

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 374 891**

21 Número de solicitud: 201101340

51 Int. Cl.:

F02C 6/16 (2006.01)

F01K 3/12 (2006.01)

F15B 1/02 (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN PREVIO

B2

22 Fecha de presentación: **20.12.2011**

43 Fecha de publicación de la solicitud: **23.02.2012**

Fecha de la concesión: **28.05.2012**

45 Fecha de anuncio de la concesión: **07.06.2012**

45 Fecha de publicación del folleto de la patente:
07.06.2012

73 Titular/es:
**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
C/ Ramiro de Maeztu, 7
28040 Madrid, ES**

72 Inventor/es:
MARTINEZ-VAL PEÑALOSA, JOSÉ MARÍA

74 Agente/Representante:
No consta

54 Título: **DISPOSITIVO DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA MEDIANTE FLUIDOS COMPRIMIDOS Y SU PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN.**

57 Resumen:

Dispositivo de almacenamiento de energía mediante fluidos comprimidos y su procedimiento de operación. Sistema de almacenamiento de energía mediante la contención de fluidos en una pluralidad de recipientes a alta presión, que se cargan uno a uno, secuencialmente, cuando hay disponibilidad de energía a almacenar, empleando dicha energía excedente en comprimir el fluido de trabajo hasta la presión de diseño; recuperándose dicha energía en una máquina expansora que es atravesada por el fluido que se descarga del almacenamiento, lo cual se hace uniendo en paralelo todos los recipientes previamente cargados hasta la presión de diseño, con objeto de ir manteniendo lo más alta posible la presión remanente en el almacenamiento.

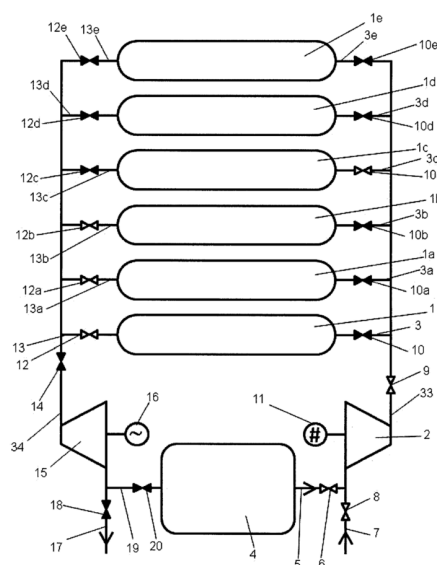


Figura 1

ES 2 374 891 B2

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 40.2.8 LP.

DESCRIPCIÓN

Dispositivo de almacenamiento de energía mediante fluidos comprimidos y su procedimiento de operación.

5 Sector de la técnica

La invención se encuadra en el campo del almacenamiento de energía, fundamentalmente en el sector de las centrales de generación de energía eléctrica, o más genéricamente del sistema eléctrico en su conjunto, donde se producen situaciones en las que la oferta de energía excede a la demanda, y por ende convendría almacenarla; y por otro lado se producen puntas de demanda, en las cuales la oferta disponible difícilmente puede satisfacer la potencia demandada; lo cual se facilita usando medios de almacenamiento energético, como es el bombeo hidráulico; que es el más maduro y extendido de los medios de almacenamiento, al cual se pueden añadir otros métodos en el próximo futuro, entre los que destaca el almacenamiento de fluidos comprimidos a muy alta presión, de varios centenares de bares (varias decenas de MPa).

15 Problema técnico a resolver y Antecedentes de la invención

El problema genérico que se pretende resolver es hallar una configuración de almacenamiento y un procedimiento de gestión técnica del mismo, que maximice las prestaciones obtenidas del sistema de almacenamiento.

Dentro de ese objetivo, lo que específicamente se quiere resolver es que el almacenamiento de energía mecánica por compresión, almacene el fluido comprimido a la presión de diseño (también llamada nominal o de consigna) y que éste se descargue, a través de la máquina expansora correspondiente, manteniendo el nivel de presión en las descargas tan alto como sea posible, para que la citada máquina funcione lo más cerca posible de régimen nominal, que es el que corresponde a una presión de entrada igual al valor nominal.

En las invenciones y aplicaciones existentes, predomina el uso del aire como fluido de trabajo, por su alta compresibilidad, pero la invención aquí presentada es aplicable a cualquier fluido. Por otra parte, al necesitarse productos P·V (presión por volumen del recipiente de almacenamiento) considerablemente grandes, existe la convicción técnica muy extendida de que son necesarias cavernas subterráneas estancas, como las que han contenido gas natural, para disponer de una aplicación de alta potencia y energía. Tal es el ámbito de aplicación de la invención presentada en el documento US 2011236134 (A1). Sin embargo, no es habitual disponer de tales cavernas, y la solución más inmediata es recurrir a recipientes a presión para almacenar el fluido comprimido, de lo cual hay multitud de invenciones, y en particular las recogidas en WO 2011063071 A1, WO 2011056296 A2, US 2011219760 A1, y WO 2011054169 A1, estando dedicada esta última al almacenamiento de fluidos por encima del punto crítico, lo cual también es accesible en la invención aquí propuesta, si bien su configuración y modo de gestión técnica del almacenamiento no tiene nada que ver con ninguna de las invenciones señaladas.

Tampoco son precedentes de la invención las ideas expuestas en diversos documentos que tratan del mismo problema, a saber: una máquina compresora, que sirve para llenar un recipiente artificial o natural, pero por lo común artificial, del cual se descarga el fluido comprimido haciéndolo pasar por una máquina expansora, a menudo denominada turbina (siendo en este caso más cercana la morfología a una turbina de gas) y realizando este cometido con unas pautas pensadas para aprovechar el equipo disponible, como es el caso del aire comprimido adiabáticamente, lo cual se trata en la invención US 2011100583 A1, WO 2011053410 A1 y en la WO 2011056283 A2. Otras invenciones centradas en la misma tipología de instalación son la US 2011061385 A1, US 2011219760 A1, US 2011196542 A1, US 2011167814 A1, CA 2749975 A1, WO 2011076926 A2, WO 2011071609 A1, EP 2378100 A2 y JP 2011106333 A, pero ninguna de ellas aporta elementos constructivos ni de procedimiento de trabajo remotamente similares a los propuestos en esta invención. Tampoco se considera precedente la US 2011167813 A1, aunque contiene dos recipientes a presión, pero no una pluralidad de ellos, y no utilizados con el procedimiento propuesto en esta invención.

Dentro del campo específico que se ha delimitado, de una instalación que tiene un almacenamiento de fluido comprimido, con una máquina impulsora o compresora para llenarlo, y con una máquina expansora para efectuar un trabajo cuando se libera del recipiente el fluido comprimido, la invención hace referencia al almacenamiento en sí, a la estructuración de sus componentes, y a la gestión técnica de los flujos de fluido, tanto en la carga como en la descarga.

Procede añadir que en este sector de la técnica se denomina máquina compresora a aquella que absorbe por su boca de admisión una corriente de un fluido, la cual impulsa a mayor presión por su boca de descarga, lo cual ejecuta merced a la potencia externa que se le aplica; siendo una máquina expansora aquella que produce una potencia mecánica, generalmente aplicada a un eje (que particularmente puede estar conectado a un generador eléctrico), gracias a que absorbe por su boca de admisión una corriente de un fluido, la cual eyecta a menor presión por su boca de descarga.

Descripción de la invención

El dispositivo descrito en la presente invención comprende una pluralidad de recipientes herméticos, de tamaño y forma cualesquiera, aunque particularmente se señale como canónica, dentro de la resistencia de materiales, la forma cilíndrica alargada, rematada en sus extremos por sendos casquetes hemisféricos o torisféricos, y en todo caso contando cada recipiente con una tubería de carga y otra de descarga, dotadas cada una de dichas tuberías con al menos una

válvula de tipo todo/nada o apertura/cierre, que se llaman válvulas de carga cuando están en una tubería de carga, y válvulas de descarga si están en una tubería de descarga, teniendo todas las válvulas posibilidad de paso de fluido en una sola dirección, estando todas las tuberías de llenado o carga de los recipientes, que al menos son una por recipiente, conectadas al conducto o tubería de impulsión de una máquina compresora que toma el fluido de un depósito, natural o artificial, a baja presión; y estando todas las tuberías de vaciado o descarga de los recipientes, que al menos son una por recipiente, conectadas al conducto o tubería de admisión de una máquina expansora que descarga el fluido en dicho depósito, natural o artificial, a baja presión; quedando configurada una pluralidad de circuitos en paralelo por los que puede fluir el fluido de trabajo desde la impulsión de la máquina compresora a la admisión de la máquina expansora, consistiendo cada circuito en el ramal o tubería de carga a cada recipiente, seguido del recipiente en sí, seguido del ramal o tubería de descarga de cada recipiente; y habiendo en el conducto de impulsión de la máquina compresora una válvula general de ese conducto, y habiendo asimismo, en el conducto de admisión de la máquina expansora, otra válvula general; y actuando dichos circuitos, parcial o totalmente, como conductos reales de paso del fluido según el estado de apertura/cierre de sus válvulas.

La posición abierta/cerrada de cada válvula queda determinada bien por una acción de control programada en un sistema de mando de apertura/cierre a través del relé correspondiente, bien por una decisión del operador de la planta desde su puesto de mando, en función de las lecturas de los manómetros; existiendo dicho sistema de mando y dicho puesto de mando como conjunto de sensores y relés comunicados por cable o por señales electromagnéticas inalámbricas, a través de los cuales se activa la apertura o cierre de cada válvula, según procedimiento de operación consignado más adelante como parte de la invención.

Eventualmente, una sola máquina puede funcionar reversiblemente, según gire en un sentido o en el otro, como compresora o expansora, quedando sin embargo unívocamente definidos el conducto de impulsión cuando funciona como máquina compresora, y el conducto de admisión cuando funciona como máquina expansora.

Una variante es que se use un fluido natural como fluido de trabajo, entendiendo por fluidos naturales los que se encuentran abundantemente en la naturaleza, como son el aire y el agua, en cuyo caso, en vez de usar un depósito de baja presión para cerrar el circuito, se use directamente la atmósfera, en el caso del aire, o una masa o corriente voluminosa de agua, en el caso del agua, actuando así en circuito abierto por el lado de baja presión.

La invención se completa con un procedimiento de operación en carga y descarga del dispositivo de almacenamiento, aplicado bien automáticamente, bien manualmente, que establece que todas las válvulas han de estar cerradas, menos las que se consignan a continuación, que han de estar abiertas, según el modo en que se esté operando, de carga del almacenamiento de energía, o de descarga de éste, prescribiéndose que:

- en el modo de carga, en el cual funciona la máquina compresora, está abierta la válvula de su admisión desde el depósito de baja presión, o eventualmente la válvula de aportación de un fluido natural, si éste es el usado como fluido de trabajo, y está abierta la válvula general del conducto de impulsión de la máquina, y una válvula de carga de un recipiente, seleccionado por ser el que tenía mayor presión, por debajo de la de consigna, en el momento de iniciarse esa etapa de carga del almacenamiento, que termina cuando la presión en el interior de dicho recipiente iguala a la nominal o de consigna, cerrándose en ese momento dicha válvula que se encontraba abierta, y abriéndose la válvula de carga del recipiente que en ese momento tenga la mayor presión, por debajo de la de consigna, iniciándose así una nueva etapa de carga;

- en el modo de descarga del almacenamiento, en el cual funciona la máquina expansora, está abierta la válvula de su descarga hacia el depósito de baja presión, o eventualmente la válvula de descarga de un fluido natural, si éste es el usado como fluido de trabajo, y está abierta la válvula general del conducto de admisión de la máquina, y están asimismo abiertas todas las válvulas de descarga de todos los recipientes que tuvieran la presión de consigna en el momento de iniciarse esa fase de descarga del almacenamiento, que termina cuando la presión en el interior de dichos recipientes es insuficiente para hacer funcionar a la máquina expansora en su mínimo técnico, o bien termina cuando finaliza la demanda puntual de energía que estaba siendo satisfecha por el almacenamiento.

La ventaja que aporta esta invención, respecto de las que usan convencionalmente un gran depósito, natural, tipo caverna subterránea, o artificial, es que en éstos, en el proceso de carga, la presión aumenta muy lentamente, por diluirse, en el gran volumen del depósito, la masa insuflada por la máquina compresora, siendo por tanto difícil de alcanzar la presión máxima o de consigna; que sin embargo es a la que mejor trabaja la máquina expansora en la descarga del almacenamiento.

Con la invención propuesta, los recipientes se van cargando uno a uno, por lo cual, lo común será que en un momento en que se necesite energía del almacenamiento, una parte de los recipientes se encuentre cargada hasta la presión máxima, lo cual es lo idóneo para obtener buenas prestaciones de la máquina expansora. Pero en la descarga no se vacían uno a uno, sino todos los que están cargados, a la vez, con lo cual se consigue que la caída de presión sea más lenta, y por ende la máquina expansora mantendrá un rendimiento más alto durante más tiempo.

Breve descripción de las figuras

La figura 1 muestra el esquema de una instalación de almacenamiento de energía con la estructuración de componentes dada por la invención.

La figura 2 muestra el mismo esquema, pero en el caso de usar una misma máquina, reversible, como compresora y expansora.

Para facilitar la comprensión de las materializaciones preferentes de la invención, a continuación se relacionan los elementos relevantes de la misma, que aparecen en las figuras:

1. Recipiente de almacenamiento de fluido a alta presión. Los restantes recipientes se numeran, por analogía, 1a, 1b, 1c, 1d y 1e.
2. Máquina compresora.
3. Conducto o tubería conectado al conducto 33 de impulsión de la máquina compresora (2), sirviendo cada uno de los conductos (3, 3a, ... 3e) para la carga de los recipientes de almacenamiento (1, 1a, ... 1e).
4. Depósito de baja presión del fluido de trabajo.
5. Conducto de admisión, desde el depósito (4), a la máquina compresora.
6. Válvula todo/nada y anti-retorno en el conducto (5).
7. Toma de aportación de un fluido natural a la máquina compresora.
8. Válvula todo/nada y anti-retorno en el conducto (7).
9. Válvula todo/nada y anti-retorno en el conducto general de impulsión del fluido de trabajo desde la máquina compresora.
10. Válvula todo/nada y anti-retorno en la boca de carga del recipiente (1). Por analogía de numeración, las válvulas 10a, 10b, 10c, 10d y 10e tienen la misma función para la pluralidad de recipientes.
11. Motor (eléctrico, hidráulico, aeromecánico, o de cualquier otra naturaleza) que activa a la máquina compresora (2).
12. Válvula todo/nada y anti-retorno en la boca de descarga del recipiente (1). Por analogía de numeración, las válvulas 12a, 12b, 12c, 12d y 12e tienen la misma función para la pluralidad de recipientes.
13. Tubería o conducto de descarga del recipiente de almacenamiento 1. Por analogía de numeración, las tuberías 13a, 13b, 13c, 13d y 13e tienen la misma función para la pluralidad de recipientes.
14. Válvula todo/nada y anti-retorno en el conducto general de admisión del fluido de trabajo hacia la máquina expansora.
15. Máquina expansora.
16. Generador eléctrico accionado por la máquina expansora.
17. Tubería de descarga de un fluido natural desde la máquina expansora.
18. Válvula todo/nada y anti-retorno en el conducto o tubería (17) de descarga del fluido natural desde la máquina expansora.
19. Tubería de descarga del fluido de trabajo desde la máquina expansora al depósito de baja presión.
20. Válvula todo/nada y anti-retorno en el conducto o tubería (19) de descarga del fluido de trabajo desde la máquina expansora.
21. Máquina reversible, que puede funcionar como compresora, girando en un sentido, o como expansora, girando en sentido opuesto.
22. Máquina eléctrica, que funciona como motor, girando en un sentido; o como generador, girando en sentido contrario, actuando en el primer caso en las cargas del almacenamiento, y en las descargas, en el segundo.

23. Conducto o tubería de impulsión de la máquina reversible (21) cuando funciona como compresora, por lo cual es un conducto análogo al (33).
24. Conducto de admisión, desde el depósito de baja presión (4), a la máquina reversible (21) cuando funciona como compresora.
25. Válvula todo/nada y anti-retorno en el conducto (24).
26. Toma de aportación de un fluido natural a la máquina reversible cuando funciona como compresora.
27. Válvula todo/nada y anti-retorno en el conducto (26).
28. Tubería o conducto de admisión de la máquina reversible (21) cuando funciona como expansora.
29. Tubería de descarga del fluido de trabajo desde la máquina reversible, cuando funciona como expansora, al depósito de baja presión (4).
30. Válvula todo/nada y anti-retorno en el conducto (29).
31. Tubería de descarga de un fluido natural desde la máquina reversible cuando funciona como expansora.
32. Válvula todo/nada y anti-retorno en el conducto (31).
33. Tubería de impulsión desde el compresor 2, y de la cual salen los ramales 3, de carga de los recipientes (1).
34. Tubería o conducto de admisión de la máquina expansora (15) y a la cual descargan los recipientes de almacenamiento (1, 1a, ... 1e) a través de las tuberías (13, 13a, ... 13e).

Descripción de una forma de realización de la invención

La invención se materializa sobre la base de una planta de generación de energía eléctrica dotada de una máquina compresora del fluido de trabajo del almacenamiento, y de una máquina expansora, o de una sola máquina reversible que ejerza ambas funciones fluido-mecánicas según sea movida por un motor externo, o ejerza la máquina la potencia generando electricidad, más un depósito de baja presión donde se acumula el fluido de trabajo cuando se descarga del almacenamiento.

Cuestión esencial es disponer de los recipientes adecuados, que al tener que soportar altas presiones y según qué fluidos, altas temperaturas, han de fabricarse de material resistente y con la forma más adecuada. Cuestión fundamental es la presión a la que trabaje el fluido de trabajo en el almacenamiento, P_1 , que será notablemente mayor que la atmosférica, para que el almacenamiento tenga valor energético. Las tensiones mecánicas sufridas por las paredes del recipiente dependerán de dicha presión; y para caracterizar su valor de manera muy representativa, se puede usar la tensión de aro, aunque ello predisponga al uso de recipientes cilíndricos muy alargados, que es el modelo más convencional para almacenamiento genérico de gases comprimidos. Para un depósito cilíndrico grueso con una presión P_1 , la tensión de aro σ es

$$\sigma = P_1 \cdot ((r^2 + 1)/(r^2 - 1))$$

donde r es el cociente entre diámetros exterior e interior del depósito. Para valores altos de temperatura, la σ admisible es menor que la usual a temperatura ambiente, pues el período elástico se acorta y el riesgo de fluencia se acerca. Si P_1 es relativamente alto, próximo a 10 MPa, por ejemplo, el cociente σ/P_1 admisible es de alrededor de 10, si el gas almacenado no tiene muy alta temperatura (por debajo de 250°C) y en ese caso la razón entre diámetros del recipiente sale 1,1; lo cual ya implica espesores muy gruesos. Peor aún es el caso de que el fluido almacenado se caliente notoriamente, por lo dicho del acortamiento del campo elástico. En tal caso el cociente σ/P_1 admisible baja a alrededor de 6. En este caso, el ratio entre diámetros sube a 1,2; lo que implica paredes mucho más gruesas. En el caso de que se combinaran presiones y temperaturas relativamente altas, el cociente admisible bajaría aún más, a alrededor de 4, lo que daría una razón entre diámetros de 1,3 aproximadamente. Esto evidencia las dificultades de ocupar artificialmente grandes volúmenes de forma esférica. Por el contrario, resulta más práctico acudir a recipientes cilíndricos muy alargados con el objeto de proporcionar un volumen apreciable de almacenamiento, que además sea construible con técnicas relativamente maduras. Téngase en cuenta que hay saltos hidráulicos de casi 1.000 metros de altura, lo que equivale a 10 MPa aproximadamente, y esa es la presión en el pie de la conducción forzada por la que desciende el agua. Un desafío más importante lo representa el aire comprimido, pues en la compresión, si se efectúa de manera muy rápida, se sigue una transformación prácticamente adiabática, y el calor de todas las irreversibilidades se queda prácticamente en el aire, que llega a muy alta temperatura. La opción contraria es comprimir el aire a lo largo de una transformación isoterma, pero eso exige una velocidad de compresión muy lenta, lo cual no siempre es aceptable, pues la disponibilidad de energía excedente que, o se almacena, o se pierde, se da a menudo durante tiempos relativamente breves. No obstante estas cautelas contra el aire comprimido, parece el candidato idóneo para este tipo de almacenamiento, por su compresibilidad, mucho mayor que la del agua.

En el caso de almacenar gases con procedimientos que los calienten notoriamente, los recipientes deben aislarse térmicamente; no solo para evitar que cayera la temperatura, pues con ella caería la presión, sino para evitar que las diferencias de temperatura entre la cara caliente de la pared del recipiente y la cara exterior, fría, produzcan una tensión de aro suplementaria, de compresión en la cara caliente, y de tracción en la cara fría, que sería función de

ΔT = diferencia de temperaturas entre las caras caliente y fría,

α = coeficiente de dilatación lineal,

E = módulo de Young,

siendo la tensión de aro σ_t de origen térmico el valor

$$\sigma_t = \alpha \cdot \Delta T \cdot E / 2$$

La adición de tensiones implicaría mayores espesores en el recipiente, y para evitar ese sobre coste es preciso recurrir a un fuerte aislamiento térmico de los recipientes. En todo caso, lo específico de la invención es configurar la red de conexión de la máquina compresora a los recipientes, y de los recipientes a la máquina expansora, de tal forma que los recipientes puedan quedar aislados, de tal manera que su llenado se realice secuencialmente, uno a uno; pero su vaciado a través de la máquina expansora se realice conjuntamente con todos los recipientes que estuvieran cargados.

Para ello es claramente ilustrativo el par de figuras que explican la invención, que entre ellas se diferencian sólo porque en la segunda sólo existe una máquina, reversible, que opera de compresora en la carga, activada por un motor eléctrico; que a su vez se transforma en generador cuando gira en sentido contrario y está movido por el eje de la máquina expansora, que a su vez se mueve por la expansión del fluido que se libera de su compresión en el almacenamiento. En las máquinas eléctricas trifásicas, el cambio de dirección de giro, y por tanto de función eléctrica, se realiza cambiando el orden de las fases, pasando de RST en un caso (el que se considere de referencia) a RTS. En las máquinas simples, monofásicas, esto se realiza por inversión de la polaridad en el arrollamiento del estátor.

Como ejemplo, en la figura 1 se ve una típica etapa de carga del almacenamiento, en la que funciona la máquina compresora (2) cuyas válvulas de admisión (6, 8) están abiertas, como está abierta la de su impulsión (9). En ese momento se está cargando sólo el recipiente 1c, pues sólo está abierta la válvula 10c en conexión con el conducto de impulsión (33). Los recipientes 1, 1a, y 1b ya están cargados, y listos para ser descargados, por lo cual tienen abiertas (un tanto precipitadamente, para ilustrar el caso) las válvulas 12, 12a y 12b; aunque está cerrada aún la válvula de admisión (14) de la máquina expansora (15), pues el sistema no está en descarga del almacenamiento; si bien el almacenamiento está parcialmente cargado, y listo para iniciar la producción de energía, si así lo demanda el sistema eléctrico en su conjunto. Para finalizar, conviene indicar que los recipientes 1d y 1e están descargados, a la espera de su turno de carga.

Una vez descrita de forma clara la invención, se hace constar que las realizaciones particulares anteriormente descritas son susceptibles de modificaciones de detalle siempre que no alteren el principio fundamental y la esencia de la invención.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de almacenamiento de energía mediante fluidos comprimidos, ubicado en una planta de generación de energía eléctrica dotada de una máquina compresora (2) del fluido de trabajo del almacenamiento, y de una máquina expansora (15), o de una sola máquina reversible (21) que ejerza alternativamente ambas funciones fluido-mecánicas, más un depósito, natural o artificial, de baja presión (4) donde se acumula el fluido de trabajo cuando se descarga del almacenamiento, **caracterizado** por que el almacenamiento comprende:

una pluralidad de recipientes herméticos (1, 1a, 1b, 1c, 1d, 1e) contando cada recipiente con una tubería de carga (3, 3a, 3b, 3c, 3d, 3e) y otra tubería de descarga (13, 13a, 13b, 13c, 13d, 13e), dotadas cada una de dichas tuberías (3, 3a, ... 3e, 13, 13a, ..., 13e) con al menos una válvula (10, 10a, ..., 10e, 12, 12a, ..., 12e) de tipo todo/nada o apertura/cierre, que se llaman válvulas de carga cuando están en una tubería de carga, y válvulas de descarga si están en una tubería de descarga, teniendo todas las válvulas posibilidad de paso de fluido en una sola dirección;

estando todas las tuberías de llenado o carga (3, 3a, 3b, 3c, 3d, 3e) de los recipientes (1, 1a, ..., 1e), que al menos son una por recipiente, conectadas al conducto o tubería de impulsión (33, 23) de una máquina compresora (2, 21) que toma el fluido de un depósito, natural o artificial, a baja presión (4);

y estando todas las tuberías de vaciado o descarga (13, 13a, 13b, 13c, 13d, 13e) de los recipientes (1, 1a, ..., 1e), que al menos son una por recipiente, conectadas al conducto o tubería de admisión (34, 28) de una máquina expansora (15, 21) que descarga el fluido en dicho depósito, natural o artificial, a baja presión (4);

quedando configurada una pluralidad de circuitos en paralelo por los que puede fluir el fluido de trabajo desde la impulsión (33, 23) de la máquina compresora (2, 21) a la admisión (34, 28) de la máquina expansora (15, 21), consistiendo cada circuito en el ramal o tubería de carga (3, 3a, ..., 3e) a cada recipiente (1, 1a, ... 1e), seguido del recipiente en sí, seguido del ramal o tubería de descarga (13, 13a, ... 13e) de cada recipiente, y actuando dichos circuitos, parcial o totalmente, como conductos reales de paso del fluido según el estado de apertura/cierre de sus válvulas;

habiendo en el conducto de impulsión (33, 23) de la máquina compresora (2, 21) una válvula general (9) de ese conducto, y habiendo asimismo, en el conducto de admisión (34, 28) de la máquina expansora (15, 21), otra válvula general (14).

2. Dispositivo de almacenamiento de energía mediante fluidos comprimidos, según reivindicación primera, **caracterizado** por que una sola máquina (21) puede funcionar reversiblemente, según gire en un sentido o en el otro, como compresora o expansora, quedando unívocamente definidos el conducto de impulsión (23) cuando funciona como máquina compresora, y el conducto de admisión (28) cuando funciona como máquina expansora.

3. Dispositivo de almacenamiento de energía mediante fluidos comprimidos, según la reivindicación primera, **caracterizado** por que una variante de funcionamiento es usar un fluido natural como fluido de trabajo, entendiendo por fluidos naturales los que se encuentran abundantemente en la naturaleza, como son el aire y el agua, en cuyo caso, en vez de usar un depósito de baja presión para cerrar el circuito, se usa directamente la atmósfera, en el caso del aire, o una masa o corriente voluminosa de agua, en el caso del agua, actuando así en circuito abierto (7, 17) por el lado de baja presión.

4. Procedimiento de almacenamiento de energía mediante fluidos comprimidos, que emplea un dispositivo de almacenamiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** por que el procedimiento de operación del almacenamiento, en carga y descarga, aplicado bien automáticamente, bien manualmente, establece que todas las válvulas han de estar cerradas, menos las que se consignan a continuación, que han de estar abiertas, según el modo en que se esté operando, de carga del almacenamiento de energía, o de descarga de éste, prescribiéndose que

- en el modo de carga, en el cual funciona la máquina compresora (2, 21), está abierta la válvula (6) de su admisión desde el depósito de baja presión (4), o eventualmente la válvula de aportación (8) de un fluido natural, si éste es el usado como fluido de trabajo, y está abierta la válvula general (9) del conducto de impulsión (33) de la máquina (2, 21), y una válvula de carga (10c) de un recipiente (1c), seleccionado por ser el que tenía mayor presión, por debajo de la de consigna, en el momento de iniciarse esa etapa de carga del almacenamiento, que termina cuando la presión en el interior de dicho recipiente (1c) iguala a la nominal o de consigna, cerrándose en ese momento dicha válvula (10c) que se encontraba abierta, y abriéndose la válvula de carga del recipiente que en ese momento tenga la mayor presión, por debajo de la de consigna, iniciándose así una nueva etapa de carga;

- y en el modo de descarga del almacenamiento, en el cual funciona la máquina expansora (15, 21), está abierta la válvula (20) de su descarga hacia el depósito de baja presión (4), o eventualmente la válvula de descarga (18) de un fluido natural, si éste es el usado como fluido de trabajo, y está abierta la válvula general (14) del conducto de admisión (34, 28) de la máquina (15, 21), y están asimismo abiertas todas las válvulas de descarga (12, 12a, 12b) de todos los recipientes (1, 1a, 1b) que tuvieran la presión de consigna en el momento de iniciarse esa fase de descarga del almacenamiento, que termina cuando la presión en el interior de dichos recipientes es insuficiente para hacer funcionar a la máquina expansora (15, 21) en su mínimo técnico, o bien termina cuando finaliza la demanda puntual de energía que estaba siendo satisfecha por el almacenamiento.

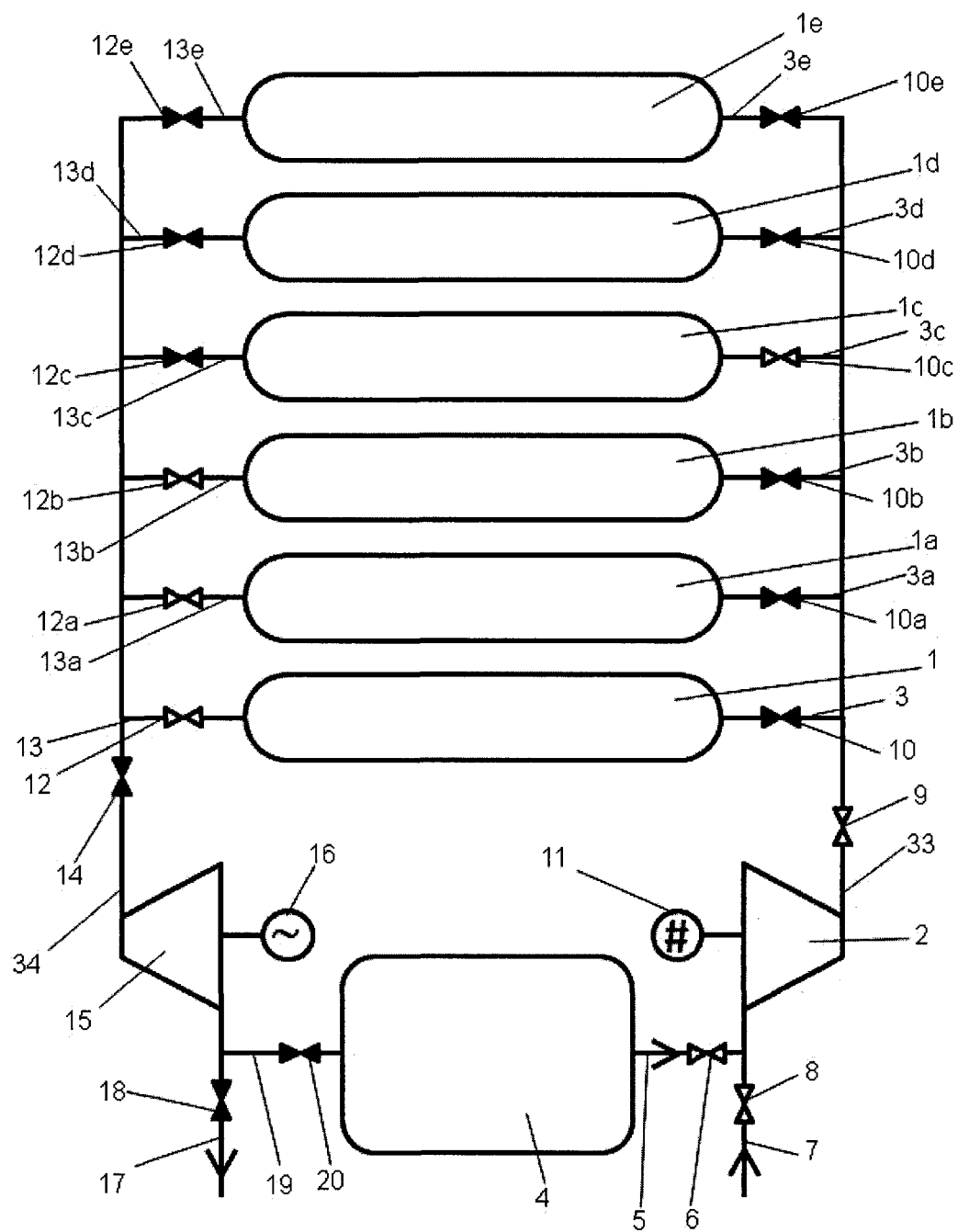


Figura 1

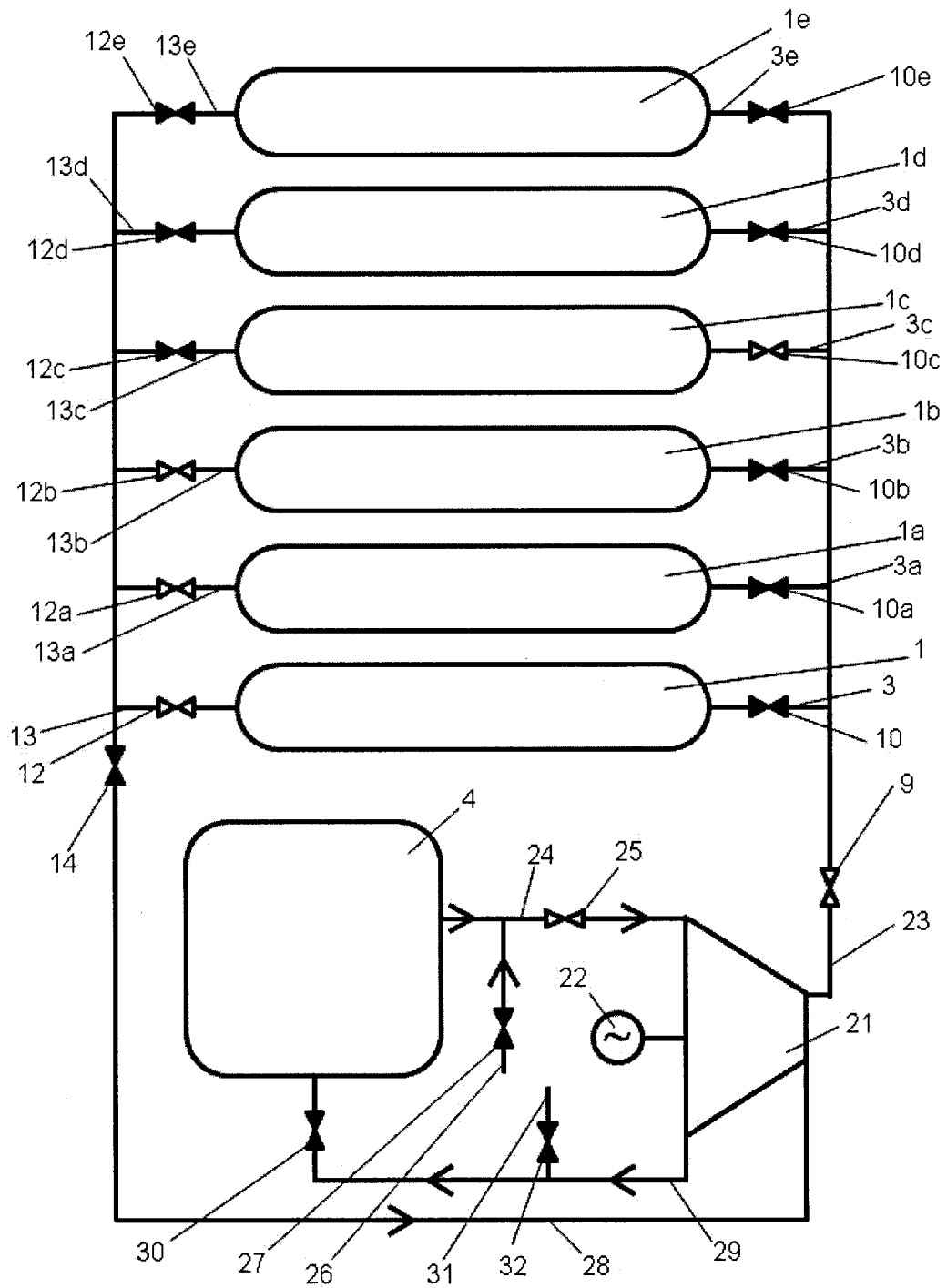


Figura 2



OFICINA ESPAÑOLA
DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

②① N.º solicitud: 201101340

②② Fecha de presentación de la solicitud: 20.12.2011

③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤① Int. Cl.: Ver Hoja Adicional

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	US 4237692 A (AHRENS FREDERICK W et al.) 09.12.1980, columna 3, líneas 12-41; figura 1.	1,3,4
A	WO 2011104556 A2 (ISENTROPIC LTD et al.) 01.09.2011, página 19, línea 31 – página 20, línea 2; página 20, línea 28 – página 25, línea 19; figuras 1-3.	1-4
A	US 5845479 A (NAKHAMKIN MICHAEL et al.) 08.12.1998, columna 5, línea 22 – columna 7, línea 34; figuras.	1,3,4
A	US 3818698 A (BECKMANN G et al.) 25.06.1974, columna 2, línea 56 – columna 3, línea 31; columna 4, línea 20 – columna 5, línea 12; figuras.	1,4
A	US 2010205960 A1 (MCBRIDE TROY O et al.) 19.08.2010, párrafos [41],[49-50]; figuras 3,8.	1,4

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

☒ para todas las reivindicaciones

☐ para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
07.02.2012

Examinador
E. García Lozano

Página
1/5

CLASIFICACIÓN OBJETO DE LA SOLICITUD

F02C6/16 (2006.01)

F01K3/12 (2006.01)

F15B1/02 (2006.01)

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

F02C, F01K, F15B

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 07.02.2012

Declaración**Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)**

Reivindicaciones 1-4
Reivindicaciones

SI
NO

Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)

Reivindicaciones 1-4
Reivindicaciones

SI
NO

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión.-

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

1. Documentos considerados.-

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	US 4237692 A (AHRENS FREDERICK W et al.)	09.12.1980
D02	WO 2011104556 A2 (ISENTROPIC LTD et al.)	01.09.2011
D03	US 5845479 A (NAKHAMKIN MICHAEL et al.)	08.12.1998

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración

La presente solicitud se refiere a un dispositivo de almacenamiento de energía mediante fluidos comprimidos y a su procedimiento de operación.

El dispositivo de almacenamiento objeto de la invención se ubica en una planta de generación eléctrica que incluye máquina compresora (2), máquina expansora (15) y depósito de baja presión donde se acumula el fluido de trabajo, y comprende una pluralidad de elementos herméticos (1) cada uno de ellos con tubería de carga y descarga y al menos una válvula en alguna de dichas tuberías. Todas las tuberías de carga están conectadas a la tubería de impulsión de la máquina compresora, en la que hay una válvula, y todas las tuberías de descarga están conectadas al conducto de admisión de la máquina expansora, en la que también hay una válvula, de modo que se establece el flujo en paralelo por los depósitos y sus respectivas tuberías de carga y descarga desde la impulsión de la máquina compresora hasta la admisión de la máquina expansora. El número de circuitos /depósitos de paso dependerá del estado de apertura/cierre de sus válvulas (Reiv.1).

Opcionalmente, puede existir una sola máquina que funcione reversiblemente como compresora o expansora (Reiv.2).

Otra variante es el empleo de un fluido natural como el aire o una masa de agua voluminosa en lugar de un depósito de baja presión para cerrar el circuito (Reiv.3).

Asimismo, el procedimiento del funcionamiento del sistema forma parte del objeto de la invención (Reiv.4). Según dicho procedimiento, el sistema puede actuar manual o automáticamente sobre las válvulas del sistema en función del modo en que esté operando, de la siguiente forma:

- En modo carga, funciona la máquina compresora y está abierta la válvula de admisión desde el depósito de baja presión. También están abiertas la válvula del conducto de impulsión y una de las válvulas de carga de un recipiente, aquel que tenga la mayor presión por debajo de la presión nominal en el momento de la carga. Cuando se iguale la presión nominal se cierra dicha válvula y se abre la válvula correspondiente al siguiente recipiente que cumple los anteriores requisitos.
- En el modo descarga, opera la máquina expansora, está abierta la válvula de su descarga hacia el depósito de baja presión y también la válvula general del conducto de admisión. Además están abiertas todas las válvulas de descarga de los recipientes que tengan la presión nominal en el momento de iniciarse la descarga.

El documento D01 divulga un sistema de almacenamiento de energía mediante depósitos subterráneos que en periodo de demanda alimentan a una turbina a presión constante. El sistema de almacenamiento cuenta con dos depósitos (18,19), cada uno de los cuales tiene sendas válvulas en su carga (20,21) y en su descarga hacia la turbina (22,26), estando dichos depósitos comunicados por una tubería que cuenta con otra válvula (25). En la tubería de descarga del segundo depósito (19) aguas abajo de la tubería de conexión con el primer depósito (18) se ubica un dispositivo eyector (24) cuya función es unificar el flujo de aire proveniente de ambos depósitos en la entrada de la turbina.

Las diferencias entre el documento D01 y el sistema de la invención se encuentran en el empleo de un depósito de baja presión como fuente del fluido de trabajo y el empleo de válvulas de aislamiento en los conductos de impulsión y de admisión. El empleo de un depósito o de un fluido natural sin el empleo del depósito son alternativas comunes en el estado de la técnica que un experto en la materia conoce, y cuya realización práctica se consigue sin el empleo de actividad inventiva.

El empleo de las válvulas en las tuberías de impulsión y admisión no se requiere en D01 debido a que el modo de funcionamiento del sistema no es el mismo que el de la solicitud.

De acuerdo a lo divulgado en D01, en el modo de carga se llenan los dos depósitos (18 y 19) a la misma presión y en el modo descarga se emplea inicialmente el depósito 18 alimentando a la turbina (válvulas 20, 21, 25 y 26 cerradas), y cuando la presión baje por debajo de un punto, se cierra la válvula 22 y se abren 25 y 26 para que el aire de los dos depósitos conjuntamente alimente a la turbina (columna 3 líneas 12 a 41).

A diferencia del procedimiento de la solicitud, la carga de los depósitos no es selectiva, no se completa uno y se carga el siguiente, sino que se cargan los dos a la vez. La descarga, sin embargo, se selecciona uno o los dos depósitos en función de la presión en los mismos, de forma que puede darse la alimentación en paralelo de los dos depósitos, al igual que en el dispositivo reivindicado en la solicitud.

Como ya se ha indicado, en D01 no se contempla la posibilidad de que la carga de los depósitos sea selectiva, lo que conlleva que debe darse una carga completa de los mismos para un óptimo funcionamiento del sistema. El empleo de una carga diferencial en función de las presiones dota al sistema de la invención de mayor flexibilidad y mejora del rendimiento de la instalación.

Esta diferencia de funcionamiento hace que el dispositivo también sea diferente y no sea evidente el paso de D01 a la solución propuesta en la solicitud.

El documento D02 divulga un sistema de almacenamiento térmico que comprende un depósito de alta presión (13), dos depósitos de baja presión (11,12) y un almacenamiento de gas a presión (20). El sistema puede funcionar de forma continua llenando primero el depósito 10 y el almacenamiento 20, cambiando la posición de válvulas hacia los depósitos 11 y después 12. Los depósitos 11 y 12 tienen colectores comunes con las válvulas 42 y 43 como válvulas de dichos colectores, y en cada una de sus tomas tienen otras válvulas independientes que hacen que puedan estar los dos trabajando en paralelo o de forma independiente. No obstante los demás depósitos y almacenes del sistema (13, 20) tienen diferentes funciones que hacen que dicho sistema sea sustancialmente diferente del propuesto en la solicitud.

El documento D03 divulga un sistema de almacenamiento para su empleo en sistemas eléctricos, que comprende varios depósitos (37) trabajando en paralelo. A diferencia del sistema propuesto en la solicitud, los depósitos en D03 trabajan siempre en las mismas condiciones, no considerándose la carga o descarga escalonada de los mismos.

Por lo tanto, se considera que ninguno de los documentos citados en el Informe de Búsqueda, o cualquier combinación relevante de ellos, revela un sistema de las características del sistema de la solicitud. Los anteriores documentos únicamente reflejan el estado de la técnica, y se considera que la invención es nueva e implica actividad inventiva (Art. 6 y 8 Ley de Patentes 11/1986).