

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 688 211**

51 Int. Cl.:

F03B 13/00 (2006.01)

F03B 17/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.12.2015** E 15003640 (8)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.08.2018** EP 3184807

54 Título: **Sistema de almacenamiento y recuperación de energía**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
31.10.2018

73 Titular/es:

**RENESTOR-M GMBH (100.0%)
Josef-Bayer-Straße 3
88250 Weingarten, DE**

72 Inventor/es:

MAIER, JOSEPH

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 688 211 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 y recuperación de energía.

La invención concierne a un sistema de almacenamiento y recuperación de energía según las características de la reivindicación 1.

5 Nuevos desarrollos en el sector de las energías alternativas, especialmente los de los procesos discontinuos, como energía solar o energía eólica, han conducido a la situación de que, por un lado, existen tiempos de funcionamiento en los que la energía es generada supera en parte considerablemente la demanda existente y, por otro lado, hay momentos en los que falta completamente o al menos en parte la energía necesaria y demandada. Estas fluctuaciones han hecho que resulte aguda la demanda de posibilidades de almacenamiento adecuadas para la energía sobrante.

Por tanto, los esfuerzos de desarrollo se dirigen deliberadamente a procesos en los que la energía eléctrica pueda transformarse primero en otro portador de energía y pueda recuperarse nuevamente de éste.

15 Uno de estos procesos es la hidrólisis en la que se pueden obtener los componentes oxígeno e hidrógeno del agua. A causa del difícil manejo del hidrógeno químicamente activo, estos procedimientos, que en general requieren también una gran inversión técnica, no se proponen para su amplio empleo en el almacenamiento y recuperación de energía eléctrica.

20 El almacenamiento de energía eléctrica en forma eléctrica es posible hasta ahora solamente en acumuladores eléctricos en los que se provoca un paso de procesos eléctricos a procesos químicos. Sin embargo, no se ha logrado aún crear aparatos en los que el volumen de almacenamiento sea alto y el volumen de construcción sea pequeño. Por tanto, tales aparatos no forman todavía una solución adecuada para el almacenamiento de grandes cantidades de energía o para numerosas disposiciones descentralizadas de unidades de almacenamiento.

25 Otros procedimientos se dirigen a utilizar primeramente la energía eléctrica producida para la generación de trabajo con el cual se cargan acumuladores, y a realizar también la recuperación a través del proceso intermedio de la generación de trabajo. Tales procedimientos se utilizan, por ejemplo, en centrales acumuladoras de bombeo, pantanos, centrales acumuladoras hidroneumáticas que están alojadas en cavernas o minas abandonadas. El almacenamiento se efectúa en parte con aire comprimido o gas natural y en combinación con agua que se inyecta en los gases para fines de refrigeración.

30 Los acumulares de energía actualmente disponibles no son suficientes en modo alguno para el almacenamiento de las fluctuaciones originadas por generadores de energía renovables. Al mismo tiempo, los clásicos acumuladores de energía como centrales eléctricas acumuladoras de bombeo o pantanos, no son suficientes y solo se pueden materializar con dificultad por motivos medioambientales.

35 El documento DE 27 17 679 A describe un procedimiento en el que se comprime aire y se le utiliza nuevamente en forma más comprimida o en motores de aire comprimido para la recuperación de la energía. En este procedimiento es desventajoso el hecho de que el aire tiene un rendimiento relativamente bajo como portador de energía para máquinas de trabajo y solo actúa efectivamente cuando puede hacerse circular en altas cantidades, si bien éstas apenas pueden generarse en las condiciones existentes para el almacenamiento de energía.

40 El documento WO 2006/084748 A1 muestra otro procedimiento. En este caso, se someten a presión y se deforman unas piezas deformables o compresibles en recipientes de agua. Si se necesita energía, se extrae el agua que está a presión y puede servir así para accionar aparatos. En esta ejecución es desventajoso el hecho de que la presión en los aparatos de consumo no disminuye linealmente con la presión de agua en el acumulador y que la ejecución va ligada a un coste muy alto.

El documento DE 601 18 987 T2 muestra otro procedimiento de almacenamiento. Este método es adecuado para acumuladores pequeños, como, por ejemplo, en vehículos. El procedimiento no puede aplicarse a centrales eléctricas acumuladoras que necesitan un gran volumen de almacenamiento.

45 Se conocen construcciones para acumuladores por el documento DE 102011082726 A1. Estos acumuladores de presión no pueden utilizarse para la construcción de centrales acumuladoras eléctricas debido a la costosa construcción y al pequeño volumen de almacenamiento.

50 Se conoce por el documento DE 10 2013 112 196 A1 una central acumuladora de aire comprimido. Las centrales acumuladoras de aire comprimido tienen malos rendimientos debido a las condiciones físicas. La compresión de un gas, como, por ejemplo, aire, está ligada siempre a grandes producciones de calor. Durante la expansión se origina entonces nuevamente frío que tiene que almacenarse o recuperarse. La combinación descrita entre acumulador de aire comprimido y acumulador de agua a presión muestra un camino practicable. No obstante, en el procedimiento descrito se expansiona el aire comprimido antes del nuevo llenado del acumulador de agua y se realiza una nueva puesta bajo presión con aire comprimido nuevo. Por tanto, se necesita mucha energía para comprimir el aire comprimido y se obtiene un mal rendimiento.

- 5 El documento US 2012/0279209 A1 describe un dispositivo que trabaja en condiciones atmosféricas para transportar un gas a alta presión hasta un recipiente resistente a la presión y hacer que este gas actúe a continuación escalonadamente sobre líquidos en aparatos hidráulicos cerrados hasta que se haya expandido a presión atmosférica. En este proceso es desventajoso el hecho de que, para una repetición continua necesaria, se precisa nuevamente un considerable consumo de energía para la compresión del gas y el funcionamiento de los aparatos hidráulicos.
- 10 Se conoce por el documento DE 102013018741 A1 un sistema de almacenamiento y recuperación de energía en el que la energía sobrante en una red eléctrica es almacenada en un recipiente de aire comprimido por medio de aire comprimido. La recuperación de la energía se efectúa conduciendo el aire comprimido a un recipiente de agua, con lo que se conduce el agua a través de una turbina y con ello se expande dicha agua. El generador accionado por la turbina genera corriente que se alimenta a una red eléctrica.
- 15 Se conoce por el documento WO 2011/101647 A2 un sistema de almacenamiento y recuperación de energía con recipientes de aire comprimido y de agua a presión, así como una turbina Pelton y un generador unido con ésta para la producción de corriente eléctrica.
- 20 Se conoce por los documentos FR 3 012 537 A1 y EP 0 230 636 A1 el empleo de una turbina Pelton con un variador de frecuencia. El cometido de la invención consiste en indicar un sistema de almacenamiento y recuperación de energía que almacene energía sobrante con un alto rendimiento y de una manera eficiente en una red eléctrica pública o no pública y que esta energía sobrante pueda ser entregada nuevamente al mismo al producirse una demanda de energía.
- 25 Este problema se resuelve con el sistema según las características de la reivindicación 1 independiente. Otras ejecuciones de la invención son objeto de reivindicaciones subordinadas.
- 30 El sistema de almacenamiento y recuperación de energía según la invención, especialmente una central eléctrica, comprende al menos un recipiente de aire comprimido, al menos un recipiente de agua a presión unido con el recipiente de aire comprimido, al menos una turbina dispuesta en unión operativa con el al menos un recipiente de agua a presión, y un generador para producir energía eléctrica, así como una bomba de alta presión para transportar agua de un acumulador de agua al recipiente de agua a presión. Según la invención, la turbina dispuesta en unión operativa con el al menos un recipiente de agua a presión es una turbina de sobrepresión que está conectada en serie con una turbina de presión constante de tal manera que un árbol de accionamiento de la turbina de sobrepresión está unido con un árbol de accionamiento de la turbina de presión constante y un árbol de accionamiento del generador. La turbina de presión constante está dispuesta según la invención entre la turbina de sobrepresión y el generador, presentando el generador una interfaz para la unión con una red eléctrica pública.
- 35 Bajo el término de unión operativa se entiende en lo que sigue que el recipiente de agua a presión está unido directamente con la turbina. Esto significa que el agua que sale del recipiente de agua a presión es conducida directamente a la turbina y la acciona. Por tanto, la turbina es puesta en unión operativa con el recipiente de agua a presión no es en absoluto accionada por otra turbina. En otras palabras, la turbina de sobrepresión está en unión operativa con el recipiente de agua a presión y es accionada por el agua saliente. Por el contrario, la turbina de presión constante es accionada por el agua que sale de la turbina de sobrepresión.
- 40 Con el sistema según la invención se logra un rendimiento de más de 75%, especialmente más de 85%. Estos rendimientos pueden alcanzarse especialmente a potencias de más de 80 MW.
- 45 Dado que la turbina de sobrepresión, por ejemplo una turbina Francis, y la turbina de presión constante, por ejemplo una turbina Pelton, están unidas con el generador a través de sus árboles de accionamiento, se produce una compensación constante entre la turbina de sobrepresión y la turbina de presión constante de tal manera que la potencia decreciente de la turbina de sobrepresión debido a la reducción continua de presión es compensada por la turbina de presión constante. Por tanto, la energía almacenada en los recipientes de presión puede ser transformada óptimamente por el generador en energía eléctrica. La reducción de presión a la entrada de la turbina de sobrepresión es debida a la presión descendente en el recipiente de agua de presión cuando se extrae agua del recipiente de agua a presión para la generación de energía.
- 50 El árbol de accionamiento de la turbina de sobrepresión y el árbol de accionamiento de la turbina de presión constante pueden formar un árbol común. O bien el árbol de accionamiento de la turbina de sobrepresión y el árbol de accionamiento de la turbina de presión constante pueden estar unidos uno con otro por medio de un acoplamiento rígido a la torsión. O bien el árbol de accionamiento de la turbina de sobrepresión puede estar unido con el árbol de accionamiento de la turbina de presión constante a través de un engranaje. Es posible también que entre la turbina de sobrepresión y la turbina de presión constante esté previsto un acoplamiento automático para desacoplar la turbina de sobrepresión.
- 55 Convenientemente, una salida del al menos un recipiente de agua a presión está unida con una entrada de la turbina de sobrepresión y una salida de la turbina de sobrepresión está unida con una entrada de la turbina de presión constante. Se asegura así que la energía almacenada en el agua a presión pueda recuperarse en dos pasos, a saber, en un primer paso conduciendo el agua a través de la turbina de sobrepresión y en un paso subsiguiente

conduciendo el agua a través de la turbina de presión constante después de hacerla circular por la turbina de sobrepresión.

5 Por medio del mecanismo de guía de la turbina de sobrepresión se puede regular la presión de salida de la turbina de sobrepresión de tal manera que, a pesar de una presión variable del sistema en el recipiente de agua a presión y, por tanto, una presión de entrada variable de la turbina de sobrepresión, se puedan mantener constantes la presión de salida de la turbina de sobrepresión y, por tanto, la presión de entrada en la turbina de presión constante. La potencia de la turbina de presión constante puede adaptarse a la potencia requerida del generador por medio de toberas de entrada regulables (mecanismo de guía). Regulando la turbina de presión constante por medio de toberas de entrada (mecanismo de guía) se adapta el volumen de agua a la potencia necesaria y, por tanto, se
10 adapta la potencia de la turbina de sobrepresión indirectamente a la potencia total de la combinación de turbinas mediante una regulación posterior a través del mecanismo de guía de dicha turbina de sobrepresión. Convenientemente, entre una salida de la turbina de sobrepresión y una entrada de la turbina de presión constante está dispuesto un equipo para regular la presión previa de la turbina de presión constante.

15 La turbina de sobrepresión está diseñada convenientemente para presiones de entrada entre 10 y 1000 bares, especialmente entre 225 bares y 500 bares.

Con el sistema según la invención se pueden reducir los costes de inversión y se puede alcanzar un rendimiento de hasta 95%.

20 Si están instalados varios recipientes de agua a presión, puede estar presente una tubería de unión que una las salidas de los recipientes de agua a presión una con o otra, estando dispuestos los recipientes de agua a presión uno con respecto a otro de tal manera que la tubería de unión presente una pendiente y en su punto más bajo (por ejemplo, colector, regulador de agua) esté unida con la entrada de la turbina (por ejemplo, tubo de inmersión).

25 Entre la salida de un recipiente de aire comprimido y una entrada de un recipiente de agua a presión puede estar presente exactamente una tubería de presión que esté configurada para que, en caso de almacenamiento de energía, se conduzca aire comprimido del recipiente de agua a presión al recipiente de aire comprimido y, en caso de recuperación de energía, se conduzca aire comprimido del recipiente de aire comprimido al recipiente de agua a presión. La tubería está dimensionada de tal manera que, en caso de que estalle un recipiente de aire comprimido, solamente pueda escapar un pequeño volumen y, por tanto, solamente sea necesaria una pequeña reposición de aire comprimido. En la tubería de unión entre el recipiente de aire comprimido y el recipiente de agua a presión
30 puede estar dispuesto un dispositivo de bloqueo que esté preparado para cerrar la tubería de unión en caso de que se produzca una repentina caída de presión. Se asegura así que, al estallar un recipiente de aire comprimido o un recipiente de agua a presión, no pueda escapar la totalidad del aire comprimido almacenado.

35 Si están instalados varios recipientes de aire comprimido, puede estar presente una tubería de unión que una las salidas de varios de recipientes de aire comprimido una con otra, estando dispuestos los varios recipientes de aire comprimido de tal manera que la tubería de unión presente una pendiente y en su punto más bajo esté unida con una entrada de un recipiente de agua a presión. Se asegura así que el condensado producido en los recipientes de aire comprimido circule por la tubería de unión pasando al recipiente de agua a presión. En este caso, es con ello posible que varios recipientes de aire comprimido estén asociados a un único recipiente de agua a presión. Si el sistema comprende también varios recipientes de agua a presión, se asegura aquí entonces que, al estallar un
40 recipiente de aire comprimido y/o un recipiente de agua a presión, no pueda escaparse todo el volumen a presión almacenado en el sistema. En otras palabras, en esta forma de realización el sistema según la invención comprende varios grupos de recipientes de presión, consistiendo cada grupo en varios recipientes de aire comprimido y un recipiente de agua a presión. En caso de funcionamiento defectuoso de un grupo, el sistema puede seguir accediendo a los demás grupos mediante una separación de los grupos afectados por medio de compuertas de bloqueo.

45 El recipiente de aire comprimido y el recipiente de agua a presión están unidos uno con otro de tal manera que tiene lugar una compensación de presión continua entre los dos recipientes, con lo que tanto durante el almacenamiento de energía como durante la recuperación de energía se compensa siempre la presión en los dos recipientes, es decir que entre el recipiente de agua a presión y el recipiente de aire comprimido existe un equilibrio de presión. Por tanto, esto significa que, en el caso de almacenamiento de energía, es decir que se introduce agua en el recipiente
50 de agua a presión, se tiene que, por un lado, aumenta siempre la presión en el volumen total del recipiente de agua a presión, mientras que, por otro lado, la presión en el volumen total del recipiente de agua a presión es siempre idéntica a la presión en el recipiente de aire comprimido. En el caso de la recuperación de energía, es decir que se extrae agua del recipiente de agua a presión, se tiene que, por un lado, disminuye siempre la presión en el volumen total del recipiente de agua a presión, mientras que, por otro lado, la presión en el volumen total del recipiente de
55 agua a presión es siempre idéntica a la presión en el recipiente de aire comprimido. En particular, un recipiente de aire comprimido y un recipiente de agua a presión están unidos a través de exactamente una tubería de presión que está concebida para que, en caso de almacenamiento de energía, se conduzca aire comprimido del recipiente de agua a presión al recipiente de aire comprimido y, en caso de recuperación de energía, se conduzca aire comprimido del recipiente de aire comprimido al recipiente de agua a presión. Esta tubería de presión sirve durante
60 la recuperación de energía para que pueda circular aire comprimido del recipiente de aire comprimido sin pérdida de

presión hasta el recipiente de agua a presión. En el caso de almacenamiento de energía, esta tubería de presión sirve para que pueda circular aire comprimido del recipiente de agua a presión sin pérdida de presión hasta el recipiente de aire comprimido. Se asegura así una construcción sencilla.

5 Entre el recipiente de aire comprimido y el recipiente de agua a presión puede estar dispuesta una turbina de aire comprimido, especialmente en la tubería de unión entre el recipiente de aire comprimido y el recipiente de agua a presión. Se puede obtener así energía adicional al circular aire comprimido por la tubería de unión, con lo que puede mejorarse y aumentarse el rendimiento del sistema según la invención.

10 No es sabido por el estado de la técnica conocido el hecho de que durante el funcionamiento de almacenamiento o recuperación de energía está presente un equilibrio de presión entre el recipiente de aire comprimido y el recipiente de agua a presión.

Además, cabe clarificar que los sistemas propuestos de almacenamiento de energía sirven también para la recuperación de energía. Por supuesto, los sistemas propuestos presentan para ello un respectivo estado de funcionamiento, concretamente un primer estado para el almacenamiento de energía y un segundo estado para la recuperación de energía.

15 Como se describe aún posteriormente, durante el almacenamiento de energía se bombea agua a través de la bomba de alta presión desde un acumulador de agua hasta el recipiente de agua a presión, haciéndose funcionar la bomba de alta presión por medio de energía sobrante proveniente de una red eléctrica pública o no pública. Debido a la creciente cantidad de agua en el recipiente de agua a presión se desaloja el aire comprimido restante del
20 recipiente de agua a presión hacia el recipiente de aire comprimido conectado, elevándose al mismo tiempo la presión a consecuencia del volumen constante de los recipientes. Debido a la compensación de presión entre el recipiente de agua a presión y el recipiente de aire comprimido reina siempre en ambos recipientes una presión idéntica. Esta presión aumenta continuamente hasta un valor máximo prefijable al aumentar la cantidad de agua en el recipiente de agua a presión.

25 Durante la recuperación de energía se alimenta agua del recipiente de agua a presión a la turbina Pelton o a la turbina de sobrepresión y a la turbina de presión constante unida con ésta. Un generador, que está conectado al árbol de accionamiento de la turbina Pelton o al árbol de accionamiento común de la turbina de sobrepresión y la turbina de presión constante, genera energía que se alimenta a una red eléctrica pública o no pública conectada. Debido a la cantidad decreciente de agua a volumen constante de los recipientes disminuye la presión en el
30 recipiente de agua a presión. Debido a la compensación de presión entre el recipiente de presión y el recipiente de aire comprimido reina en ambos recipientes, en todo momento, una presión idéntica. Esta presión disminuye continuamente hasta un valor máximo prefijable al disminuir la cantidad de agua en el recipiente de agua a presión y en el recipiente de aire comprimido.

35 El sistema propuesto trabaja con presiones de funcionamiento de 500 bares. Con un diseño correspondiente de los recipientes de presión (recipiente de agua a presión, recipiente de aire comprimido) son posibles incluso presiones de hasta 1000 bares. Se logra así una alta densidad de energía que puede almacenarse en un espacio muy pequeño. De esta manera, son posibles, por ejemplo, potencias comprendidas entre 2 y 450 MW. Ampliando, es decir, agrandando, los recipientes de aire comprimido y los recipientes de agua a presión se puede almacenar cualquier cantidad de energía de una manera sensiblemente más barata que en los sistemas de almacenamiento conocidos hasta ahora. Así, por ejemplo, es posible que la relación de volumen entre el recipiente de agua a presión
40 y el recipiente de aire comprimido ascienda a 1:1, 1:2, 1:3 o 1:4 y más.

45 El sistema propuesto trabaja sustancialmente con agua circulante que se expande a través de la turbina Pelton o a través de la disposición en serie de la turbina de sobrepresión y la turbina de presión constante y que se devuelve con ayuda de bombas de alta presión al recipiente de agua a presión. El sistema trabaja con una pequeña cantidad de aire complementario. Se puede necesitar aire complementario debido a fugas en el sistema de presión y, en caso necesario, éste puede reponerse en los respectivos recipientes. La cantidad necesaria se establece por la unidad de control durante el funcionamiento del sistema propuesto y se alimenta a través de un acumulador de aire comprimido.

50 Puede estar previsto un equipo de comparación para comparar la presión momentánea en el recipiente de agua a presión y/o la presión momentánea en el recipiente de aire comprimido y la cantidad de agua momentánea en el recipiente de agua a presión con un valor de presión nominal. El equipo de comparación está concebido de tal manera que, en función del resultado de la comparación, se alimenta aire comprimido al recipiente de aire comprimido desde un acumulador de aire comprimido (caldera de viento). Por tanto, el aire que haya escapado por fuga es compensado por aire complementario. En particular, el acumulador de aire comprimido está unido con un compresor para transportar aire exterior al acumulador de aire comprimido. En otras palabras, el recipiente de aire
55 comprimido se carga con aire comprimido exclusivamente a través de un acumulador de aire comprimido antepuesto que puede ser llenado por un compresor.

Con ayuda del compresor se comprime la presión una sola vez en el recipiente de aire comprimido y en el recipiente de agua a presión antes de la puesta en funcionamiento de la central acumuladora hasta, según el diseño, una

presión de 50, 100, 200 o 1000 bares. Después de la puesta en funcionamiento del sistema, es decir, durante la fase de funcionamiento, en la que se utiliza el sistema como central eléctrica para el almacenamiento y la recuperación de energía, el compresor sirve exclusivamente para la alimentación de aire comprimido a un acumulador de aire comprimido que está antepuesto al recipiente de aire comprimido y que sirve únicamente para la reposición de aire de fuga. Por tanto, la central eléctrica acumuladora puede hacerse funcionar a presiones de 50, 100, 200 o hasta 1000 bares.

Puede estar presente una unidad de control que esté concebida para activar, en función del régimen normal de carga de una red eléctrica pública o no pública unida o apta para ser unida con el sistema, la bomba de alta presión por medio de corriente proveniente de la red eléctrica pública a fin de bombear agua de un acumulador de agua hacia el recipiente de agua a presión cuando está presente un exceso de energía en la red eléctrica pública. El agua a presión se conduce del recipiente de agua a presión a la turbina y la corriente generada en el generador conectado a la turbina se alimenta a la red eléctrica pública cuando exista una demanda de energía en la red eléctrica pública. Con el sistema propuesto se puede almacenar así con tiempos de reacción cortos la energía sobrante o se puede suministrar la energía almacenada.

El almacenamiento de energía se efectúa sin excepción devolviendo el agua del circuito con bombas de alta presión a los recipientes de agua a presión. Este proceso se efectúa solamente con energía sobrante proveniente de la red eléctrica pública. El aire comprimido necesario se genera también solamente con energía sobrante proveniente de la red eléctrica pública. El sistema según la invención puede acelerarse en aproximadamente 65 s para pasar de 0 a 100%. Los cambios de carga tienen lugar en el dominio de los segundos. Las bombas de alta presión pueden estar diseñadas de modo que puedan pasar en aproximadamente 25 s desde el estado de paro hasta el 100% de potencia. El volumen de los recipientes de aire comprimido y los recipientes de agua a presión puede estar diseñado de modo que el sistema según la invención pueda suministrar la plena potencia de diseño durante un periodo de hasta 4 h.

Se propone a este respecto que la unidad de control esté concebida para que, en el caso de la recuperación de energía, regule la potencia generada por la turbina de sobrepresión y/o la turbina de presión constante mediante la apertura o cierre de mecanismos de guía (toberas de entrada de agua) unidos con la turbina de sobrepresión y/o la turbina de presión constante.

Una ventaja de los sistemas propuestos es que tienen solamente una pequeña demanda de superficie y pueden instalarse en cualquier sitio en las proximidades de líneas de alta tensión, parques eólicos, instalaciones solares o consumidores grandes. Asimismo, el sistema propuesto no necesita recursos adicionales. Por motivos de seguridad, se hace notar aquí que el sistema de almacenamiento según la invención, especialmente los recipientes de presión, se montan convenientemente bajo tierra. En particular, el sistema según la invención puede instalarse en un espacio muy pequeño sobre un terreno plano o inclinado. Después de embutir los recipientes de aire comprimido y de agua a presión en el terreno se cubren éstos y se les utiliza nuevamente como superficie verde o tierra de cultivo. Así, se contamina mínimamente el medioambiente y se cuida considerablemente de los recursos en comparación con los sistemas actuales. Debido al alojamiento del acumulador de agua destinado a recibir el agua expansionada proveniente del sistema de turbinas debajo del edificio destinado a recibir las turbinas no se necesita tampoco para ello una superficie adicional. Al mismo tiempo, se protege el sistema contra ensuciamientos.

La invención y otras ventajas de la misma se explicarán en lo que sigue con más detalle ayudándose de unas figuras. Muestran:

La figura 1, la disposición de una turbina de sobrepresión y una turbina de presión constante en un sistema según la invención para el almacenamiento y la recuperación de energía,

La figura 2, un sistema según la invención para el almacenamiento y la recuperación de energía con una combinación de turbina de sobrepresión y turbina de presión constante y, a modo de ejemplo, cuatro recipientes de aire comprimido y cuatro recipientes de agua a presión, y

La figura 3, un sistema según la invención para el almacenamiento y la recuperación de energía con, a modo de ejemplo, dos grupos constituidos cada uno de ellos por dos recipientes de aire comprimido y un recipiente de agua a presión.

La figura 1 muestra la disposición de una turbina de sobrepresión 3 y una turbina de presión constante 3a según la invención en un sistema de almacenamiento y recuperación de energía según la invención. En aras de una mayor sencillez y una representación mejor, la figura 1 no muestra los demás componentes del sistema de almacenamiento y recuperación de energía según la invención. Se hace referencia a este respecto a las figuras 2 y 3.

La turbina de sobrepresión 3, por ejemplo una turbina Francis, presenta una entrada E3 y una salida A3. La entrada E3 está unida a través de una tubería de presión 5 con el/los recipientes de agua a presión no representados. La salida A3 de la turbina de sobrepresión 3 está unida con la entrada de una turbina de presión constante 3a, por ejemplo una turbina Pelton. La salida (no representada) de la turbina de presión constante 3a está unida con un acumulador de agua destinado a almacenar y recoger el agua.

El árbol de accionamiento AW de la turbina de sobrepresión 3 está unido con el árbol de accionamiento AW de la turbina de presión constante 3a. En el árbol de accionamiento AW está conectado también un generador 4 para producir energía eléctrica. El árbol de accionamiento AW se extiende en posición sustancialmente centrada a través de la turbina de presión constante 3a. En particular, el árbol de accionamiento AW consiste en un árbol de accionamiento AW de una sola pieza.

Se muestra con flechas la dirección de flujo del agua a través de la tubería de presión 5 hasta la entrada E3 de la turbina de sobrepresión 3, entre la turbina de sobrepresión 3 y la turbina de presión constante 3a.

La figura 2 muestra un sistema del almacenamiento y recuperación de energía según la invención con una combinación de una turbina de sobrepresión y una turbina de presión constante y, por ejemplo, cuatro recipientes de aire comprimido 1 y cuatro recipientes de agua a presión 2. Cada recipiente de presión 1, 2 está realizado convenientemente como un recipiente de una sola pared. Cada recipiente 1, 2 puede presentar un volumen de hasta 300000 m³ y puede estar diseñado para una presión de hasta 1000 bares.

Cada recipiente de aire comprimido 1 presenta una entrada 1e para aire comprimido y una salida 1a para aire comprimido. La entrada 1e de un recipiente de aire comprimido 1 está unida con un acumulador de aire comprimido 18 que asume también la función de un recipiente de compensación de aire comprimido. Este acumulador de aire comprimido 18 está unido con un compresor 17 que puede alimentar aire exterior comprimido al acumulador de aire comprimido 18. El suministro de corriente al compresor 17 se efectúa por una red eléctrica S conectada o apta para ser conectada al sistema. La aportación posterior de aire comprimido del acumulador de aire comprimido 18 a un recipiente de aire comprimido 1 se efectúa, como se explica más abajo, después de determinar la demanda por medio de una unidad de control y comparación 13.

La unidad de control y comparación 13 está unida con una válvula de regulación 19 a través de una línea de datos 16. Esta válvula de regulación 19 está dispuesta entre el acumulador de aire comprimido 18 y el recipiente de aire comprimido 1, especialmente entre la salida del acumulador de aire comprimido 18 y la entrada 1e de un recipiente de aire comprimido 1. La figura 2 muestra una única válvula de regulación 19 que está dispuesta delante de las entradas 1e de los cuatro recipientes de aire comprimido 1. Por supuesto, es posible también que, para la activación individual de cada recipiente de aire comprimido 1, esté dispuesta una respectiva válvula de regulación 19 en la entrada 1e de un recipiente de aire comprimido 1. Se asegura así que durante el funcionamiento del sistema se pueda mantener constante la presión en el sistema, por ejemplo en 500 bares. Como se explica más adelante, por medio de la unidad de control y comparación 13 se puede determinar, partiendo de la cantidad de agua determinada en el recipiente de agua a presión 2 por medio de los sensores SN y del volumen disponible en el recipiente de aire comprimido 1 y en el recipiente de agua a presión 2, la cantidad de aire comprimido necesaria para una presión prefijada, por ejemplo 500 bares, la cual puede aportarse eventualmente más tarde al recipiente de aire comprimido 1 desde el acumulador de aire comprimido 18 a través de la válvula de regulación 19. Por medio del sensor SD se mide la presión en un recipiente de aire comprimido 1. Los sensores SD, SN están unidos así de manera correspondiente a través de líneas de unión 16 con la válvula de regulación 19 y la unidad de control y comparación 13.

La salida 1a del recipiente de aire comprimido 1 está unida con la entrada 2e de un recipiente de agua a presión 2 a través de una tubería de presión 5. No se han representado unas válvulas de bloqueo que están dispuestas entre el recipiente de aire comprimido 1 y el recipiente de agua a presión 2. Tampoco se han representado unas turbinas de aire comprimido que están dispuestas entre la salida 1a del recipiente de aire comprimido 1 y la entrada del recipiente de agua a presión 2.

La salida 2a de un recipiente de agua a presión 2 está unida con la entrada E3 de la turbina de sobrepresión 3 a través de una válvula de bloqueo 6 y una tubería de presión 5. Respecto de la disposición de la turbina de sobrepresión 3 y la turbina de presión constante 3a, se hace aquí referencia a las explicaciones de la figura 1. Las salidas 2a de los recipientes de agua a presión 2 se encuentran siempre en el sitio más bajo de los recipientes de agua a presión 2. Asimismo, las salidas 2a de los recipientes de agua a presión 2 están unidas una con otra a través de una tubería de presión común 5. Esta tubería de presión 5 presenta una pendiente en dirección a la disposición de turbinas 3, 3a.

La turbina de sobrepresión 3 y la turbina de presión constante 3a presentan cada una de ellas un mecanismo de guía regulable 7, 7a a través del cual se pueden regular la presión de salida enviada de la turbina de sobrepresión 3 a la turbina de presión constante 3a y la cantidad de alimentación a la turbina de sobrepresión 3a y la turbina de presión constante 3. Se pueden regular así la potencia de salida de la disposición de turbinas 3, 3a. A este fin, los mecanismos de guía de entrada 7, 7a están unidos con la unidad de control y comparación 13 a través de una línea de datos 16. La turbina de sobrepresión 3a y la turbina de presión constante 3 están unidas a través de un árbol de accionamiento común AW con un generador 4 de producción de energía. Este generador 4 está conectado a una red eléctrica S o puede unirse con una red eléctrica S.

La disposición constituida por la turbina de sobrepresión 3 y la turbina de presión constante 3a está concebida de tal manera que el agua conducida, en el caso de la recuperación de energía, a través de la disposición de turbina de

sobrepresión 3 y turbina de presión constante 3a se expande al pasar del recipiente de agua a presión 1 a un acumulador de agua 9.

5 El acumulador de agua 9 presenta una antecámara 10 para extraer el agua en el caso del almacenamiento de energía. Esta antecámara 10 presenta una abertura 10a que está realizada de tal manera que la limitación inferior de esta abertura de entrada 10a esté dispuesta por encima del fondo de la antecámara 10. La limitación superior de la abertura 10a está dispuesta por debajo del nivel del agua (no representado) en el acumulador de agua 9. Mediante esta limitación se impide que lleguen partes pesadas del agua a la antecámara 10. Sumergiendo el canto superior por debajo del nivel de agua mínimo se impide que llegue agua cargada de aire a la antecámara, lo que puede conducir a averías de la bomba de alta presión 11 y ensuciamientos en el recipiente de agua a presión 2. Los ensuciamientos pueden conducir a averías en las turbinas 3, 3a. Asimismo, se impide que la espuma generada por la expansión del agua proveniente de la turbina de presión constante 3 llegue por efecto de microburbujas del agua a la antecámara 10 y a la bomba de alta presión 11.

10 La antecámara 10 lleva conectada una bomba de alta presión 11. La bomba de alta presión 12 transporta agua de la antecámara 10 a los recipientes de agua a presión 2 a través de una tubería de unión 12. El suministro de corriente a la bomba de alta presión 11 se efectúa para ello desde la red S conectada o apta para ser conectada. Además, en la tubería de unión 12 entre la bomba de alta presión 11 y el recipiente de agua a presión 2 está prevista una válvula de retención 8. Esta válvula de retención 8 sirve para que la presión acumulada en el recipiente de agua a presión 2 durante el almacenamiento de energía no produzca un reacoplamiento a la bomba de alta presión 11. Por supuesto, el recipiente de agua a presión 2 puede presentar una válvula de bloqueo (no representada) en el acceso 2a de la tubería de unión 12 al recipiente de agua a presión 2.

15 El sistema presenta una unidad de control y comparación 13. Esta unidad de control y comparación 13 está unida a través de una línea de datos 16 con sensores de presión SD del recipiente de aire comprimido 1 y sensores de nivel de llenado SN del recipiente de agua a presión 2. La unidad de control y comparación 13 comprende un equipo de comparación para comparar la presión momentánea en el recipiente de agua a presión 2 o la presión momentánea en el recipiente de aire comprimido 1 y la cantidad de agua momentánea en el recipiente de agua a presión 2 con un valor de presión nominal. La unidad de control y comparación 13 está construida de tal manera que, en función del resultado de la comparación, se alimente al recipiente de aire comprimido 1 aire comprimido proveniente del acumulador de aire comprimido 18 a través de una válvula de regulación 19.

20 La unidad de control y comparación 13 está unida mediante una línea de datos 16 con un ordenador 15 de una red eléctrica pública o no pública S conectada o apta para ser conectada. A través del ordenador 15 de la red se formula a la unidad de control y comparación 13 una consulta referente a si se debe o se puede utilizar el sistema para la obtención de energía o para el almacenamiento de energía.

25 A este fin, la unidad de control y comparación 13 está unida a través de una línea de datos 16 con los mecanismos de guía de entrada regulables 7, 7a de las turbinas 3, 3a. Es así posible ajustar en las turbinas 3, 3a la potencia solicitada por el ordenador 15 de la red eléctrica pública. Asimismo, la unidad de control y comparación 13 está unida con la válvula de bloqueo 6 a través de una línea de datos 16. Se asegura así que, solamente en caso de recuperación de energía, se abra la válvula de bloqueo 6 y se establezca una unión entre el recipiente de agua a presión 2 y las turbinas 3, 3a.

30 Asimismo, la unidad de control y comparación 13 está unida a través de una línea de datos 16 con un aparato de control (no representado) de la bomba de alta presión 11. Es así posible que la energía sobrante proporcionada por la red eléctrica S al sistema se utilice en caso necesario para el transporte de agua al recipiente de agua a presión 2.

La figura 3 muestra un sistema de almacenamiento y recuperación de energía según la invención con recipientes de aire comprimido y de agua a presión dispuestos en grupos. La figura 3 muestra a modo de ejemplo dos grupos constituidos cada uno de ellos por dos recipientes de aire comprimido y un recipiente de agua a presión.

35 Para evitar repeticiones, se hace referencia a la descripción de las figuras 1 y 2. En el sistema representado en la figura 3 se tiene que, a diferencia de la figura 2, dos recipientes de aire comprimido 1 están unidos con un recipiente de agua a presión 2. Las salidas 1a de los dos recipientes de aire comprimido 1 están unidas a través de una tubería de presión 5 con la entrada 2e de un recipiente de agua a presión 2. Por tanto, dos recipientes de aire comprimido 1 y un recipiente de agua a presión 2 forman un grupo (grupo acumulador). Por supuesto, pueden estar unidos también uno con otro varios recipientes de aire comprimido o varios recipientes de agua a presión en un grupo. No se representan unas válvulas de bloqueo que están presentes entre la entrada 2e de un recipiente de agua a presión 2 y una salida 1a de un recipiente de aire comprimido 1 dentro de un grupo.

40 Los recipientes de agua a presión 2 de los grupos están unidos en las salidas 2a con la turbina de sobrepresión 3 (véanse las explicaciones de la figura 1). En este caso, las salidas 2a de los recipientes de agua a presión están unidas una con otra a través de una tubería de presión 5, presentando la tubería de presión 5 una pendiente en dirección al colector.

45 En los sistemas representados en la figura 2 y la figura 3 se carga el agua necesaria en los recipientes de agua a presión 2 antes de la puesta en funcionamiento del sistema. Convenientemente, el primer llenado del recipiente de

5 agua a presión 2 se efectúa después de que se hayan llenado el recipiente o los recipientes de aire comprimido 1 con aire comprimido. La presión necesaria en el recipiente de aire comprimido 1 o en el recipiente de agua a presión 2 se genera con ayuda del compresor 17 y se aporta al recipiente o los recipientes de aire comprimido 1 a través del acumulador de aire comprimido 18. Según la presión de funcionamiento requerida, se eleva la presión en el recipiente de aire comprimido 1 y, por tanto, en el recipiente de agua a presión 2 hasta 10, 50, 100, 200 o 1000 bares.

10 Solicitando energía a través del ordenador de la red eléctrica S se abre la válvula de bloqueo 6 entre el recipiente de agua a presión 2 y las turbinas 3, 3a por medio de la unidad de control y comparación 13 y así se alimenta el agua sometida a presión en el recipiente de agua a presión 2 a la turbina de sobrepresión 3 y a la turbina de presión constante 3a acoplada con ésta. La cantidad del agua circulante hacia la turbina de sobrepresión 3 se regula por medio de la unidad de control y comparación 13. Se regula así la potencia generada por la turbina de sobrepresión 3 y la turbina de presión constante 3a. El generador 4 acoplado a la turbina de sobrepresión 3 y la turbina de presión constante 3a genera la cantidad de energía requerida por el ordenador 15 de la red eléctrica S y la alimenta a la red eléctrica S.

15 Es posible así que la unidad de control y regulación 13 regule la recuperación y el almacenamiento de energía en el sistema. La unidad de control y comparación 13 recibe del ordenador 15 de la red eléctrica S, a través de líneas de datos correspondientes 16, unas consignas referentes a la respectiva fase de funcionamiento, es decir, si el sistema se encuentra en la fase de funcionamiento de recuperación de energía o de almacenamiento de energía.

Lista de símbolos de referencia

20	1	Recipiente de aire comprimido
	1e	Entrada
	1a	Salida
	2	Recipiente de agua a presión
	2e	Entrada
25	2a	Salida
	3	Turbina de sobrepresión
	3a	Turbina de presión constante
	E3	Entrada de turbina de sobrepresión
	A3	Salida de turbina de sobrepresión
30	E3a	Entrada de turbina de presión constante
	A3a	Salida de turbina de presión constante
	AW	Árbol de accionamiento
	4	Generador
	5	Tubería de presión/tubería de unión
35	6	Válvula de bloqueo
	7	Mecanismo de guía de entrada de agua
	7a	Mecanismo de guía de entrada de agua
	8	Válvula de retención
	9	Acumulador de agua
40	10	Antecámara
	10a	Abertura
	11	Bomba de agua a alta presión
	12	Tubería de unión
	13	Unidad de control y comparación
45	15	Ordenador de red
	16	Línea de datos
	17	Compresor
	18	Acumulador de aire comprimido
	19	Válvula de bloqueo
50	S	Red eléctrica
	SN	Sensor de nivel
	SD	Sensor de presión

REIVINDICACIONES

1. Sistema de almacenamiento y recuperación de energía que comprende
al menos un recipiente de aire comprimido (1),
al menos un recipiente de agua a presión (2) unido con el recipiente de aire comprimido (1),
5 al menos una turbina (3) dispuesta en unión operativa con el al menos un recipiente de agua a presión (2),
un generador (4) para producir energía eléctrica,
una bomba de alta presión (11) para transportar agua de un acumulador de agua (9) al recipiente de agua a presión (2),
caracterizado por que
- 10 la turbina (3) dispuesta en unión operativa con el al menos un recipiente de agua a presión (2) es una turbina de sobrepresión que está conectada en serie con una turbina de presión constante (3a) de tal manera que un árbol de accionamiento (AW) de la turbina de sobrepresión (3) está unido con un árbol de accionamiento (AW) de la turbina de presión constante (3a) y un árbol de accionamiento (AW) del generador (4), y por que la turbina de presión constante (3a) está dispuesta entre la turbina de sobrepresión (3) y el generador (4),
15 presentando el generador (4) una interfaz para su unión con una red eléctrica pública (S).
2. Sistema según la reivindicación 1, **caracterizado** por que el árbol de accionamiento de la turbina de sobrepresión (3) y el árbol de accionamiento (AW) de la turbina de presión constante (3a) forman un árbol común o bien el árbol de accionamiento (AW) de la turbina de sobrepresión (3) y el árbol de accionamiento (AW) de la turbina de presión constante (3a) están unidos uno con otro a través de un acoplamiento rígido a la torsión, o bien el árbol de accionamiento (AW) de la turbina de sobrepresión (3) está unido con el árbol de accionamiento (AW) de la turbina de presión constante (3a) a través de un engranaje,
20 y por que una salida del al menos un recipiente de agua a presión (2) está unida con una entrada de la turbina de sobrepresión (3) y una salida de la turbina de sobrepresión (3) está unida con una entrada de la turbina de presión constante (3a).
- 25 3. Sistema según la reivindicación 2, **caracterizado** por que entre una salida de la turbina de sobrepresión (3) y una entrada de la turbina de presión constante (3a) está dispuesto un equipo para regular la presión previa de la turbina de presión constante (3a).
4. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** por que, en caso de que haya varios recipientes de agua a presión (2), está presente una tubería de unión que une las salidas de los recipientes de agua a presión (2) una con otra, estando dispuestos los recipientes de agua a presión (2) uno con respecto a otro de tal manera que la tubería de unión presenta una pendiente y en su punto más bajo presenta un colector que está unido con la entrada de la turbina (3, 3a).
30
5. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** por que en la salida de la turbina (3, 3a) está presente una válvula de bloqueo (6).
- 35 6. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** por que el al menos un recipiente de aire comprimido (1) está permanentemente en equilibrio de presión con el al menos un recipiente de agua a presión (2) de tal manera que, durante el almacenamiento y la recuperación de energía, la presión en el al menos un recipiente de aire comprimido (1) es igual a la presión en el al menos un recipiente de agua a presión (2).
- 40 7. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** por que entre un recipiente de aire comprimido (1) y un recipiente de agua a presión (2) está presente una turbina de aire comprimido.
8. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** por que entre una salida de un recipiente de aire comprimido (1) y una entrada de un recipiente de agua a presión (2) está presente exactamente una tubería de presión (5) que está concebida para conducir, en el caso del almacenamiento de energía, aire comprimido del recipiente de agua a presión (2) al recipiente de aire comprimido (1) y, en el caso de la recuperación de energía, aire comprimido del recipiente de aire comprimido (1) al recipiente de agua a presión (2).
45
9. Sistema según la reivindicación 8, **caracterizado** por que en la tubería de presión (5) está dispuesto un dispositivo de bloqueo que está concebido para cerrar la tubería de presión (5) en caso de que se produzca una repentina caída de presión.
- 50 10. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** por que la relación del volumen de un recipiente de agua a presión (2) al volumen de un recipiente de aire comprimido (1) asciende a 1:1, 1:2, 1:3 o 1:4.

- 5 11. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** por que está presenta una unidad de control y comparación (13) que está concebida para, en función del régimen normal de carga de una red eléctrica pública (S), activar la bomba de alta presión (11) por medio de energía proveniente de la red eléctrica pública (S) a fin de bombear agua del acumulador de agua (9) al recipiente de agua a presión (2) cuando esté presente un exceso de energía en la red eléctrica pública (S),
- o bien conducir agua a presión del recipiente de agua a presión (2) hasta al menos una turbina (3, 3a) y alimentar a la red eléctrica pública (S) la energía producida en el generador (4, 4a) cuando exista una demanda de energía en la red eléctrica pública (S).
- 10 12. Sistema según la reivindicación 11, **caracterizado** por que la unidad de control (S) está concebida para, en el caso de la recuperación de energía, regular la potencia generada por al menos una turbina (3, 3a) mediante la apertura o el cierre de toberas de entrada de agua (7) unidas con la turbina (3, 3a).
- 15 13. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** por que está presente una unidad de control y comparación (13) para comparar la presión momentánea en el recipiente de agua a presión (2) y la presión momentánea en el recipiente de aire comprimido (1) y la cantidad de agua momentánea en el recipiente de agua a presión (2) con un valor de presión nominal, estando concebida la unidad de control y comparación (14) de tal manera que, en función del resultado de la comparación, se alimenta aire comprimido al recipiente de aire comprimido (1) desde un acumulador de aire comprimido (18).

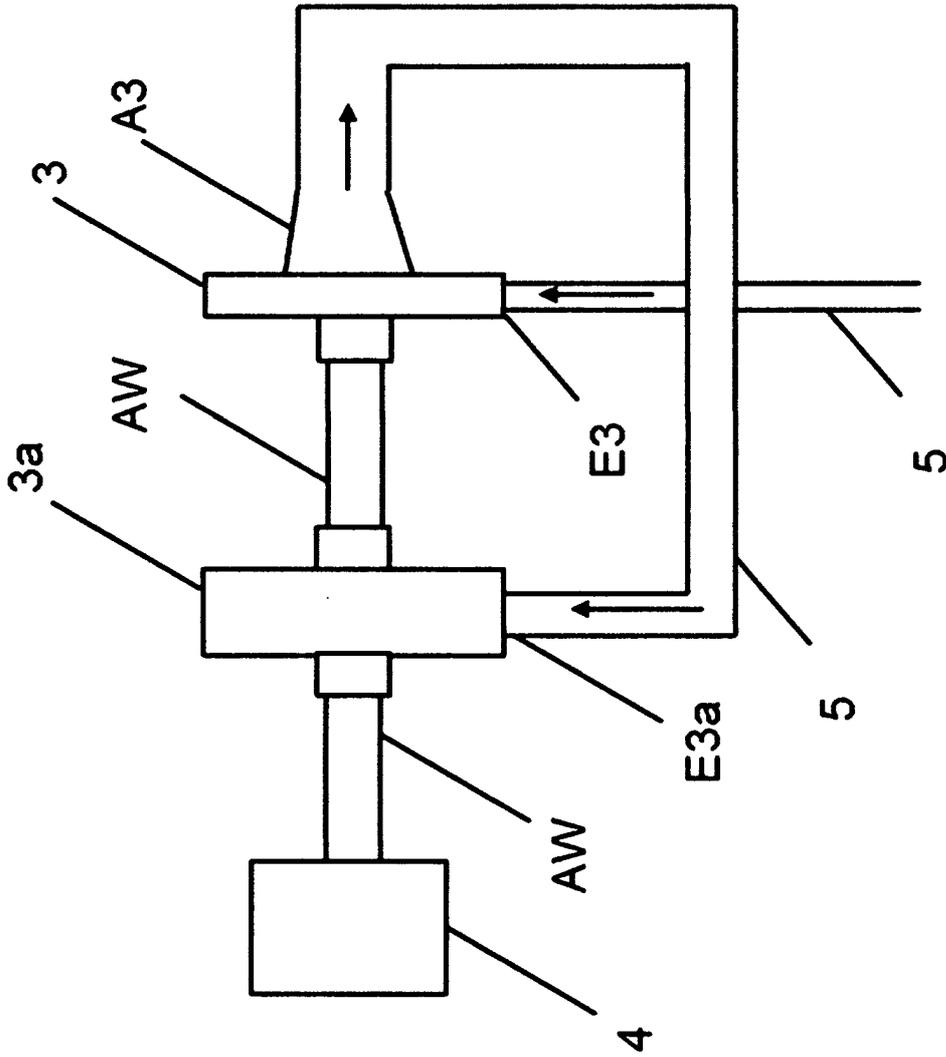


Fig. 1

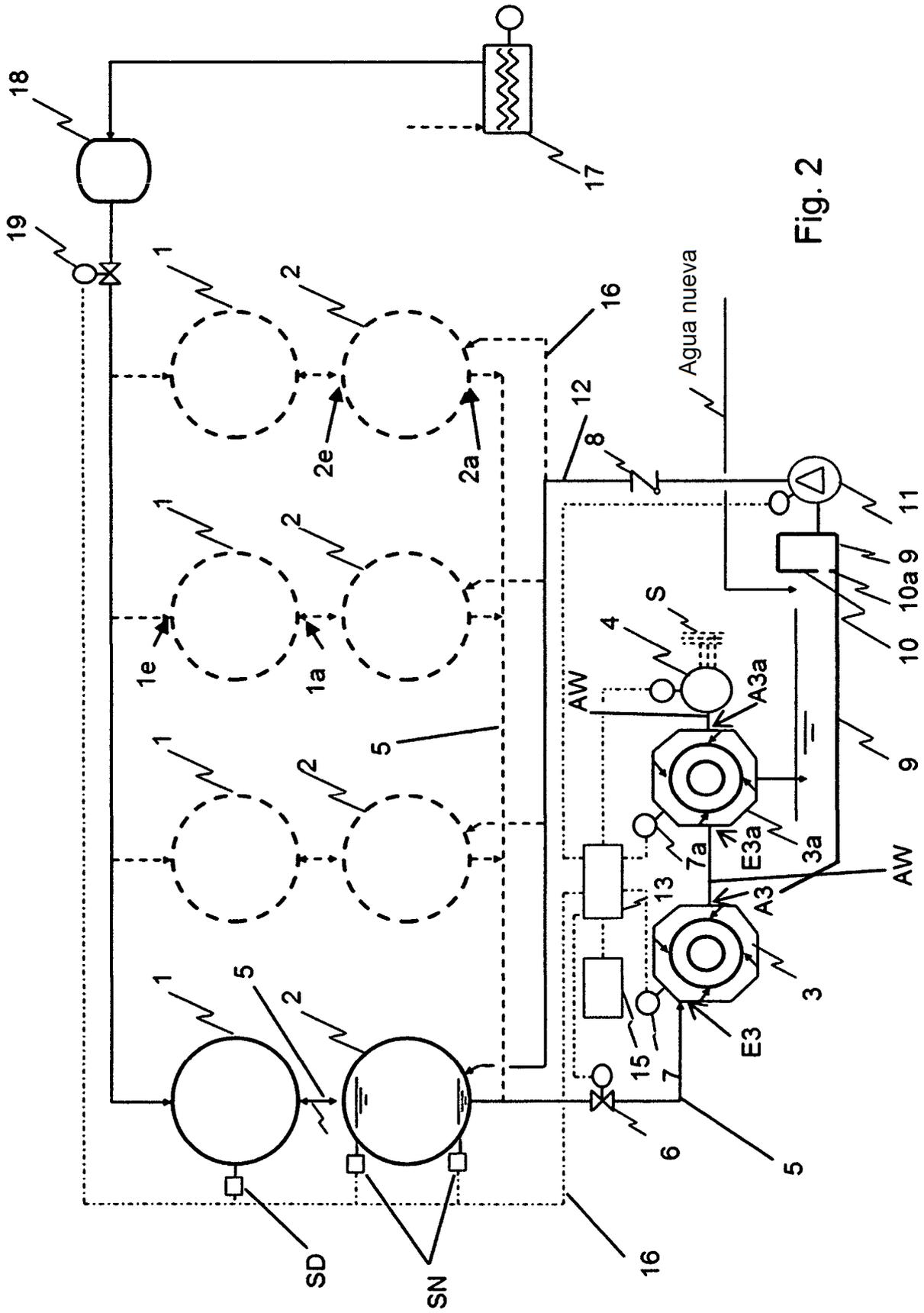


Fig. 2

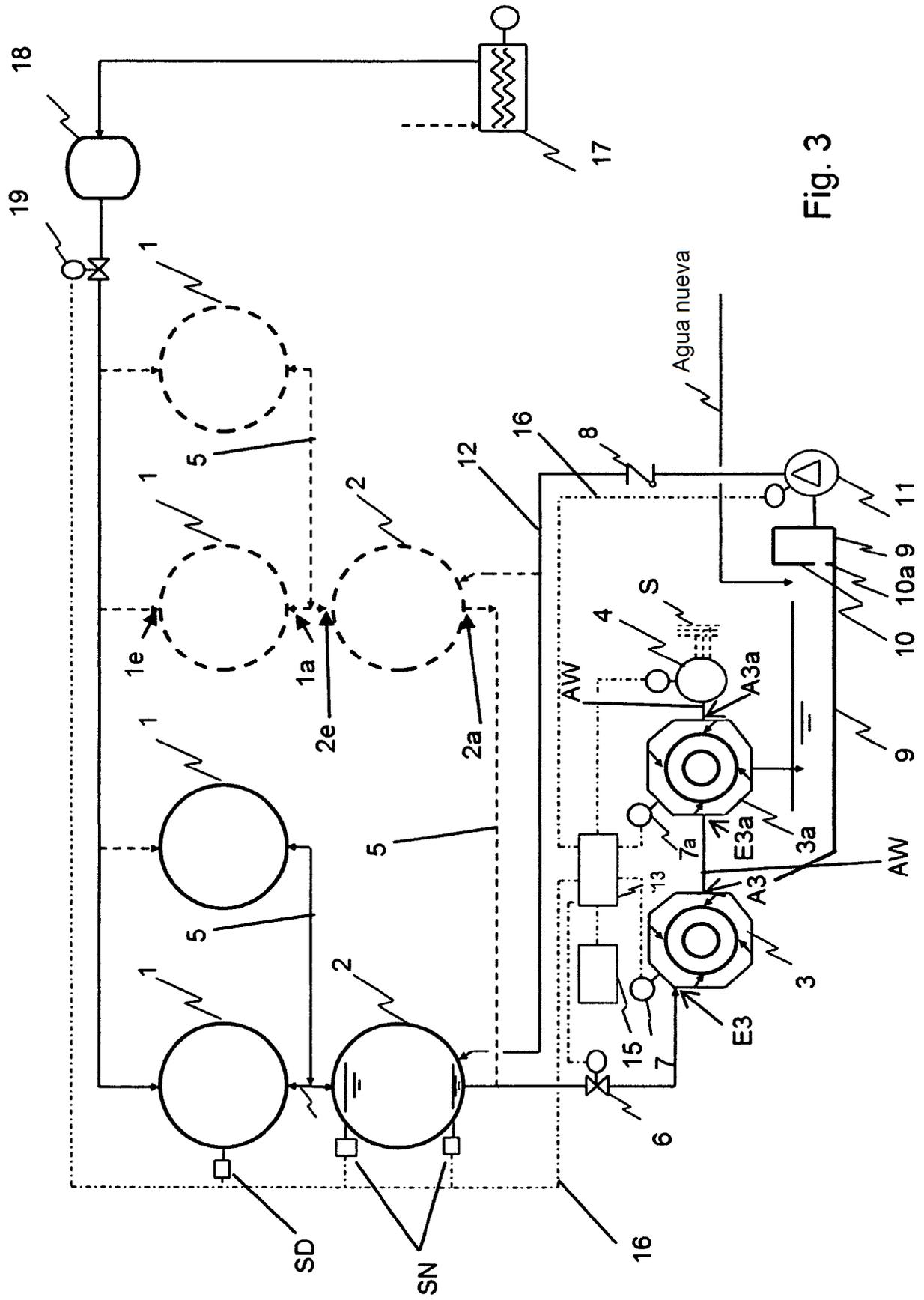


Fig. 3