un compresor / expansor independiente para la parte de descarga del ciclo con una conmutación adecuada del flujo.

Los medios de expansor 22 comprenden: unos medios de entrada de alta presión 27; una cámara de expansión 28; unos medios de pistón de expansión 29; y unos medios de escape de baja presión 30. En el presente ejemplo, los medios de expansor 22 se configuran para funcionar en inversión y para funcionar como unos medios de compresor en la fase de descarga del ciclo. Existen otras dos formas de lograr una expansión en la fase de descarga: (1) conmutar los flujos cuando se invierte el sistema, de tal modo que los medios de compresor 21 solo se usan para comprimir el gas y los medios de expansor 22 para expandir el gas, pero esto tiene la desventaja de un dimensionamiento de cilindros incorrecto; y (2) proporcionar un compresor / expansor independiente para la parte de descarga del ciclo con una conmutación adecuada del flujo.

Los medios de entrada / salida de potencia 40 comprenden una unión mecánica desde una fuente / demanda de energía 41, un mecanismo de accionamiento hasta el compresor 42 y un mecanismo de accionamiento hasta el expansor 43. La fuente / demanda de energía 41 es una fuente de energía cuando se usa en modo de entrada de potencia o una demanda de energía cuando se usa en modo de salida de potencia.

Los primeros medios de acumulación de calor 50 comprenden un primer recipiente a presión aislado 51 adecuado para la alta presión, una entrada / salida de alta presión 52, un primer acumulador térmico 53 y una entrada / salida de alta presión 54.

Los segundos medios de acumulación de calor 60 comprenden un segundo recipiente a presión aislado 61 adecuado para la baja presión, una entrada / salida de baja presión 62, un segundo acumulador térmico 63 y una entrada / salida de baja presión 64.

Para cargar el sistema 10, un gas a baja presión en los medios de transferencia de baja presión 80 entra en los medios de compresor 21 a través de los medios de entrada de baja presión 23 y se permite que pase al interior de la cámara de compresión 24. Una vez que el gas ha entrado en la cámara de compresión 24, los medios de entrada de baja presión 23 se sellan y los medios de pistón de compresión 25 se accionan a continuación mediante el mecanismo de accionamiento 42. Una vez que el gas contenido en la cámara de compresión 24 se ha comprimido mediante los medios de pistón de compresión 25 hasta aproximadamente el nivel en los medios de transferencia de alta presión 70, el gas se transfiere a los medios de transferencia de alta presión 70 mediante la apertura de los medios de escape de alta presión 26.

El gas se transfiere mediante los medios de transferencia de alta presión 70 hasta los primeros medios de acumulación de calor 50. El gas entra en los primeros medios de acumulación de calor 50 a través de los medios de entrada / salida de alta presión 52 y pasa a través del primer acumulador térmico 53, que está encerrado en el

interior del primer recipiente a presión aislado 51. A medida que el gas pasa a través del primer acumulador térmico 53, este transfiere energía térmica al primer acumulador térmico 53 y sale de los primeros medios de acumulación de calor 50 a través de los medios de entrada / salida de alta presión 54. El gas pasa a continuación a través de los medios de transferencia de alta presión 71 y entra en los medios de expansor 22 a través de los medios de entrada de alta presión 27.

Se permite que el gas a alta presión que entra en los medios de expansor 22 a través de los medios de entrada de alta presión 27 pase al interior de la cámara de expansión 28. Una vez que el gas ha entrado en la cámara de expansión 28, los medios de entrada de alta presión 27 se sellan y los medios de pistón de expansión 29 se accionan a continuación mediante el mecanismo de accionamiento 43. Una vez que el gas contenido en la cámara de expansión 28 se ha expandido mediante los medios de pistón de expansión 29 reduciéndose hasta aproximadamente el nivel en los medios de transferencia de baja presión 81, el gas se transfiere a los medios de transferencia de baja presión 81 mediante la apertura de los medios de escape de baja presión 30.

El gas se transfiere mediante los medios de transferencia de baja presión 81 hasta los segundos medios de acumulación de calor 60. El gas entra en los segundos medios de acumulación de calor 60 a través de los medios de entrada / salida de baja presión 62 y pasa a través del segundo acumulador térmico 63, que está encerrado en el interior del segundo recipiente a presión aislado 61. A medida que el gas pasa a través del segundo acumulador térmico 63, este recibe energía térmica del segundo acumulador térmico 63 y sale de los segundos medios de acumulación de calor 60 a través de los medios de entrada / salida de baja presión 64. El gas pasa a continuación a través de los medios de transferencia de baja presión 80 y se encuentra en disposición de entrar en los medios de compresor 21 a través de los medios de entrada de baja presión 23.

Este proceso puede ejecutarse hasta que los medios de acumulación de calor primeros y segundos 50, 60 están completamente cargados, después de lo cual no puede acumularse más energía en el sistema. Para descargar el sistema, el proceso se invierte y los medios de compresor 21 funcionan como un expansor y los medios de expansor 22 funcionan como un compresor. Los flujos a través del sistema se invierten y una vez que el sistema se ha descargado, las temperaturas a través de la totalidad del sistema se habrán devuelto aproximadamente a sus valores de partida.

Si el gas es aire y la baja presión se establece a presión atmosférica, entonces es probable que haya un respiradero 90 o 91 ubicado en el interior de los medios de transferencia de baja presión 80. El respiradero 90 permite que el aire ambiente entre en, y salga de, el sistema según sea necesario y evita una subida en la entropía del sistema. Si el gas no es aire y / o la baja presión no es la presión atmosférica, entonces el respiradero 91 conducirá a un depósito del gas 92 que puede mantenerse a una temperatura estable por medio de un intercambiador de calor 93. Si no se usa intercambiador de calor alguno y / o el gas no se purga a la atmósfera, entonces se producirá una subida continua en la entropía (y, por lo tanto, en la temperatura) del sistema.

Figura 2 Descarga del sistema en la figura 1

La figura 2 muestra un diagrama de P-V (presión representada frente a volumen) idealizado para el acumulador de energía 10 en la fase de descarga. En el presente ejemplo, la porción recta 180' representa un enfriamiento isobárico del flujo de gas a partir de la temperatura y la presión ambiente a medida que este pasa a través de unos segundos medios de acumulación de calor 60; la curva 170' en el lado izquierdo del diagrama representa una compresión isentrópica en los medios de expansor 22; la porción recta 160' representa un calentamiento isobárico del flujo a medida que este pasa a través de los primeros medios de acumulación de calor 50; y la curva 150' en el lado derecho del diagrama representa una expansión isentrópica del gas en los medios de compresor 21. El trabajo recuperable es igual al área sombreada en el interior de las líneas. Por supuesto, es probable que el diagrama de P-V real muestre algunas diferencias con respecto al ciclo idealizado debido a los procesos irreversibles que tienen lugar dentro del ciclo real. Además, tal como ya se ha mencionado, la parte de baja presión del ciclo puede estar o bien por encima o bien por debajo de la presión atmosférica, el gas no tiene que ser aire y la baja temperatura (T1) también puede establecerse por encima o por debajo de la temperatura ambiente.

Figura 3 Carga del sistema en la figura 1

La figura 3 muestra un diagrama de P-V (presión representada frente a volumen) idealizado para el acumulador de energía 10 en la fase de carga. La curva 150 en el lado derecho del diagrama representa una compresión isentrópica del flujo de gas en los medios de compresor 21 a partir de, en el presente ejemplo, la temperatura y la presión ambiente; la porción recta 160 representa un enfriamiento isobárico del flujo a medida que este pasa a través de los primeros medios de acumulación de calor 50; la curva 170 en el lado izquierdo del diagrama representa una expansión isentrópica de vuelta a la presión atmosférica en los medios de expansor 22; y la porción recta 180 representa un calentamiento isobárico del flujo a medida que este pasa a través de los segundos medios de acumulación de calor 60 de vuelta a la temperatura ambiente. El trabajo realizado y, por lo tanto, el trabajo mecánico acumulado, es igual al área sombreada en el interior de las líneas. Por supuesto, es probable de nuevo que el diagrama de P-V real muestre algunas diferencias con respecto al ciclo idealizado debido a los procesos irreversibles que tienen lugar dentro del ciclo real. Además, tal como ya se ha mencionado, la parte de baja presión

del ciclo puede estar o bien por encima o bien por debajo de la presión atmosférica, el gas no tiene que ser aire y la baja temperatura (T1) también puede establecerse por encima o por debajo de la temperatura ambiente.

Figura 4 - Acumulación y transmisión de energía

5 La figura 4 muestra un sistema de acumulación de energía 10' que comprende: unos primeros medios de compresor / expansor 20' que incluyen unos primeros medios de compresor 21' y unos primeros medios de expansor 22'; unos segundos medios de compresor / expansor 120 que incluyen unos segundos medios de expansor 121 y unos segundos medios de compresor 122; unos medios de entrada de potencia 40; unos medios de salida de potencia 140; unos primeros medios de acumulación de calor 50'; unos segundos medios de acumulación de calor 60'; unos medios de transferencia de alta presión 70', 71', 72 y 73; y unos medios de transferencia de baja presión 80', 81', 82 y 83.

15 Los primeros medios de compresor 21' comprenden: unos medios de entrada de baja presión 23'; una primera cámara de compresión 24'; unos primeros medios de pistón de compresión 25'; y unos medios de escape de alta presión 26'.

20 Los primeros medios de expansor 22' comprenden: unos medios de entrada de alta presión 27'; una primera cámara de expansión 28'; unos primeros medios de pistón de expansión 29'; y unos medios de escape de baja presión 30'.

Los segundos medios de expansor 121 comprenden: unos medios de salida de baja presión 123; una segunda cámara de expansión 124; unos segundos medios de pistón de expansión 125; y unos medios de entrada de alta presión 126.

25 Los segundos medios de compresor 122 comprenden: unos medios de salida de alta presión 127; una segunda cámara de compresión 128; unos segundos medios de pistón de compresión 129; y unos medios de entrada de baja presión 130.

30 Los medios de entrada de potencia 40' comprenden: una unión mecánica desde una fuente de energía 41'; un mecanismo de accionamiento 42' hasta los primeros medios de pistón de compresión 25'; y un mecanismo de accionamiento 43' hasta los primeros medios de pistón de expansión 29'.

35 Los medios de salida de potencia 140 comprenden: una unión mecánica desde una demanda de energía 141; un mecanismo de accionamiento 142 hasta los segundos medios de pistón de expansión 125; y un mecanismo de accionamiento 143 hasta los segundos medios de pistón de compresión 129.

40 Los primeros medios de acumulación de calor 50' comprenden un primer recipiente a presión aislado 51' adecuado para la alta presión, unos medios de entrada de alta presión 52', 56, unos medios de salida de alta presión 54' y 55, una cámara de distribución caliente 57, una primera cámara de distribución ambiente 58 y un primer acumulador térmico 53'.

45 Los segundos medios de acumulación de calor 60' comprenden un segundo recipiente a presión aislado 61' adecuado para la baja presión, unos medios de entrada de baja presión 62', 66, unos medios de salida de baja presión 64' y 65, una cámara de distribución fría 67, una segunda cámara de distribución ambiente 68 y un segundo acumulador térmico 63'.

Suponiendo que existe la suficiente energía acumulada en los medios de acumulación de calor primeros y segundos 50' y 60', entonces existen solo cinco modos posibles de funcionamiento:

50 **1. Solo carga.** Si no se está extrayendo energía mediante los medios de salida de potencia 140 y se está añadiendo energía mediante los medios de entrada de potencia 40', entonces el flujo cargará los medios de acumulación de calor primeros y segundos 50' y 60'.

55 **2. Parte de carga y Parte de flujo directo.** Si se está extrayendo menos energía mediante los medios de salida de potencia 140 que la que se está suministrando mediante los medios de entrada de potencia 40', entonces el flujo se dividirá yendo lo bastante del flujo a suministrar los requisitos de salida de potencia de los medios de compresor / expansor 120 y el flujo restante cargará los medios de acumulación de calor primeros y segundos 50' y 60'. Esto puede analizarse como una combinación de (1) y (3).

60 **3. Flujo directo.** Si se está extrayendo la misma energía mediante los medios de salida de potencia 140 a medida que se está suministrando mediante los medios de entrada de potencia 40', entonces casi la totalidad del flujo evitará los medios de acumulación de calor primeros y segundos 50' y 60' y pasará directamente desde los medios de compresor 21' hasta los medios de expansor 121 y también los medios de expansor 22' hasta los medios de compresor 122.

65 **4. Parte de flujo directo y Parte de descarga.** Si se está extrayendo más energía mediante los medios de salida de potencia 140 que la que se está suministrando mediante los medios de entrada de potencia 40', entonces el flujo a partir de los medios de compresor / expansor 20' pasará directamente a través del sistema como para el caso (3) y se producirá un flujo adicional que se extraerá de los medios de acumulación de calor

ES 2 416 727 T3

primeros y segundos 50' y 60'. Este flujo adicional debería combinarse con el flujo directo para igualar la salida de potencia requerida. Esto puede analizarse como una combinación de (3) y (5).

5. Solo descarga. Si no se está suministrando potencia alguna mediante los medios de entrada de potencia 40', entonces la totalidad de la potencia para accionar los medios de compresor / expansor 120 ha de extraerse de los medios de acumulación de calor primeros y segundos 50' y 60'.

Si los medios de acumulación de calor primeros y segundos 50' y 60' están agotados, entonces las únicas opciones disponibles son de (1) a (3) hasta que existe algo de carga añadida al sistema.

Modo (1)- Solo carga

En el presente escenario, la entrada de potencia se está usando meramente para cargar los medios de acumulación de calor primeros y segundos 50' y 60'. Este es idéntico a la situación de carga del dispositivo que se muestra en la figura 1. En esta configuración, la potencia solo se está introduciendo y, por lo tanto, no existe la necesidad de considerar flujo alguno a través de los segundos medios de compresor 121 y los segundos medios de expansor 122.

Durante el uso, un gas a baja presión en los medios de transferencia de baja presión 80' entra en los primeros medios de compresor 21' a través de los medios de entrada de baja presión 23' y se permite que pase al interior de la primera cámara de compresión 24'. Una vez que el gas ha entrado en la primera cámara de compresión 24', los medios de entrada de baja presión 23' se sellan y los primeros medios de pistón de compresión 25' se accionan a continuación mediante el mecanismo de accionamiento 42'. Una vez que el gas contenido en la cámara de compresión 24' se ha comprimido mediante los medios de pistón de compresión 25' hasta aproximadamente el nivel en los medios de transferencia de alta presión 70', el gas se transfiere a los medios de transferencia de alta presión 70' mediante la apertura de los medios de escape de alta presión 26'.

El gas se transfiere mediante los medios de transferencia de alta presión 70' hasta la cámara de distribución caliente 57. El gas entra en la cámara de distribución caliente 57 a través de los medios de entrada de alta presión 52'. El gas sale de la cámara de distribución caliente 57 y pasa a través del primer acumulador térmico 53', que está encerrado en el interior del primer recipiente a presión aislado 51'. A medida que el gas pasa a través del primer acumulador térmico 53', este transfiere energía térmica al primer acumulador térmico 53' y entra en la primera cámara de distribución ambiente 58. Este sale a continuación de la primera cámara de distribución ambiente 58 a través de los medios de salida de alta presión 54'. El gas pasa a continuación a través de los medios de transferencia de alta presión 71' y entra en los primeros medios de expansor 22' a través de los medios de entrada de alta presión 27'.

Se permite que el gas a alta presión que entra en los primeros medios de expansor 22' a través de los medios de entrada de alta presión 27' pase al interior de la primera cámara de expansión 28'. Una vez que el gas ha entrado en la primera cámara de expansión 28', los medios de entrada de alta presión 27' se sellan y los primeros medios de pistón de expansión 29' se accionan a continuación mediante el mecanismo de accionamiento 43'. Una vez que el gas contenido en la primera cámara de expansión 28' se ha expandido mediante los primeros medios de pistón de expansión 29' reduciéndose hasta aproximadamente el nivel en los medios de transferencia de baja presión 81', el gas se transfiere a los medios de transferencia de baja presión 81' mediante la apertura de los medios de escape de baja presión 30'.

El gas se transfiere mediante los medios de transferencia de baja presión 81' hasta los segundos medios de acumulación de calor 60'. El gas entra en la cámara de distribución fría 67 a través de los medios de entrada de baja presión 62' y pasa a través del segundo acumulador térmico 63', que está encerrado en el interior del segundo recipiente a presión aislado 61'. A medida que el gas pasa a través del segundo acumulador térmico 63', este recibe energía térmica del segundo acumulador térmico 63' y entra entonces en la segunda cámara de distribución ambiente 68. El gas sale de la segunda cámara de distribución ambiente 68 a través de los medios de salida de baja presión 64'. El gas pasa a continuación a través de los medios de transferencia de baja presión 80' y se encuentra en disposición de entrar en los primeros medios de expansor 21' a través de los medios de entrada de baja presión 23'.

Si el gas es aire y la baja presión se establece a presión atmosférica, entonces es probable que haya un respiradero 90' o 91' ubicado en el interior de los medios de transferencia de baja presión 80'. El respiradero 90' permite que el aire ambiente entre en, y salga de, el sistema según sea necesario y evita una subida en la entropía del sistema. Si el gas no es aire y / o la baja presión no es la presión atmosférica, entonces el respiradero 91' conducirá a un depósito del gas 92' que puede mantenerse a una temperatura estable por medio de un intercambiador de calor 93'. Si no se usa intercambiador de calor alguno y / o el gas no se purga a la atmósfera, entonces se producirá una subida continua en la entropía (y, por lo tanto, en la temperatura) del sistema.

Modo (3) - Flujo directo

En el presente escenario, la entrada de potencia se está usando para accionar directamente la salida de potencia sin flujo significativo alguno a través de los medios de acumulación de calor primeros y segundos 50' y 60'.

ES 2 416 727 T3

- 5 Durante el uso, un gas a baja presión en los medios de transferencia de baja presión 80' entra en los primeros medios de compresor 21' a través de los medios de entrada de baja presión 23' y se permite que pase al interior de la primera cámara de compresión 24'. Una vez que el gas ha entrado en la primera cámara de compresión 24', los medios de entrada de baja presión 23' se sellan y los primeros medios de pistón de compresión 25' se accionan a continuación mediante el mecanismo de accionamiento 42'. Una vez que el gas contenido en la cámara de compresión 24' se ha comprimido mediante los medios de pistón de compresión 25' hasta aproximadamente el nivel en los medios de transferencia de alta presión 70', el gas se transfiere a los medios de transferencia de alta presión 70' mediante la apertura de los medios de escape de alta presión 26'.
- 10 El gas se transfiere mediante los medios de transferencia de alta presión 70' hasta la cámara de distribución caliente 57. El gas entra en la cámara de distribución caliente 57 a través de los medios de entrada de alta presión 52'. El gas sale de la cámara de distribución caliente 57 y pasa a través de la salida de alta presión 55 al interior de los medios de transferencia de alta presión 72. El gas pasa a continuación a través de los medios de transferencia de alta presión 72 y entra en los segundos medios de expansor 121 a través de los medios de entrada de alta presión 126.
- 15 Se permite que el gas a alta presión que entra en los segundos medios de expansor 121 a través de los medios de entrada de alta presión 126 pase al interior de la segunda cámara de expansión 124. Una vez que el gas ha entrado en la segunda cámara de expansión 124, los medios de entrada de alta presión 126 se sellan y los segundos medios de pistón de expansión 125 se accionan a continuación mediante el mecanismo de accionamiento 142. Una vez que el gas contenido en la segunda cámara de expansión 124 se ha expandido mediante los segundos medios de pistón de expansión 125 reduciéndose hasta aproximadamente el nivel en los medios de transferencia de baja presión 82, el gas se transfiere a los medios de transferencia de baja presión 82 mediante la apertura de los medios de escape de baja presión 123.
- 20 El gas se transfiere mediante los medios de transferencia de baja presión 82 hasta los segundos medios de acumulación de calor 60'. El gas entra en la segunda cámara de distribución ambiente 68 a través de los medios de entrada de baja presión 66 y sale inmediatamente a través de la salida de baja presión 64'. El gas pasa a continuación a través de los medios de transferencia de baja presión 80' y se encuentra en disposición de entrar en los primeros medios de compresor 21' a través de los medios de entrada de baja presión 23'.
- 25 Además, un gas a baja presión frío en los medios de transferencia de baja presión 83 entra en los segundos medios de compresor 122 a través de los medios de entrada de baja presión 130 y se permite que pase al interior de la segunda cámara de compresión 128. Una vez que el gas ha entrado en la segunda cámara de compresión 128, los medios de entrada 130 se sellan y los segundos medios de pistón de compresión 25 se accionan a continuación mediante el mecanismo de accionamiento 143. Una vez que el gas contenido en la segunda cámara de compresión 128 se ha comprimido mediante los segundos medios de pistón de compresión 129 hasta aproximadamente el nivel en los medios de transferencia de alta presión 73, el gas se transfiere a los medios de transferencia de alta presión 73 mediante la apertura de los medios de escape de alta presión 127. La temperatura del gas que entra en los medios de escape de alta presión 73 debería ser aproximadamente la ambiente.
- 30 El gas se transfiere mediante los medios de transferencia de alta presión 73 hasta la primera cámara de distribución ambiente 58. El gas entra en la primera cámara de distribución ambiente 58 a través de los medios de entrada de alta presión 56 y sale inmediatamente a través de la salida de alta presión 54'. El gas pasa a continuación a través de los medios de transferencia de alta presión 71' y se encuentra en disposición de entrar en los primeros medios de expansor 22' a través de los medios de entrada de alta presión 27'.
- 35 Se permite que el gas a alta presión que entra en los primeros medios de expansor 22' a través de los medios de entrada de alta presión 27' pase al interior de la primera cámara de expansión 28'. Una vez que el gas ha entrado en la primera cámara de expansión 28', los medios de entrada de alta presión 27' se sellan y los primeros medios de pistón de expansión 29' se accionan a continuación mediante el mecanismo de accionamiento 43'. Una vez que el gas contenido en la primera cámara de expansión 28' se ha expandido mediante los primeros medios de pistón de expansión 29' reduciéndose hasta aproximadamente el nivel en los medios de transferencia de baja presión 81', el gas se transfiere a los medios de transferencia de baja presión 81' mediante la apertura de los medios de escape de baja presión 30'.
- 40 El gas se transfiere mediante los medios de transferencia de baja presión 81' hasta los segundos medios de acumulación de calor 60'. El gas entra en la cámara de distribución fría 67 a través de los medios de entrada de baja presión 62' y sale inmediatamente a través de la salida de baja presión 65. El gas pasa a continuación a través de los medios de transferencia de baja presión 83 y se encuentra en disposición de entrar en los segundos medios de compresor 122 a través de los medios de entrada de baja presión 130.
- 45 Si la entrada de potencia iguala la salida de potencia, entonces deberían existir unos flujos mínimos a través de los medios de acumulación de calor primeros y segundos 50' y 60' y, en efecto, existe un trayecto de fluido directo entre los primeros medios de compresor 21' y los segundos medios de expansor 121 y también los primeros medios de expansor 22' y los segundos medios de compresor 122. Es probable que cualquier pérdida en esta 'transmisión
- 50
- 55
- 60
- 65

fluidica' se materialice como calor residual y puede ser necesario enfriar los medios de transferencia de alta presión 71' con unos medios de intercambiador de calor 94 con el fin de mantener la temperatura de base al nivel correcto. Esto es además de lo que se prevé en los medios de transferencia de baja presión 80', cubiertos posteriormente.

- 5 Si el gas es aire y la baja presión se establece a presión atmosférica, entonces es probable que haya un respiradero 90' o 91' ubicado en el interior de los medios de transferencia de baja presión 80'. El respiradero 90' permite que el aire ambiente entre en, y salga de, el sistema según sea necesario y evita una subida en la entropía del sistema. Si el gas no es aire y / o la baja presión no es la presión atmosférica, entonces el respiradero 91' conducirá a un depósito del gas 92' que puede mantenerse a una temperatura estable por medio de un intercambiador de calor 93'.
- 10 Si no se usa intercambiador de calor alguno y / o el gas no se purga a la atmósfera, entonces se producirá una subida continua en la entropía (y, por lo tanto, en la temperatura) del sistema.

Modo (5) - Solo descarga

- 15 En el presente escenario, la totalidad de la potencia se está extrayendo de los medios de acumulación de calor primeros y segundos 50' y 60'. Este es idéntico a la situación de descarga para el dispositivo en la figura 1. No obstante, en esta configuración, la potencia solo se está sacando y, por lo tanto, no existe la necesidad de considerar flujo alguno a través de los primeros medios de compresor 21' y los primeros medios de expansor 22'. Suponiendo que existe la suficiente energía acumulada para suministrar esta potencia, entonces este puede analizarse tal como sigue.
- 20

25 Durante el uso, un gas a alta presión en los medios de transferencia de alta presión 72 entra en los segundos medios de expansor 121 a través de los medios de entrada de alta presión 126 y se permite que pase al interior de la segunda cámara de expansión 124. Una vez que el gas ha entrado en la segunda cámara de expansión 124, los medios de entrada de alta presión 126 se sellan y los segundos medios de pistón de expansión 125 se accionan a continuación mediante el mecanismo de accionamiento 142. Una vez que el gas contenido en la segunda cámara de expansión 124 se ha expandido mediante los medios de pistón de expansión 125 reduciéndose hasta aproximadamente el nivel en los medios de transferencia de baja presión 82, el gas se transfiere a los medios de transferencia de baja presión 82 mediante la apertura de los medios de escape de alta presión 123.

30

El gas se transfiere mediante los medios de transferencia de baja presión 82 hasta los segundos medios de acumulación de calor 60'. El gas entra en la segunda cámara de distribución ambiente 68 a través de los medios de entrada de alta presión 66 y pasa a través del segundo acumulador térmico 63', que está encerrado en el interior del segundo recipiente a presión aislado 61'. A medida que el gas pasa a través del segundo acumulador térmico 63', este transfiere energía térmica al segundo acumulador térmico 63' y sale de la cámara de distribución fría 67 a través de los medios de salida de baja presión 65. El gas pasa a continuación a través de los medios de transferencia de baja presión 83 y entra en los segundos medios de compresor 122 a través de los medios de entrada de baja presión 130.

35

40 Se permite que el gas a baja presión que entra en los segundos medios de compresor 122 a través de los medios de entrada de baja presión 130 pase al interior de la segunda cámara de compresión 128. Una vez que el gas ha entrado en la segunda cámara de compresión 128, los medios de entrada de baja presión 130 se sellan y los segundos medios de pistón de compresión 129 se accionan a continuación mediante el mecanismo de accionamiento 143. Una vez que el gas contenido en la segunda cámara de compresión 128 se ha comprimido mediante los segundos medios de pistón de compresión 129 hasta aproximadamente el nivel en los medios de transferencia de alta presión 73, el gas se transfiere a los medios de transferencia de alta presión 73 mediante la apertura de los medios de escape de alta presión 127.

45

El gas se transfiere mediante los medios de transferencia de alta presión 73 hasta los primeros medios de acumulación de calor 50'. El gas entra en la primera cámara de distribución ambiente 58 a través de los medios de entrada de alta presión 56 y pasa a través del primer acumulador térmico 53', que está encerrado en el interior del primer recipiente a presión aislado 51'. A medida que el gas pasa a través del primer acumulador térmico 53', este recibe energía térmica del primer acumulador térmico 53' y sale de los medios de distribución calientes 57 a través de los medios de salida de alta presión 55. El gas pasa a continuación a través de los medios de transferencia de alta presión 72 y se encuentra en disposición de entrar en los segundos medios de expansor 121 a través de los medios de entrada de alta presión 126.

50

55

Si el gas es aire y la baja presión se establece a presión atmosférica, entonces es probable que haya un respiradero 90' o 91' ubicado en el interior de los medios de transferencia de baja presión 80'. El respiradero 90' permite que el aire ambiente entre en, y salga de, el sistema según sea necesario y evita una subida en la entropía del sistema. Si el gas no es aire y / o la baja presión no es la presión atmosférica, entonces el respiradero 91' conducirá a un depósito del gas 92' que puede mantenerse a una temperatura estable por medio de un intercambiador de calor 93'. Si no se usa intercambiador de calor alguno y / o el gas no se purga a la atmósfera, entonces se producirá una subida continua en la entropía (y, por lo tanto, en la temperatura) del sistema.

60

65

REIVINDICACIONES

1. Aparato (10) para acumular energía, que comprende:

5 unos medios de cámara de compresión (24) para recibir un gas;
 unos medios de pistón de compresión (21) para comprimir el gas contenido en los medios de cámara de compresión (24);
 unos primeros medios de acumulación de calor (50) para recibir y acumular energía térmica a partir del gas que se ha comprimido mediante los medios de pistón de compresión (21);
 10 unos medios de cámara de expansión (28) para recibir el gas después de la exposición a los primeros medios de acumulación de calor (50);
 unos medios de pistón de expansión (22) para expandir el gas recibido en los medios de cámara de expansión (28); y,
 15 unos segundos medios de acumulación de calor (60) para transferir energía térmica al gas expandido mediante los medios de pistón de expansión (22),
 donde el aparato se configura de tal modo que el gas pasa a través de cada uno de los medios de acumulación de calor primeros y segundos para la transferencia de energía térmica desde o hasta el gas.

2. Aparato (10) de acuerdo con la reivindicación 1, donde el gas es aire atmosférico, nitrógeno o un gas noble.

3. Aparato (10) de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 2, donde el aparato se configura de tal modo que el gas vuelve a entrar en la cámara de compresión después de pasar a través de los segundos medios de acumulación de calor.

4. Aparato (10) de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 2, donde el aparato tiene una presión de sistema base por encima de la presión atmosférica.

5. Aparato (10) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde por lo menos uno de los medios de acumulación de calor primeros y segundos comprende una cámara para recibir el gas, y un material particulado que está alojado en la cámara.

6. Aparato (10) de acuerdo con la reivindicación 5, donde el material particulado comprende partículas sólidas y / o fibras compactadas para formar una estructura permeable a gases.

7. Aparato (10) de acuerdo con la reivindicación 6, donde las partículas sólidas y / o fibras son metálicas.

8. Aparato (10) de acuerdo con la reivindicación 6, donde las partículas sólidas comprenden un mineral o cerámica.

9. Aparato (10) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además unos medios de generador para recuperar la energía acumulada en los medios de acumulación de calor primeros y segundos.

10. Aparato (10) de acuerdo con la reivindicación 9, donde los medios de generador se acoplan con uno o ambos de los medios de pistón de compresión y los medios de pistón de expansión.

11. Aparato (10) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde uno o ambos de los medios de pistón de compresión y los medios de pistón de expansión son configurables para funcionar en inversión durante la descarga.

12. Aparato (10') para transmitir potencia mecánica desde un dispositivo de entrada hasta un dispositivo de salida, que comprende:

una sección de acumulación de energía que comprende:

55 unos primeros medios de cámara de compresión (24') para recibir un gas;
 unos primeros medios de pistón de compresión (21') para comprimir el gas contenido en los primeros medios de cámara de compresión (24');
 unos primeros medios de acumulación de calor (50') para recibir y acumular energía térmica a partir del gas que se ha comprimido mediante los primeros medios de pistón de compresión (21');
 60 unos primeros medios de cámara de expansión (28') para recibir el gas después de la exposición a los primeros medios de acumulación de calor (50');
 unos primeros medios de pistón de expansión (22') para expandir el gas recibido en los primeros medios de cámara de expansión (28'); y
 65 unos segundos medios de acumulación de calor (60') para transferir energía térmica al gas expandido mediante los primeros medios de pistón de expansión (22');

donde el aparato se configura de tal modo que el gas pasa a través de cada uno de los medios de acumulación de calor primeros y segundos para la transferencia de energía térmica desde o hasta el gas, y una sección de motor térmico que comprende:

- 5 unos segundos medios de cámara de compresión (128) en comunicación de fluidos con los segundos medios de acumulación de calor (60') y los primeros medios de acumulación de calor (50');
 unos segundos medios de pistón de compresión (122) para comprimir el gas recibido en los segundos medios de cámara de compresión (128) para la transferencia a los primeros medios de cámara de acumulación de calor (50');
 10 unos segundos medios de cámara de expansión (124) en comunicación de fluidos con los primeros medios de acumulación de calor (50') y los segundos medios de acumulación de calor (60'); y
 unos segundos medios de pistón de expansión (121) para permitir una expansión del gas recibido en la segunda cámara de expansión (124) a partir de los primeros medios de acumulación de calor (50').

15 13. Aparato (10') de acuerdo con la reivindicación 12, donde el aparato se configura para acumular energía en un primer modo de funcionamiento cuando la salida de potencia procedente del sistema es menor que la potencia suministrada y se configura para recuperar energía de forma automática en un segundo modo de funcionamiento cuando la potencia requerida procedente del sistema aumenta por encima de la de la potencia suministrada.

20 14. Aparato (10') de acuerdo con la reivindicación 13, donde el aparato se configura para cambiar de forma automática entre los modos primero y segundo de funcionamiento.

15. Aparato (10') de acuerdo con la reivindicación 14, donde el aparato se configura para reaccionar de forma automática a un desequilibrio en las potencias de entrada y de salida.

25 16. Aparato (10') de acuerdo con la reivindicación 14 o la reivindicación 15, donde el aparato se configura para evitar de forma automática los medios de acumulación de calor primeros y segundos (50', 60') cuando la potencia suministrada y usada están equilibradas.

30 17. Un método de acumulación de energía en un aparato de acumulación de energía (10) de acuerdo con la reivindicación 1, comprendiendo el método:

- recibir un gas en una cámara de compresión;
 comprimir el gas recibido en la cámara de compresión;
 35 transferir y acumular energía térmica desde el gas comprimido en unos primeros medios de acumulación de calor;
 recibir el gas en una cámara de expansión después de la exposición a los primeros medios de acumulación de calor;
 expandir el gas recibido en la cámara de expansión;
 40 transferir energía térmica al gas expandido en unos segundos medios de acumulación de calor;

donde el gas pasa a través de cada uno de los medios de acumulación de calor primeros y segundos para la transferencia de energía térmica desde o hasta el gas.

45 18. Un método de acuerdo con la reivindicación 17, donde la transferencia de calor desde el gas hasta los primeros medios de acumulación de calor es sustancialmente isobárica y / o la transferencia de calor desde los segundos medios de acumulación de calor hasta el gas es sustancialmente isobárica.

50 19. Un método de acuerdo con la reivindicación 17, donde la compresión y / o la expansión es sustancialmente adiabática o sustancialmente isentrópica.

20. Un método de acuerdo con la reivindicación 17, donde el aparato funciona en un modo de carga para acumular energía que comprende una fase de compresión sustancialmente isentrópica, una fase de enfriamiento sustancialmente isobárica, una fase de expansión sustancialmente isentrópica y una fase de calentamiento sustancialmente isobárica.

55 21. Un método de acuerdo con la reivindicación 17, donde el aparato puede accionarse en un modo de carga para acumular energía en el que los medios de acumulación de calor primeros y segundos se cargan, y puede accionarse en un modo de descarga para recuperar energía en el que los medios de acumulación de calor primeros y segundos se descargan.
 60

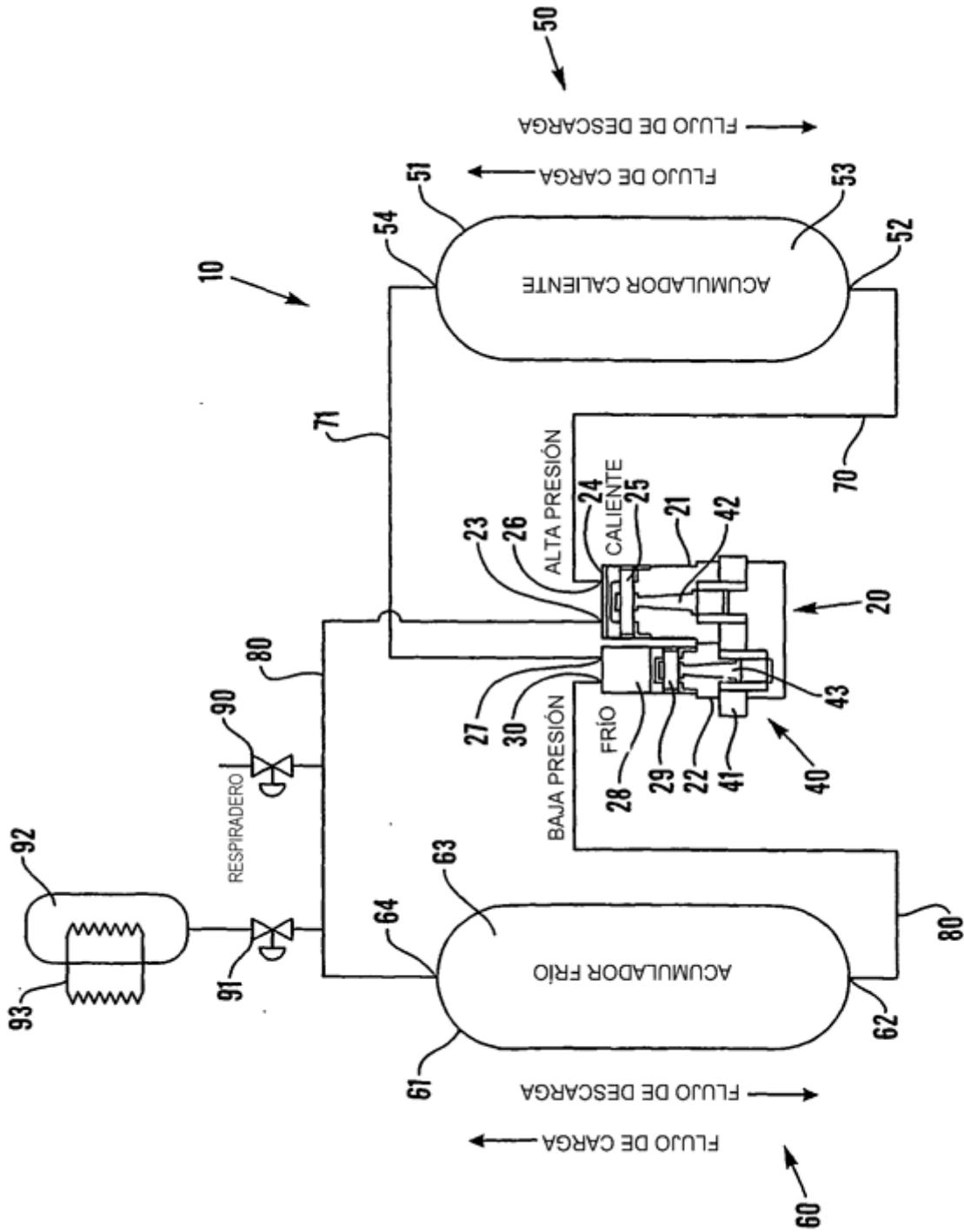


Fig. 1

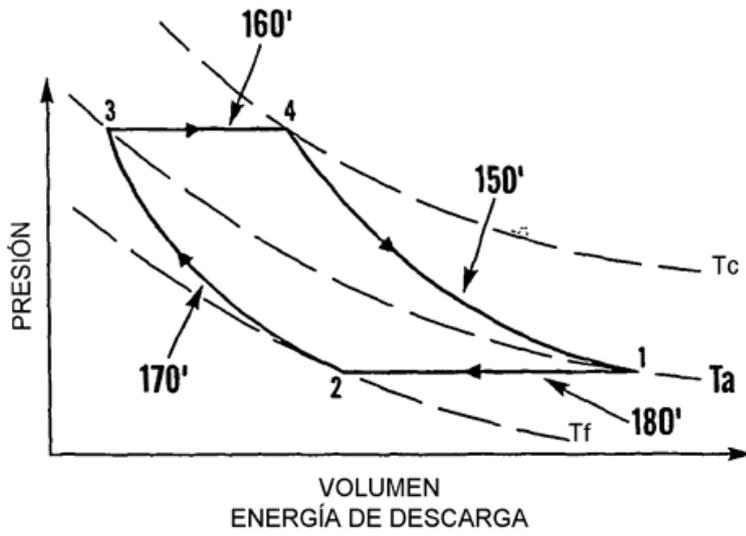


Fig.2

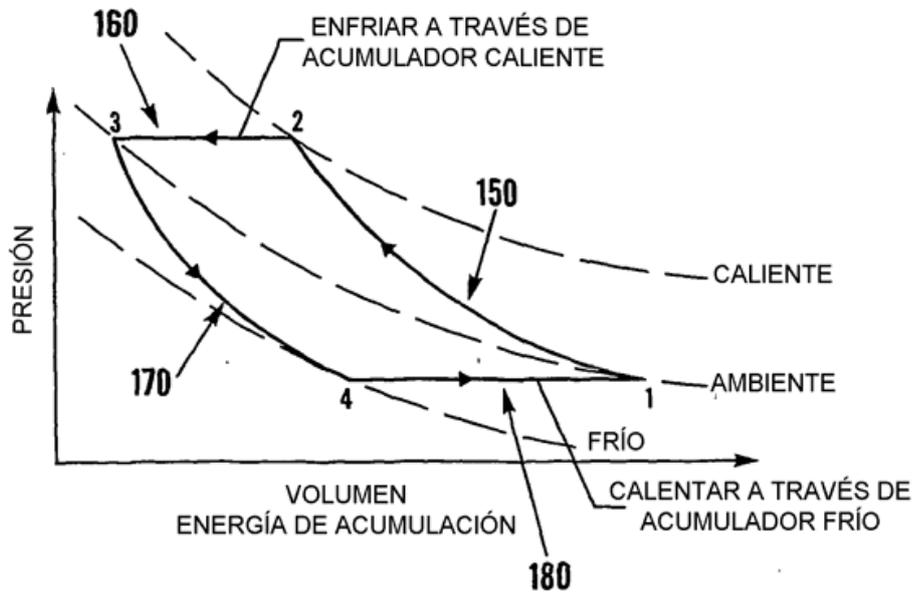


Fig.3

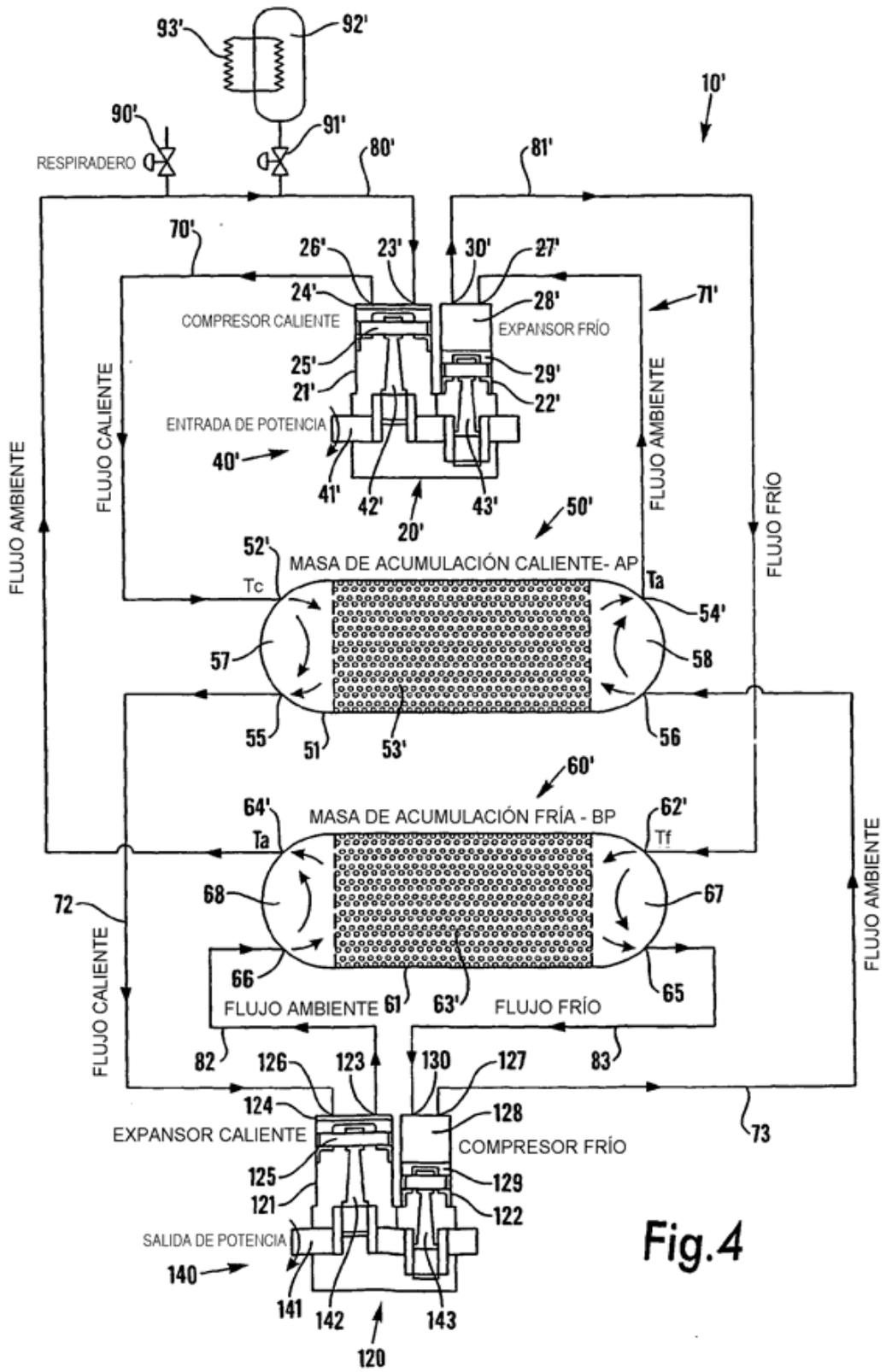


Fig. 4

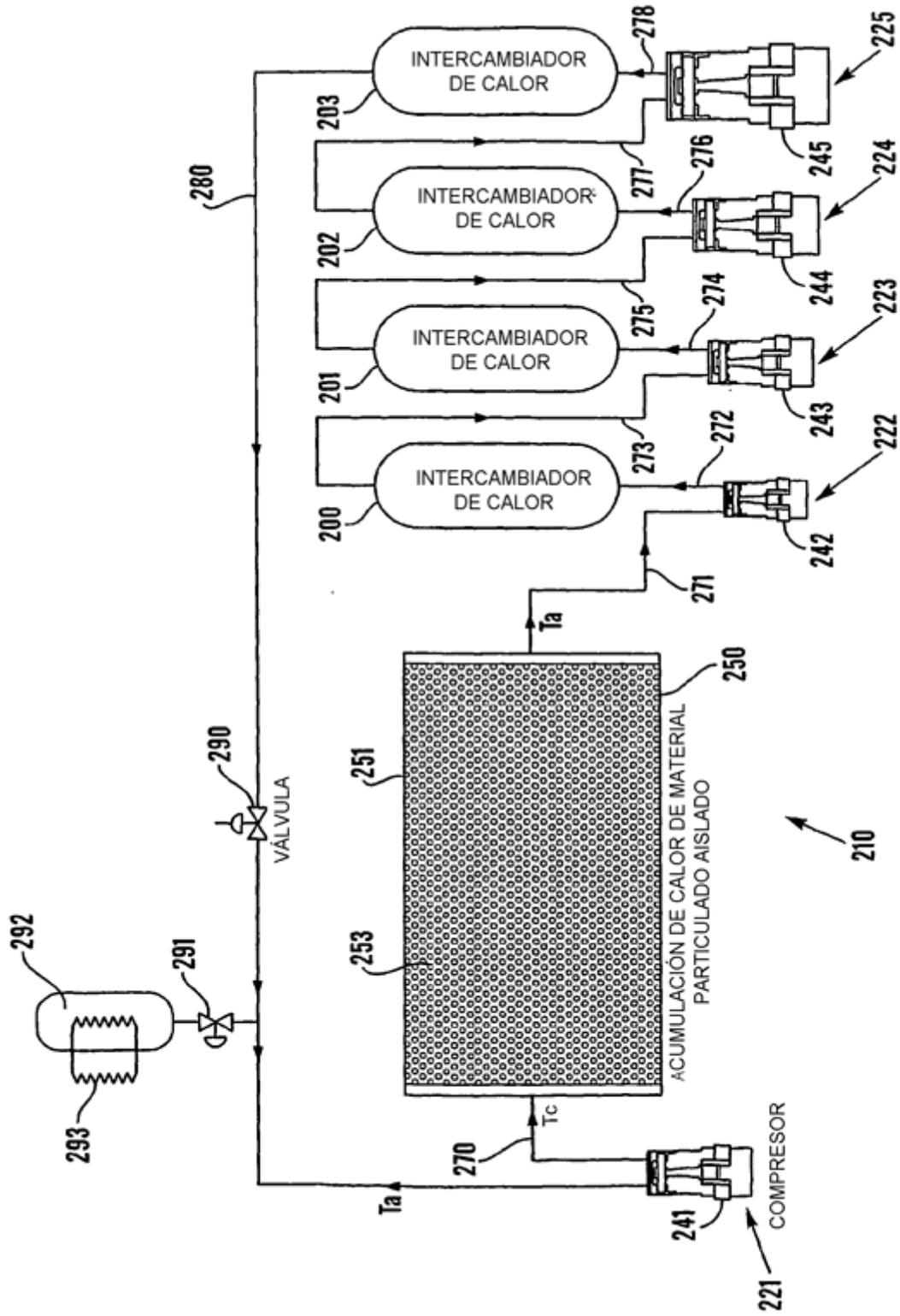


Fig.5

EXPANSOR DE 4 FASES

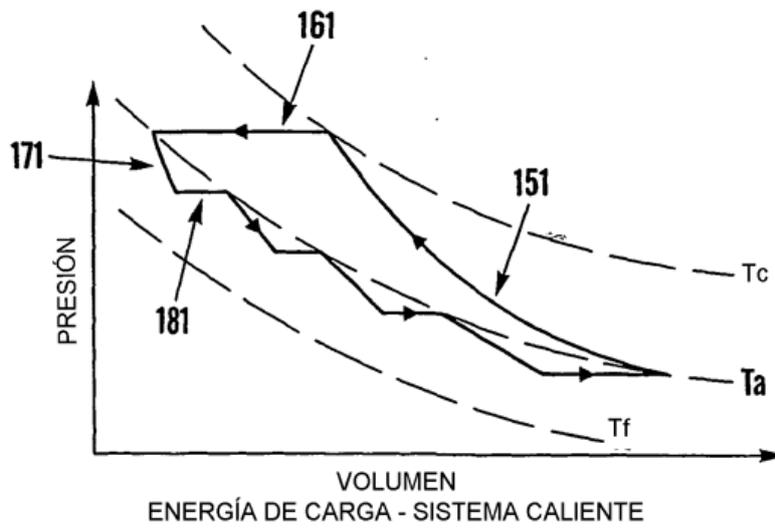


Fig.7

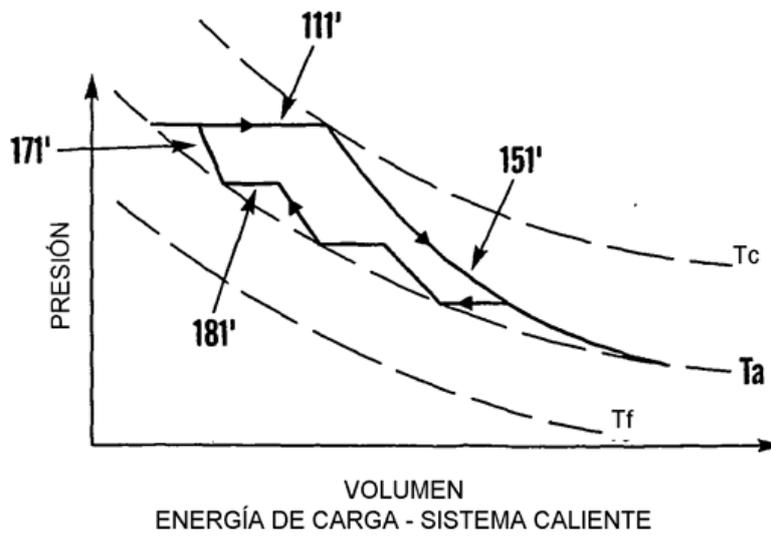


Fig.8

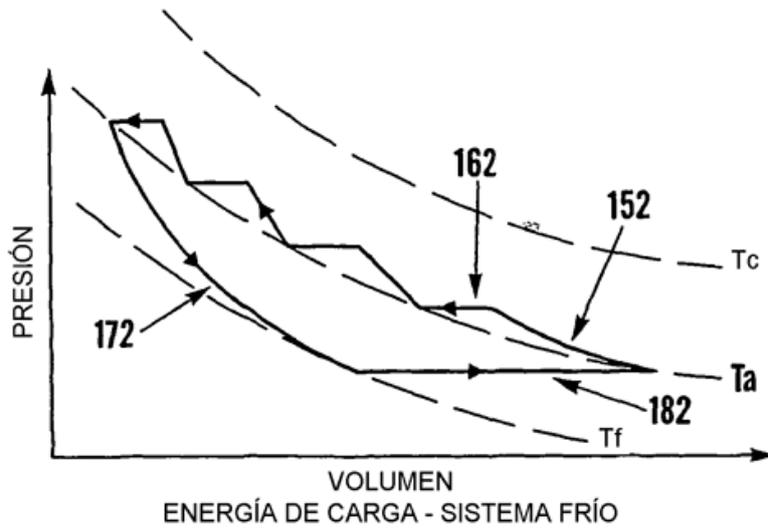


Fig. 9

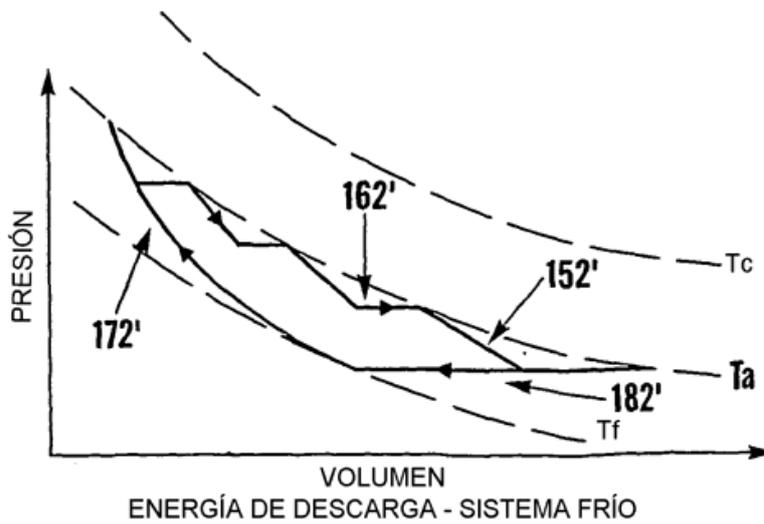


Fig. 10

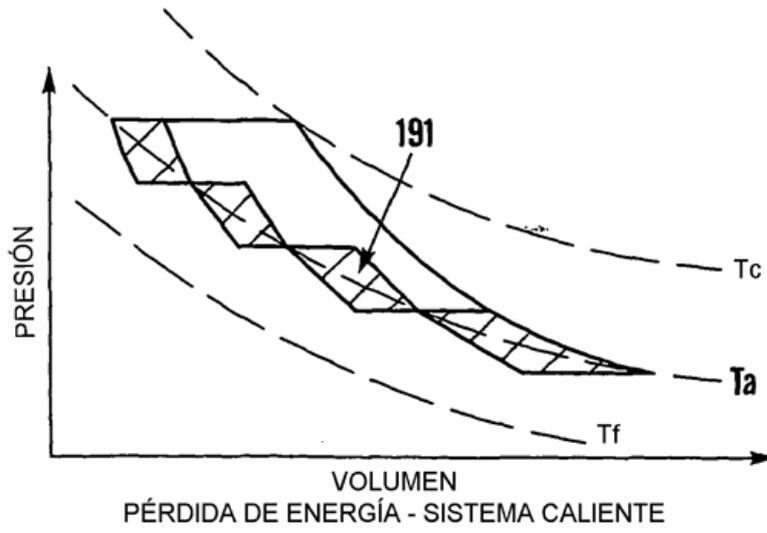


Fig. 11

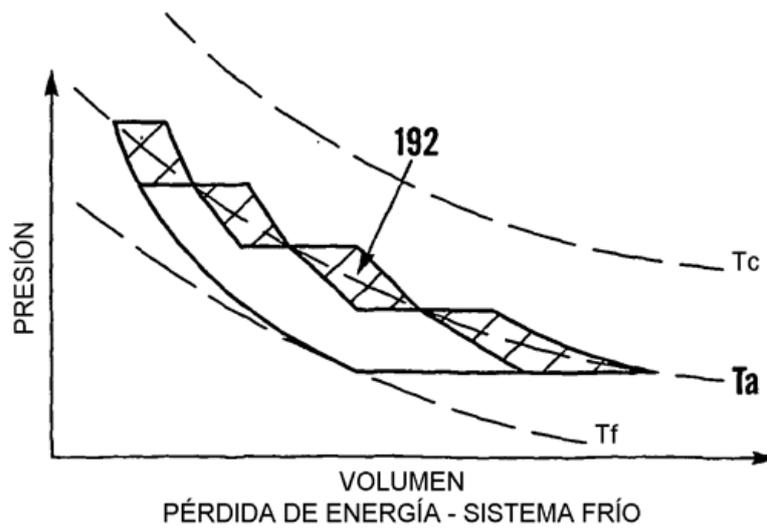


Fig. 12

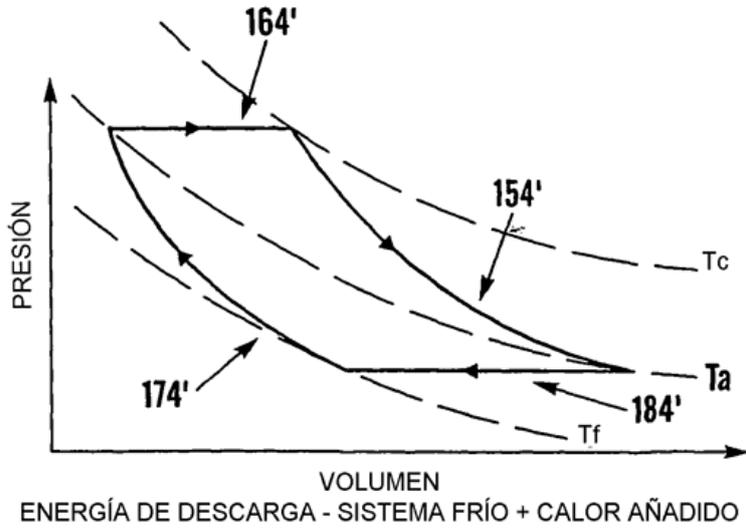


Fig. 13

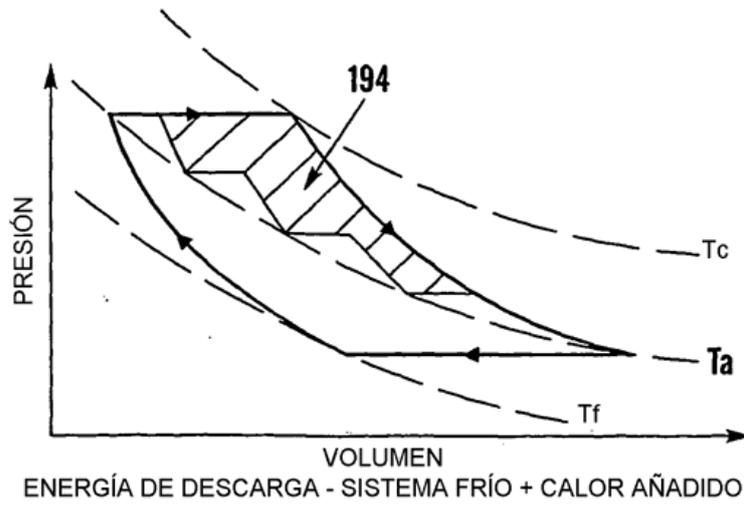
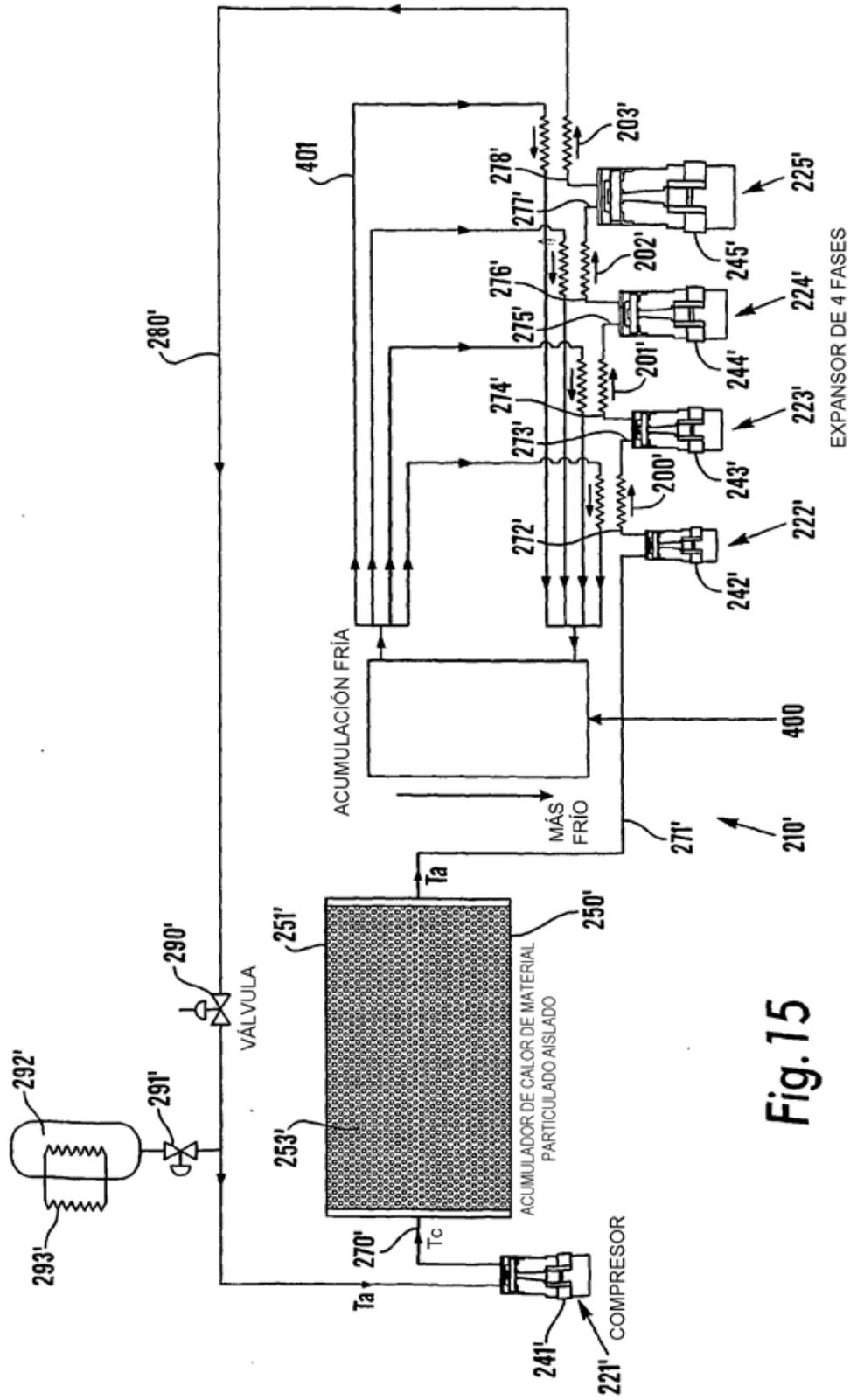


Fig. 14



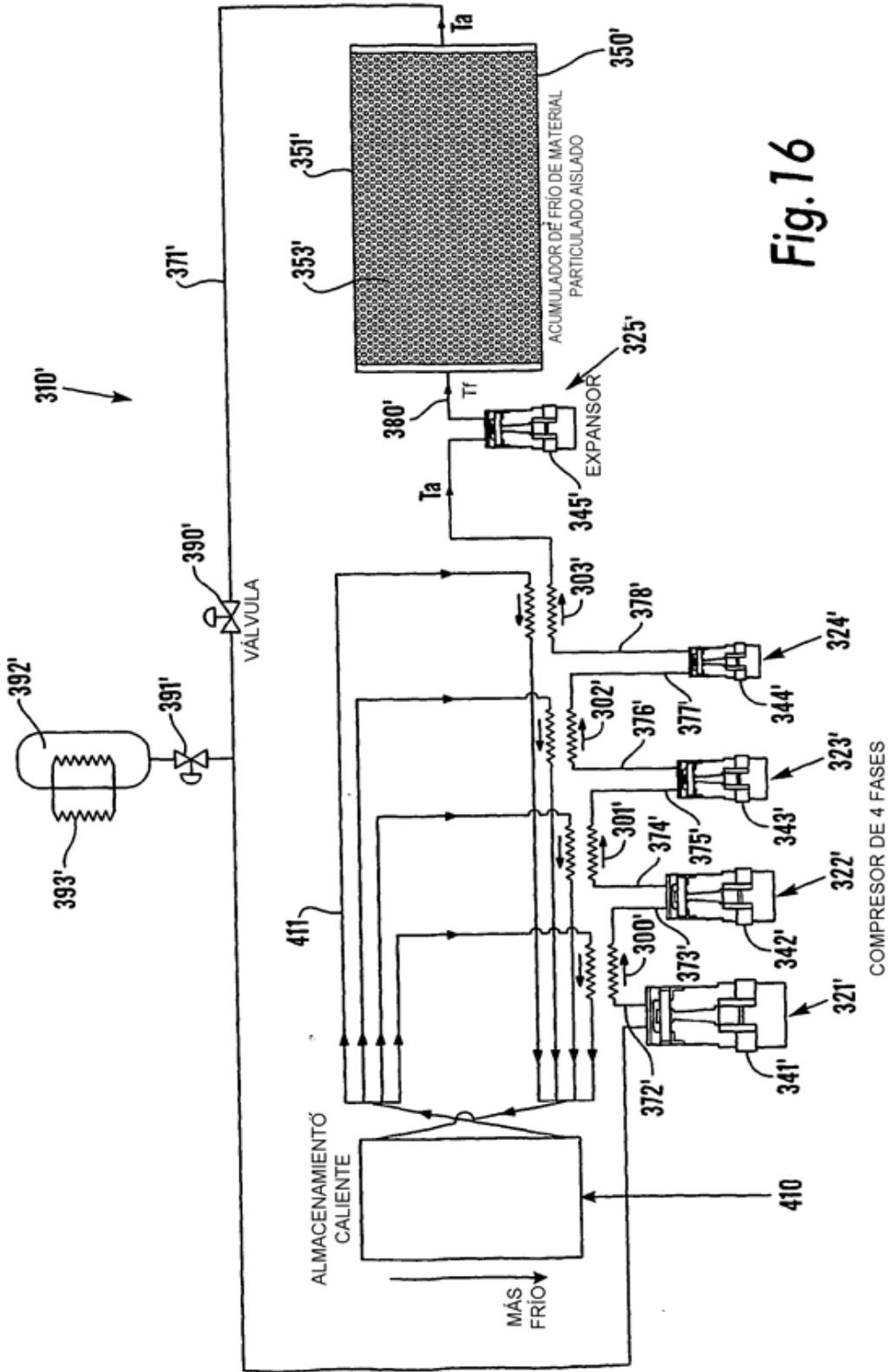


Fig. 16

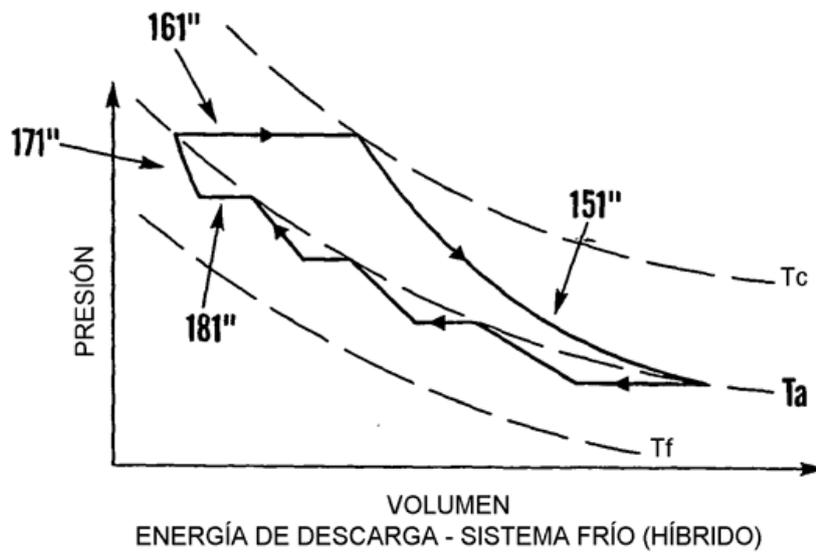


Fig. 17

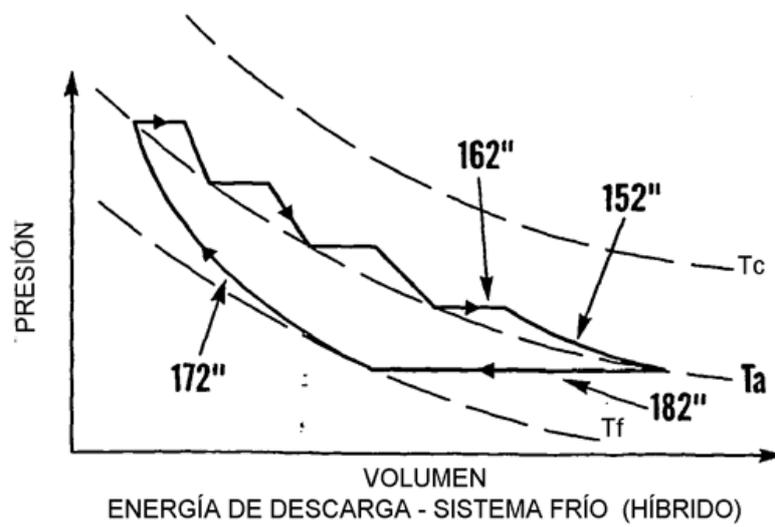


Fig. 18