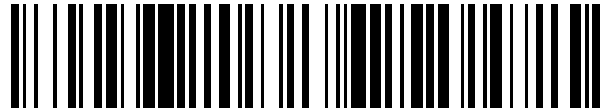


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 567 754**

51 Int. Cl.:

F03G 6/06

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.12.2010 E 10796320 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.03.2016 EP 2488752**

54 Título: **Central térmica solar y procedimiento para operar una central térmica solar**

30 Prioridad:

22.12.2009 DE 102009060089

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

26.04.2016

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**BIRNBAUM, JÜRGEN;
GOTTFRIED, PETER;
PREITL, ZSUZSA y
THOMAS, FRANK**

74 Agente/Representante:

LOZANO GANDIA, José

ES 2 567 754 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).

CENTRAL TÉRMICA SOLAR Y PROCEDIMIENTO PARA OPERAR UNA CENTRAL TÉRMICA SOLAR**DESCRIPCIÓN**

5 La invención se refiere a una central térmica solar con una unidad generadora de vapor de colector solar para generar vapor, con una unidad de sobrecalentamiento del vapor de colector solar postconectada a la unidad generadora de vapor de colector solar, para sobrecalentar el vapor y una turbina de vapor conectada mediante un sistema de tuberías de vapor con una salida de la unidad de sobrecalentamiento del vapor de colector solar, la cual se alimenta durante el funcionamiento con el vapor sobrecalentado. Además se refiere la invención a un procedimiento para operar una tal central térmica solar.

10 Las centrales térmicas solares representan una alternativa a la generación eléctrica tradicional. Actualmente se realizan las centrales térmicas solares con colectores de canal parabólico con una evaporación indirecta mediante un circuito de aceite adicional. Para el futuro se desarrollarán centrales térmicas solares con evaporación directa. Una central térmica solar con evaporación directa puede estar compuesta por ejemplo por uno o varios campos solares con en cada caso varios colectores de canal parabólico y/o colectores Fresnel, en los cuales primeramente se precalienta el agua de alimentación que hasta allí se bombea y se evapora y finalmente se sobrecalienta el vapor. El vapor sobrecalentado se conduce a una parte convencional de la central, en la que la energía térmica del vapor de agua se transforma en energía eléctrica. Ventajosamente se realiza primeramente un precalentamiento y evaporación del agua en primeros campos solares con varios ramales paralelos de colectores de canal parabólico y/o colectores Fresnel (a continuación denominados también "campos solares evaporadores"). El vapor generado o bien la mezcla de agua-vapor generada se conduce a continuación primeramente a un separador de vapor, para separar el agua que queda aún sin evaporar. A continuación se conduce el vapor a las unidades de sobrecalentamiento del vapor de colector solar. Las unidades de sobrecalentamiento del vapor de colector solar pueden ser colectores solares individuales, varios ramales paralelos de colectores solares o campos solares compuestos a su vez por varios ramales de colectores solares.

15 20 25 30 Una central con una parte de central térmica solar como la indicada se conoce por los documentos US-A-2007/0157614, WO-A-2008 114248, US-A-2008 0092551 y US-A-2007 0221208.

35 En la parte de central se conduce el vapor sobrecalentado que proviene de las unidades de sobrecalentamiento del vapor de colector solar a una turbina, que acciona un generador. En el subsiguiente enfriamiento en un condensador se transforma el vapor de nuevo en agua, que se acumula en un recipiente de agua de alimentación y que se conduce mediante la bomba de agua de alimentación a los campos solares. Para una utilización eficiente de la energía puede presentar la parte de central no sólo una turbina, sino varias turbinas conectadas una tras otra en la dirección de transporte del vapor, por ejemplo una turbina de alta presión, en la que primeramente se conduce el vapor vivo y una turbina de media presión y/o de baja presión, en la que se utiliza de nuevo el vapor procedente de la turbina de alta presión.

40 45 50 Al funcionamiento de una turbina se le han impuesto por lo general estrictos límites de temperatura, para lograr con un rendimiento lo más alto posible una vida útil lo más larga posible. Cuando desciende la temperatura del vapor demasiado fuertemente, se reduce el rendimiento. Por el contrario una temperatura demasiado elevada puede originar daños en la turbina y acortar su vida útil. Una gama típica de temperaturas se encuentra entre 390 y 500 °C, pudiendo encontrarse la presión del vapor entre 41 y 140 bar. No obstante estos parámetros pueden variar de una instalación a otra en función del diseño de los componentes. Por el documento DE-A-103 29 623 se conoce la utilización de un acumulador térmico para compensar oscilaciones de la temperatura en una parte de la central térmica solar.

55 No obstante sigue persistiendo la problemática de que la temperatura del vapor vivo aportado a la turbina ha de mantenerse lo más estable posible y no debe estar sometida a grandes oscilaciones. Por ello es necesario realizar una regulación adecuada de la temperatura del vapor vivo, que esté en condiciones incluso en funcionamiento no estacionario, es decir, cuando la potencia de la central varía, de mantener la temperatura del vapor vivo en un valor de consigna constante.

60 65 Una regulación de la temperatura del vapor puede lograrse con equipos enfriadores del vapor, por ejemplo en el campo de las unidades de sobrecalentamiento del vapor de colector solar, que enfrían el vapor sobrecalentado, que al principio se encuentra por encima de la temperatura realmente deseada, hasta la temperatura necesaria. Usualmente se utilizan para ello enfriadores de inyección, que inyectan cantidades de exactamente definidas de agua en el vapor y con ello lo enfrían. Otros equipos enfriadores del vapor mezclan vapor frío añadiéndolo. En función de la aportación de calor y/o la caída de la carga, puede reducirse o incrementarse la cantidad de medio refrigerante para mantener la temperatura deseada.

No obstante bajo circunstancias extremas, tal como las que pueden presentarse sin más durante el funcionamiento no estacionario de centrales térmicas solares, no siempre puede garantizarse desde luego una temperatura de vapor vivo constante mediante el sistema de inyección utilizado, ya que los equipos

enfriadores del vapor salen en un caso extremo de su gama de regulación. Por ejemplo en un paso de
nubes de gran superficie sobre el campo solar, no puede mantenerse la temperatura del vapor vivo
incluso cerrando completamente el enfriador de inyección, al reducirse bruscamente la aportación de
5 del agua de alimentación, ya que la misma presenta en comparación con los enfriadores de inyección u
otros equipos de enfriamiento del vapor un comportamiento en el tiempo con mucha más inercia.

Actualmente inciden primeras planificaciones en dotar centrales térmicas solares de acumuladores
térmicos de larga duración adecuados. Estos acumuladores deben cargarse, extrayendo vapor del circuito
10 principal del campo solar, directamente antes de la turbina. Con ello ciertamente se dispone de menos
calor para el flujo que atraviesa la turbina. Pero a la inversa, caso necesario puede utilizarse la energía
térmica existente en el acumulador, para proporcionar una cantidad de vapor adicional y así compensar
una caída de potencia transitoria, por ejemplo debida a un fallo breve, parcial o completo, del campo solar
15 a causa de un ensombrecimiento. Pero una compensación rápida de la temperatura no es posible hasta
ahora ni está prevista con los conceptos actuales.

Es un objetivo de la presente invención mejorar una central térmica solar así como un procedimiento para
operar una central térmica solar de la clase citada al principio tal que incluso para una potencia parcial de
20 la unidad generadora de vapor de colector solar y/o de la unidad de sobrecalentamiento del vapor de
colector solar la temperatura del vapor vivo para la turbina pueda mantenerse más fácilmente dentro de
límites predeterminados.

Este objetivo se logra por un lado mediante una central térmica solar según la reivindicación 1 y por otro
25 mediante un procedimiento según la reivindicación 14.

Una central térmica solar como la descrita al principio presenta para ello según la invención un
acumulador intermedio, que está conectado con el sistema de tuberías de vapor al menos en un primer
punto de conexión del acumulador de alta temperatura situado entre la unidad de sobrecalentamiento del
vapor de colector solar y la turbina de vapor. Esta conexión puede realizarse mediante un equipo de
30 válvulas de conexión al acumulador con una o varias válvulas. Además se necesita un equipo enfriador
del vapor (denominado también a continuación "equipo de enfriamiento final del vapor") dispuesto en el
sistema de tuberías de vapor entre el punto de conexión del acumulador de alta temperatura y la turbina
de vapor. Opcionalmente puede encontrarse entre el primer punto de conexión del acumulador de alta
temperatura y la turbina de vapor un segundo punto de conexión del acumulador de alta temperatura.
35 Finalmente necesita la central térmica solar un equipo de control, configurado tal que regula durante el
funcionamiento la temperatura del vapor sobrecalentado hasta una temperatura del vapor vivo de la
turbina en la que el vapor se sobrecalienta primeramente en la unidad de sobrecalentamiento de vapor de
colector solar hasta una temperatura final del sobrecalentador de vapor que se encuentra por encima de
la temperatura del vapor vivo de la turbina y a continuación mediante el equipo de enfriamiento final del
40 vapor se enfría hasta la temperatura del vapor vivo de la turbina y porque en un modo de funcionamiento
de acumulación una parte del vapor sobrecalentado se conduce en el primer punto de conexión del
acumulador de alta temperatura al acumulador intermedio y se conduce en un modo de funcionamiento
de extracción vapor sobrecalentado desde un acumulador intermedio al sistema de tuberías de vapor en
el primer punto de conexión del acumulador de alta temperatura y/o el segundo punto de conexión del
45 acumulador de alta temperatura.

El modo de funcionamiento del acumulador se elige entonces convenientemente cuando se encuentra la
central térmica solar en un funcionamiento de sobrepotencia, en el que el campo de colectores solares
50 aporta más potencia de vapor que la que se consume. El modo de funcionamiento de extracción se elige
cuando la central térmica solar se encuentra en un funcionamiento de subpotencia, es decir, cuando el
campo de colector solar aporta menos potencia de vapor que la que realmente se consume. Queda claro
que en una tal instalación la capacidad del campo solar, es decir, de la/s unidad/es generadora/s de vapor
de colector solar y de la/s unidad/es de sobrecalentamiento del vapor de colector solar debe estar
55 dimensionada mayor que lo que sería necesario en un funcionamiento promedio normal, para
proporcionar así suficiente capacidad para llenar el acumulador intermedio durante el modo de
funcionamiento de acumulación.

En el proceso de funcionamiento correspondiente a la invención se regula por lo tanto la temperatura del
vapor sobrecalentado por ejemplo midiendo una temperatura real actual hasta una temperatura del vapor
60 vivo de la turbina predeterminada (como temperatura de consigna), sobrecalentando el vapor
primeramente hasta una temperatura final del sobrecalentador del vapor que se encuentra por encima de
la temperatura de vapor vivo de la turbina y sólo a continuación se enfría en un equipo enfriador del vapor
situado detrás de la unidad de sobrecalentamiento del vapor de colector solar hasta la temperatura del
vapor vivo de turbina. En el modo de funcionamiento de acumulación se conduce una parte del vapor
65 sobrecalentado desde el equipo enfriador del vapor hasta un acumulador intermedio y en un modo de
funcionamiento de extracción se extrae vapor sobrecalentado del acumulador intermedio antes y/o
después del equipo enfriador del vapor, es decir, se conduce de nuevo al sistema de tuberías de vapor
antes de la turbina.

Un punto clave esencial para la invención consiste así en que primeramente se realiza el sobrecalentamiento del vapor hasta la temperatura final del sobrecalentador de vapor por encima de la temperatura del vapor vivo deseada para la turbina y en que el acumulador intermedio está conectado al sistema de tuberías de vapor tal que se conduce vapor con esta temperatura final del sobrecalentador de vapor (y no con la temperatura del vapor vivo que necesita la turbina) al acumulador. Es decir, el vapor necesario para cargar el acumulador se extrae del circuito principal de vapor en el punto con la máxima temperatura del vapor. Así existe la posibilidad de devolver en el modo de extracción también vapor del acumulador intermedio que presenta una temperatura más elevada que la temperatura del vapor vivo, con lo que - a diferencia de lo que sucede en los conceptos actuales - el acumulador no sólo puede utilizarse para proporcionar vapor adicional sino también para oponerse a una caída de la temperatura del vapor que procede de la unidad de sobrecalentamiento del vapor de colector solar, es decir, para compensar esta caída de temperatura aportando un vapor más caliente. Mediante la mezcla añadiendo vapor a temperatura más alta de la forma correspondiente a la invención puede así, incluso cuando está completamente desactivado el equipo de enfriamiento final del vapor, es decir, cuando está cerrada la válvula de inyección, seguir manteniéndose constante la temperatura del vapor vivo dentro de determinados límites, aún cuando el vapor aportado por la unidad de sobrecalentamiento del vapor de colector solar se encuentre por debajo de la temperatura del vapor vivo. Así aumenta la disponibilidad y flexibilidad de funcionamiento de la central térmica solar en su conjunto.

Una ventaja adicional de la configuración consiste en que para una demanda a corto plazo de reservas de potencia (la llamada "reserva de segundos") puede utilizarse la energía térmica almacenada en el acumulador de larga duración para una generación de vapor adicional, incluso cuando no exista ninguna caída de temperatura del vapor que procede de la unidad de sobrecalentamiento del vapor de colector solar, sino solamente que para aumentar la potencia debe incrementarse la cantidad de vapor. El vapor generado adicionalmente puede añadirse mezclándolo con el flujo de vapor principal introduciéndolo de nuevo en el sistema de tuberías de vapor antes del equipo enfriamiento final del vapor y llevarse en el equipo enfriador hasta la temperatura del vapor vivo. Mediante el acoplamiento ventajoso del acumulador intermedio con el sistema de tuberías de vapor antes del equipo de enfriamiento final del vapor, puede en consecuencia garantizarse también de manera sencilla una temperatura del vapor vivo constante durante la aportación de la reserva de segundos.

Adicionalmente podría utilizarse el acumulador intermedio en tiempos poco soleados, en particular al atardecer y por la noche, para seguir generando vapor y generar electricidad con la central térmica solar también en ese tiempo. Puesto que el nivel de temperatura final del vapor de salida del acumulador intermedio se encuentra por encima de la temperatura del vapor vivo requerida, puede mantenerse mediante el equipo enfriador del vapor la temperatura del vapor vivo también en este modo de funcionamiento durante más tiempo. Un descenso de la temperatura del vapor vivo conducido por el equipo enfriador del vapor y aceptado por la turbina sería igualmente posible con esta configuración, por ejemplo cuando el acumulador intermedio se vacía durante el funcionamiento por la noche.

En la variante más sencilla y especialmente preferente se realiza la aportación del vapor desde el acumulador intermedio al sistema de tuberías de vapor durante el modo de funcionamiento de extracción con preferencia en el propio primer punto de conexión del acumulador de alta temperatura, es decir, en el mismo punto de conexión en el que también se conduce el vapor al acumulador en el modo de funcionamiento de acumulación. De esta manera puede utilizarse el equipo de enfriamiento final del vapor dispuesto de todos modos dentro del sistema de tuberías de vapor para enfriar también el vapor sobrecalentado procedente del acumulador intermedio durante el modo de funcionamiento de extracción hasta la temperatura del vapor vivo adecuada.

En otro ejemplo de ejecución se conduce el vapor sobrecalentado al sistema de tuberías de vapor desde el acumulador intermedio en el segundo punto de conexión del acumulador de alta temperatura. En este caso debería estar dispuesto en la tubería de entrada del acumulador intermedio hacia el punto de conexión del acumulador de alta temperatura del sistema de tuberías de vapor con preferencia igualmente un equipo enfriador del vapor, para así enfriar separadamente hasta la temperatura del vapor vivo el vapor sobrecalentado procedente del acumulador intermedio, que desde luego debe tener una temperatura superior a la temperatura de vapor vivo. Ciertamente implica una tal tubería de entrada adicional al segundo punto de conexión del acumulador de alta temperatura y un segundo equipo enfriador del vapor costes adicionales, pero aquí puede regularse la temperatura del vapor procedente del acumulador intermedio separada e independientemente del flujo de vapor principal procedente del equipo de enfriamiento final del vapor, con lo que también esta variante pueden ser procedente en función de las otras prescripciones de diseño de la instalación.

Las reivindicaciones dependientes, así como la descripción que sigue, contienen de manera especialmente ventajosa configuraciones y perfeccionamientos de la invención, señalando explícitamente que el procedimiento correspondiente a la invención también puede perfeccionarse en función de las reivindicaciones dependientes respecto a la central térmica solar y a la inversa.

En el modo de funcionamiento de acumulación se conecta preferiblemente el acumulador intermedio abriendo una válvula con el sistema de tuberías de vapor entre la unidad de sobrecalentamiento del vapor

de colector solar y la turbina de vapor, regulándose en una variante preferente la apertura de la válvula en función de un valor de consigna prescrito para el flujo másico en el sistema de tuberías de vapor delante de la turbina de vapor. En otra variante preferente se regula la apertura de la válvula a una presión constante delante de la turbina de vapor.

5

En el modo de funcionamiento de extracción se conecta el acumulador intermedio igualmente mediante apertura de una válvula con el sistema de tuberías de vapor entre la unidad de sobrecalentamiento de vapor de colector solar y la turbina de vapor, regulándose no obstante preferiblemente aquí la apertura de la válvula a una temperatura constante en el sistema de tuberías de vapor en el punto de conexión del acumulador de alta temperatura. Si se realiza la introducción del vapor desde el acumulador intermedio en el primer punto de conexión del acumulador de alta temperatura, en el que el vapor se conduce también desde el sistema de tuberías de vapor al acumulador, puede de esta manera cuidarse de que antes del último equipo enfriador del vapor la temperatura se mantenga ya a un valor lo más constante posible, con lo que en el marco de la regulación de temperatura con ayuda del equipo de enfriamiento final del vapor no se presenten oscilaciones de regulación importantes.

10

15

Como acumulador intermedio puede servir básicamente un acumulador de vapor sencillo, en el que se introduce sencillamente el vapor sobrecalentado y del que se toma el mismo de nuevo. Un tal acumulador de vapor puede ser por ejemplo un llamado acumulador Ruths con una caldera a presión aislada.

20

Pero con preferencia incluye el acumulador intermedio un acumulador de calor, en el que se extrae energía térmica al vapor introducido en el modo de funcionamiento de acumulación, la cual puede almacenarse a continuación en el acumulador de calor. A la inversa se aporta en un modo de funcionamiento de extracción la energía térmica acumulada de nuevo al vapor, antes de conducirlo al sistema de tuberías de vapor.

25

El acumulador de calor puede entonces estar constituido tal que la energía térmica se acumula o se cede de nuevo mediante una transición de fase de un medio acumulador, es decir, puede tratarse de un llamado acumulador PCM (PCM = Phase Change Material; material que cambia de fase). El medio que acumula calor de un acumulador PCM puede estar compuesto por ejemplo por sales o sales ya fundidas. Un cambio de fase de las sales entre un estado sólido y un estado líquido y/o de las sales fundidas entre un estado líquido y un estado gaseoso se utiliza entonces para acumular energía térmica. A la inversa se libera de nuevo energía térmica en una transición de fase de gaseoso a líquido o de líquido a sólido. El transporte de calor entre el vapor y el medio acumulador puede realizarse por ejemplo dentro de un intercambiador de calor, preferiblemente en un registro tubular.

30

35

Alternativa o adicionalmente puede incluir el acumulador intermedio también al menos un acumulador de calor en el que la energía térmica se acumula o se cede de nuevo en un medio acumulador sin transición de fase. Como medio acumulador puede utilizarse aquí por ejemplo hormigón de alta temperatura. También en estos tipos de acumuladores puede realizarse el transporte del calor en un intercambiador de calor, preferiblemente dentro de un registro tubular. Actualmente existen ya materiales de hormigón de alta temperatura que trabajan en la gama de hasta 400 °C. Otros materiales que trabajan en la gama de hasta 500 °C se encuentran en desarrollo.

40

En un ejemplo de ejecución especialmente preferente incluye el acumulador intermedio precisamente varias etapas de acumulador para captar y ceder energía térmica. Al respecto están constituidas con especial preferencia al menos dos de las etapas de acumulador funcionalmente diferentes. Es decir, está constituida por ejemplo una etapa de acumulador como acumulador PCM y otra etapa de acumulador con un acumulador de calor en el que se acumula la energía térmica sin transición de fases.

45

50

En una variante del acumulador intermedio con varias etapas de acumulador se licúa en una de las etapas de acumulador el vapor en el modo de funcionamiento de acumulación y en el modo de funcionamiento de extracción, en función del estado de funcionamiento de la instalación, por ejemplo a carga reducida con baja presión, se evapora de nuevo también en esta etapa de acumulador el agua. En particular en una tal estructura están constituidas las etapas de acumulador con preferencia funcionalmente en paralelo a la unidad generadora de vapor de colector solar con la unidad de sobrecalentamiento del vapor de colector solar conectada a continuación. Es decir, que por ejemplo el acumulador intermedio está dispuesto en paralelo a los campos solares como en un tipo de bypass entre la tubería de agua de alimentación y el sistema de tuberías de vapor delante de la turbina y escalonado de manera similar a las distintas etapas en los campos solares. Al respecto está dispuesta en paralelo a las unidades de generación del vapor de colector solar una etapa de acumulador, en la que en el modo de funcionamiento de acumulación se licúa vapor y en el modo de funcionamiento de extracción se evapora agua y en paralelo a las unidades de sobrecalentamiento del vapor de colector solar están dispuestas entonces las etapas de acumulador que en el modo de funcionamiento de acumulación enfrían el vapor sobrecalentado y en el modo de funcionamiento de extracción sobrecalientan de nuevo el vapor.

55

60

65

En función de la estructura del acumulador intermedio o bien de las etapas de acumulador utilizadas, está conectado el acumulador intermedio a al menos un punto de conexión del acumulador de baja temperatura con distintas tuberías o bien otros componentes en el sistema de tuberías de la central

térmica solar. También en el lado de baja temperatura se realiza la conexión como en el lado de alta temperatura adecuadamente mediante un equipo de válvulas de conexión del acumulador con una o varias válvulas.

5 Si por ejemplo en una de las etapas de acumulador se licúa el vapor en el modo de funcionamiento de
 10 acumulación, entonces puede estar conectado el acumulador intermedio en el punto de conexión del
 acumulador de baja temperatura preferiblemente con una tubería de agua de alimentación, a través de la
 cual el agua que se forma en el acumulador intermedio se conduce como agua de alimentación a la
 unidad generadora de vapor de colector solar. Con especial preferencia está conectado entonces el
 acumulador intermedio en el punto de conexión del acumulador de baja temperatura mediante una bomba
 con la tubería de agua de alimentación.

15 En esta estructura puede por lo tanto conducirse, en el modo de funcionamiento de acumulación, en el
 punto de conexión del acumulador de alta temperatura, continuamente nuevo vapor sobrecalentado al
 acumulador intermedio. En las etapas del acumulador se enfría a continuación el vapor y finalmente se
 licúa en una etapa del acumulador para formar de nuevo agua, que a continuación se conduce mediante
 20 la bomba a la tubería de agua de alimentación y con ello por ejemplo a los campos solares. La energía
 térmica se acumula entonces en las distintas etapas de acumulador. En el modo de funcionamiento de
 extracción puede entonces a la inversa extraerse agua de alimentación también de la tubería de agua de
 alimentación, que a continuación en una de las etapas de acumulador primeramente se evapora y en las
 otras etapas de acumulador se sobrecalienta cediéndose la energía térmica acumulada, con lo que a
 continuación se conduce el vapor sobrecalentado de nuevo en el punto de conexión del acumulador de
 alta temperatura al sistema de tuberías de vapor.

25 Puesto que las distintas etapas de acumulador no están forzosamente en condiciones durante todo el
 modo de funcionamiento de acumulación de absorber nueva energía térmica a una velocidad constante,
 puede suceder que al final de las etapas de acumulador, en el punto de conexión del acumulador de baja
 temperatura, en función de la duración del modo de funcionamiento de acumulación, es decir, una vez
 30 que ya se ha realizado la absorción de energía del acumulador intermedio, varíen las condiciones de
 temperatura y presión y en función de las condiciones actuales se forme allí agua, vapor o una mezcla de
 agua/vapor. Por lo tanto con especial preferencia está conectado el acumulador intermedio en un punto
 de conexión del acumulador de baja temperatura (directa o indirectamente, es decir, dado el caso a través
 de otros componentes) con un condensador y/o un equipo de expansión de la central térmica solar. El
 35 equipo de expansión puede ser por ejemplo un depósito de expansión o similar, en el que se expande por
 ejemplo atmosféricamente el vapor o la mezcla agua/vapor que se encuentra bajo presión. Al respecto
 puede servir en el sentido de la invención también un recipiente de agua de alimentación con un diseño
 adecuado como equipo de expansión para derivar el medio en el extremo del lado de baja temperatura
 del acumulador intermedio. En particular puede estar antepuesto también entre la salida del lado de baja
 40 temperatura del acumulador intermedio y el condensador preferiblemente un depósito de expansión. Esto
 es procedente en particular cuando el fabricante del sistema condensador ha prescrito que desde una tal
 tubería secundaria sólo debería entrar medio líquido en el condensador. La tubería de entrada a un
 condensador o bien a un equipo de expansión tiene la ventaja de que independientemente de las
 condiciones de temperatura y presión y del estado de agregación del medio a la salida del acumulador
 45 intermedio, puede evacuarse el medio. Con ello es posible una carga (térmica) completa también de la
 última etapa de acumulador del lado de baja temperatura. Es decir, el acumulador intermedio puede
 conducirse en conjunto a un nivel de temperatura superior al de un diseño en el que sólo es posible un
 funcionamiento de acumulación, siempre que la capacidad de alojamiento de la última etapa acumuladora
 sea suficiente para transformar el vapor por completo en la fase líquida. A la inversa en el modo de
 50 funcionamiento de extracción puede extraerse de nuevo una mayor cantidad de energía o energía térmica
 del acumulador intermedio a un nivel de temperatura comparativamente alto y con ello también apoyarse
 mejor en el funcionamiento a plena carga del campo solar la temperatura del vapor vivo.

55 Con preferencia puede estar conectado también el acumulador intermedio en diversos puntos de
 conexión del acumulador de baja temperatura con diversas tuberías de vapor, en las que durante el
 funcionamiento se conduce vapor a distintas temperaturas o presiones. La conexión con las diversas
 tuberías de vapor en los distintos puntos de conexión del acumulador de baja temperatura se realiza
 ventajosamente mediante válvulas adecuadas que pueden controlarse individualmente. Al respecto está
 60 dispuesta al menos una parte de los puntos de conexión del acumulador de baja temperatura en tuberías
 de vapor de salida de una turbina de vapor y/o al menos una parte de los puntos de conexión del
 acumulador de baja temperatura con intercambiadores de vapor. La conexión del acumulador intermedio
 con diversos puntos de conexión del acumulador de baja temperatura a un condensador o bien equipo de
 expansión y/o a diversas tuberías de vapor puede también utilizarse en acumuladores intermedios que no
 65 presenten ninguna etapa acumuladora en la que se condense el vapor. Si hay conexiones con diversas
 tuberías de vapor en las que se conduzca vapor con distintas temperaturas y presiones, entonces puede
 abrirse siempre la válvula hacia la tubería de vapor en la que se conduzca vapor con la gama de
 temperaturas de vapor adecuada y en la gama de presiones adecuada.

La invención se describirá a continuación más en detalle en base a ejemplos de ejecución con referencia
 al dibujo adjunto.

La única figura muestra un diagrama de bloques esquemático de una central térmica solar según un ejemplo de ejecución preferente de la invención.

5 La figura muestra muy simplificada una central térmica solar con evaporación directa. Ésta presenta una
 10 unidad generadora de vapor de colector solar 2 formada por varios ramales de colectores solares para
 evaporar agua de alimentación que se conduce a través de una tubería de agua de alimentación. La
 unidad generadora de vapor de colector solar 2 lleva conectada a continuación una unidad de
 15 sobrecalentamiento del vapor de colector solar 4 formada igualmente por varios ramales de colector solar,
 para sobrecalentar el vapor generado por la unidad generadora de vapor de colector solar 2. Entre la
 unidad generadora de vapor de colector solar 2 y la unidad de sobrecalentamiento del vapor de colector
 solar 4 encuentra un separador de vapor 3, en el que el agua residual aún existente en el vapor se separa
 y se conduce mediante una tubería de retorno 11 con una bomba 9 de nuevo a la tubería de agua de
 20 alimentación 10. El vapor que procede de la unidad de sobrecalentamiento del vapor de colector solar 4
 se conduce a través de un sistema de tuberías de vapor 13 a una turbina de alta presión 40. Delante de la
 entrada de la turbina 41 se encuentra una válvula de bloqueo o válvula reguladora de la turbina 18.
 Mediante un eje de accionamiento de salida 45 está unida la turbina 40 con un engranaje 46, que está
 unido a su vez con un generador 62, para transformar la energía cinética del eje de accionamiento en
 energía eléctrica.

25 El vapor utilizado en la turbina de alta presión 40 se conduce a continuación por etapas a diversas salidas
 de la turbina de alta presión 40 en tuberías de vapor de salida 42, 43, 44, que conducen a
 intercambiadores de calor 47 con los que puede precalentarse el agua de alimentación para la unidad
 generadora de vapor de colector solar 2. Además se conduce una parte del vapor de la tubería de vapor
 de salida 44 a una entrada de turbina 56 de una turbina de baja presión 50, para seguir utilizando el vapor
 30 para la transformación en energía eléctrica. Un eje de accionamiento de salida 53 de esta turbina de
 baja presión 50 está unido para ello igualmente con el generador 62. En la tubería de vapor hacia la
 entrada de la turbina 36 se encuentra por un lado un separador 52, para separar agua condensada, así
 como un intercambiador de calor 51, en el que se calienta de nuevo (recalentamiento intermedio) el vapor,
 antes de conducirlo a la turbina de baja presión 50. Mediante una válvula 54 situada delante de la entrada
 a la turbina 56 puede regularse la presión a la entrada de la turbina de baja presión 50. Para aportar al
 vapor para la turbina de baja presión 50 en el intercambiador de calor 51 energía térmica adicional, es
 35 recorrido el mismo por vapor que se deriva mediante una válvula de derivación 48 en una tubería de
 derivación 49 del vapor sobrecalentado previsto para la turbina de alta presión 40. El vapor que procede
 de la tubería de vapor 49 se condensa entonces en el intercambiador de calor 51 y se conduce mediante
 una tubería 55 a través del intercambiador de calor 47 a un recipiente de agua de alimentación 63.

40 La turbina de baja presión 50 presenta igualmente en diversas etapas de la turbina varias salidas, que
 están conectadas con tuberías de vapor de salida 57, 58, 59, 60, 61. Una tubería de vapor de salida 57
 conduce al recipiente de agua de alimentación 63.

45 Otra tubería de vapor de salida 61, que se encuentra completamente al final de la turbina de baja presión
 50, es decir, la tubería con la presión de vapor más baja de todas, conduce a un condensador 65, que
 está conectado mediante otro intercambiador de calor 67 con una torre de refrigeración 68. En este
 condensador 65 se condensa el vapor residual para formar agua, que mediante una bomba 69 es
 conducida al depósito de agua de alimentación 63. En el trayecto hacia allí puede atravesar el mismo
 50 varios intercambiadores de calor 70, que son alimentados mediante las tuberías de vapor de salida 58,
 59, 60 con vapor residual de la turbina de baja presión 50. En estos intercambiadores de calor 70 se
 condensa el vapor residual igualmente para formar agua, que se mezcla en el punto de mezcla 66 con el
 agua condensada en el condensador 65 y se conduce con la misma mediante la bomba 69 de nuevo a
 través de los intercambiadores de calor 70 al recipiente de agua de alimentación 63. De esta manera se
 condensa el agua de forma efectiva y se mantiene a una temperatura elevada (inferior a la temperatura
 del vapor) sin malgastar la energía térmica en el vapor residual.

55 Al recipiente de agua de alimentación 63 se conduce también el agua condensada en los otros
 intercambiadores de calor 51, 47. El agua de alimentación se conduce a través de una tubería de agua de
 alimentación 10 mediante una bomba de agua de alimentación 64 a continuación de nuevo a la unidad
 generadora de vapor de colector solar 2, para cerrar así el circuito.

60 La unidad generadora de vapor de colector solar 2 está compuesta aquí, tal como ya se ha mencionado,
 por varios ramales de colectores solares 5 individuales. Al respecto puede tratarse por ejemplo de
 colectores de canal parabólico o de colectores Fresnel. Aquí se representan sólo cuatro ramales cada uno
 con tres colectores 5. En realidad presenta una central térmica solar como la indicada una pluralidad de
 65 otros ramales de colectores solares con una cantidad considerablemente mayor de colectores solares.
 Dado el caso están entonces también varios ramales de colector agrupados por grupos en campos
 solares espacialmente separados y el vapor allí generado se mezcla detrás de los campos solares antes
 de entrar en las unidades de sobrecalentamiento del vapor de colector solar. Al respecto pueden estar
 asociados a los distintos campos solares para generar vapor en cada caso campos solares propios para
 sobrecalentar el vapor. Es decir, están conectados entre sí entonces varios grupos de unidades

5 generadoras de vapor de colector solar 2 con las correspondientes unidades de sobrecalentamiento del vapor de colector solar 4 conectadas a continuación, tal como se representa para un tal grupo en la figura 1, conectadas en paralelo y son alimentadas mediante una o varias tuberías de agua de alimentación 10 y el vapor sobrecalentado se mezcla al final en el sistema de tuberías de vapor 13 delante de la turbina de alta presión 40 en una zona de mezcla.

10 También la unidad de sobrecalentamiento del vapor de colector solar 4 está compuesta por varios ramales de colectores solares con en cada caso varios colectores solares 6V, 6E. Los colectores solares 6V son colectores solares sobrecalentadores previos 6V (denominados a continuación abreviadamente "sobrecalentadores previos") y los colectores solares 6E colectores solares sobrecalentadores finales (denominados a continuación "sobrecalentadores finales").

15 Entre los sobrecalentadores previos 6V y los sobrecalentadores finales 6E se encuentran enfriadores de inyección, representados aquí esquemáticamente por un punto de inyección 7. En este punto 7 se inyecta agua para refrigerar, para regular así la temperatura de salida TD al final del sobrecalentador final 6E, es decir, la temperatura final del sobrecalentador de vapor TD hasta un valor prescrito.

20 Para ello sirve un equipo de control 19, que entre otros recibe la temperatura final del sobrecalentador de vapor TD medida en un punto de medición de la temperatura 34 detrás del sobrecalentador final 6E como valor real de la temperatura actual y lo regula hasta una temperatura de consigna prescrita, emitiendo una señal de control de la inyección intermedia ZKS a una válvula de regulación 8 que regula la aportación de agua a los enfriadores de inyección en el punto de inyección 7. La regulación puede realizarse entonces básicamente para cada ramal de colectores separadamente cuando los enfriadores de inyección de los ramales de colectores se alimentan en cada caso mediante válvulas que pueden controlarse separadamente. El agua de refrigeración puede tomarse por ejemplo mediante una tubería de agua de refrigeración 12 detrás de la bomba 9 para el retorno del agua de condensación del separador de agua 3. El equipo de control 19 puede presentar para ello una o varias configuraciones de regulación (no representadas), que pueden estar realizadas bien discretamente en forma de componentes electrónicos individuales o también integrada/s en un ordenador en forma de software.

30 Este equipo de control 19 puede recibir además otros datos de medida del conjunto del sistema de tuberías, por ejemplo la presión en ese momento en la unidad generadora de vapor de colector solar, en la unidad de sobrecalentamiento del vapor de colector solar o en el sistema de tuberías de vapor delante de la turbina 40. La temperatura de consigna hacia la que se regula la temperatura final del sobrecalentador de vapor TD debe ser siempre superior a la temperatura de vapor vivo de por sí necesaria para la turbina de vapor 40. Para conducir entonces la temperatura del vapor a la temperatura del vapor vivo necesaria, se encuentra en el sistema de tuberías de vapor 13 entre la salida de la unidad de sobrecalentamiento del vapor de colector solar 4 y la entrada 41 de la turbina de vapor 40 un equipo de enfriamiento final del vapor 15, aquí otro enfriador de inyección 15. Éste es controlado igualmente por la unidad de control 19 mediante una señal de control de inyección final EKS, lo cual puede realizarse por ejemplo de nuevo mediante un control de una válvula a través de la cual se alimenta el enfriador de inyección 15 con agua de refrigeración (no representado). A continuación se denominará el equipo de enfriamiento final de vapor 15 también abreviadamente "inyector final", sin limitar la invención a que tenga que ser forzosamente un equipo enfriador de vapor en forma de un enfriador de inyección.

45 Para regular la temperatura se mide en un punto de medición de temperatura 35 detrás del inyector final 15 otra temperatura real, aquí concretamente la temperatura del vapor vivo en ese momento TE y se compara un valor de temperatura de consigna, es decir, aquí con el valor de consigna de la temperatura del vapor vivo exigida para la turbina 40, que recibe como prescrita el equipo de control 19 por ejemplo del equipo de control del bloque de las turbinas. Correspondientemente se controla entonces el inyector final 15.

50 En el marco de la invención se encuentra además en el sistema de tuberías de vapor 13 delante del inyector final 15 un punto de conexión del acumulador de alta temperatura HA1, al que está conectado un acumulador intermedio 20 mediante una válvula que puede regularse 25.

Este acumulador intermedio 20 está compuesto por varias etapas de acumulador S1, S2, S3 con distintos acumuladores de calor 22, 23, 24, conectados uno tras otro en cadena.

60 Los distintos acumuladores de calor 22, 23, 24 pueden tener constitución diferente y también funcionar de forma diferente. En el presente caso son todos los acumuladores de calor 22, 23, 24 acumuladores que toman energía térmica del medio conducido en el flujo para acumularla y que cuando se necesita ceden energía térmica de nuevo al medio conducido. Al respecto puede tratarse por ejemplo de acumuladores de calor que funcionan sin un cambio de fase del medio que acumula la energía, por ejemplo acumulador de cuerpo sólido como acumulador de hormigón de alta temperatura o también un acumulador PCM con elementos acumuladores que cuando acumulan energía realizan un cambio de fase. Un ejemplo de ello es un acumulador con sal fundida como medio acumulador, que para acumular la energía realiza por completo un cambio de fase a un estado gaseoso. En el ejemplo de ejecución representado en la figura están constituidos por ejemplo los acumuladores de calor 22, 23 de las dos primeras etapas de

ES 2 567 754 T3

acumulador S1, S2 como acumuladores que no cambian de fase y el acumulador de calor 24 en la etapa del acumulador S3 como acumulador PCM. Pero básicamente son posibles también otras configuraciones.

5 En el lado del acumulador intermedio 20 alejado del punto de conexión de alta temperatura HA1, en la última etapa del acumulador S3, está conectado el acumulador intermedio 20 en dos puntos de conexión de baja temperatura NA1, NA2 con la tubería de agua de alimentación 10. La unión con el primer punto de conexión del acumulador de baja temperatura NA1 se realiza mediante una primera válvula 31, una bomba 26 y una segunda válvula 27. Una unión paralela con un segundo punto de conexión de baja temperatura NA2 se realiza sólo mediante una tercera válvula 28, es decir, sin intercalar una bomba.

10 Además está conectado el acumulador intermedio 20 en el lado de baja temperatura en un punto de derivación 30 mediante una cuarta válvula 32 con una tubería 80, que conduce a un punto de conexión del acumulador de baja presión NA3 en el condensador 65 de la central. Delante del condensador 65 está conectado aquí un depósito de expansión 81, en el que se expande atmosféricamente el medio procedente de la tubería 80 del acumulador intermedio. En instalaciones en las que da igual con qué valores de presión y temperatura se conduce el medio al condensador 65, puede también renunciarse a este depósito de expansión 81. Mediante una válvula adicional 88 puede bloquearse la tubería 80 hacia el depósito de expansión 81 o bien hacia el condensador 65.

15 En diversos puntos de conexión del acumulador de baja presión NA4, NA5, NA6, NA7, NA8, NA9 está conectada la tubería 80 mediante válvulas 82, 83, 84, 85, 86, 87 que pueden controlarse separadamente a distintas tuberías de vapor dentro del bloque de la central. Como ejemplo se representa aquí que una parte de los puntos de conexión del acumulador de baja temperatura NA4, NA5, NA6 se encuentra en las diversas tuberías de vapor de salida 42, 43, 44 respectivamente de la turbina de alta presión 40 y otra parte de los puntos de conexión del acumulador de baja temperatura NA7, NA8, NA9 en las diversas tuberías de vapor de salida 58, 59, 60 de la turbina de baja presión 50, que conducen a los intercambiadores de calor 47, 70 para el agua de alimentación 10.

20 Todas las válvulas 27, 28, 31, 32, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88 del lado de baja temperatura del acumulador intermedio 20 se controlan igual que la válvula 25 del lado de alta temperatura del acumulador intermedio 20 mediante un equipo de control del acumulador 21. Éste recibe como señal de entrada adicional además una temperatura SNT del vapor, que se mide en un punto de medición de la temperatura 36 en el lado de baja temperatura del acumulador intermedio 20. Este equipo de control del acumulador 21 se encuentra a su vez en contacto con el equipo de control 19 mediante una conexión de comunicación 17, con lo que estos dos equipos de control 19, 21 trabajan coordinadamente. Alternativamente puede estar configurado también el equipo de control del acumulador 21 como componente del equipo de control 19.

25 La forma de funcionamiento del acumulador intermedio 20 durante el funcionamiento de la central térmica solar 1 representada en la figura es por ejemplo como sigue:

30 En un modo de funcionamiento de acumulación debe aportarse vapor sobrecalentado, que no se necesita para la turbina de vapor, desde el sistema de tuberías de vapor 13 al acumulador intermedio 20, para acumular en su interior la mayor cantidad posible de energía térmica. Para ello se abre en el punto de conexión del acumulador de baja temperatura NA1 la primera válvula 27 y se pone en funcionamiento la bomba 26. A la vez se abre de forma regulada la válvula 25 en el punto de conexión del acumulador de alta temperatura HA1, realizándose la regulación de la posición de apertura de la válvula 25 con preferencia con regulación por flujo másico. Un equipo de medición del flujo másico necesario, está correspondientemente previsto (no se representa en la figura). Pero adicionalmente puede pensarse también en una apertura regulada por la presión de la válvula 25, con lo que la presión dentro del sistema de tuberías de vapor 13 permanece lo más constante posible. Para ello se mide en un punto de medición de la presión 33 la presión p y se conduce al equipo de control del acumulador 21, con lo que puede regularse correspondientemente la válvula 25. Dado el caso, esto se realiza coordinadamente con una regulación de presión ya en funcionamiento mediante la válvula de la turbina de vapor.

35 Entonces fluye vapor sobrecalentado a través de la válvula 25 primeramente hasta la primera etapa de acumulador S1 y cede allí calor al medio del acumulador de calor 22. Entonces se enfría el vapor y llega finalmente a la segunda etapa de acumulador S2. En el acumulador de calor 23 de esta segunda etapa de acumulador S2 sigue cediendo calor el vapor. El vapor enfriado llega a continuación a la tercera etapa de acumulador S3. Aquí se licúa el vapor primeramente, es decir, al comienzo del modo de funcionamiento de acumulación, cediendo una cantidad considerable de calor al medio de acumulación del acumulador de calor 24, el cual, tal como antes se ha indicado, está constituido por ejemplo como acumulador de calor PCM con un medio que cambia de fase, que cuando absorbe energía térmica pasa de un estado líquido a un estado gaseoso. El agua que se forma entonces en el acumulador intermedio 20 se conduce a través de la bomba 26 y la válvula 27 a la tubería de agua de alimentación 10.

40 Al aumentar la duración del modo de funcionamiento de acumulación, se ha cargado ya el acumulador intermedio 20 con una cantidad considerable de energía térmica y la última etapa de acumulador S3 del

ES 2 567 754 T3

lado de baja temperatura ya no está en condiciones de extraer al vapor aportado tanto calor que el mismo se condense por completo. Se forma entonces una mezcla agua/vapor.

5 En base a la temperatura SNT en el extremo del lado de baja temperatura del acumulador intermedio 20, puede detectar este estado el equipo de control del acumulador 21. Se cierran entonces las válvulas 27, 31 hacia el punto de conexión del acumulador de baja temperatura de NA1 y se detiene la bomba 26 y en lugar de ello se abren la válvula 32 hacia la tubería 80 y la válvula 88 delante del depósito de expansión 81. En el depósito de expansión 81 se expande térmicamente la mezcla agua/vapor y se retransmite al condensador 65 en el tercer punto de conexión del acumulador de baja temperatura NA3. Señalemos de nuevo que el depósito de expansión 81 situado antes del condensador 65 es opcional y que la mezcla agua/vapor, diseñando correspondientemente el condensador 65, puede conducirse también directamente al condensador 65.

15 Con la última evolución del modo de funcionamiento de acumulación, finalmente se ha cargado térmicamente el acumulador intermedio 20 tanto que el vapor aportado ya no se condensa y en el extremo del lado de baja temperatura del acumulador intermedio 20 se tiene casi vapor puro. En base a la temperatura SNT en el extremo del lado de baja temperatura del acumulador intermedio 20 y dado el caso a una medición de presión adicional (no representada) puede comprobar el equipo de control del acumulador 21 si la temperatura y la presión del vapor en el lado de baja temperatura del acumulador intermedio 20 corresponde aproximadamente a la temperatura y a la presión en una de las tuberías de vapor 42, 43, 44, 58, 59, 60 de los otros puntos de conexión de baja temperatura NA4, NA5, NA6, NA7, NA8, NA9. Caso afirmativo, se cierra de nuevo la válvula 88 delante del depósito de expansión 81 o bien del condensador 65 y se abre la correspondiente válvula 82, 83, 84, 85, 86, 87 en el lado de baja temperatura. Si no son adecuadas las condiciones de presión y/o temperatura para ninguna de las tuberías 42, 43, 44, 58, 59, 60, entonces permanece sencillamente abierta la válvula 88 situada antes del depósito de expansión 81 o bien del condensador 65 o se abre si antes estaba cerrada.

30 En esta estructura puede llevarse el acumulador intermedio 20 en conjunto a un nivel de temperatura más alto que en un diseño en el que sólo sea posible un funcionamiento de acumulación, siempre que la capacidad de la última etapa del acumulador S3 sea suficiente para transformar el vapor por completo a la fase líquida. El modo de funcionamiento de acumulación puede realizarse entonces hasta que el acumulador de calor 20 esté cargado por completo, es decir, no pueda absorber ya energía térmica. Para compensar pérdidas de calor en los acumuladores de calor puede conectarse entonces brevemente de nuevo por fases al modo de funcionamiento de acumulación.

35 Con preferencia está definida una temperatura máxima del vapor con la que se compara la temperatura SNT en el extremo del lado de baja temperatura del acumulador intermedio 20. Cuando se alcanza esta temperatura máxima del vapor, se impide que siga pasando flujo por el acumulador intermedio 20 (por ejemplo cerrando la válvula 25) y el acumulador intermedio 20 se considera plenamente cargado. Pueden ser criterios esenciales para fijar la máxima temperatura del vapor por ejemplo exigencias técnicas del proceso, como por ejemplo funcionamiento óptimo eficiente y económico del acumulador intermedio 20 junto con los precalentadores de agua de alimentación recuperativos y/o el sistema de condensado, así como también exigencias de seguridad del material utilizado en las tuberías de unión y valvulería.

45 En un modo de funcionamiento de extracción se realiza este proceso a la inversa. Un tal modo de funcionamiento de extracción se incorpora por ejemplo cuando los campos solares con las unidades generadoras de vapor de conector solar 2 y la unidad de sobrecalentamiento del vapor de colector solar 4 no son capaces de alcanzar una temperatura final del sobrecalentador de vapor TD que se encuentre por encima de la temperatura del vapor vivo necesaria para la turbina 40. En este caso se abre la segunda válvula 28 en el punto de conexión del acumulador de baja temperatura NA2 y se abre de forma regulada de nuevo la válvula 25 en el punto de conexión del acumulador de alta temperatura HA1, pero no realizándose esto con control por presión, sino con control por temperatura, de forma tal que la temperatura en el punto de conexión del acumulador de alta temperatura HA1 se mantenga a un valor constante por encima de la temperatura del vapor vivo realmente necesaria. El ajuste exacto de la temperatura del vapor vivo se realiza entonces, tal como es usual, mediante el inyector final 15.

50 En este modo de funcionamiento de extracción se extrae por lo tanto agua de la tubería de agua de alimentación 10. Para una diferencia de presión usual entre la tubería de agua de alimentación 10 (por ejemplo 50 – 145 bar) y el sistema de tuberías de vapor 13 (por ejemplo 41 – 110 bar) no se espera necesitar ninguna bomba para que en el modo de funcionamiento de extracción fluya agua por el acumulador intermedio 20 y pueda tomarse vapor. En la tercera etapa del acumulador S3 se precalienta este agua extrayendo el calor del acumulador de calor PCM 24 hasta la temperatura de ebullición, se evapora y se lleva a la segunda etapa del acumulador S2, donde igualmente se precalienta primeramente el agua extrayendo el calor del acumulador de calor 23 y a continuación se lleva a la etapa del acumulador S1. En éste se realiza, extrayendo de calor del acumulador de calor 22, el sobrecalentamiento final del vapor de agua, con lo que se alcanza la temperatura final del sobrecalentador de vapor TD, que es suficientemente alta.

ES 2 567 754 T3

La secuencia de trabajo del acumulador intermedio 20 se realiza por lo tanto funcionalmente en la misma secuencia que en la unidad generadora de vapor de colector solar 2 conectada en paralelo con la unidad del sobrecalentamiento del vapor de colector solar 4 conectada a continuación, tal como puede verse fácilmente en la figura 1.

5

Evidentemente puede presentar la central térmica solar 1 completa no sólo otros campos solares además de los ramales de colector solar y/o campos solares representados y que están conectados en cada caso en paralelo y que aportan vapor sobrecalentado al sistema de tuberías de vapor 13 antes de la turbina 40, sino que igualmente pueden operar varios acumuladores parciales 20, que también pueden operar separadamente en función de las necesidades en los distintos modos de operación.

10

En la figura se dibuja además un bypass opcional 14 desde el extremo del lado de alta temperatura del acumulador intermedio 20 hasta un punto de conexión de alta temperatura HA2 detrás del inyector final 15. Este bypass 14 se abre mediante una válvula separada 29. Detrás de esta válvula 29 se encuentra un refrigerador de inyección de bypass 16 separado, para reducir la temperatura del vapor que procede del acumulador intermedio 20. El refrigerador de inyección de bypass 16 adicional es controlado igualmente por el equipo de control 19 y la válvula 29 por el equipo de control del acumulador 21. Este bypass 14 puede utilizarse para añadir en el modo de funcionamiento de extracción el vapor sobrecalentado no antes de la inyección final 15 a través de la válvula 25 al sistema de tuberías de vapor 13, sino en lugar de ello para aportar a la turbina 40 vapor ya exactamente ajustado a la temperatura de vapor vivo deseada a través de la válvula 29 y del refrigerador de inyección de bypass 16 adicional.

15

20

Señalemos finalmente de nuevo que el procedimiento y la central térmica solar antes descritos en detalle sólo son ejemplos de ejecución preferentes, que puede modificar el especialista de las formas más diversas sin abandonar el ámbito de la invención, siempre que ello venga predeterminado por las reivindicaciones. En particular pueden estar previstos adicionalmente otros puntos de conexión del acumulador de baja temperatura a otras diversas tuberías de vapor. Éstas pueden alimentarse también incluso ya con mezcla agua-vapor bajo condiciones (presión y temperatura) adecuadas. Igualmente puede también, en una introducción en una o varias tuberías de vapor, extraerse por ejemplo medio de flujo excedente que ya no puede o debe ser tomado por las tuberías de vapor, en paralelo al equipo de expansión y/o el condensador. Además es posible también una conexión del acumulador intermedio 20 al lado de baja temperatura directamente en el recipiente de agua de alimentación 63. En particular puede estar constituido también el acumulador intermedio 20 con un número cualquiera adicional de etapas de acumulador o estar compuesto básicamente también sólo por una única etapa de acumulador. Además pueden utilizarse en lugar de los citados colectores de canal parabólico o colectores Fresnel también cualesquiera otros colectores solares que funcionen directa o indirectamente. En particular es posible una utilización en relación con la nueva tecnología de torre solar con evaporación directa. También se dan las antes citadas gamas de temperatura y presión solamente a modo de ejemplo y no han de considerarse limitativas. Es determinadamente dependiente de los tipos y materiales de acumulador disponibles hasta qué temperaturas y presiones puede utilizarse la invención.

25

30

35

40

Señalemos para completar el cuadro que la utilización de los artículos indeterminados "un" y/o "una" no excluye que las correspondientes características puedan existir también de forma múltiple. Igualmente no excluye el concepto "unidad" que la misma esté compuesta por varios componentes, que dado el caso pueden estar también distribuidos espacialmente.

45

REIVINDICACIONES

1. Central térmica solar (1) con al menos los siguientes componentes:
 - 5 - una unidad generadora de vapor de colector solar (2) para generar vapor,
 - una unidad de sobrecalentamiento del vapor de colector solar (4) postconectada a la unidad generadora de vapor de colector solar (2) para sobrecalentar el vapor,
 - una turbina de vapor (40) conectada mediante un sistema de tuberías de vapor (13) con una salida de la unidad de sobrecalentamiento del vapor de colector solar (4), la cual se alimenta durante el funcionamiento con el vapor sobrecalentado,
- 10 **caracterizada porque**
 - un acumulador intermedio (20) está conectado al menos con el sistema de tuberías de vapor (13) en un primer punto de conexión del acumulador de alta temperatura (HA1) situado entre la unidad de sobrecalentamiento del vapor de colector solar (4) y la turbina de vapor (40),
 - 15 - un equipo enfriador del vapor (15) está dispuesto en el sistema de tuberías de vapor (13) entre el punto de conexión del acumulador de alta temperatura (HA1) y la turbina de vapor (40),
 - y existe un equipo de control (19, 21) configurado tal que regula durante el funcionamiento la temperatura (TE) del vapor sobrecalentado hasta una temperatura del vapor vivo de la turbina en la que el vapor se sobrecalienta primeramente en la unidad de sobrecalentamiento del vapor del colector solar (4) hasta una temperatura final del sobrecalentador de vapor (TD) que se encuentra por encima de la temperatura del vapor vivo de la turbina y a continuación se enfría hasta la temperatura del vapor vivo de la turbina mediante el equipo refrigerador de la turbina (15),
 - 20 **y porque** en un modo de funcionamiento de acumulación una parte del vapor sobrecalentado se conduce al primer punto de conexión del acumulador de alta temperatura (HA1) en el acumulador intermedio (20) y
 - 25 en un modo de funcionamiento de extracción se conduce vapor sobrecalentado desde el acumulador intermedio (20) al sistema de tuberías de vapor (13) en el primer punto de conexión del acumulador de alta temperatura (HA1).
- 30 2. Central térmica solar según la reivindicación 1, en la que entre el primer punto de conexión del acumulador de alta temperatura (HA1) y la turbina de vapor (40) está dispuesto un segundo punto de conexión del acumulador de alta temperatura (HA2).
- 35 3. Central térmica solar según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizada porque** el acumulador intermedio (20) incluye un acumulador de calor (22, 23, 24), en el que al vapor introducido en el modo de funcionamiento de acumulación se le extrae energía térmica y se acumula y en el que en un modo de funcionamiento de extracción la energía térmica acumulada se cede de nuevo al vapor, antes de conducirlo al sistema de tuberías de vapor (13).
- 40 4. Central térmica solar según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizada porque** el acumulador intermedio (20) incluye al menos un acumulador de calor (24) en el que se acumula la energía térmica mediante una transición de fase de un medio acumulador o se cede de nuevo.
- 45 5. Central térmica solar según la reivindicación 3 ó 4, **caracterizada porque** el acumulador intermedio (20) incluye al menos un acumulador de calor (22, 23) en el que un medio acumulador acumula la energía térmica sin transición de fase o la cede de nuevo.
- 50 6. Central térmica solar según una de las reivindicaciones 3 a 5, **caracterizada porque** el acumulador intermedio (20) incluye varias etapas de acumulador (S1, S2, S3) para absorber y ceder energía térmica.
- 55 7. Central térmica solar según la reivindicación 6, **caracterizada porque** al menos dos de las etapas de acumulador (S1, S2, S3) tienen estructuras diferentes.
- 60 8. Central térmica solar según la reivindicación 6 ó 7, **caracterizada porque** en una de las etapas de acumulador (S3) se licúa el vapor al menos temporalmente en el modo de funcionamiento de acumulación y se evapora agua en el modo de funcionamiento de extracción.
- 65 9. Central térmica solar según una de las reivindicaciones 6 a 8, **caracterizada porque** las etapas de acumulador (S1, S2, S3) están constituidas funcionalmente en paralelo a la unidad generadora de vapor de colector solar (2) con la unidad generadora de vapor de colector solar (4) postconectada.
10. Central térmica solar según una de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizada porque** el acumulador intermedio (20) está conectado en al menos un punto de conexión del acumulador de baja temperatura (NA1, NA2) con una tubería de agua de alimentación

ES 2 567 754 T3

(10) a través de la que el agua de alimentación se conduce a la unidad generadora de vapor de colector solar (5).

- 5 11. Central térmica solar según la reivindicación 10,
caracterizada porque el acumulador intermedio (20) está conectado al punto de conexión del acumulador de baja temperatura (NA1) a través de una bomba (26) con la tubería de agua de alimentación (10).
- 10 12. Central térmica solar según una de las reivindicaciones 1 a 11,
caracterizada porque el acumulador intermedio (20) está conectado a otro punto de conexión del acumulador de baja temperatura (NA3) con un condensador (65) y/o un equipo de expansión (89).
- 15 13. Central térmica solar según una de las reivindicaciones 1 a 12,
caracterizada porque el acumulador intermedio (20) está conectado en otros diversos puntos de conexión del acumulador de baja temperatura (NA4, NA5, NA6, NA6, NA8, NA9) con diversas tuberías de vapor (42, 43, 44, 58, 59, 60), en las que durante el funcionamiento se conduce vapor a distintas temperaturas y/o presiones.
- 20 14. Procedimiento para operar una central térmica solar según una de las reivindicaciones 1-13,
caracterizado porque la temperatura (TE) del vapor sobrecalentado se regula hasta una temperatura del vapor vivo de la turbina predeterminada sobrecalentando el vapor primeramente hasta una temperatura final del sobrecalentador de vapor (TD) que se encuentra por encima de la temperatura del vapor vivo de la turbina y a continuación enfriando en el equipo enfriador del vapor (15) dispuesto detrás de la unidad generadora de vapor de colector solar (4) hasta la temperatura del vapor vivo de la turbina
25 y en el que
en un modo de funcionamiento de acumulación se conduce una parte del vapor sobrecalentado antes del equipo enfriador del vapor (15) al acumulador intermedio (20) y
30 en un modo de funcionamiento de extracción se toma vapor sobrecalentado del acumulador intermedio (20) antes y/o después del equipo enfriador del vapor (15) .
- 35 15. Procedimiento según la reivindicación 14.
caracterizado porque en el modo de funcionamiento de acumulación se conecta el acumulador intermedio (20) abriendo una válvula (25) con un sistema de tuberías de vapor (13) entre la unidad de sobrecalentamiento del vapor del colector solar (4) y la turbina de vapor (40), regulándose la apertura de la válvula (25) en función de un valor de consigna prescrito para el flujo másico en el sistema de tuberías de vapor (13) delante de la turbina de vapor (40).
- 40 16. Procedimiento según la reivindicación 14 ó 15,
caracterizado porque en el modo de funcionamiento de extracción se conecta el acumulador intermedio (20) abriendo una válvula (25) con un sistema de tuberías de vapor (13) entre la unidad de sobrecalentamiento del vapor del colector solar (4) y la turbina de vapor (40), regulándose la apertura de la válvula (25) a una temperatura constante en el sistema de tuberías de vapor (13) en un punto de
45 conexión del acumulador de alta temperatura (HA1).

