

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 611 357**

51 Int. Cl.:

**F01K 3/00** (2006.01)

**F01K 13/00** (2006.01)

**F01K 23/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.11.2012 PCT/EP2012/072450**

87 Fecha y número de publicación internacional: **20.06.2013 WO13087321**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.11.2012 E 12788178 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.10.2016 EP 2764215**

54 Título: **Dispositivo acumulador de energía con circuito de carga abierto para acumular exceso de energía eléctrica de temporada**

30 Prioridad:

**13.12.2011 DE 102011088380**

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

**08.05.2017**

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 2 611 357 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**

Dispositivo acumulador de energía con circuito de carga abierto para acumular exceso de energía eléctrica de temporada

5 La necesidad de acumular energía surge particularmente de la proporción en constante crecimiento de instalaciones de centrales eléctricas del sector de las energías renovables. A este respecto, el fin de la acumulación de energía es aprovechar las centrales eléctricas con energías renovables en las redes de transporte de corriente de tal manera que se pueda acceder, incluso con desfase temporal, a energías renovables generadas, para ahorrar de esta manera recursos energéticos fósiles y, por lo tanto, emisiones de CO<sub>2</sub>.

10 El documento US 2010/0257862 A1 describe un principio de un dispositivo acumulador de energía conocido, en el que se usa una máquina de movimiento alternativo. De acuerdo con el documento US 5.436.508, aparte de esto se sabe que los dispositivos acumuladores de energía para acumular energía térmica también pueden almacenar temporalmente sobrecapacidades al usar energía eólica para la producción de corriente eléctrica.

El documento US 2011/0100010 desvela un dispositivo acumulador de energía para acumular energía térmica de un gas de trabajo comprimido.

15 Los acumuladores de energía de este tipo transforman, al cargar el acumulador, la energía eléctrica en energía térmica y acumulan la energía térmica. Al descargar, la energía térmica se vuelve a convertir en energía eléctrica.

20 Debido al lapso de tiempo que debe cubrir un acumulador de energía, es decir, el tiempo en el que la energía se acumula en o se extrae del acumulador de energía y la potencia que se debe acumular, hay exigencias correspondientemente altas a las dimensiones de acumuladores de energía térmica. Ya tan solo debido al tamaño constructivo, los acumuladores de energía térmica, por tanto, pueden resultar muy caros en la adquisición. Cuando para ello el acumulador de energía está conformado de manera compleja o el medio acumulador de calor en sí es caro en la adquisición o laborioso en el funcionamiento, los costes de adquisición y funcionamiento para un acumulador de energía térmica pueden cuestionar rápidamente la rentabilidad de la acumulación de energía.

25 Debido a la a menudo baja conductividad térmica de los materiales acumuladores económicos, a menudo hay que concebir las superficies intercambiadoras de calor con un tamaño muy grande. La gran cantidad y longitud de los tubos intercambiadores de calor a este respecto aumentan considerablemente los costes del intercambiador de calor, que ya no se pueden compensar ni siquiera por un material acumulador económico.

30 Hasta ahora se han conformado los intercambiadores de calor a base de materiales económicos principalmente en forma de un intercambio directo del caloportador, como por ejemplo aire, y del material acumulador, como por ejemplo arena o piedra, para sustituir intercambiadores de calor grandes. La técnica de lecho fluidizado conocida en principio en la técnica hasta ahora no se ha empleado en un orden de magnitudes que sería necesario para acumular en temporada el exceso de energía renovable. Un intercambio de calor directo además conlleva un manejo relativamente complicado con la sustancia sólida, lo que para un acumulador grande no es rentable.

35 Como medio caloportador se usa un gas de trabajo, tal como por ejemplo aire. El gas de trabajo a este respecto puede conducirse opcionalmente en un circuito de carga cerrado o abierto o un circuito adicional.

40 Un circuito abierto siempre usa aire ambiental como gas de trabajo. Este se absorbe del entorno y al final del proceso también se vuelve a despedir a este, de modo que el entorno cierra el circuito abierto. Un circuito cerrado permite también el uso de otro gas de trabajo que no sea aire ambiental. Este gas de trabajo se conduce en el circuito cerrado. Ya que se omite una distensión al entorno con ajuste simultáneo de la presión ambiental y de la temperatura ambiental, el gas de trabajo en caso de un circuito cerrado debe llevarse por un intercambiador de calor que permite una emisión de calor del gas de trabajo al entorno. Ya que en un circuito cerrado también se puede usar aire deshumedecido u otros gases de trabajo, se puede prescindir de una conformación multietapa del condensador y de un separador de agua. Sin embargo, aquí es desventajoso el coste adicional para la adquisición y el funcionamiento de un intercambiador de calor adicional detrás de la turbina de expansión, o delante del condensador, para calentar el gas de trabajo a temperatura de trabajo para el condensador. Por lo tanto, el dispositivo acumulador de energía en el funcionamiento está mermado en cuanto a eficiencia.

50 Como alternativa se puede prever que el circuito de carga para acumular la energía térmica esté configurado en el acumulador de calor como circuito abierto y que el condensador esté estructurado en dos etapas, estando previsto entre las etapas un separador de agua para el gas de trabajo. A este respecto se tiene en cuenta que el aire ambiental contiene humedad atmosférica. Por una distensión del gas de trabajo en una sola etapa puede ocurrir que se condense la humedad atmosférica debido al intenso enfriamiento del gas de trabajo por ejemplo a -100 °C y, en este caso, dañe la turbina de expansión. Particularmente los álabes de la turbina se pueden dañar de manera persistente por congelación. Una distensión del gas de trabajo en dos etapas, sin embargo, hace posible separar agua

5 condensada en un separador de agua tras la primera etapa, por ejemplo a 5 °C, de modo que en un enfriamiento posterior del gas de trabajo en la segunda etapa de turbina ya está deshumedecido y se puede evitar o al menos disminuir una formación de hielo. Sin embargo, aquí también son desventajosos los mayores costes para la adquisición de un condensador multietapa y un separador de agua. También una instalación de este tipo en el funcionamiento está mermada en cuanto a la eficiencia.

Es objetivo de la invención indicar un dispositivo acumulador de energía económico para acumular energía térmica a base de materiales acumuladores económicos, que presente una eficiencia mejorada. A este respecto hay que evitar particularmente las desventajas del estado de la técnica. Además es objetivo de la invención indicar un procedimiento por el que, con una eficiencia mejorada, se pueda acumular energía térmica en materiales acumuladores económicos.

10 El objetivo de la invención dirigido a un dispositivo se resuelve mediante las características de la reivindicación 1.

15 Por tanto, un dispositivo acumulador de energía comprende para acumular energía térmica un circuito de carga para un gas de trabajo, que comprende un condensador, un acumulador de calor y una turbina de expansión, estando el condensador y la turbina de expansión dispuestos sobre un árbol conjunto y estando el condensador unido por el lado de salida con la entrada de la turbina de expansión por un primer conducto para el gas de trabajo, y estando el acumulador de calor conectado en el primer conducto y estando el condensador unido en el lado de entrada con un conducto que está abierto con respecto a la atmósfera, y estando la turbina de expansión unida en el lado de salida con el conducto que está abierto con respecto a la atmósfera, de modo que se forma un circuito abierto respecto al aire ambiental. De acuerdo con la invención, la turbina de expansión ahora está conectada por un conducto para gas caliente con el acumulador de calor, de modo que el gas de trabajo se puede calentar en la turbina de expansión por calor del acumulador de calor. Este conducto, que particularmente no es idéntico al primer conducto, garantiza, que una corriente parcial del aire caliente tras el acumulador de calor se lleva a la turbina de expansión.

La desacumulación de la energía acumulada tiene lugar por un circuito de vapor.

25 La parte esencial de la invención es que una corriente parcial del aire caliente se lleva tras el acumulador de calor a la turbina de expansión para ser llevada análogamente como en turbinas de gas a los álabes de turbina para evitar problemas de congelación en el extremo frío de la turbina de expansión.

30 Debido a la recuperación del calor de escape del compresor en el circuito de carga y la emisión de aire de expansión frío al ambiente se logra una eficiencia de bomba de calor claramente superior al 100 %. La recuperación del calor de escape del compresor se hace posible ya que en el acumulador térmico solo se usa calor de alta temperatura, por ejemplo >320 °C. El calor a nivel de temperatura menor se usa para el precalentamiento del aire ambiental en la entrada del compresor, por lo que se reduce el consumo de energía eléctrica de la compresión casi adiabática y se hace posibles altas eficiencias de bomba de calor. El intercambio de calor en la recuperación o bien puede tener lugar directamente en un intercambiador de calor aire-aire o por un circuito intermedio con un medio caloportador eficiente (por ejemplo, aceite térmico).

35 En el caso más simple, el circuito se compone como en un proceso Joule de una compresión y distensión. La cantidad exacta de etapas de compresor y expansor con refrigeración intermedia del aire, sin embargo, se puede elegir libremente y tiene que optimizarse según puntos de vista técnico-económicos. El circuito de carga de aire sirve para la generación de calor de alta temperatura, que hace posible una reconducción eficiente, pero también como alternativa se puede usar directamente, por ejemplo, para la generación de calor a distancia. En el acumulador térmico o de calor debido al potencial de eficiencia más alto se prefiere un intercambio de temperatura directo con el aire a presión caliente (al cargar) y el agua/vapor (al descargar) con el material acumulador (admisión directa).

La turbina de expansión además reduce la energía empleada para la condensación, estando dispuesta en el mismo árbol que el condensador, y apoyando esencialmente al condensador.

45 Ya que con temperaturas bajas el enfriamiento del gas de trabajo necesita superficies intercambiadoras de calor muy grandes, al prescindir del empleo de las bajas temperaturas también el acumulador de calor puede resultar más económico, ya que el intercambiador de calor se puede dimensionar más pequeño.

Resumiendo, por la medida de acuerdo con la invención se logra un aumento considerable de la eficiencia de la acumulación de energía. Además, el dispositivo acumulador de energía de acuerdo con la invención es esencialmente más económico en la adquisición que un dispositivo acumulador de energía convencional, en el que el gas de trabajo casi en su totalidad se enfría en el intercambiador de calor.

50 En un perfeccionamiento ventajoso de la invención está previsto un intercambiador de calor que por el lado principal está conectado en el primer conducto para el gas de trabajo después del acumulador de calor, y por el lado secundario está conectado en el conducto que lleva al condensador, de modo que el calor del gas de trabajo se puede transmitir al aire ambiental aspirado en el conducto que lleva al condensador.

- 5 En otra conformación ventajosa de la invención está previsto un primer calefactor adicional, que está conectado en el primer conducto para gas de trabajo, antes de la turbina de expansión, de modo que el gas de trabajo se puede calentar antes de entrar en la turbina de expansión. La calefacción adicional puede ocurrir de manera eléctrica. Por el calefactor adicional se puede realizar otro aumento de la eficiencia por un aumento de la temperatura de acumulación máxima delante del acumulador de calor. Como alternativa o adicionalmente a esto, en otro perfeccionamiento está previsto un segundo calefactor adicional que está conectado en el primer conducto antes del acumulador de calor, de modo que el gas de trabajo se puede calentar antes de entrar en el acumulador de calor. Por el segundo calefactor adicional se puede aumentar adicionalmente la capacidad de regulación y la disponibilidad.
- 10 La energía térmica puede ser exceso de energía de temporada de una central eléctrica con energías renovables. Como material acumulador para el acumulador de calor del proceso de intercambio de calor son especialmente adecuados materiales porosos, arena, grava, piedra, hormigón, agua o solución salina.

## REIVINDICACIONES

1. Dispositivo acumulador de energía (1) para acumular energía térmica, con un circuito de carga (2) para un gas de trabajo (3), que comprende un condensador (4), un acumulador de calor (5) y una turbina de expansión (6), estando el condensador (4) y la turbina de expansión (6) dispuestos sobre un árbol (14) conjunto, y estando el condensador (4) unido por el lado de salida con la entrada de la turbina de expansión (6) por un primer conducto (7) para el gas de trabajo (3), y estando el acumulador de calor (5) conectado en el primer conducto (7), y estando el condensador (4) unido por el lado de entrada con un conducto (30) que está abierto con respecto a la atmósfera (A), y estando la turbina de expansión (6) unida por el lado de salida con un conducto (31) que está abierto con respecto a la atmósfera (A), de modo que está formado un circuito abierto respecto al aire ambiental, estando unida la turbina de expansión (6) por un conducto (33) para un gas caliente con un acumulador de calor (5), de modo que el gas de trabajo (3) de la turbina de expansión (6) se puede calentar por calor del acumulador de calor (5), **caracterizado por que** además está comprendido un circuito de descarga (9), en el que está conectado el acumulador de calor (5) y además una instalación de turbina de vapor (16) con un circuito de agua-vapor (41), pudiéndose generar por un intercambiador de calor un vapor para la expansión en la instalación de turbina de vapor (16).
2. Dispositivo acumulador de energía (1) según la reivindicación 1, **caracterizado por que** el conducto (33), que en particular no es idéntico al primer conducto (7), garantiza que una corriente parcial del aire caliente tras el acumulador de calor se lleva a la turbina de expansión.
3. Dispositivo acumulador de energía (1) según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** está previsto un intercambiador de calor (34), que por el lado principal está conectado en el primer conducto (7) después del acumulador de calor (5), y por el lado secundario está conectado en el primer conducto (30), de modo que se puede transmitir el calor desde el gas de trabajo (3) en el primer conducto (7) al aire ambiental absorbido en el conducto (30).
4. Dispositivo acumulador de energía (1) según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** está previsto un primer calefactor adicional (35), que está conectado en el primer conducto (7) antes de la turbina de expansión (6), de modo que el gas de trabajo (3) se puede calentar antes de entrar en la turbina de expansión (6).
5. Dispositivo acumulador de energía (1) según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** está previsto un segundo calefactor adicional (36), que está conectado en el primer conducto (7) antes del acumulador de calor (5), de modo que el gas de trabajo (3) se puede calentar antes de entrar en el acumulador de calor (5).
6. Dispositivo acumulador de energía (1) según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el intercambiador de calor está conectado en el circuito de agua-vapor (41) de la instalación de turbina de vapor (16), de modo que el vapor directamente se puede generar en el intercambiador de calor.
7. Dispositivo acumulador de energía (1) según la reivindicación 1, **caracterizado por que** está previsto un generador de vapor de calor de escape (40), que está unido por el lado principal por un circuito (45) para aire caliente con el acumulador de calor (5), y por el lado secundario con el circuito de agua-vapor (41) de la instalación de turbinas de vapor (16).
8. Dispositivo acumulador de energía (1) según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el material acumulador del acumulador de calor (5) son materiales porosos, arena, grava, piedra, hormigón, agua o solución salina.
9. Dispositivo acumulador de energía (1) según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por** el uso en una central eléctrica, que funciona con energías renovables, para acumular exceso de energía eléctrica de temporada.

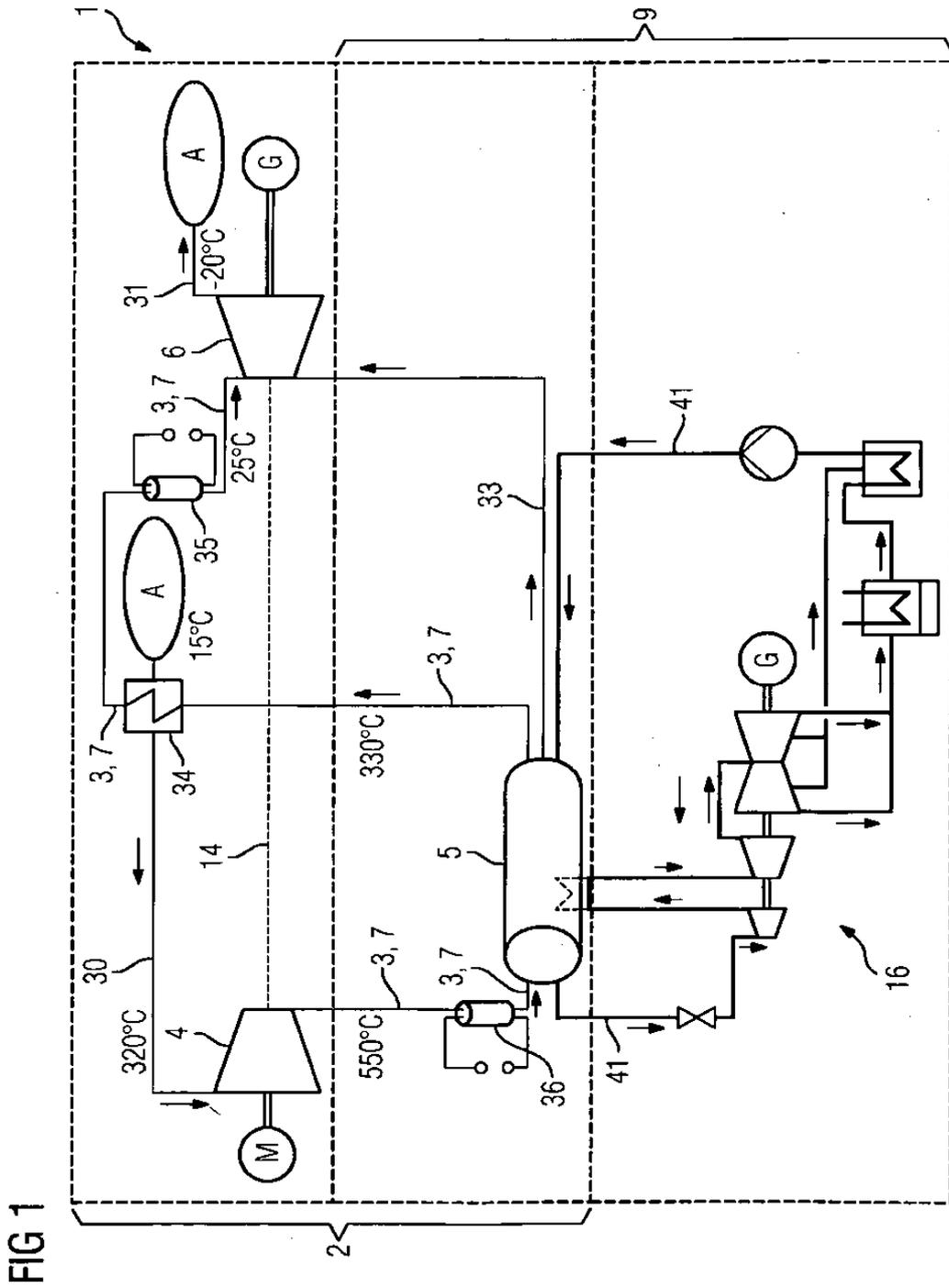


FIG 2

