

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 636 924**

51 Int. Cl.:

**F01K 3/12** (2006.01)

**F28D 20/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.04.2014 E 14163065 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.06.2017 EP 2927435**

54 Título: **Sistema de almacenamiento de manera reversible de energía eléctrica como energía térmica**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**10.10.2017**

73 Titular/es:

**GENERAL ELECTRIC TECHNOLOGY GMBH  
(100.0%)  
Brown Boveri Strasse 7  
5400 Baden, CH**

72 Inventor/es:

**GUIDATI, GIANFRANCO LUDOVICO**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 636 924 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

Sistema de almacenamiento de manera reversible de energía eléctrica como energía térmica

**Campo técnico**

5 La presente divulgación versa, en general, sobre un almacenamiento eléctrico por bombeo de calor y, más específicamente, sobre ciclos de almacenamiento de vapor subcrítico-líquido.

**Información sobre antecedentes**

10 Una mayor implantación de la producción fluctuante de energía renovable requiere soluciones económicas para un almacenamiento de electricidad de gran capacidad. La tecnología puntera actual es el almacenamiento hidroeléctrico por bombeo (PHS). Una alternativa posible es el almacenamiento de energía de aire comprimido (CAES). Mientras que el PHS requiere la topografía correcta, es decir, montañas, el CAES depende de la presencia de estructuras subterráneas geológicas específicas, tales como cavernas salinas. Otras formas de almacenamiento de energía incluyen baterías y circuitos compensadores.

15 Almacenamiento de electricidad por bombeo de calor (PHES) es una técnica alternativa de almacenamiento tanto al PHS como al CAES. Durante la carga, un sistema de PHES bombea calor desde un reservorio de temperatura baja hasta un reservorio de temperatura elevada, por lo tanto, opera como una bomba de calor. Durante la descarga se utiliza el calor de temperatura elevada para accionar un ciclo de energía mientras que se rechaza el calor residual en el reservorio de temperatura baja. La ventaja evidente de tal sistema es que solo se almacena electricidad en forma de calor o energía térmica, es decir, solo requiere algún tipo de contención aislada térmicamente que es independiente de la geología o de la topografía.

20 En el documento EP 2602443 se describe un ejemplo de un sistema PHES. Se puede describir este sistema como una bomba reversible de calor. Durante la carga de electricidad, se opera un compresor en un ciclo de bomba de calor. Se absorbe el calor del ambiente y se hace que pase al almacenamiento de energía térmica (TES) de temperatura elevada. Se logra una alta eficacia al elegir que el nivel superior de presión del ciclo termodinámico sea supercrítico. Esto permite la transferencia del calor de temperatura elevada, con una capacidad térmica casi constante del fluido de trabajo, a un medio de almacenamiento tal como sal fundida que también tiene una capacidad térmica casi constante.

25 Las desventajas de los sistemas supercríticos son las presiones y temperaturas elevadas requeridas de ciclo junto con la necesidad típica de un fluido orgánico tal como propano o butano, que es inflamable. Estos problemas de seguridad hacen que sea difícil desplegar tal sistema en una situación doméstica. Además, el ciclo es complejo de operar, principalmente debido a la presencia de dos recuperadores y dos TES.

30 La patente alemana 403683 describe un procedimiento alternativo basado en un ciclo subcrítico que utiliza durante el ciclo de descarga el calor del agua que está disponible en el medioambiente. Además, se puede utilizar el agua medioambiental para enfriar el fluido condensado de trabajo durante el ciclo de carga antes del estrangulamiento y de la evaporación. El propósito de esto es el mismo, en concreto, reducir la irreversibilidad y, por lo tanto, mejorar la eficacia. Sin embargo, dado que la temperatura del agua normal del medioambiente será mucho menor que la temperatura máxima en el depósito caliente esta solución solo proporciona una mejora parcial.

35 Algunas de las desventajas se mitigan al menos parcialmente mediante el sistema de almacenamiento de energía termoeléctrica descrito en el documento WO 2010/020480 A2. Esta solución utiliza un intercambiador térmico para transferir energía térmica entre un fluido condensable de trabajo y un medio de calor sensible de almacenamiento térmico que circula entre los depósitos frío y caliente de almacenamiento. La energía térmica es transferida del fluido de trabajo al medio de almacenamiento térmico durante un ciclo de carga y es transferida del medio de almacenamiento térmico al fluido de trabajo durante un ciclo de descarga en el que se genera energía eléctrica por la expansión del fluido calentado de trabajo en una turbina. Se calienta y se comprime el fluido condensable de trabajo hasta un estado supercrítico durante los ciclos tanto de carga como de descarga y esto maximiza la eficacia eléctrica del sistema en ambos sentidos.

40 La eficacia eléctrica en ambos sentidos aumenta adicionalmente en el sistema de almacenamiento de energía termoeléctrica descrito en el documento WO 2011/045282 A2 debido a la provisión de un intercambiador interno de calor. El intercambiador interno de calor precalienta el fluido de trabajo durante los ciclos tanto de carga como de descarga, maximizando, de ese modo, la eficacia del sistema. El documento EP2532843 A1 también divulga un sistema y un procedimiento para el almacenamiento de energía termoeléctrica que comprende, además, un depósito de almacenamiento de hielo licuado. Sin embargo, sigue existiendo la necesidad de un sistema mejorado de almacenamiento de energía térmica que logre una elevada eficacia eléctrica en ambos sentidos con un gasto mínimo de capital.

55

**Sumario**

Se divulga un sistema de almacenamiento de energía de ciclo reversible de vapor subcrítico-líquido que proporciona un ciclo de eficacia elevada que proporciona una alternativa simplificada a otros sistemas supercríticos.

Intenta abordar este problema por medio de las materias objeto de las reivindicaciones independientes.

5 La divulgación está basada en la idea general de un ciclo subcrítico que utiliza una conexión entre los depósitos frío y caliente de almacenamiento térmico para eliminar y almacenar calor sensible del fluido de trabajo. De este modo, se mejora la eficacia térmica del ciclo.

Un aspecto proporciona un sistema para almacenar energía eléctrica como energía térmica que comprende un ciclo reversible de vapor subcrítico-líquido que tiene un recorrido de flujo del fluido de trabajo, un recorrido de flujo del fluido de almacenamiento en caliente y un recorrido de flujo del fluido de almacenamiento en frío. El recorrido de flujo del fluido de trabajo incluye un intercambiador térmico de fluido de almacenamiento en caliente configurado y dispuesto para intercambiar energía térmica entre el fluido de trabajo, según cambia de fase, y un fluido de almacenamiento en caliente. Hay un aparato de cambio de la presión del vapor configurado para cambiar la presión del fluido de trabajo en la fase de vapor y dispuesto, además, de manera fluida adyacente al intercambiador térmico del fluido de almacenamiento en caliente. Un intercambiador térmico adicional de fluido de almacenamiento en frío, adyacente de manera fluida al aparato de cambio de la presión del vapor, está configurado y dispuesto para intercambiar energía térmica entre el fluido de trabajo, según cambia de fase, y un fluido de almacenamiento en frío. Un aparato de cambio de la presión del líquido, adyacente de manera fluida al intercambiador térmico de fluido de almacenamiento en frío, está configurado para cambiar la presión de una fase líquida del fluido de trabajo. Además, un intercambiador térmico de almacenamiento intermedio ubicado de manera fluida entre el aparato de cambio de la presión y el intercambiador térmico de fluido de almacenamiento en caliente está configurado y dispuesto para intercambiar calor sensible del fluido de trabajo con un fluido almacenado. El recorrido de flujo del fluido de almacenamiento en caliente pasa a través del intercambiador térmico de fluido de almacenamiento en caliente y de un depósito de fluido de almacenamiento en caliente para almacenar el fluido de almacenamiento en caliente mientras que el recorrido de flujo del fluido de almacenamiento en frío pasa a través del intercambiador térmico de fluido de almacenamiento en frío y de un depósito de fluido de almacenamiento en frío para almacenar el fluido de almacenamiento en frío. El sistema incluye, además, un recorrido de flujo de almacenamiento intermedio que conecta de manera fluida el depósito de fluido de almacenamiento en caliente con el depósito de fluido de almacenamiento en frío por medio del intercambiador térmico de almacenamiento intermedio, permitiendo esto el almacenamiento de calor sensible del fluido de trabajo.

Un aspecto adicional proporciona un procedimiento para generar energía eléctrica a partir del almacenamiento térmico. El procedimiento incluye las etapas de evaporar, expandir, condensar, presurizar y calentar el fluido de trabajo. La etapa de evaporar implica la evaporación contra un fluido de almacenamiento en caliente que circula a través de un intercambiador térmico de fluido de almacenamiento en caliente y de un depósito de fluido de almacenamiento en caliente. La etapa de expansión implica expandir el fluido evaporado de trabajo en una turbina del ciclo de vapor-líquido, de forma que accione un generador para generar electricidad. La etapa de condensación implica condensar el fluido expandido de trabajo en un intercambiador térmico de fluido de almacenamiento en frío contra un fluido de almacenamiento en frío que circula a través del intercambiador térmico de fluido de almacenamiento en frío y de un depósito de fluido de almacenamiento en frío. La etapa de presurización implica presurizar el fluido condensado de trabajo en una bomba, mientras que la etapa de calentamiento implica calentar el fluido presurizado de trabajo en un intercambiador térmico de almacenamiento intermedio contra un fluido almacenado que pasa desde el depósito de fluido de almacenamiento en caliente hasta el depósito de fluido de almacenamiento en frío antes de que se evapore el fluido de trabajo en el evaporador.

Un aspecto adicional proporciona un procedimiento para almacenar energía eléctrica como energía térmica. El procedimiento incluye las etapas de estrangulación isoentálpica, evaporación, compresión, condensación y enfriamiento de un fluido de trabajo de un ciclo de vapor-líquido. La estrangulación isoentálpica implica estrangular de manera isoentálpica el fluido de trabajo utilizando una válvula de estrangulación. La etapa de evaporación implica evaporar el fluido estrangulado de trabajo en un intercambiador térmico de fluido de almacenamiento en frío contra un fluido de almacenamiento en frío que circula a través del intercambiador térmico de fluido de almacenamiento en frío y de un depósito de fluido de almacenamiento en frío. La etapa de compresión implica comprimir el fluido evaporado de trabajo en un compresor accionado por medio de un motor, introduciendo, de ese modo, energía eléctrica en el ciclo de vapor-líquido. La etapa de condensación implica condensar el fluido comprimido de trabajo en un intercambiador térmico de fluido de almacenamiento en caliente contra un fluido de almacenamiento en caliente que circula a través del intercambiador térmico de fluido de almacenamiento en caliente y de un depósito de fluido de almacenamiento en caliente, mientras que la etapa de enfriamiento implica enfriar el fluido condensado de trabajo en un intercambiador térmico de almacenamiento intermedio contra un fluido almacenado que pasa desde el depósito de fluido de almacenamiento en frío hasta el depósito de fluido de almacenamiento en caliente antes de que se estrangule el fluido de trabajo.

Un objeto adicional de la invención es superar o al menos mitigar las desventajas y deficiencias de la técnica anterior o proporcionar una alternativa útil.

Otros aspectos y ventajas de la presente divulgación serán evidentes a partir de la siguiente descripción, tomada en conexión con los dibujos adjuntos que, a modo de ejemplo, ilustran realizaciones ejemplares de la presente invención.

**Breve descripción de los dibujos**

A modo de ejemplo, se describe, en lo que sigue, más completamente una realización de la presente divulgación con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

la Figura 1 es una esquema de un sistema de almacenamiento de energía según una realización ejemplar;  
 la Figura 2 es un diagrama de temperatura-entropía de un ciclo de carga del sistema de almacenamiento de la Fig. 1; y  
 la Figura 3 es un diagrama de temperatura-entropía de un ciclo de descarga del sistema de almacenamiento de la Fig. 1.

**Descripción detallada**

Ahora, se describirán realizaciones ejemplares de la presente divulgación con referencia a los dibujos, en los que se utilizan números de referencia similares para hacer referencia a elementos similares en los mismos. En la siguiente descripción, en aras de la explicación, se definen numerosos detalles específicos para proporcionar una comprensión exhaustiva de la divulgación. Sin embargo, se puede poner en práctica la presente divulgación sin estos detalles específicos, y no está limitada a la realización ejemplar divulgada en la presente memoria.

La Fig. 1 muestra una realización ejemplar de un sistema para almacenar energía eléctrica como energía térmica utilizando un ciclo reversible de vapor subcrítico-compresión. El ciclo reversible de vapor subcrítico-compresión incluye un recorrido 47 de flujo del fluido de trabajo que forma un circuito 30 de fluido de trabajo, un recorrido 7 de flujo del fluido de almacenamiento en caliente, un recorrido 17 de flujo de fluido de almacenamiento en frío y un recorrido 27 de flujo del depósito de almacenamiento intermedio que conecta los depósitos 5, 15 de almacenamiento en el recorrido 7 de flujo del fluido de almacenamiento en caliente con el recorrido 17 de flujo del fluido de almacenamiento en frío, respectivamente.

En una realización ejemplar mostrada en la Fig. 1, el recorrido 47 de flujo del fluido de trabajo comprende un bucle cerrado. Un intercambiador térmico 9 de fluido de almacenamiento en caliente en el recorrido de flujo del fluido de trabajo está configurado y dispuesto para transferir energía térmica del fluido de trabajo, según cambia de fase, a un fluido de almacenamiento en caliente. Un dispositivo 32 de cambio de la presión de la fase de vapor, tal como un compresor/ turbina configurado bien como una única unidad o bien como dos unidades separadas, proporciona bien energía eléctrica al recorrido 47 de flujo del fluido de trabajo por medio de un motor 34 cuando el dispositivo 32 de cambio de la presión en la fase de vapor opera como un compresor o bien libera energía eléctrica del recorrido 47 de flujo del fluido de trabajo por medio de un generador cuando el dispositivo 32 de cambio de la presión en la fase de vapor opera como una turbina. Un intercambiador térmico adicional 19 de fluido de almacenamiento en frío utiliza un cambio adicional en la fase del fluido de trabajo para intercambiar energía térmica con un fluido de almacenamiento en frío en el que el intercambiador térmico 19 de fluido de almacenamiento en frío cambia la fase del fluido de trabajo en la dirección opuesta a la del intercambiador térmico 9 de fluido de almacenamiento en caliente. Un dispositivo de cambio de la presión del fluido en fase líquida, que comprende bien una bomba 36 o bien una válvula 38 de estrangulación para una estrangulación isoentálpica dependiendo de la dirección del flujo del fluido de trabajo en el ciclo reversible, cambia la presión del fluido de trabajo mientras se encuentra en la fase líquida. Se utiliza un intercambiador térmico adicional 29 de almacenamiento intermedio, en el recorrido 47 de flujo del fluido de trabajo, como un intercambiador de calor sensible.

Según se muestra en la Fig. 1, una realización ejemplar incluye, además, un depósito 5 de fluido de almacenamiento en caliente para almacenar un fluido de almacenamiento en caliente y un recorrido 7 de flujo del fluido de almacenamiento en caliente que conecta el depósito 5 de fluido de almacenamiento en caliente con el intercambiador térmico 9 de fluido de almacenamiento en caliente.

Según se muestra en la Fig. 1, una realización ejemplar incluye, además, un depósito 15 de fluido de almacenamiento en frío para almacenar un fluido de almacenamiento en frío y un recorrido 17 de flujo del fluido de almacenamiento en frío que conecta el depósito 15 de fluido de almacenamiento en frío con el intercambiador térmico 19 de fluido de almacenamiento en frío.

Según se muestra en la Fig. 1, una realización ejemplar incluye, además, un recorrido 27 de flujo del depósito de almacenamiento intermedio que conecta de manera fluida el depósito 5 de fluido de almacenamiento en caliente con el depósito 15 de fluido de almacenamiento en frío por medio de un intercambiador térmico 29 de almacenamiento intermedio.

El ciclo reversible mostrado en la Fig. 1 es operable tanto en una fase de carga como en una fase de descarga.

En la fase de carga, el ciclo reversible opera como una bomba de calor en la que se convierte energía eléctrica en energía térmica almacenada en el depósito 5 de fluido de almacenamiento en caliente. En la Fig. 2 se muestra el ciclo térmico de esta fase. Tras la evaporación 48 contra el fluido de almacenamiento en frío en el intercambiador térmico 19 de fluido de almacenamiento en frío, se comprime 40 el fluido de trabajo por medio del compresor 32 utilizando una entrada de energía eléctrica procedente de un motor 34. En esta disposición, el intercambiador térmico 19 de fluido de almacenamiento en frío es un evaporador. Entonces, se almacena la energía térmica de este vapor de presión elevada mediante la eliminación del sobrecalentamiento y condensación 42 del vapor contra el fluido de almacenamiento en caliente en el intercambiador térmico 9 de fluido de almacenamiento en caliente. En esta disposición, el intercambiador térmico 9 de fluido de almacenamiento en caliente es un condensador. Entonces, se retira el calor sensible 44 del fluido de trabajo en fase líquida en un intercambiador térmico 29 de almacenamiento intermedio contra el fluido almacenado transferido desde el depósito 15 de fluido de almacenamiento en frío hasta el depósito 5 de fluido de almacenamiento en caliente por medio del recorrido 27 de flujo del depósito de almacenamiento intermedio. Durante la etapa de condensación, para minimizar la generación de entropía, es preferible mantener una pequeña diferencia de temperatura a través del intercambiador térmico 9 de fluido de almacenamiento en caliente garantizando que se mantenga elevado el caudal del fluido almacenado en el recorrido 7 de flujo del fluido de almacenamiento en caliente. Después del enfriamiento, el fluido de trabajo es estrangulado 46 de manera isoentálpica utilizando una válvula 38 de estrangulación antes de ser evaporado 48 en el intercambiador térmico de fluido de almacenamiento en frío, absorbiendo el fluido de trabajo calor del almacenamiento de baja temperatura. De nuevo, para que se logre una mínima generación de entropía, es preferible mantener una diferencia pequeña de temperatura a través del intercambiador térmico 19 de fluido de almacenamiento en frío garantizando que se mantenga elevado el caudal del fluido almacenado en el recorrido 17 de flujo del fluido de almacenamiento en frío.

En una configuración con un depósito 5 de fluido de almacenamiento en caliente y un depósito 15 de fluido de almacenamiento en frío, se evita la necesidad de elevados volúmenes de fluido almacenado para lograr caudales elevados a través del intercambiador térmico 9 de fluido de almacenamiento en caliente y del intercambiador térmico 19 de fluido de almacenamiento en frío, respectivamente. No obstante, durante el ciclo de carga, se elevará la temperatura del depósito 5 de fluido de almacenamiento en caliente mientras que caerá la temperatura del depósito 15 de fluido de almacenamiento en frío.

El uso de un intercambiador térmico 29 de fluido de almacenamiento intermedio tiene la ventaja de almacenar calor sensible, al igual que calor latente. Y la realización ejemplar mostrada en la Fig. 1 lleva el fluido almacenado desde el depósito 15 de fluido de almacenamiento en frío hasta el depósito de fluido de almacenamiento en caliente, encontrándose la porción del calor sensible exactamente entre las partes de condensación/evaporación de temperatura elevada y baja del ciclo de fluido de trabajo permitiendo la utilización óptima del almacenamiento de calor sensible.

Durante un ciclo de descarga, según se muestra en la Fig. 3, se invierte el procedimiento de carga. Una bomba 36 aumenta la presión del fluido de trabajo en fase líquida. En primer lugar, el fluido de trabajo absorbe el calor sensible 45 contra el fluido almacenado que pasa a través del recorrido 27 de flujo de almacenamiento intermedio desde el depósito 5 de fluido de almacenamiento en caliente hasta el depósito 15 de fluido de almacenamiento en frío según pasa a través del intercambiador térmico 29 de fluido de almacenamiento intermedio. Entonces, se evapora 48 el fluido de trabajo en el intercambiador térmico 9 de fluido de almacenamiento en caliente contra el fluido de almacenamiento en caliente. En esta disposición, el intercambiador térmico 9 de fluido de almacenamiento en caliente es un evaporador. Al igual que en el ciclo de carga, se hace circular el fluido de almacenamiento en caliente en el recorrido de flujo del fluido de almacenamiento en caliente con un caudal suficiente para dar lugar únicamente a una pequeña disminución de la temperatura a través del intercambiador térmico 9 de fluido de almacenamiento en caliente antes de ser alimentado de nuevo al depósito 5 de fluido de almacenamiento en caliente. Se expande 41 el fluido de trabajo ahora gaseoso en una turbina 32 y es utilizado para accionar un generador 34. Se cierra el ciclo condensando el fluido de trabajo contra el fluido de almacenamiento en frío en un intercambiador térmico 19 de fluido de almacenamiento en frío. En esta disposición, el intercambiador térmico 19 de fluido de almacenamiento en frío es operado como un condensador. Según continúa el procedimiento de descarga, se enfría el depósito 5 de fluido de almacenamiento en caliente mientras que se calienta el depósito 15 de fluido de almacenamiento en frío. Además, el fluido almacenado pasa del depósito 5 de fluido de almacenamiento en caliente al depósito 15 de fluido de almacenamiento en frío.

Como consecuencia de la irreversibilidad del ciclo es que no toda la energía que ha sido cargada con el compresor puede ser descargada por la turbina. La energía restante puede encontrarse en los depósitos, como una mayor temperatura bien del depósito caliente o bien del depósito frío. Este calor tiene que ser eliminado del ciclo, siendo esto una opción únicamente si la temperatura del depósito frío es superior a cualquier oportunidad disponible de eliminación del calor. Se puede utilizar el calor del depósito de temperatura elevada con el propósito de calentar habitaciones o de preparar agua caliente.

Como fluido almacenado adecuado para las realizaciones ejemplares descritas es agua; no obstante, se podrían utilizar otros fluidos almacenados que se correspondan con los requisitos termodinámicos requeridos.

- 5 Aunque la divulgación ha sido mostrada y descrita en la presente memoria en la que se concibe que es la realización ejemplar más práctica, los expertos en la técnica apreciarán que la presente divulgación puede implementarse en otras formas específicas. Por lo tanto, se considera en todos los sentidos que las realizaciones divulgadas en la presente memoria son ilustrativas y no restrictivas. Se indica el alcance de la divulgación por medio de las reivindicaciones adjuntas, no en la anterior descripción y se pretende que todos los cambios que se encuentren dentro del significado y del alcance y las equivalencias de los mismos estén abarcados en el mismo.

**Números de referencia**

- 5 Depósito de fluido de almacenamiento en caliente
- 7 Recorrido de flujo del fluido de almacenamiento en caliente
- 9 Intercambiador térmico de fluido de almacenamiento en caliente
- 15 Depósito de fluido de almacenamiento en frío
- 17 Recorrido de flujo del fluido de almacenamiento en frío
- 19 Intercambiador térmico de fluido de almacenamiento en frío
- 27 Recorrido de flujo de almacenamiento intermedio
- 29 Intercambiador térmico de almacenamiento intermedio
- 30 Circuito de flujo del fluido de trabajo
- 32 Compresor/turbina
- 34 Motor/generador
- 36 Bomba
- 38 Válvula de estrangulación
- 40 Compresión
- 41 Expansión
- 42 Condensación, eliminación del sobrecalentamiento
- 44 Almacenamiento de calor sensible
- 45 Calor sensible
- 46 Estrangulación isoentálpica
- 47 Recorrido de flujo del fluido de trabajo
- 48 Evaporación

REIVINDICACIONES

1. Un sistema para almacenar de manera reversible energía eléctrica como energía térmica que comprende un ciclo reversible de vapor subcrítico-líquido que tiene un recorrido (47) de flujo del fluido de trabajo que comprende:
  - 5 un intercambiador térmico (9) de fluido de almacenamiento en caliente configurado y dispuesto para intercambiar energía térmica entre el fluido de trabajo, según cambia de fase, y un fluido de almacenamiento en caliente;
  - un aparato (32) de cambio de la presión del vapor, configurado para cambiar la presión del fluido de trabajo en una fase de vapor y dispuesto de manera fluida adyacente al intercambiador térmico (9) de fluido de almacenamiento en caliente;
  - 10 un intercambiador térmico (19) de fluido de almacenamiento en frío, adyacente de manera fluida al aparato (32) de cambio de la presión del vapor configurado y dispuesto para intercambiar energía térmica entre el fluido de trabajo, según cambia de fase, y un fluido de almacenamiento en frío;
  - un aparato (36, 38) de cambio de la presión del líquido, adyacente de manera fluida al intercambiador térmico (19) de fluido de almacenamiento en frío, configurado para cambiar la presión de una fase líquida del fluido de trabajo;
  - 15 un intercambiador térmico (29) de almacenamiento intermedio ubicado de manera fluida entre el aparato (36, 38) de cambio de la presión y el intercambiador térmico (9) de fluido de almacenamiento en caliente, configurado y dispuesto para intercambiar calor sensible del fluido de trabajo con un fluido almacenado, comprendiendo el sistema, además:
    - 20 un depósito (5) de fluido de almacenamiento en caliente para almacenar el fluido de almacenamiento en caliente
    - un recorrido (7) de flujo del fluido de almacenamiento en caliente que pasa a través del intercambiador térmico (9) de fluido de almacenamiento en caliente y del depósito (5) de fluido de almacenamiento en caliente;
    - 25 un depósito (15) de fluido de almacenamiento en frío para almacenar el fluido de almacenamiento en frío;
    - un recorrido (17) de flujo del fluido de almacenamiento en frío que pasa a través del intercambiador térmico (19) de fluido de almacenamiento en frío y del depósito (15) de fluido de almacenamiento en frío, **caracterizado por** un recorrido (27) de flujo del depósito de almacenamiento intermedio que conecta de manera fluida el depósito (5) de fluido de almacenamiento en caliente con el depósito (15) de fluido de almacenamiento en frío por medio del intercambiador térmico (29) de almacenamiento intermedio.
    - 30
2. Un procedimiento para generar energía eléctrica a partir del almacenamiento térmico que comprende las etapas de:
  - 35 evaporar un fluido de trabajo de un ciclo de vapor-líquido en un intercambiador térmico (9) de fluido de almacenamiento en caliente contra un fluido de almacenamiento en caliente que circula a través de un intercambiador térmico (9) de fluido de almacenamiento en caliente y de un depósito (5) de fluido de almacenamiento en caliente;
  - 40 expandir el fluido evaporado de trabajo en una turbina (32) del ciclo de vapor-líquido para accionar un generador (34), de forma que genere electricidad; y condensar el fluido expandido de trabajo en un intercambiador térmico (19) de fluido de almacenamiento en frío contra un fluido de almacenamiento en frío que circula a través del condensador y de un depósito (15) de fluido de almacenamiento en frío;
  - 45 presurizar el fluido condensado de trabajo en una bomba (36), **caracterizado por** calentar el fluido presurizado de trabajo en un intercambiador térmico (29) de almacenamiento intermedio contra un fluido almacenado que pasa desde el depósito (5) de fluido de almacenamiento en caliente hasta el depósito (15) de fluido de almacenamiento en frío.
3. Un procedimiento para almacenar energía eléctrica como energía térmica que comprende las etapas de
  - 50 estrangular isoentálpicamente un fluido de trabajo de un ciclo de vapor-líquido utilizando una válvula (38) de estrangulación;
  - evaporar el fluido estrangulado de trabajo en un intercambiador térmico (19) de fluido de almacenamiento en frío contra un fluido de almacenamiento en frío que circula a través del intercambiador térmico (19) de fluido de almacenamiento en frío y de un depósito (15) de fluido de almacenamiento en frío;
  - 55 comprimir el fluido evaporado de trabajo en un compresor (32) accionado por un motor (34), introduciendo, de ese modo, energía eléctrica en el ciclo de vapor-líquido; y
  - condensar el fluido comprimido de trabajo en un intercambiador térmico (9) de fluido de almacenamiento en caliente contra un fluido de almacenamiento en caliente que circula a través del intercambiador térmico (9) de fluido de almacenamiento en caliente y de un depósito (5) de fluido de almacenamiento en caliente,

**caracterizado por** enfriar el fluido condensado de trabajo en un intercambiador térmico (29) de almacenamiento intermedio contra un fluido almacenado que pasa desde el depósito (15) de fluido de almacenamiento en frío hasta el depósito (5) de fluido de almacenamiento en caliente.



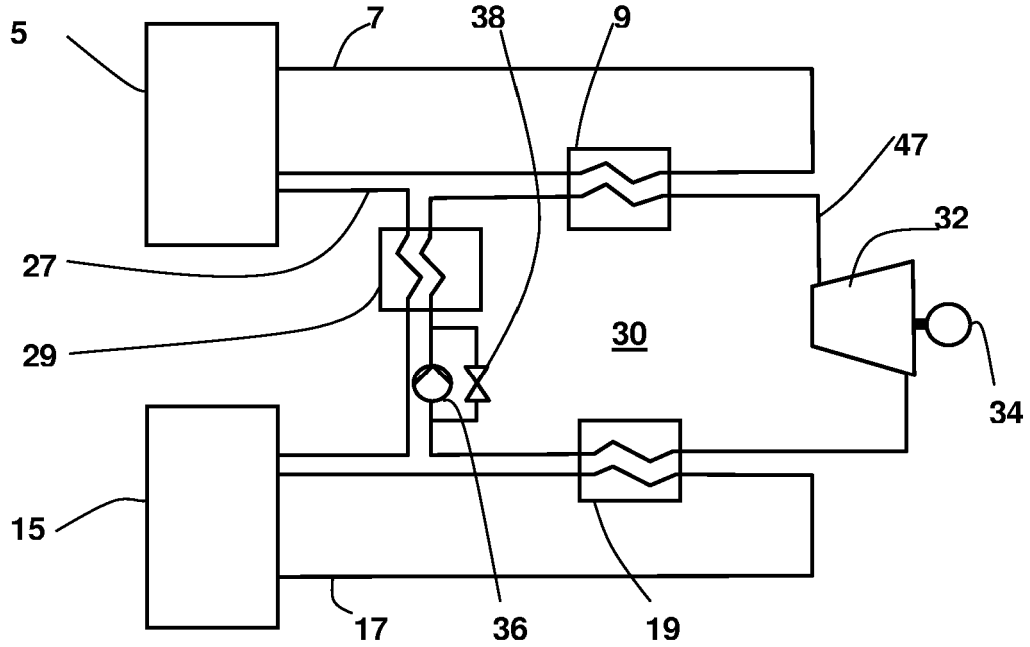


FIG. 1

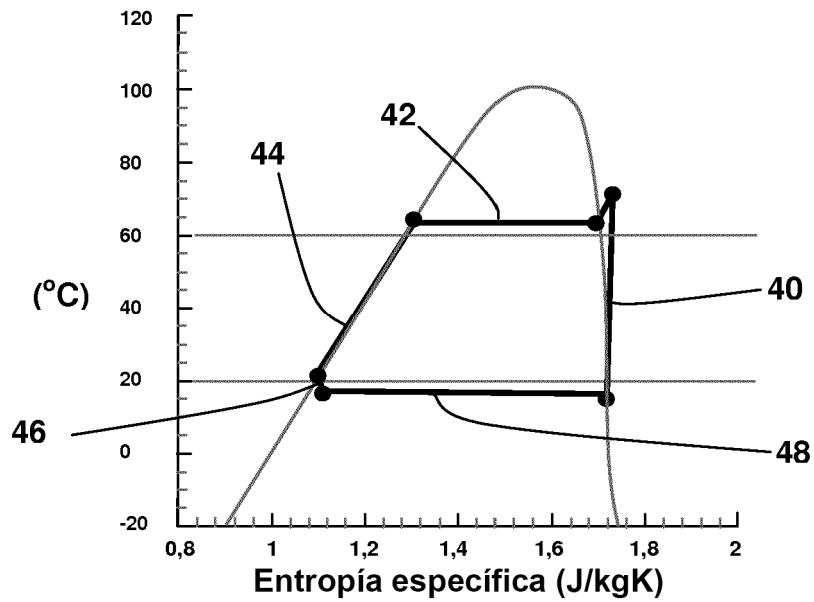


FIG. 2

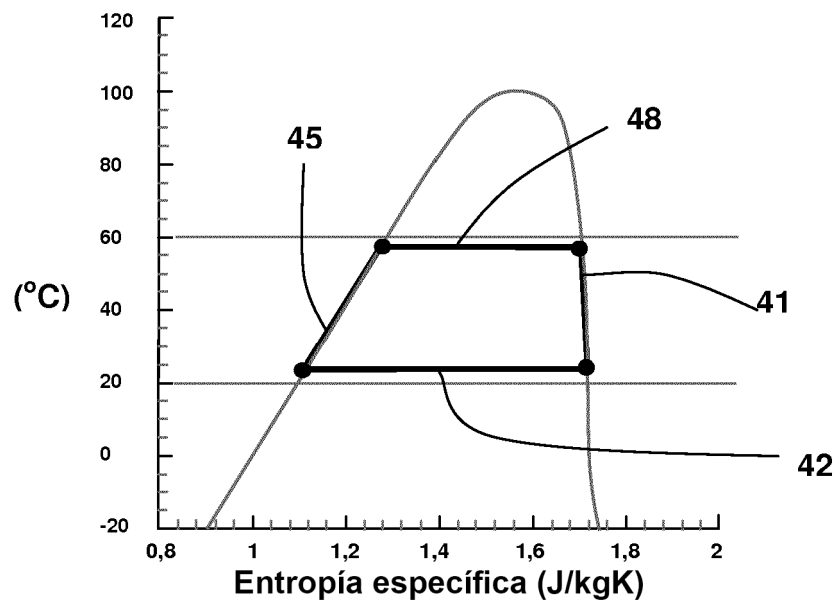


FIG. 3