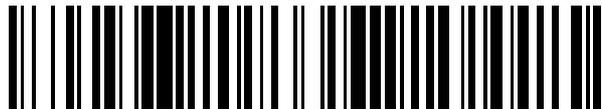


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 572 678**

51 Int. Cl.:

**F01K 7/16** (2006.01)

**F01K 23/02** (2006.01)

**F01K 13/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.09.2012 E 12759670 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.04.2016 EP 2764216**

54 Título: **Acumulador de energía a alta temperatura con recuperador**

30 Prioridad:

**15.11.2011 DE 102011086374**

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

**01.06.2016**

73 Titular/es:

**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)  
Wittelsbacherplatz 2  
80333 München, DE**

72 Inventor/es:

**GRAEBER, CARSTEN;  
BRUNHUBER, CHRISTIAN y  
ZIMMERMANN, GERHARD**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

**ES 2 572 678 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

Acumulador de energía a alta temperatura con recuperador

La invención hace referencia a un acumulador de energía a alta temperatura eficiente, en el que mediante la recuperación del calor de salida del compresor puede almacenarse energía térmica en el ciclo de carga de aire.

5 La necesidad de almacenar energía procede en particular del porcentaje continuamente creciente de instalaciones de centrales hidroeléctricas dentro del sector de las energías renovables. El objetivo de la acumulación de energía es a este respecto aprovechar las centrales hidroeléctricas con energía renovables de tal manera en las redes de transferencia de corriente, que pueda recurrirse a energía producida de forma renovable también con desfase de tiempo, para de este modo ahorrar portadores de energía fósiles y con ello emisiones de CO<sub>2</sub>.

10 A causa del periodo de tiempo que tiene que cubrir un acumulador de energía, es decir, el tiempo durante el cual la energía se introduce en o se extrae del acumulador de energía, y de la potencia que se requiere para el almacenamiento, se han impuesto a las dimensiones de los acumulador de energía térmicos unos requisitos correspondientemente elevados. Ya solamente a causa del tamaño constructivo los acumuladores de energía térmicos pueden ser por ello muy caros de adquirir. Si para ello el acumulador de energía tiene una conformación complicada, o el verdadero medio de acumulación de calor es caro de adquirir o de funcionamiento complicado, los costes de adquisición y funcionamiento para un acumulador de energía térmico pueden poner rápidamente en cuestión la rentabilidad de la acumulación de energía.

15 Para reducir los costes de producción para el acumulador de energía se prefiere un material de almacenamiento económico. También el intercambiador de calor debería dimensionarse de la forma más económica posible. A causa de la con frecuencia reducida conductividad térmica de los materiales de almacenamiento económicos, sin embargo, es necesario a menudo diseñar muy grandes las superficies de intercambiador de calor. El gran número y la gran longitud de los tubos de intercambiador de calor hacen a este respecto que aumenten mucho los costes del intercambiador de calor, que ya no pueden compensarse ni mediante un material de almacenamiento económico.

20 Hasta ahora los intercambiadores de calor se configuraban en base a materiales económicos principalmente en forma de un intercambio directo entre el portador de calor y el material de almacenamiento, como por ejemplo arena o mineral, para sustituir a grandes intercambiadores de calor. Como medio portador de calor se utiliza un gas de trabajo, como por ejemplo aire. El gas de trabajo puede conducirse a este respecto, a elección, en un circuito de carga o circuito suplementario cerrado o abierto.

25 La técnica de lecho fluidizado conocida principalmente en la técnica no se ha aplicado hasta ahora en un orden de magnitud, que sería necesario para un almacenamiento fluctuante de energías excedentes renovables. Un intercambio de calor directo implica además un trato relativamente complicado con la sustancia sólida, lo que no es económico para un acumulador grande.

30 Los acumuladores de energía de alta capacidad existen hoy en día sobre todo en forma de centrales hidroeléctricas de almacenamiento por bombeo y centrales hidroeléctricas de almacenamiento por aire comprimido. A causa del limitado potencial de ampliación de estos acumuladores en muchas regiones se están desarrollando muchas otras tecnologías de almacenamiento.

Un acumulador de energía genérico puede deducirse p.ej. del documento WO 2007/137373.

35 El objeto de la invención consiste en especificar un dispositivo de almacenamiento de energía económico para almacenar energía térmica en base a materiales de almacenamiento económicos, que presenta un grado de eficacia mejorado. A este respecto se trata en particular de evitar los inconvenientes del estado de la técnica. El objeto de la invención consiste además en especificar además un procedimiento, mediante el cual pueda almacenarse energía térmica, con un mejor grado de eficacia, en materiales de almacenamiento económicos.

40 El objeto de la invención dirigido a un dispositivo es resuelto mediante las características de la reivindicación 1. El circuito de carga para transformar energía eléctrica en energía térmica comprende una fase de compresión, que está unida a través de un árbol a un motor eléctrico, un intercambiador de calor y una fase de expansión, que está unida a través de un árbol a un generador. La fase de compresión está unida a la etapa de expansión a través de un conducto de gas caliente. El intercambiador de calor está conectado en el lado primario al conducto de gas caliente, y la fase de expansión está unida a la fase de compresión a través de un conducto de realimentación. De este modo se forma un circuito cerrado para un gas de trabajo. Conforme a la invención está previsto ahora asimismo un recuperador, que está conectado en el lado primario al conducto de gas caliente entre el intercambiador de calor y la fase de expansión y en lado secundario al conducto de realimentación, de tal manera que puede transferirse calor del gas de trabajo en el conducto de gas caliente al gas de trabajo en el conducto de realimentación.

- La invención aprovecha ahora el hecho de que, aunque ya solo se alcanza una parte de la energía térmica disponible, el equilibrio total del almacenamiento de energía se desplaza a favor de un mejor grado de eficacia. Esto se explica, por un lado, por medio de que puede prescindirse de un dispositivo para calentar, caldear de forma intermedia o drenar el aire de expansión, que en caso contrario tiene un efecto negativo sobre el grado de eficacia.
- 5 Mediante la expansión a por ejemplo la presión ambiente y la temperatura ambiente se evita de este modo ventajosamente el problema de la condensación de agua, incluso si se utiliza aire de aspiración fresco para el compresor. De este modo no puede producirse ningún daño con el procedimiento conforme a la invención a causa de agua condensada congelada. Puede prescindirse de un condensador.
- 10 La turbina de expansión reduce además el consumo de energía para la compresión, por medio de que está dispuesta sobre el mismo árbol que el compresor, y con ello apoya considerablemente el compresor.
- Debido a que el enfriamiento del gas de trabajo a temperaturas bajas exige unas superficies muy grandes del intercambiador de calor, si se prescinde del aprovechamiento de temperaturas más bajas también puede resultar ser más favorable el acumulador de calor, ya que el intercambiador de calor puede dimensionarse más pequeño.
- 15 Además de esto el recuperador consigue, a causa del calor de salida del compresor en el circuito de carga (compresión eficiente en el nivel de temperatura alto), una eficiencia de bombeo de calor claramente > 100%.
- La recuperación del calor de salida del compresor se hace posible por medio de que en el acumulador térmico sólo se utiliza calor a alta temperatura, p.ej. > 350 °C. El calor en un nivel de temperatura menor se utiliza para precalentar en la entrada del compresor, con lo que se reduce el consumo de energía eléctrica de la compresión semi-adiabática y se posibilitan una elevadas eficiencias de bombeo de calor.
- 20 El paso según la invención estriba en la realización del ciclo de carga y del termo-acumulador. A causa de la utilización de un acumulador a alta temperatura con p.ej. > 350 °C puede utilizarse el calor de salida a baja temperatura, procedente de la compresión de aire, para precalentar el aire del compresor (recuperación). De este modo se obtiene un ciclo de carga con una elevada eficiencia de bombeo de calor.
- 25 Por medio de que el gas de trabajo al abandonar la fase de expansión no está muy enfriado, sino que sólo presenta temperaturas de pocos grados por debajo de 0 °C, pueden emplearse compresores habituales como fase de expansión. En el caso de temperaturas de salida muy bajas son necesarios por el contrario unos compresores configurados específicamente.
- 30 En el circuito puede utilizarse un gas inerte. La temperatura T3 y la presión P3 se ajustan a este respecto de forma preferida mediante el dimensionado del proceso de intercambio de calor, y con ello en particular mediante el tamaño de la superficie del intercambiador de calor. Debido a que el gas de trabajo ya sólo tiene que entregar al acumulador de calor una parte de su energía calorífica, a través del intercambiador de calor, puede reducirse considerablemente el tamaño de la superficie del intercambiador de calor. De este modo puede ahorrarse considerablemente en costes para la adquisición del acumulador de calor.
- 35 El intercambio de calor durante la recuperación puede realizarse directamente en un intercambiador de calor aire-aire o mediante un circuito intermedio con un medio portador de calor eficiente (p.ej. termoaceite). Para la descripción de la transferencia de calor en el marco de la invención el lado primario se define como el lado que entrega calor, y el lado secundario como el calor que recibe calor.
- 40 En el termo-acumulador se prefiere, a causa del mayor potencial de eficiencia, un intercambio de temperatura directo entre el aire caliente (al cargar) y el agua (al descargar) y el material de almacenamiento (alimentación directa del termo-acumulador sin circuito de aire separado, véanse las exposiciones).
- El circuito de carga puede pertenecer a una calefacción, en donde la calefacción en el lado secundario está conectada al intercambiador de calor, de tal manera que puede transferirse calor a través del intercambiador de calor, mediante la calefacción, a un medio a calentar.
- 45 En el conducto de realimentación está conectado ventajosamente un intercambiador de calor de aire ambiente, mediante el cual puede calentarse el gas de trabajo conducido en el conducto de realimentación hasta la temperatura exterior. A causa de la recuperación del calor de salida del compresor en el circuito de carga (compresión eficiente en el nivel de temperatura alto) y el calentamiento del aire de expansión (introducción de calor ambiente) se consigue eficiencia de bombeo de calor claramente > 100% y, de este modo, se superan claramente conceptos con calefacción eléctrica.
- 50 En una conformación ventajosa el circuito de carga forma parte de un dispositivo de almacenamiento de energía, que presenta asimismo un acumulador de calor y un circuito de descarga, en donde el lado secundario del intercambiador de calor está unido a través de un conducto de gas al lado primario del acumulador de calor, de tal

manera que puede transferirse calor del gas de trabajo desde el circuito, a través del intercambiador de calor (5), indirectamente al acumulador de calor. Alternativamente a esto el circuito de carga puede formar parte de un dispositivo de almacenamiento de energía, que presenta asimismo un acumulador de calor y un circuito de descarga, en donde el intercambiador de calor es un acumulador de calor, de tal manera que el gas de trabajo circula desde el circuito a través del acumulador de calor y, de este modo, el calor puede transferirse desde el gas de trabajo directamente al acumulador de calor.

El circuito de descarga comprende un generador de vapor, una turbina de vapor, un generador y un condensador, en donde la turbina de vapor está unida a través de un árbol al generador, y el generador de vapor, la turbina de vapor y el condensador están conectados en un circuito de agua-vapor, en donde el lado primario del generador de vapor está unido, a través de un conducto de vapor, al lado secundario del acumulador de calor. Alternativamente a esto el circuito de descarga puede comprender un generador de vapor, una turbina de vapor, un generador y un condensador, en donde la turbina de vapor está unida a través de un árbol al generador, y el generador de vapor, la turbina de vapor y el condensador están conectados en un circuito de agua-vapor. A este respecto el generador de vapor es el acumulador de calor, de tal manera que puede generarse directamente un vapor mediante la introducción de agua en el acumulador de calor.

En un perfeccionamiento ventajoso está conectada en el conducto de gas caliente, delante del acumulador de calor, una calefacción eléctrica suplementaria, Mediante esta medida opcional puede obtenerse un aumento adicional de la eficiencia mediante una elevación de la temperatura de almacenamiento máxima en forma de una calefacción eléctrica suplementaria delante del termo-acumulador.

La fase de compresión está unida ventajosamente a la fase de expansión a través de un árbol.

En un perfeccionamiento ventajoso la fase de compresión se compone de varias fases de compresión, en donde a cada fase de compresión está post-conectado respectivamente un intercambiador de calor. De este modo está post-conectado al menos a una primera fase de compresión un primer intercambiador de calor y a una segunda fase de compresión un segundo intercambiador de calor. Además de esto la fase de expansión puede estar formada por varias fases de expansión, en donde a cada fase de expansión está post-conectado un intercambiador de calor de aire ambiente, de tal manera que al menos a una primera fase de expansión está post-conectado un primer intercambiador de calor de aire ambiente, y a una segunda fase de expansión un segundo intercambiador de calor de aire ambiente. El número preciso de fases de compresión y expansión (en la instalación se muestra un ejemplo con dos fases de compresión y dos fase de expansión) puede elegirse libremente y debe optimizarse según puntos de vista técnico-económicos.

La energía de expansión que se libera en el proceso de expansión se transfiere de forma preferida al proceso de compresión. De este modo la energía que no se ha transferido en forma de calor al acumulador de calor realiza todavía una notable contribución a la compresión del gas de trabajo.

La energía térmica puede ser la energía excedente que se produce de forma fluctuante de una central hidroeléctrica con energías renovables. Como material de almacenamiento para el acumulador de calor del proceso de intercambio de calor son adecuados en particular materiales porosos, arena, grava, mineral, hormigón agua o solución salina.

La invención resuelve el problema de un almacenamiento de energía eficiente para corriente excedente en forma de calor. La elevada eficiencia se basa en una elevada eficiencia de bombeo de calor de claramente  $> 100\%$  y, de este modo, es claramente superior a conceptos con calefacción eléctrica.

## REIVINDICACIONES

1. Circuito de carga (1) para transformar energía eléctrica en energía térmica, con una fase de compresión (2) que está unida a través de un árbol (3) a un motor eléctrico (4), un intercambiador de calor (5) y una fase de expansión (6), que está unida a través de un árbol (7) a un generador (8), en donde la fase de compresión (2) está unida a la etapa de expansión (6) a través de un conducto de gas caliente (9), y el intercambiador de calor (5) está conectado en el lado primario al conducto de gas caliente (9), y en donde la fase de expansión (6) está unida a la fase de compresión (2) a través de un conducto de realimentación (11), de tal manera que se forma un circuito cerrado (12) para un gas de trabajo (13), caracterizado porque está previsto asimismo un recuperador (18), que está conectado en el lado primario al conducto de gas caliente (9) entre el intercambiador de calor (5) y la fase de expansión (6) y, en lado secundario, al conducto de realimentación (11), de tal manera que puede transferirse calor del gas de trabajo (13) en el conducto de gas caliente (9) al gas de trabajo (13) en el conducto de realimentación (11).
2. Circuito de carga (1) según la reivindicación 1, caracterizado porque el circuito de carga (1) pertenece a una calefacción, en donde la calefacción en el lado secundario está conectada al intercambiador de calor (5), de tal manera que puede transferirse calor a través del intercambiador de calor (5), mediante la calefacción, a un medio a calentar.
3. Circuito de carga (1) según la reivindicación 1, caracterizado porque en el conducto de realimentación (11) está conectado un intercambiador de calor de aire ambiente (20a, 20b), mediante el cual puede calentarse el gas de trabajo (13) conducido en el conducto de realimentación (11) hasta la temperatura exterior.
4. Circuito de carga (1) según la reivindicación 1, caracterizado porque el circuito de carga (1) forma parte de un dispositivo de almacenamiento de energía (14), que presenta asimismo un acumulador de calor (15) y un circuito de descarga (16), en donde el lado secundario del intercambiador de calor (5) está unido a través de un conducto de gas (24) al lado primario del acumulador de calor (15), de tal manera que puede transferirse calor del gas de trabajo (13) desde el circuito (12), a través del intercambiador de calor (5), indirectamente al acumulador de calor (15).
5. Circuito de carga (1) según la reivindicación 1, caracterizado porque el circuito de carga (1) forma parte de un dispositivo de almacenamiento de energía (14), que presenta asimismo un acumulador de calor (15) y un circuito de descarga (16), en donde el intercambiador de calor (5) es un acumulador de calor (15), de tal manera que el gas de trabajo (13) circula desde el circuito (12) a través del acumulador de calor (15) y, de este modo, el calor puede transferirse desde el gas de trabajo (13) directamente al acumulador de calor (15).
6. Circuito de carga (1) según una de las reivindicaciones 4 ó 5, caracterizado porque el circuito de descarga (16) comprende un generador de vapor (30), una turbina de vapor (31), un generador (32) y un condensador (33), en donde la turbina de vapor (31) está unida a través de un árbol (34) al generador (32), y el generador de vapor (30), la turbina de vapor (31) y el condensador (33) están conectados en un circuito de agua-vapor (35), en donde el lado primario del generador de vapor (30) está unido, a través de un conducto de vapor (25), al lado secundario del acumulador de calor (15).
7. Circuito de carga (1) según una de las reivindicaciones 4 ó 5, caracterizado porque el circuito de descarga (16) comprende un generador de vapor (30), una turbina de vapor (31), un generador (32) y un condensador (33), en donde la turbina de vapor (31) está unida a través de un árbol (34) al generador (32), y el generador de vapor (30), la turbina de vapor (31) y el condensador (33) están conectados en un circuito de agua-vapor (35), en donde el generador de vapor (30) es el acumulador de calor (15), de tal manera que puede generarse directamente un vapor mediante la introducción de agua en el acumulador de calor (15).
8. Circuito de carga (1) según una de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado porque está conectada en el conducto de gas caliente (9), delante del acumulador de calor (15), una calefacción eléctrica suplementaria (21)
9. Circuito de carga (1) según una de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado porque la fase de compresión (2) está unida a la fase de expansión (6) a través de un árbol (22).
10. Circuito de carga (1) según una de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado porque la fase de compresión (2) se compone de varias fases de compresión, y a cada fase de compresión está post-conectado respectivamente un intercambiador de calor (5), de tal manera que está post-conectado al menos a una primera fase de compresión (2a) un primer intercambiador de calor (5a) y a una segunda fase de compresión (2b) un segundo intercambiador de calor (5b).
11. Circuito de carga (1) según una de las reivindicaciones 1 a 10, caracterizado porque la fase de expansión (6) está formada por varias fases de expansión, y a cada fase de expansión está post-conectado un intercambiador de calor de aire ambiente (20a, 20b), de tal manera que al menos a una primera fase de expansión (6a) está post-

conectado un primer intercambiador de calor de aire ambiente (20a), y a una segunda fase de expansión (6b) un segundo intercambiador de calor de aire ambiente (20b).

5 12. Circuito de carga (1) según una de las reivindicaciones 2 a 11, caracterizado por la aplicación a una central hidroeléctrica, que se hace funcionar con energías renovables, para almacenar energía excedente eléctrica fluctuante.

13. Circuito de carga (1) según una de las reivindicaciones 2 a 12, caracterizado porque el acumulador de calor (15) contiene un medio de almacenamiento poroso, que comprende arena, grava, mineral, hormigón agua o solución salina.

14. Procedimiento para generar energía térmica, en el que en un proceso de carga

10 a) en un proceso de compresión se comprime un gas de trabajo (13), desde una temperatura T1 y una presión P1, a una presión P2 con una temperatura T2,

b) en un proceso de intercambio de calor se transfiere calor desde el gas de trabajo (13) a un acumulador de calor (15), con lo que la temperatura y la presión del gas de trabajo (13) se reducen a una temperatura T3 y a una presión P3, y

15 c) en un proceso de expansión el gas de trabajo (13) se expande a una presión P4 con una temperatura T4, y el gas de trabajo (13) expandido se realimenta de nuevo al proceso de compresión en un conducto de realimentación,

en donde del gas de trabajo entre el proceso de intercambio de calor y el proceso de expansión se extrae calor, y se transfiere al gas de trabajo (13) en el conducto de realimentación.

20 15 Procedimiento según la reivindicación 14, en el que la temperatura T3 y la presión P3 se ajustan mediante el dimensionado del proceso de intercambio de calor.

16. Procedimiento según una de las reivindicaciones 14 ó 15, en donde el proceso de compresión se hace funcionar con energía excedente eléctrica que se produce de forma fluctuante de una central hidroeléctrica con energías renovables.

25 17. Procedimiento según una de las reivindicaciones 14 a 16, en donde como material de almacenamiento para el acumulador de calor del proceso de intercambio de calor se utilizan materiales porosos, arena, grava, mineral, hormigón agua o solución salina.

FIG 1

