

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 733 503**

51 Int. Cl.:

**F01K 3/00** (2006.01)

**F01K 3/06** (2006.01)

**F01K 25/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.04.2016 PCT/EP2016/058654**

87 Fecha y número de publicación internacional: **27.10.2016 WO16169928**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.04.2016 E 16722795 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.04.2019 EP 3286412**

54 Título: **Dispositivo de almacenamiento de energía, así como procedimiento para almacenar energía**

30 Prioridad:

**24.04.2015 EP 15165025**

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

**29.11.2019**

73 Titular/es:

**ORTMANN, PETER (50.0%)  
Säntisstrasse 6A  
8200 Schaffhausen, CH y  
GRAF, WERNER (50.0%)**

72 Inventor/es:

**ORTMANN, PETER y  
GRAF, WERNER**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 733 503 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 de almacenamiento de energía, así como procedimiento para almacenar energía

La presente invención hace referencia a un dispositivo de almacenamiento de energía para almacenar energía. La invención hace referencia además a un procedimiento para almacenar energía.

**5 Estado de la técnica**

Las fuentes de energía renovables, como la energía eólica o la energía solar, se utilizan cada vez más para obtener energía. Para garantizar un abastecimiento de energía sostenible y estable en base a fuentes de energía renovables se necesita almacenar energía extraída y liberarla nuevamente con un desplazamiento temporal. Para esto se necesitan dispositivos de almacenamiento de energía convenientes en cuanto a los costes, los cuales puedan almacenar temporalmente la energía excedente y liberarla nuevamente con un desplazamiento temporal.

Por una parte, el documento EP2147193B1 describe un dispositivo, así como un procedimiento, para el almacenamiento de energía térmica. El documento describe además un dispositivo para el almacenamiento y para la liberación de energía eléctrica con un desplazamiento temporal. De este modo, para cargar el acumulador de energía, la energía eléctrica se transforma en calor y se almacena como energía térmica. Durante la descarga, la energía térmica se convierte nuevamente en energía eléctrica y después se libera. Ese dispositivo, así como ese procedimiento, presentan la desventaja de que para su funcionamiento se necesitan dos acumuladores de energía separados, un acumulador de calor, así como un acumulador de frío, los cuales además deben operarse con una temperatura muy elevada, de hasta 2000°C, así como con una temperatura muy baja, de hasta - 80°C, lo cual tiene como consecuencia el hecho de que la fabricación, el funcionamiento, así como el mantenimiento del dispositivo, que además junto con el acumulador de calor, así como de frío, comprende también compresores, intercambiadores de calor, etc., implican una gran inversión y son costosos. Además, los compresores requeridos son relativamente grandes y su densidad de potencia es reducida.

El documento DE 10 2011 088380 A1 describe un dispositivo de almacenamiento de energía para el almacenamiento de energía eléctrica excedente que se produce de forma estacional. El almacenamiento de energía tiene lugar a muy largo plazo. La descarga de la energía almacenada tiene lugar mediante un circuito de vapor. Dicho dispositivo es desventajoso en cuanto al grado de efectividad y en cuanto a los costes.

**Descripción de la invención**

De este modo, el objeto de la presente invención consiste en proporcionar un dispositivo de almacenamiento de energía más ventajoso en cuanto al aspecto económico, así como un procedimiento para almacenar energía más ventajoso en cuanto al aspecto económico.

Además, el objeto de la presente invención consiste en particular en proporcionar un dispositivo de almacenamiento de energía más ventajoso en cuanto al aspecto económico, así como un procedimiento para almacenar y recuperar energía eléctrica, más ventajoso en cuanto al aspecto económico.

Dicho objeto se soluciona con un dispositivo que presenta las características de la reivindicación 1. Las reivindicaciones 2 a 10 dependientes hacen referencia a otras variantes ventajosas. Además, dicho objeto se soluciona con un procedimiento que presenta las características de la reivindicación 11. Las reivindicaciones 12 a 14 dependientes hacen referencia a otras variantes ventajosas.

El objeto se soluciona en particular con un dispositivo de almacenamiento de energía para almacenar energía, el cual comprende:

40 - un regenerador de alta temperatura que contiene un material de almacenamiento sólido, en particular poroso, así como un gas de trabajo como medio portador térmico, para intercambiar calor entre el material de almacenamiento y el gas de trabajo circulante,

45 - un circuito cerrado de carga para el gas de trabajo, el cual comprende un primer compresor, un primer expansor, un primer recuperador con un primer y un segundo canal de intercambio de calor, el regenerador de alta temperatura, así como un precalentador, en donde el primer compresor está acoplado al primer expansor mediante un árbol, y en donde el circuito de carga está diseñado de modo que, partiendo desde el regenerador de alta temperatura, al menos el primer canal de intercambio de calor del recuperador, el primer expansor, el precalentador, el segundo canal de intercambio de calor del recuperador, el primer compresor, y después el generador de alta temperatura, están conectados unos con otros, con una conducción de fluido, conformando un circuito cerrado,

50 - un circuito cerrado de descarga para el gas de trabajo, así como comprende

- un medio de conmutación que, con una conducción de fluido, conecta el regenerador de alta temperatura, de modo controlable, con el circuito de carga o con el circuito de descarga, de manera que el regenerador de alta temperatura forma una parte del circuito de carga o una parte del circuito de descarga, y de modo que el circuito de

carga, el circuito de descarga y el regenerador de alta temperatura presentan el mismo gas de trabajo, de manera que el gas de trabajo, tanto en el circuito de carga, como también en el circuito de descarga, preferentemente entra en contacto directo con el material de almacenamiento.

5 El objeto se soluciona además en particular con un procedimiento para almacenar energía en un dispositivo de almacenamiento de energía, el cual comprende un regenerador de alta temperatura que contiene un material de almacenamiento sólido, mientras que en un circuito cerrado de carga un gas de trabajo circula como medio portador térmico, en donde el gas de trabajo intercambia calor con el material de almacenamiento, y en donde el gas de trabajo, después del regenerador de alta temperatura, se enfría en un primer recuperador, a continuación se distiende en un primer expansor, a continuación se precalienta en un primer precalentador, a continuación se calienta en el primer recuperador, a continuación se comprime en un compresor y se calienta, y el gas de trabajo así calentado es conducido al regenerador de alta temperatura, y en donde del regenerador de alta temperatura, mediante un circuito cerrado de descarga, se extrae energía térmica, en donde el regenerador de alta temperatura forma una parte del circuito de carga o una parte del circuito de descarga, mientras que el regenerador de alta temperatura, con una conducción de fluido, se conecta al circuito de carga o al circuito de descarga, de manera que se conforma un circuito cerrado en el cual circula el gas de trabajo. En el circuito de carga, en el circuito de descarga, así como en el regenerador de alta temperatura, se encuentra el mismo gas de trabajo. El gas de trabajo, de manera preferente, circula directamente alrededor del material de almacenamiento, tanto en el circuito de carga, como también en el circuito de descarga, alcanzando así un contacto directo con el gas de trabajo.

20 El dispositivo de almacenamiento de energía según la invención comprende un regenerador de alta temperatura, el cual contiene un material de almacenamiento sólido, así como un gas de trabajo como medio portador térmico para, mediante el gas de trabajo que circula a lo largo del material de almacenamiento, intercambiar calor entre el gas de trabajo y el material de almacenamiento.

25 En los intercambiadores de calor, entre otras cosas, se diferencia entre un recuperador y un regenerador. En un recuperador, dos fluidos son conducidos en espacios recíprocamente separados, en donde entre los espacios tiene lugar una transferencia térmica. De este modo, en un recuperador dos fluidos están completamente separados, por ejemplo mediante una pared separadora, en donde mediante toda la pared separadora energía térmica se transfiere entre los dos fluidos. Un regenerador es un intercambiador de calor en el cual el calor se almacena de forma intermedia en un medio, durante el proceso de intercambio. En una variante posible, en un regenerador, gas de trabajo circula directamente alrededor del material de almacenamiento. Al cargarse el regenerador, la energía térmica suministrada por el gas de trabajo se libera hacia el material de almacenamiento y se almacena en el material de almacenamiento. Al descargarse el regenerador, energía térmica se extrae del material de almacenamiento mediante el gas de trabajo, el material de almacenamiento se enfría, y la energía térmica extraída desde el gas de trabajo es conducida hacia un proceso subsiguiente. En el regenerador, de manera ventajosa, el gas de trabajo entra en contacto directo con el material de almacenamiento, tanto durante la carga, como también durante la descarga.

35 El dispositivo de almacenamiento según la invención ofrece la ventaja de que tan sólo se requiere un acumulador de energía, y eventualmente también un acumulador de agua caliente. El dispositivo de almacenamiento de energía según la invención, junto con el regenerador de alta temperatura, comprende además un circuito de carga, un circuito de descarga, así como medios de conmutación para conectar el circuito de carga, para una carga, o el circuito de descarga, para una descarga, con el regenerador de alta temperatura. Como material de almacenamiento en el regenerador de alta temperatura se considera adecuado un material sólido, como por ejemplo piedras porosas refractarias, arena, grava, rocas, hormigón, grafito o una cerámica. El material de almacenamiento puede calentarse a una temperatura preferentemente en el intervalo entre 600-1000°C y en caso de ser necesario también de hasta 1500 °C. El circuito de carga, así como el circuito de descarga, están realizados como circuitos cerrados. Esa forma de realización ofrece la ventaja de que el gas de trabajo puede presentar también una sobrepresión, lo cual aumenta de modo correspondiente la densidad de potencia de los compresores y de las turbinas. En una forma de realización ventajosa, como gas de trabajo se utiliza argón o nitrógeno. No obstante, también otros gases son adecuados como gases de trabajo. El dispositivo de almacenamiento de energía según la invención ofrece la ventaja de que el mismo presenta una densidad de potencia elevada, de manera que el generador de alta temperatura puede realizarse de forma relativamente compacta. Además, un regenerador de alta temperatura puede fabricarse de forma conveniente en cuanto a los costes, ya que el material de almacenamiento es muy económico y además es compatible con el medio ambiente. El dispositivo de almacenamiento de energía según la invención, además, ofrece la ventaja de que el circuito de descarga, dependiendo de la necesidad, puede realizarse de diferente modo, por ejemplo para generar energía eléctrica.

55 En una realización particularmente ventajosa, el dispositivo de almacenamiento de energía comprende un generador eléctrico, y en una realización preferente comprende además un motor eléctrico, de manera que el dispositivo de almacenamiento de energía según la invención puede cargarse con energía eléctrica, y durante la descarga también libera nuevamente energía eléctrica. Un dispositivo de almacenamiento de energía de esa clase se denomina también en inglés como "Electricity Energy Storage System by means of Pumped Heat (ESSPH)".

60 El dispositivo de almacenamiento de energía según la invención, el cual comprende un generador eléctrico, así como un motor eléctrico, de este modo, puede transformar energía eléctrica en energía térmica, almacenar la

energía, y transformar nuevamente la energía térmica almacenada en energía eléctrica. De este modo, el dispositivo de almacenamiento de energía según la invención puede denominarse también como "batería térmica", la cual puede cargarse mediante un proceso de carga y puede descargarse mediante un proceso de descarga, en donde el proceso de carga tiene lugar con la ayuda de una bomba de calor de gas caliente y el proceso de descarga tiene lugar preferentemente con la ayuda de un proceso de turbinas de gas. Para la compresión y la distensión son adecuadas en particular turbomáquinas rotativas o máquinas de pistón lineales.

El dispositivo de almacenamiento de energía según la invención, o la batería térmica, por lo tanto, puede cargarse y descargarse de forma similar a una batería eléctrica, como también es posible en cualquier momento una carga parcial o una descarga parcial. El concepto de almacenamiento que sirve de base para el dispositivo de acumulación de energía según la invención, mediante un diseño correspondiente de los subcomponentes, permite potencias en el intervalo entre 1 y 50 MW, y almacenar cantidades de energía en el intervalo entre 1 y 250 MWh, y liberarlas nuevamente con un desplazamiento temporal. En una realización especialmente ventajosa, el generador eléctrico y el motor eléctrico están realizados como una única máquina en forma de un grupo convertidor. El dispositivo de almacenamiento de energía según la invención es excelentemente adecuado para desplazar temporalmente energía eléctrica, por ejemplo para almacenar energía solar que se produce durante el día, en una red eléctrica, y para liberarla nuevamente durante la noche. Además, el dispositivo de almacenamiento de energía según la invención es excelente para estabilizar la red eléctrica, en particular para estabilizar la frecuencia, en tanto los compresores y los expansores del dispositivo de almacenamiento de energía estén realizados como máquinas rotativas. En un modo de funcionamiento ventajoso, el dispositivo de almacenamiento de energía es operado con una velocidad de rotación constante y se encuentra conectado a la red eléctrica.

A continuación, la invención se describe en detalle mediante ejemplos de realización.

#### Breve descripción de los dibujos

Los dibujos utilizados para explicar los ejemplos de realización muestran:

Figura 1: un primer ejemplo de realización de un dispositivo de almacenamiento de energía que comprende un circuito de carga y un circuito de descarga;

Figura 2: el circuito de carga según la figura 1, en detalle;

Figura 3: el circuito de descarga según la figura 1, en detalle;

Figura 4: un segundo ejemplo de realización de un dispositivo de almacenamiento de energía;

Figura 5: una vista detallada de un compresor en el circuito de descarga con refrigeración intermedia del compresor y con un árbol en común;

Figura 6: una vista detallada de un circuito de descarga con refrigeración posterior del compresor;

Figura 7: una vista detallada de un circuito de descarga con refrigeración anterior del compresor;

Figura 8: una vista detallada de un compresor en el circuito de descarga con refrigeración intermedia del compresor y dos árboles;

Figura 9: un tercer ejemplo de realización de un dispositivo de almacenamiento de energía;

Figura 10: un cuarto ejemplo de realización de un dispositivo de almacenamiento de energía;

Figuras 11a-11i: componentes de bombas de calor diseñados de diferente modo.

En principio, las mismas piezas en los dibujos están provistas de los mismos símbolos de referencia.

#### Formas de realización de la invención

La figura 1 muestra un dispositivo de almacenamiento de energía 1 para almacenar energía térmica, el cual comprende un circuito de carga 100 con líneas 101, un circuito de descarga 200 con líneas 201, un regenerador de alta temperatura 120, así como medios de conmutación 400, 401; en donde los medios de conmutación 400, 401 están conectados a las líneas 101, 201, de manera que el regenerador de alta temperatura 120, con una conducción de fluidos, puede conectarse al circuito de carga 100 o al circuito de descarga 200, de manera que el regenerador de alta temperatura 120 forma una parte del circuito de carga 100, así como forma una parte del circuito de descarga 200. Un dispositivo de regulación 500, con una conducción de señales, está conectado a los medios de conmutación 400, 401 y a otros sensores y actuadores no representados en detalle, para activar el dispositivo de almacenamiento de energía 1. Las figuras 2 y 3 muestran el circuito de carga 100, así como el circuito de descarga 200, representados en la figura 1. El regenerador de alta temperatura 120 contiene un material de almacenamiento sólido, así como un gas de trabajo A como medio portador térmico, para intercambiar calor entre el material de almacenamiento y el gas de trabajo A circulante. Como material de almacenamiento sólido para el regenerador de

alta temperatura son adecuados por ejemplo materiales porosos refractarios, arena, grava, rocas, hormigón, grafito o también una cerámica, como carburo de silicio. El regenerador de alta temperatura 120 comprende una cubierta externa 120a, así como un espacio interno, en donde en el espacio interno el material de almacenamiento se encuentra dispuesto y/o conformado de manera que el gas de trabajo A circula o puede circular alrededor del material de almacenamiento, para el intercambio de calor. El regenerador de alta temperatura 120, como puede observarse en la figura 2, comprende además al menos una abertura de entrada 120b, así como al menos una abertura de salida 120c para conducir o descargar hacia el espacio interno del regenerador de alta temperatura el gas de trabajo A que circula en las líneas 101, así como 201, de manera que el gas de trabajo A que circula en el circuito de carga 100 o en el circuito de descarga 200 alcanza un contacto directo con el material de almacenamiento sólido. La figura 1 muestra un regenerador de alta temperatura 120 que se extiende o está dispuesto en una dirección vertical, en donde el gas de trabajo A, durante la carga, circula desde arriba hacia abajo y, durante la descarga, circula desde abajo hacia arriba.

La figura 2 muestra en detalle el circuito cerrado de carga 100 representado en la figura 1. El circuito cerrado de carga 100 para el gas de trabajo A comprende un primer compresor 110, un primer expansor 140, un primer recuperador 130 con un primer y un segundo canal de intercambio de calor 130a, 130b, el regenerador de alta temperatura 120, así como un precalentador 151, en donde el primer compresor 110, mediante un árbol en común 114, está acoplado al primer expansor 140. Los medios de conmutación 400 realizados como válvulas están conectados mediante flujo y los medios de conmutación 401 no representados en la figura 2 están bloqueados, de manera que se conforma un circuito cerrado de carga 100, en el cual el gas de trabajo A circula en la dirección de circulación A1 o en la dirección de circulación de carga A1. Como gas de trabajo A se utiliza preferentemente argón o nitrógeno. El gas de trabajo A, de manera ventajosa, se mantiene bajo sobrepresión para aumentar la densidad de potencia del compresor 110 y de la turbina 140, y para mejorar la transmisión de calor hacia los aparatos caloríficos. De manera preferente, la presión se ubica en un intervalo de 1 a 20 bar. Partiendo desde el regenerador de temperatura de alta presión 120, el gas de trabajo A, de manera consecutiva, es conducido al menos hacia el primer canal de intercambio de calor 130a del recuperador 130, al primer expansor 140, al precalentador 151, al segundo canal de intercambio de calor 130b del recuperador 130, al primer compresor 110 y después nuevamente al regenerador de alta temperatura 120, conformando un circuito cerrado, con una conducción de fluidos. El primer compresor 110, el primer expansor 140, el primer recuperador 130, así como el precalentador 151, forman una bomba de calor. El gas de trabajo A precalentado por el precalentador 151 y el recuperador 130, es conducido como gas de entrada al primer compresor 110, allí dentro es comprimido, experimentando debido a esto un aumento de temperatura y de presión. El gas de trabajo A comprimido es conducido al generador de alta temperatura 120, allí se enfría, a continuación se enfría otra vez en el recuperador 130, y seguidamente se distiende en el primer expansor 140, para a continuación precalentarse nuevamente en el precalentador 151 y en el recuperador 130. El primer expansor 140 y el compresor 110 están dispuestos sobre el mismo árbol 114, de manera que el primer expansor 140 respalda el accionamiento del primer compresor 110. El árbol 114 es accionado por un dispositivo de accionamiento no representado, por ejemplo por un motor eléctrico, una turbina, o en general por una máquina motriz.

Para descargar nuevamente la energía térmica almacenada en el regenerador de temperatura de alta presión 120 se necesita un circuito de descarga 200. Ese circuito de descarga 200 puede estar realizado de diferentes modos, dependiendo de para qué se necesite la energía térmica almacenada. La figura 3 muestra en detalle el circuito cerrado de descarga 200 representado en la figura 1, el cual está realizado como un proceso de turbina de gas. Como gas de trabajo A se utiliza el mismo gas que en el circuito de carga 100, preferentemente argón o nitrógeno. El circuito cerrado de descarga 200 para el gas de trabajo A comprende un segundo compresor 210, un segundo expansor 250, un segundo recuperador 230 con un primer y un segundo canal de intercambio de calor 230a, 230b, el regenerador de alta temperatura 120, así como un primer radiador 270, en donde el segundo compresor 210, mediante el árbol 214, está acoplado al segundo expansor 250. Los medios de conmutación 401 realizados como válvulas están conectados mediante flujo y los medios de conmutación 400 no representados en la figura 3 están bloqueados, de manera que se conforma un circuito cerrado de descarga 200, en el cual el gas de trabajo A circula en la dirección de circulación A2 o en la dirección de circulación de descarga A2. El circuito de descarga 200 está realizado de manera que partiendo desde el regenerador de alta temperatura 120, de manera consecutiva, al menos el segundo expansor 250, el primer canal de intercambio de calor 230a del segundo recuperador 230, el primer radiador 270, el segundo compresor 210, el segundo canal de intercambio de calor 230b del recuperador 230, y después el regenerador de alta temperatura 120, conformando el circuito cerrado, con una conducción de fluidos, están conectados unos con otros, en donde el gas de trabajo A, en el circuito de descarga 200 circula en la dirección de circulación A2 o en la dirección de circulación de descarga A2. Como se representa en la figura 3, en el primer radiador 270 preferentemente se enfría a la temperatura ambiente U. Como puede observarse en las figuras 2 y 3, en el regenerador de alta temperatura 120 la dirección de circulación de descarga A2 se extiende en dirección opuesta con respecto a la dirección de circulación de carga A1. El gas de trabajo A que sale desde el regenerador de alta temperatura 120 se distiende mediante el segundo expansor 250, enfriándose debido a ello, y después se enfría otra vez en el segundo recuperador 230 y en el primer radiador 270, antes de que el gas de trabajo A se comprima en el segundo compresor 210 y a continuación sea precalentado en el segundo recuperador 230, para después nuevamente circular hacia dentro del regenerador de alta temperatura 120. El segundo compresor 210 y el segundo expansor 250 están dispuestos sobre el mismo árbol 214, de manera que el segundo expansor 250 acciona el segundo compresor 210. Del árbol 214, mediante una disposición no representada, se extrae energía, en donde por ejemplo un generador o una máquina de trabajo puede estar conectada al árbol 214.

La figura 4 muestra una variante especialmente ventajosa de un dispositivo de almacenamiento de energía 1. A diferencia del dispositivo de almacenamiento de energía 1 mostrado en las figuras 1 a 3, con dos recuperadores 130 separados, el dispositivo de almacenamiento de energía 1 representado en la figura 4 presenta un único recuperador en común 130. El gas de trabajo A, con la ayuda de medios de conmutación 400, 401, como válvulas, es conducido de forma conmutable de manera que se produce un circuito de carga 100, así como un circuito de descarga 200, de forma similar al circuito de carga 100, así como al circuito de descarga 200, representados en la figura 2, así como 3, con la diferencia de que solamente se encuentra presente un único recuperador 130 en común.

En otra variante especialmente ventajosa, el dispositivo de almacenamiento de energía 1, junto con el circuito de carga 100 y el circuito de descarga 200, comprende además un sistema de precalentamiento 150 para un fluido de precalentamiento V circulante. El sistema de precalentamiento 150 comprende en particular un primer acumulador de fluido 152, en el cual se almacena un fluido de precalentamiento V1 calentado, un segundo acumulador de fluido 222 en el cual se almacena un fluido de precalentamiento V2 refrigerado, así como líneas de fluido 155, 224, y eventualmente medios transportadores 153, 223, para hacer circular el fluido de precalentamiento V en el sistema de precalentamiento 150, y en particular para conducirlo al precalentador 151 y al radiador 221. En el ejemplo de realización representado, el fluido de precalentamiento V, partiendo desde el primer acumulador de fluido 152, el primer fluido de precalentamiento V calentado, es conducido al precalentador 151, y el fluido de precalentamiento V después refrigerado es conducido al segundo acumulador de fluido 222. El fluido de precalentamiento V refrigerado del segundo acumulador de fluido 222 es conducido a un radiador 221, y el fluido de precalentamiento V después calentado es conducido al primer acumulador de fluido 152. Como fluido de precalentamiento V preferentemente se utiliza agua, ya que el agua, con respecto al calor, presenta una densidad de acumulación elevada. El segundo acumulador de fluido 222 podría estar realizado como un recipiente de líquido, de manera que el sistema de precalentamiento 150 conforma un circuito cerrado. El segundo acumulador de fluido 222 también podría estar realizado abierto, en donde en lugar de un recipiente, también cuerpos de agua, por ejemplo un lago, podría ser adecuado para recibir el fluido de precalentamiento V refrigerado, así como para proporcionar fluido de refrigeración V.

En una variante especialmente ventajosa, el dispositivo de almacenamiento de energía 1 se utiliza para almacenar energía eléctrica y para la liberación, desplazada temporalmente, de energía eléctrica. La figura 4 muestra un dispositivo de almacenamiento de esa clase para energía eléctrica, el cual comprende el dispositivo de acumulación de energía 1, así como comprende un motor eléctrico 170 y un generador 290. En una variante especialmente ventajosa, el motor eléctrico 170 y el generador 290 están reunidos formando una única máquina, conformando un así llamado grupo convertidor. Por consiguiente, el dispositivo de almacenamiento de energía 1 representado en la figura 4 puede producirse de forma especialmente conveniente, porque sólo se necesita un único grupo convertidor 170/290, un único regenerador de alta temperatura 120 y un único recuperador 130.

A continuación se explican además algunos detalles sobre el modo de funcionamiento del dispositivo de almacenamiento de energía 1 especialmente ventajoso, representado en la figura 4. El primer compresor 110, el primer expansor 140, el primer recuperador 130, así como el precalentador 151, forman en el circuito de carga 100 una bomba de calor. El gas de trabajo A precalentado es conducido al primer compresor 110 y allí es llevado a la presión máxima, así como a la temperatura máxima, en el circuito de carga 100. El gas de trabajo A es conducido después a través del regenerador de alta temperatura 120, es enfriado y a continuación es enfriado nuevamente en el recuperador 130. El gas de trabajo A se distiende a continuación en el primer expansor 140, a la presión más baja en el circuito de carga 100, en donde la energía liberada debido a esto en el primer expansor 140 se usa para el accionamiento parcial del primer compresor 110. Después, el gas de trabajo A circula a través del precalentador 151, precalentándose. El precalentador 151 está conectado al sistema de precalentamiento 150 y recibe la energía térmica desde el primer acumulador de fluido 152, para el fluido de precalentamiento tibio, en la forma de realización representada, como agua tibia.

El circuito de descarga 200 comprende un segundo compresor 210, realizado como un compresor de turbina de gas refrigerado de forma intermedia, con un radiador 221, y comprende el recuperador 130, el regenerador de alta temperatura 120, el segundo expansor 250 y el primer radiador 270, el cual enfría a la temperatura ambiente U. El radiador 221, mediante líneas 224, está conectado al sistema de precalentamiento 150, en donde fluido frío se extrae del acumulador 222, es conducido al radiador 221 mediante el medio transportador 223, y en donde el fluido calentado es conducido al acumulador 152.

La figura 5, de forma esquemática, muestra un ejemplo de realización de un segundo compresor 210 refrigerado de forma intermedia, el cual comprende un compresor parcial de baja presión 210b, un radiador intermedio 221 y un compresor parcial de alta presión 210a. El gas de trabajo A, el cual fue enfriado casi a temperatura ambiente en el primer radiador 270, entra en el segundo compresor 210 y se comprime nuevamente. Mediante el radiador intermedio 221 se reduce la energía de compresión requerida, y prácticamente se alcanza una compresión isotérmica. El calor disipado desde el radiador intermedio 221 se almacena en el primer acumulador de fluido 152, un acumulador de agua caliente. Después, el gas de trabajo A es conducido al recuperador 130, calentándose. La temperatura máxima del ciclo se alcanza en la salida del regenerador de alta temperatura 120. El segundo expansor 250, mediante el árbol en común 214, acciona tanto el segundo compresor 210, como también el generador 290. El segundo compresor 210 representado en la figura 5, con radiadores intermedios 221, ofrece la ventaja de que el circuito de descarga 200 presenta una densidad de potencia elevada. El grado de efectividad de las turbinas de gas

puede aumentarse aún más mediante radiadores intermedios 221 adicionales, ya que la compresión, debido a ello, se acerca aún más a una compresión isotérmica ideal.

5 La figura 6 muestra otra disposición en la cual el segundo radiador 221 está conectado aguas abajo del segundo compresor 210. La figura 7 muestra otra disposición en la cual el segundo radiador 221 está conectado aguas arriba del segundo compresor 210. Las dos formas de realización, también ventajosas, representadas en la figura 6 y la figura 7, en comparación con la realización representada en la figura 5, presentan una densidad de potencia y un grado de efectividad del almacenamiento más reducidos.

10 La figura 8 muestra una disposición de turbinas de gas de dos árboles. El segundo expansor 250 comprende un expansor de alta presión 250b, así como un expansor de baja presión 250a, en donde el expansor de alta presión 250a, mediante un segundo árbol 214b, está conectado con el segundo compresor 210, accionando el mismo como unidad de marcha libre, y en donde el expansor de baja presión 250a, mediante un primer árbol 214a, está conectado al generador 290. Esa disposición presenta la ventaja de que las instalaciones de dos árboles poseen un comportamiento de funcionamiento, en la carga parcial, mejorado en comparación con las instalaciones de un árbol, y de que pueden utilizarse componentes estándar, como compresores - expansores, una combinación de expansores y compresores, con una ventaja económica.

15 La figura 9 muestra otro ejemplo de realización de un dispositivo de almacenamiento de energía 1, el cual nuevamente comprende un circuito de carga 100, un circuito de descarga 200, así como un circuito de precalentamiento 150. El dispositivo de almacenamiento de energía 1 según la figura 9 está realizado de forma similar al dispositivo de almacenamiento de energía 1 según la figura 4, pero se diferencia al menos en cuanto a los siguientes aspectos:

20 - El circuito de precalentamiento 150 está realizado como circuito cerrado, el cual comprende un recipiente cerrado 22, en donde como fluido, en el circuito cerrado, preferentemente se utiliza agua. Además, en el circuito de precalentamiento 150 está dispuesto un intercambiador de calor 154 que intercambia calor con respecto al ambiente U. El intercambiador de calor 154, de manera alternativa, también puede estar dispuesto entre el acumulador de agua fría 222 y el dispositivo transportador 223. El intercambiador de calor 154, de manera alternativa, también puede estar dispuesto en el acumulador de agua fría 222, para intercambiar calor directamente entre el acumulador de agua fría 222 y el ambiente U, u otro medio. Por ejemplo, el acumulador de agua fría 222 podría refrigerarse por las noches mediante el intercambiador de calor 154.

25 - El circuito de carga 100, en una variante ventajosa, comprende un calentador adicional 190 que está dispuesto entre el primer compresor 110 y el regenerador de alta temperatura 120. El calentador adicional 190 se utiliza para calentar posteriormente otra vez el gas de trabajo A caliente que abandona el primer compresor 110, por ejemplo de 750°C a 1500°C, para aumentar de ese modo la energía almacenada en el regenerador de alta temperatura 120. El calentador adicional 190, por ejemplo, podría contener un calentador eléctrico 190a, para calentar el gas de trabajo A circulante. En función del aumento de temperatura del gas de trabajo A, provocado por el calentador adicional 190, la energía térmica almacenada en el regenerador de alta temperatura 120 puede aumentarse en un factor considerable, por ejemplo en un factor 2.

30 - El circuito de descarga 200 comprende un radiador adicional 260, mediante el cual del circuito de descarga 200 puede extraerse calor para un proceso térmico 260a. El proceso térmico 260a podría ser por ejemplo un sistema térmico combinado para calefaccionar viviendas.

35 En la figura 9 se representan además medios de conmutación 400, 401; así como válvulas que, en el dispositivo de almacenamiento de energía 1 representado, se necesitan para conmutar entre el proceso de carga y el proceso de descarga, así como entre el circuito de carga 100 y el circuito de descarga 200.

40 El dispositivo de almacenamiento de energía 1 representado en la figura 9, entre otras cosas, ofrece la ventaja de que, en caso de que se lo desee, energía térmica puede descargarse también de forma directa, y energía térmica puede descargarse también en diferentes lugares y a temperaturas elevadas de diferente modo. Como se representa en la figura 9, el segundo acumulador de fluido 222, por ejemplo, puede estar realizado también como un recipiente cerrado, en donde en el circuito de precalentamiento 150 se encuentra dispuesto un intercambiador de calor adicional 154, el cual intercambia calor con el ambiente.

45 La figura 10 muestra otro ejemplo de realización de un dispositivo de almacenamiento de energía 1, el cual nuevamente comprende un circuito de carga 100 con líneas 101, un circuito de descarga 200 con líneas 201, así como un circuito de precalentamiento 150. El circuito de precalentamiento 150 no está representado en detalle, pero se representa realizado del mismo modo que en la figura 9. En la figura 10, los radiadores 221 y el precalentador 151, de este modo, son abastecidos desde el circuito de precalentamiento 150. El radiador 270 enfría aproximadamente a la temperatura ambiente U. La figura 10 muestra el dispositivo de almacenamiento de energía 1 durante el proceso de descarga, en donde las líneas 201 del circuito de descarga 200 están representadas con líneas continuas, y en donde todas las válvulas 401 están abiertas y todas las válvulas 400 están cerradas. Las líneas 101 del circuito de carga 100 están representadas con líneas discontinuas. Si se cierran todas las válvulas 401 y se abren las válvulas 400, entonces el dispositivo de almacenamiento de energía 1 se encuentra en el estado

de carga. El dispositivo de almacenamiento de energía 1 representado está realizado como instalación de dos árboles, y comprende un único turbocompresor, denominado también como compresor - expansor, el cual comprende el segundo compresor 210, la parte de alta presión del segundo expansor 250b, así como el segundo árbol 214b. En función de la posición de las válvulas 400, 401; el turbocompresor se utiliza del modo antes descrito o de manera que el mismo conforma el primer expansor 140 y el primer compresor 110b, en donde el primer expansor 140 y el primer compresor 110b están conectados uno con otro mediante el segundo árbol 114b. Mediante esa conexión en circuito, en comparación con los ejemplos de realización representados hasta el momento, puede ahorrarse un turbocompresor. La parte de baja presión del expansor 250a, mediante el primer árbol 214a, está conectada directamente con el generador 290. La parte de baja presión del primer compresor 110a, mediante el primer árbol 114a, está conectada directamente, o mediante un mecanismo de transmisión, al motor 170. El compresor 110a también podría estar conectado al motor 170 mediante un mecanismo de transmisión 172, como se representa en las figuras 11c u 11d. Una ventaja del dispositivo de almacenamiento de energía 1 representado en la figura 10 reside en que el mismo necesita un único turbocompresor o compresor - expansor que está realizado de modo que marcha libremente. Puesto que la parte de alta presión del segundo expansor 250b del proceso de descarga 200 debe resultar más grande que la parte de alta presión del primer expansor 140 del proceso de carga 100, la misma debe equiparse con un dispositivo de regulación que actúa en cuanto al flujo volumétrico del gas de trabajo A para corresponder al flujo volumétrico de entrada más reducido del expansor 140 durante el funcionamiento de carga. De este modo, ese dispositivo de almacenamiento de energía 1 puede fabricarse de forma especialmente conveniente en cuanto a los costes. A diferencia de ello, los dispositivos de almacenamiento de energía 1 representados en las figuras 1, 4 y 9 necesitan respectivamente dos turbocompresores, de manera que están realizados como una disposición de dos árboles.

Las figuras 11a a 11h muestran componentes de bombas de calor del circuito de carga 100, realizados de diferente modo. La figura 11a muestra una disposición de motor 170, primer compresor 110 y primer expansor 140, los cuales están dispuestos en un árbol en común 114. El primer compresor 110 está realizado como compresor axial o radial en línea, o como una combinación de compresor axial y radial. De manera ventajosa, la disposición es operada con una velocidad de rotación de 3000 revoluciones por minuto, en particular para operar el motor 170 con una frecuencia de red de 50 Hz. La disposición, por ejemplo, puede operarse también con una velocidad de rotación de 3600 revoluciones por minuto, en particular cuando el motor 170 es operado con una frecuencia de red de 60 Hz. Esa disposición es adecuada en particular para una instalación grande, en particular de más de 15 MW. La figura 11b muestra una disposición de mecanismo de transmisión 172, primer compresor 110 y primer expansor 140, los cuales están dispuestos en un árbol en común 114. Además, el motor 170 está conectado al mecanismo de transmisión 172. El primer compresor 110 está realizado como compresor axial o radial en línea, o como una combinación de compresor axial y radial. De manera ventajosa, la disposición es operada con una velocidad de rotación de 3000 revoluciones por minuto. Esa disposición es adecuada en particular para una instalación menor, en particular de menos de 20 MW. La figura 11c muestra una disposición de motor 170, primer compresor 110 y primer expansor 140, en donde el primer compresor 110 está realizado dividido, y la parte de baja presión 110a, mediante un primer árbol 114a, está conectada al motor 170, y la parte de alta presión 110b, mediante un segundo árbol 114b, está conectada al expansor 140, con marcha libre, y en particular está realizado como compresor - expansor. El compresor de baja presión 110a está realizado como compresor de baja presión 110a axial o radial. De manera ventajosa, el compresor de baja presión 110a es operado con una velocidad de rotación de 3000 revoluciones por minuto, y el compresor- expansor rota con marcha libre, preferentemente con una velocidad de rotación de más de 3000 revoluciones por minuto. Esa disposición es adecuada en particular para una instalación grande, en particular de más de 15 MW. La figura 11d muestra una disposición de mecanismo de transmisión 172, primer compresor 110 y primer expansor 140, en donde el primer compresor 110 está realizado dividido, y una parte, mediante un primer árbol 114a, está conectada al mecanismo de transmisión 172, y la otra parte, mediante un segundo árbol 114b, está conectada al expansor 140, con marcha libre, y en particular está realizado como compresor - expansor. Además, el motor 170 está conectado al mecanismo de transmisión 172. De manera ventajosa, el compresor de baja presión 110a es operado con una velocidad de rotación de 3000 revoluciones por minuto, y el compresor- expansor rota con marcha libre, del mismo modo preferentemente con una velocidad de rotación de más de 3000 revoluciones por minuto. Esa disposición es adecuada en particular para una instalación reducida, en particular de menos de 20 MW. La figura 11e muestra una disposición de mecanismo de transmisión 172, primer compresor 110 y primer expansor 140, en donde el primer compresor 110 y el primer expansor 140 están conectados al mecanismo de transmisión 172, para adaptar su velocidad de rotación mediante el mecanismo de transmisión 172. Además, el motor 170 está conectado al mecanismo de transmisión 172. El primer compresor 110 está realizado como compresor radial. El mecanismo de transmisión 172 permite adaptar de form recíproca la velocidad de rotación del primer compresor 110 y del primer expansor 140. Debido a la flexibilidad inherente de la disposición, ésta es adecuada para un amplio espectro de potencia de hasta 40 MW. La figura 11f muestra una disposición de mecanismo de transmisión 172, primer compresor 110 y primer expansor 140, en donde el primer compresor 110 comprende un compresor de baja presión 110a, así como un compresor de alta presión 110b, en donde el compresor de baja presión 110a, el compresor de alta presión 110b y el primer expansor 140 están conectados al mecanismo de transmisión 172, para adaptar su velocidad de rotación mediante el mecanismo de transmisión 172. El compresor de baja presión 110a, así como el compresor de alta presión 110b están realizados como compresores radiales. Debido a la flexibilidad inherente de la disposición, ésta es adecuada para un amplio espectro de potencia de hasta 40 MW.



La figura 11g muestra una disposición de motor 170, primer compresor 110 y primer expansor 140, en donde el primer compresor 110 está realizado dividido, y el compresor de alta presión 110b, mediante un primer árbol 114a, está conectado al motor 170, y el compresor de baja presión 110a, mediante un segundo árbol 114b, está conectado al expansor 140, con marcha libre, y en particular está realizado como compresor - expansor. El compresor de alta presión 110b está realizado como compresor de pistón, el cual preferentemente es accionado por el motor 170 sin un mecanismo de transmisión conectado de forma intermedia. El compresor de baja presión 110a está realizado como compresor de baja presión 110a axial o radial. El expansor 140 está realizado como expansor axial o radial y, junto con el compresor de baja presión 110a, forma el turbocompresor. De manera ventajosa, el compresor de alta presión 110b es operado con una velocidad de rotación de 3000 revoluciones o 1500 revoluciones por minuto, y el turbocompresor rota con marcha libre, preferentemente con una velocidad de rotación de más de 3000 revoluciones por minuto. Esa disposición es adecuada en particular para una instalación reducida, en particular de menos de 2 MW. La figura 11h muestra otra variante de una bomba de calor, la cual, a diferencia de la forma de realización representada en la figura 11g, comprende además un mecanismo de transmisión 172, de manera que el compresor de alta presión 110b, que está realizado como compresor de pistón, es accionado por el motor 170 mediante el mecanismo de transmisión 172. De manera ventajosa, el motor 170 es operado con una frecuencia de red de 50 Hz, y en particular con una velocidad de rotación de 3000 revoluciones o de 1500 revoluciones por minuto, mientras que el compresor de pistón es operado con una velocidad de rotación aumentada en la relación de transmisión del mecanismo de transmisión 172, por ejemplo superior a 3000 revoluciones por minuto.

La figura 11i muestra en detalle los componentes de un circuito de descarga 200. La figura 11i muestra una disposición con un segundo expansor 250 que acciona un mecanismo de transmisión 172, en donde el mecanismo de transmisión 172 acciona un segundo compresor 210 que comprende cuatro compresores parciales 210a, 210b, 210c, 210d, así como un generador 290. Las disposiciones representadas en las figuras 11a a 11h podrían utilizarse también para un circuito de descarga 200, reemplazando el motor 170 por un generador 290, el primer compresor 110 por el segundo compresor 210 y el primer expansor 140 por el segundo expansor 250.

En los ejemplos de realización representados en las figuras 1 a 11i, el circuito de carga 100 y el circuito de descarga 200, de manera ventajosa, son operados cargados por presión. El primer compresor 110 y el segundo compresor 210, preferentemente, están realizados como un compresor radial o axial. Se considera especialmente ventajosa la utilización de un compresor de mecanismo de transmisión, a cuyo mecanismo de transmisión 172, como se representa en la figura 11e o en la figura 11f, puede conectarse también el expansor 140. El primer y/o el segundo compresor 110, 210; sin embargo, también podría estar realizado como un compresor de pistón, como se representa en las figuras 11g y 11h, como un compresor helicoidal.

El primer compresor 110 y el segundo compresor 210, preferentemente, no están provistos de un dispositivo de regulación. El primer y el segundo compresor 110, 210; sin embargo, también podrían estar provistos de un dispositivo de regulación de flujo. Preferentemente, en el primer compresor o en el segundo compresor 110, 210 del tipo radial y axial, el dispositivo de regulación de flujo se compone de una o de varias ruedas de entrada. En una forma de realización posible, en el primer compresor 110 o en el segundo compresor 210 del tipo radial y axial, el dispositivo de regulación de flujo podría componerse de uno o de varios difusores ajustables. De manera opcional, en el primer compresor 110 o en el segundo compresor 210 del tipo radial y axial, el dispositivo de regulación de flujo podría componerse de rueda de entrada y de regulación de difusor.

Preferentemente el primer compresor 110 no está refrigerado. De manera opcional, el primer compresor 110 también podría estar provisto de un dispositivo de refrigeración.

De manera ventajosa, el regenerador de alta temperatura 120 es un recipiente resistente a la presión resistente a la temperatura, con aislamiento térmico. De manera ventajosa, el regenerador de alta temperatura 120 está provisto de un material de almacenamiento 121 poroso, refractario, en donde el gas de trabajo A circula en los espacios libres del regenerador de alta temperatura 120. De manera ventajosa, el regenerador de alta temperatura 120 está dispuesto de forma vertical y, durante la carga, preferentemente es atravesado desde arriba hacia abajo y durante la descarga es atravesado desde abajo hacia arriba.

El primer expansor 140 y el segundo expansor 250, preferentemente, son del tipo de expansor radial o axial. De manera opcional, el primer y el segundo expansor 140, 250 pueden ser del tipo expansor de pistón. El primer y el segundo expansor 140, 250 del tipo radial o axial, preferentemente, no están regulados. De manera opcional, el primer y el segundo expansor 140, 250 del tipo radial y axial pueden estar equipados con un regulador de flujo volumétrico.

El fluido en el circuito de precalentamiento 150 preferentemente es agua. De manera opcional podrían utilizarse también otros fluidos, por ejemplo una mezcla de agua y (mono) etilenglicol. El circuito de precalentamiento 150 es operado preferentemente sin presión. De manera opcional, el circuito de precalentamiento 150 puede ser operado con una aplicación de presión. En ese caso, el circuito de precalentamiento 150 está realizado de forma resistente a la presión.

Preferentemente, el accionamiento 170 del circuito de carga 100 está realizado como motor eléctrico. De manera opcional, el motor eléctrico está provisto de un convertidor de frecuencia. De manera opcional, el accionamiento 170

5 del circuito de carga 100 es una turbina de vapor. De manera opcional, el accionamiento 170 del circuito de carga 100 es una turbina de gas. De manera opcional, el accionamiento 170 del circuito de carga es un motor de combustión. Preferentemente, los componentes giratorios del circuito de carga 100 son operados a una velocidad de rotación constante. De manera opcional, los componentes giratorios del circuito de carga 100 son operados con una velocidad de rotación variable.

10 Preferentemente, el consumidor 290 del circuito de descarga 200 está realizado como generador. De manera opcional, el generador está provisto de un convertidor de frecuencia. De manera opcional, el consumidor 290 del circuito de descarga 200 es un compresor. De manera opcional, el consumidor 290 del circuito de descarga 200 es una bomba. De manera opcional, el consumidor 290 del circuito de descarga 200 es una hélice. Preferentemente, los componentes giratorios del circuito de descarga 200 son operados a una velocidad de rotación constante. De manera opcional, los componentes giratorios del circuito de descarga 200 son operados con una velocidad de rotación variable.

15 En otro ejemplo de realización posible, como gas de trabajo podría utilizarse también aire, en donde debe asegurarse que el material de almacenamiento en el regenerador de alta temperatura 120 se componga de un material no inflamable.

20 Un mecanismo de transmisión 172 puede comprender una pluralidad de árboles giratorios. Por ejemplo, el mecanismo de transmisión 172 accionado por el motor 170 en la figura 11f podría comprender también más de cuatro árboles, por ejemplo también cinco, seis, siete u ocho. Un mecanismo de transmisión 172 de esa clase presenta la ventaja de que por ejemplo compresores idénticos pueden operarse de forma paralela. De este modo, por ejemplo en la figura 11f, los dos compresores 110a y 110b pueden estar realizados idénticos, y pueden presentar un suministro, así como una descarga en común para el fluido, de modo que los dos compresores 110a, 110b pueden operarse con la misma velocidad de rotación y de forma paralela. Sin embargo, el mecanismo de transmisión 172 permite por ejemplo también operar en serie los dos compresores 110a, 110b.

**REIVINDICACIONES**

1. Dispositivo de almacenamiento de energía (1) para almacenar energía, el cual comprende:

- un regenerador de alta temperatura (120) que contiene un material de almacenamiento sólido, en particular poroso, así como un gas de trabajo (A) como medio portador térmico, para intercambiar calor entre el material de almacenamiento y el gas de trabajo (A) circulante,

- un circuito cerrado de carga (100) para el gas de trabajo (A), el cual comprende un primer compresor (110), un primer expansor (140), un primer recuperador (130) con un primer y un segundo canal de intercambio de calor (130a, 130b), el regenerador de alta temperatura (120), así como un precalentador (151), en donde el primer compresor (110) está acoplado al primer expansor (140) mediante un árbol (114), y en donde el circuito de carga (100) está diseñado de modo que, partiendo desde el regenerador de alta temperatura (120), al menos el primer canal de intercambio de calor (130a) del recuperador (130), el primer expansor (140), el precalentador (151), el segundo canal de intercambio de calor (130b) del recuperador (130), el primer compresor (110), y después el regenerador de alta temperatura (120), están conectados unos con otros, con una conducción de fluido, conformando un circuito cerrado, y

- un circuito cerrado de descarga (200),

caracterizado por que un medio de conmutación (400, 401), conecta con una conducción de fluido, el regenerador de alta temperatura (120), de modo controlable, con el circuito de carga (100) o con el circuito de descarga (200), de manera que el regenerador de alta temperatura (120) forma una parte del circuito de carga (100) o una parte del circuito de descarga (200), y por que el circuito de carga (100), el circuito de descarga (200) y el regenerador de alta temperatura (120) presentan el mismo gas de trabajo (A), de manera que el gas de trabajo (A), tanto en el circuito de carga (100), como también en el circuito de descarga (200), entra en contacto directo con el material de almacenamiento.

2. Dispositivo de almacenamiento de energía según la reivindicación 1, caracterizado porque el circuito de descarga (200) comprende un segundo compresor (210), un segundo expansor (250), un segundo recuperador (230) con un primer y un segundo canal de intercambio de calor (230a, 230b), el regenerador de alta temperatura (120), así como un primer radiador (270), en donde el segundo compresor (210) está acoplado al segundo expansor (250) mediante un árbol (214), y en donde el circuito de descarga (200) está diseñado de modo que, partiendo desde el regenerador de alta temperatura (120), al menos el segundo expansor (250), el primer canal de intercambio de calor (230a) del segundo recuperador (230), el primer radiador (270), el segundo compresor (210), el segundo canal de intercambio de calor (230b) del recuperador (230), y el después el regenerador de alta temperatura (120), están conectados unos con otros, con una conducción de fluido, conformando el circuito cerrado.

3. Dispositivo de almacenamiento de energía según la reivindicación 2, caracterizado por que el circuito de descarga (200) comprende un segundo radiador (221) que, en el circuito de descarga (200), con respecto al segundo compresor (210), está conectado aguas arriba, conectado de forma intermedia o conectado aguas abajo.

4. Dispositivo de almacenamiento de energía según la reivindicación 3, caracterizado por que un circuito de precalentamiento (150) comprende un acumulador de agua fría (222), un acumulador de agua caliente (152), el segundo radiador (221), así como el precalentador (151), en donde el circuito de precalentamiento (150) está diseñado de manera que, partiendo desde el acumulador de agua fría (222), al menos el segundo radiador (221), el acumulador de agua caliente (152), el precalentador (151) y después el acumulador de agua fría (222), están conectados unos con otros, con una conducción de fluido, conformando un circuito.

5. Dispositivo de almacenamiento de energía según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que el compresor (110) comprende al menos dos compresores parciales, un compresor parcial de baja presión (110a) y un compresor parcial de alta presión (110b), por que el compresor (110) comprende al menos dos árboles separados (W1, W2), y por que el expansor (140) y el compresor parcial de alta presión (110b) están dispuestos sobre un árbol en común.

6. Dispositivo de almacenamiento de energía según una de las reivindicaciones 2-5, caracterizado por que el primer y el segundo recuperador (130, 230) están realizados como un recuperador en común (130), y por que los medios de conmutación (400, 401) están dispuestos de manera que el recuperador en común (130), de modo controlable, conforma una parte del circuito de carga (100) o del circuito de descarga (200).

7. Dispositivo de almacenamiento de energía según una de las reivindicaciones 2 a 6, caracterizado por que el primer expansor (140) y el primer compresor (110) están conectados con un motor (170) mediante un árbol en común (114), y por que el segundo expansor (250) y el segundo compresor (210) están conectados con un generador (290) mediante un árbol en común (214).

8. Dispositivo de almacenamiento de energía según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que el material de almacenamiento del regenerador de alta temperatura (120) se trata de materiales porosos, arena, grava, rocas, hormigón, grafito o una cerámica, como carburo de silicio.

9. Dispositivo de almacenamiento de energía según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que el gas de trabajo (A) es argón o nitrógeno.
- 5 10. Dispositivo de almacenamiento de energía según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que está proporcionado un calentador adicional (190) que, en el circuito de carga (100), está conectado antes del regenerador de alta temperatura (120), de manera que el gas de trabajo (A) puede calentarse antes de ingresar al regenerador de alta temperatura (120).
- 10 11. Procedimiento para almacenar energía en un dispositivo de almacenamiento de energía (1), el cual comprende un regenerador de alta temperatura (120) que contiene un material de almacenamiento sólido, mientras que en un circuito cerrado de carga (100) un gas de trabajo (A) circula como medio portador térmico, en donde el gas de trabajo (A) intercambia calor con el material de almacenamiento, y en donde el gas de trabajo (A), después del regenerador de alta temperatura (120), se enfría en un primer recuperador (130), a continuación se distiende en un primer expansor (140), a continuación se precalienta en un primer precalentador (151), a continuación se calienta en el primer recuperador (130), a continuación se comprime en un compresor (110) y se calienta, y el gas de trabajo (A) así calentado es conducido al regenerador de alta temperatura (120), y en donde del regenerador de alta temperatura (120), mediante un circuito cerrado de descarga (200), se extrae energía térmica, caracterizado por que
- 15 el regenerador de alta temperatura (120) forma una parte del circuito de carga (100) o una parte del circuito de descarga (200), mientras que el regenerador de alta temperatura (120), con una conducción de fluido, se conecta al circuito de carga (100) o al circuito de descarga (200), en donde el circuito de carga (100), el circuito de descarga (200), así como el regenerador de alta temperatura (120), son atravesados por el mismo gas de trabajo (A), de manera que gas de trabajo (A) circula directamente alrededor del material de almacenamiento, tanto en el circuito de carga (100), como también en el circuito de descarga (200).
- 20 12. Procedimiento según la reivindicación 11, caracterizado por que en el circuito de descarga (200), el gas de trabajo (A), después de salir del regenerador de alta temperatura (120), se distiende en un segundo expansor (250), a continuación se enfría en un segundo recuperador (230), a continuación se enfría en un primer radiador (270), a continuación se comprime en un segundo compresor (210), calentándose, a continuación se calienta nuevamente en el recuperador (130), y después es conducido nuevamente al regenerador de alta temperatura (120).
- 25 13. Procedimiento según la reivindicación 12, caracterizado por que el primer compresor (110) es accionado por un motor eléctrico (170), y por que un generador (290) es accionado por el segundo expansor (250) para conducir y descargar energía eléctrica.
- 30 14. Procedimiento según una de las reivindicaciones 11 a 13, caracterizado por que un circuito de precalentamiento (150) comprende al menos un acumulador de agua (222, 152), y por que al menos el precalentador (151) se calienta con agua mediante el circuito de precalentamiento (150).
- 35 15. Utilización de un dispositivo de almacenamiento de energía según una de las reivindicaciones 1 a 10 para el almacenamiento de energía eléctrica y para la liberación de energía temporalmente desplazada.

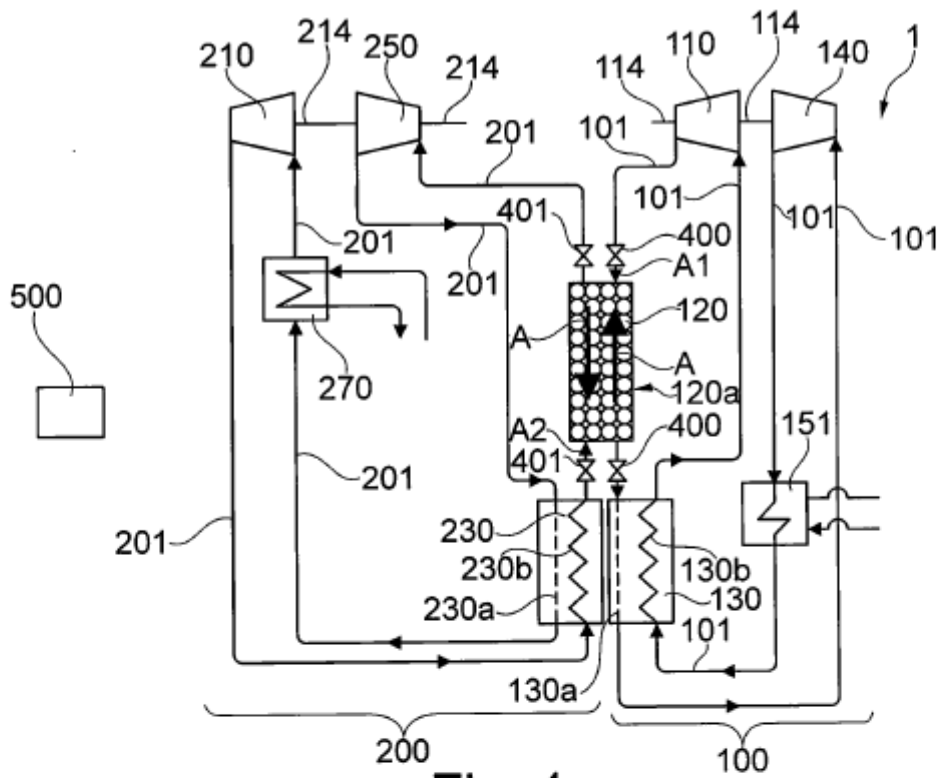


Fig. 1

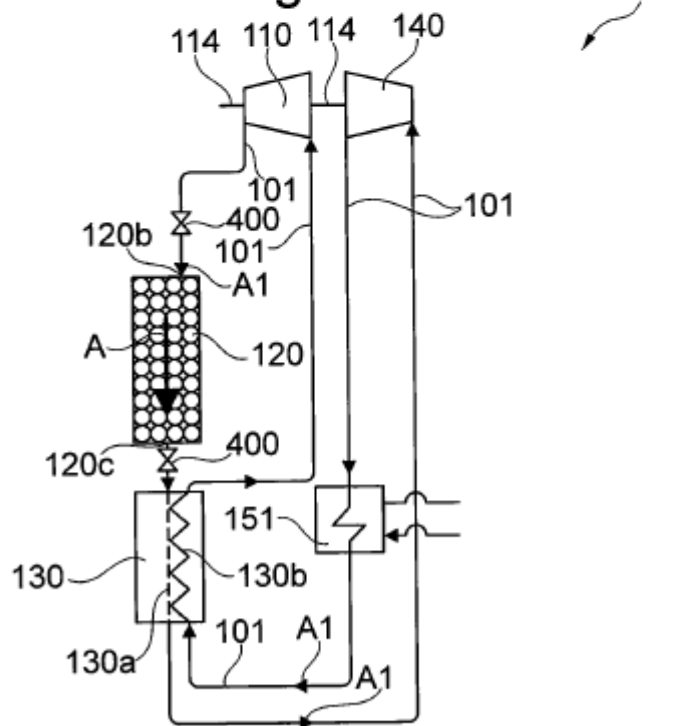


Fig. 2



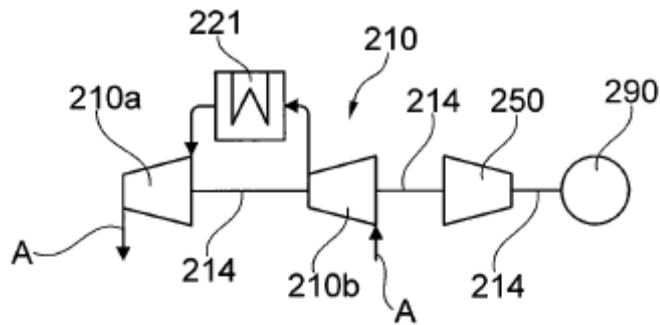


Fig. 5

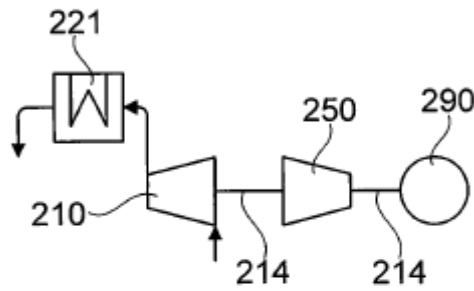


Fig. 6

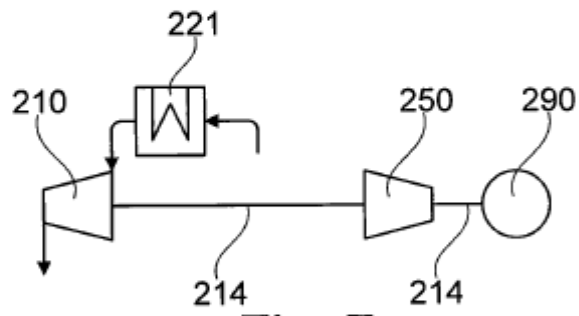


Fig. 7

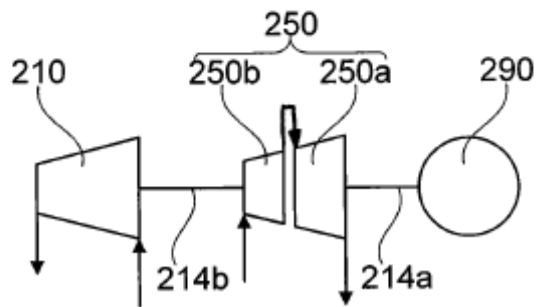


Fig. 8

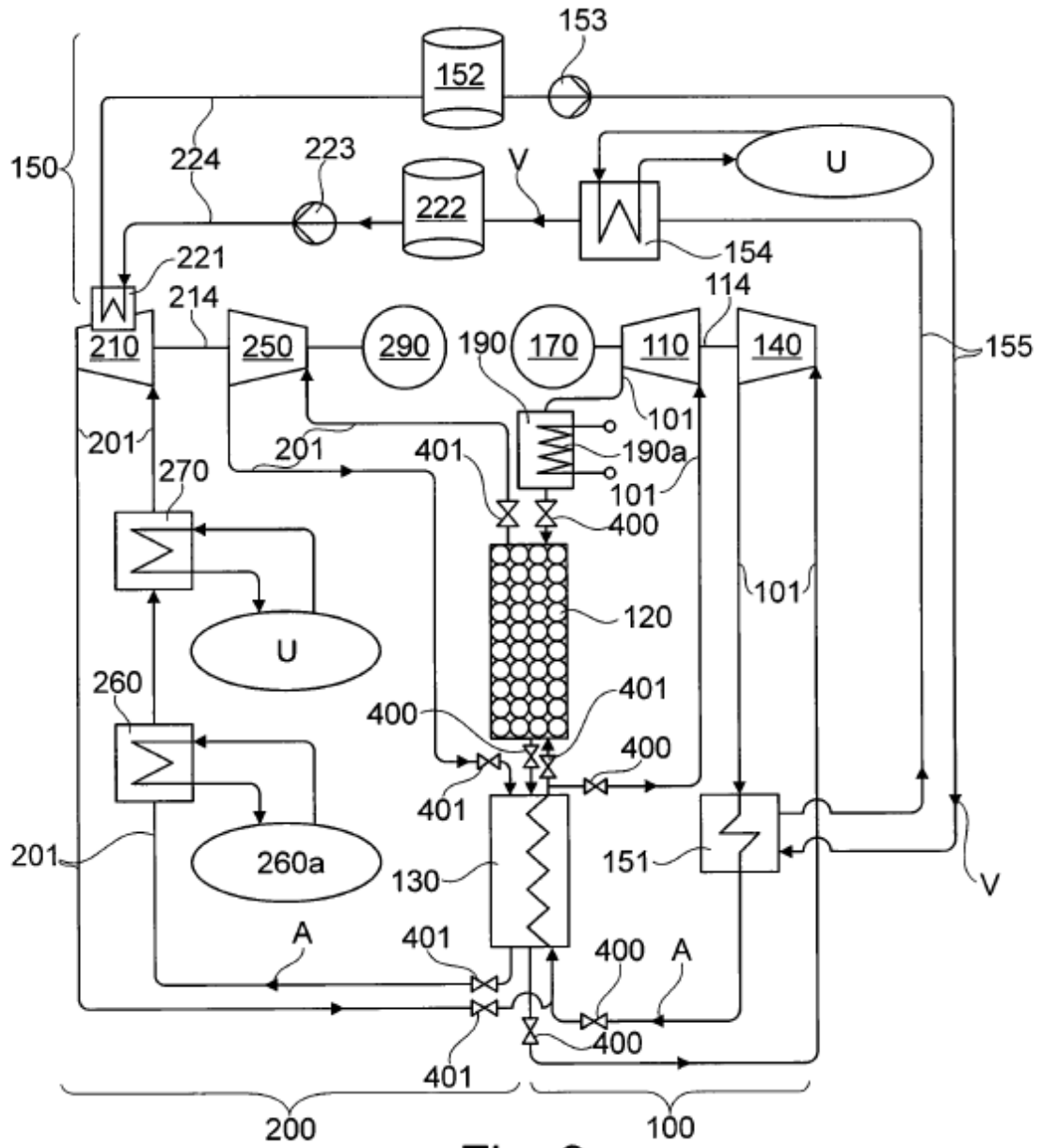


Fig. 9



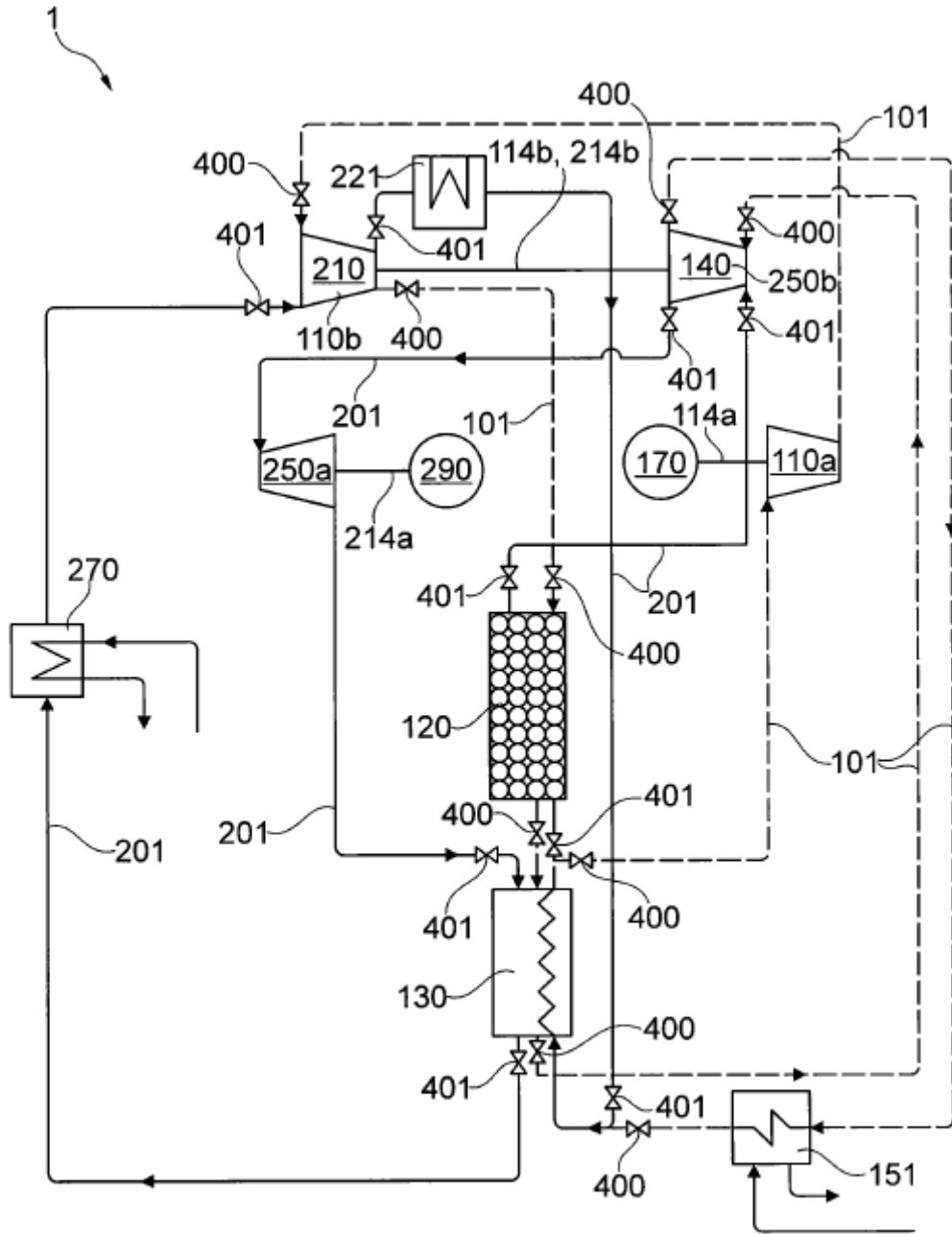


Fig. 10

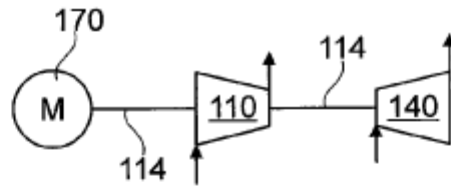


Fig. 11a

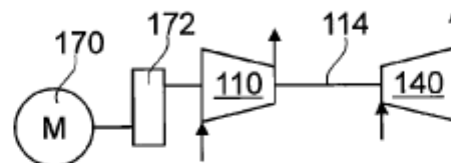


Fig. 11b

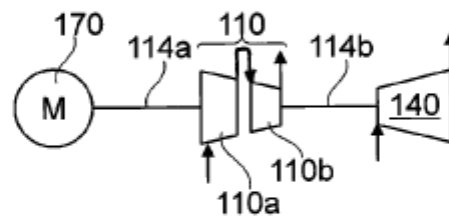


Fig. 11c

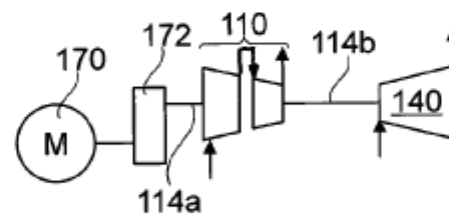


Fig. 11d

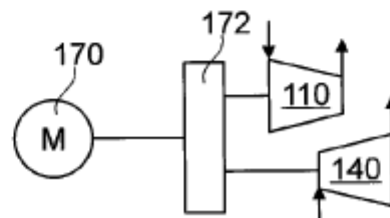


Fig. 11e

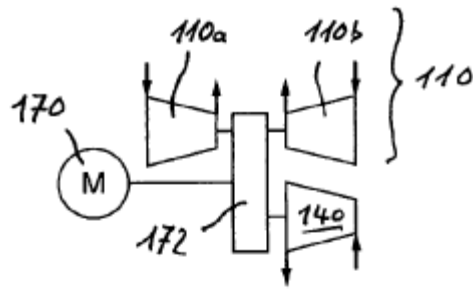


Fig. 11f

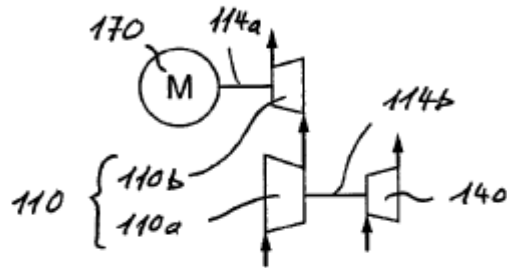


Fig. 11g

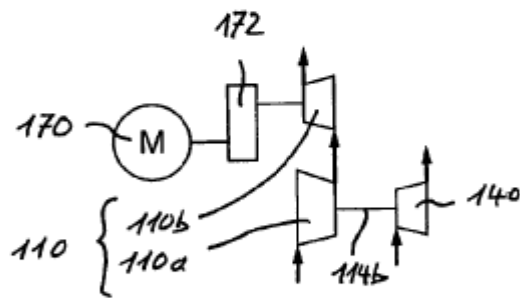


Fig. 11h

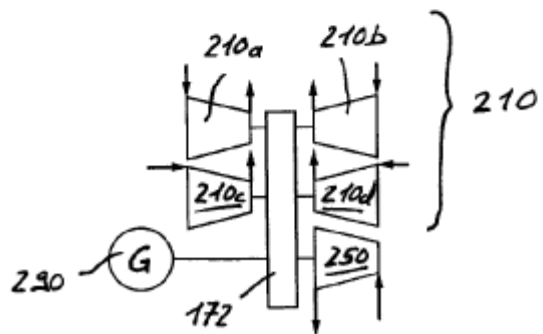


Fig. 11i