

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 785 208**

51 Int. Cl.:

**F01K 23/00** (2006.01)

**F22B 1/00** (2006.01)

**F01K 25/00** (2006.01)

**C25B 1/12** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.06.2008** **E 15003208 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.02.2020** **EP 3002422**

54 Título: **Sistema de almacenamiento de energía y método para almacenar y suministrar energía**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**06.10.2020**

73 Titular/es:

**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)  
Werner-von-Siemens-Straße 1  
80333 München, DE**

72 Inventor/es:

**WOLF, ERIK**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

ES 2 785 208 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCIÓN**

Sistema de almacenamiento de energía y método para almacenar y suministrar energía

La presente invención se relaciona con un sistema de almacenamiento de energía y método para almacenar y suministrar energía

5 La energía renovable es la elección actual de reducir emisiones de CO<sub>2</sub> y reducir la dependencia de otras fuentes de energía primarias. La energía renovable puede reemplazar una cantidad significativa de plantas de energía convencionales existentes. El inconveniente de esta fuente es que no siempre está disponible con la salida de energía necesaria y que tiene una capacidad de control limitada.

10 El suministro de energía renovable también depende de la disponibilidad de la fuente propiamente dicha y de la capacidad restante de la red. Para alcanzar el objetivo final de la sociedad de reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> y llegar a ser independiente de combustibles fósiles se necesita maximizar las contribuciones de energía renovable. Esto significa que es necesario tratar con fuentes de energía estocásticas y de fluctuación. Con el propósito de lograr esto, será necesaria una sobrecapacidad de generación de energía renovable. El acceso en el suministro se almacenará para ser utilizado oportunamente desacoplado. Cuando el suministro no empareja la demanda se puede generar energía al descargar el almacenamiento.

15 Se presentan muchas formas diferentes de almacenar energía eléctrica. Se puede almacenar energía eléctrica electroquímicamente en baterías, físicamente, por ejemplo en la forma de presión o energía potencial. La energía potencial se almacena especialmente en un almacenamiento hidrobombado o en un almacenamiento de energía de aire comprimido (CAES).

20 Se pueden utilizar sistemas de almacenamiento hidrobombados para almacenar acceso de energía. El acceso en la energía eléctrica se puede utilizar para bombear agua a un almacenamiento en una mayor elevación. La energía potencial almacenada del agua se puede utilizar más adelante para la generación de energía eléctrica en una turbina de agua. El CAES utiliza la energía de compresión del aire comprimido en un proceso de expansión. Con base en el gas tipo natural se necesita CAES para compensar las pérdidas térmicas del proceso de compresión.

25 El agua y aire comprimido no tienen una alta densidad de energía específica y por lo tanto es muy limitada la capacidad de energía de dichos sistemas.

El documento US 5,432,702 A1 describe un proceso con una electrólisis de agua en oxígeno e hidrógeno. El hidrógeno se puede mezclar con gas natural. La mezcla se puede quemar para uso en una turbina de gas o para generar vapor.

30 Los documentos US 2005/0279095 A1 y US 2008/047502 A1 divulgan sistemas de almacenamiento de energía electroquímica basados en la electrólisis del agua en oxígeno e hidrógeno. El hidrógeno almacenado se usa para una turbina de gas.

Es un primer objetivo de la presente invención proporcionar un sistema de almacenamiento de energía ventajoso. Es un segundo objetivo de la presente invención proporcionar un método ventajoso para almacenar y suministrar energía.

35 El primer objetivo se resuelve por un sistema de almacenamiento de energía como se reivindica en la reivindicación 1. El segundo objetivo se resuelve por un método para almacenar y suministrar energía como se reivindica en la reivindicación 7. Las reivindicaciones dependientes definen desarrollos adicionales de la invención.

40 El sistema de almacenamiento de energía de la invención comprende un electrolizador, un almacenamiento de gas hidrógeno y una planta de energía. El electrolizador se conecta al almacenamiento de gas hidrógeno. El almacenamiento de gas hidrógeno se conecta a la planta de energía. Ventajosamente el electrolizador es un electrolizador de alta presión.

45 El sistema de almacenamiento de energía comprende al menos un almacenamiento de gas adicional. Este almacenamiento de gas adicional se utiliza para almacenar gas natural. Además, el sistema de almacenamiento de energía comprende una estación de mezcla de gas para mezclar el gas hidrógeno con el gas natural antes de la combustión. El sistema de almacenamiento de energía comprende además un precalentador de gas combustible y comprende un compresor de hidrógeno que está conectado al electrolizador y al almacenamiento de gas hidrógeno para comprimir el gas hidrógeno antes de almacenarlo.

50 Con el sistema de almacenamiento de energía de la invención se eliminan los inconvenientes de sistemas de almacenamiento de energía conocidos. En particular, en lugar de utilizar un medio de almacenamiento de baja densidad de energía específica y un medio de alta densidad de energía, es decir se utiliza hidrógeno y preferiblemente hidrógeno comprimido. Esto permite diseñar un almacenamiento de alta capacidad y alta energía muy compacto. El sistema de almacenamiento de energía de la invención proporciona un suministro de energía confiable a pesar de una fuente que se carga estocásticamente e indeterminadamente.

Debido a la muy alta densidad de energía de los sistemas de almacenamiento sugeridos puede funcionar por muchos días en carga completa pero también se puede utilizar en una programación diaria durante momentos de demanda

pico. Esta es una diferencia importante en un almacenamiento hidrobombado que puede funcionar solo algunas horas o del sistema de almacenamiento de energía de aire comprimido (CAES) que también funciona máximo algunas horas.

5 Más aún, la presente invención ofrece hasta 100 veces la capacidad de energía de sistemas de almacenamiento convencionales para energía eléctrica. De manera general, la energía que necesita ser almacenada está en 100s de GWh.

10 Más aún, el sistema de almacenamiento de energía de la invención puede comprender un sistema de recuperación de calor que se puede conectar al compresor de hidrógeno y/o a una planta de energía y/o a una planta de tratamiento de agua. El sistema de recuperación de calor se puede utilizar para recuperar el calor de la función de compresión aplicada al hidrógeno para comprimir adicionalmente hidrógeno para almacenamiento, por ejemplo en un almacenamiento subterráneo. El hidrógeno se puede comprimir adicionalmente por medio de un compresor de hidrógeno que eleva la presión después que el electrolizador adicionalmente alcanza la presión del almacenamiento.

15 Adicionalmente, el sistema de almacenamiento de energía de la invención puede comprender por lo menos una cavidad de almacenamiento. Por ejemplo, el almacenamiento de gas hidrógeno y/o la cavidad de almacenamiento puede ser un almacenamiento de hidrógeno subterráneo para hidrógeno a alta presión.

20 El sistema de almacenamiento de energía de la invención puede comprender una unidad de suministro de energía eléctrica que se puede conectar al electrolizador. Adicionalmente, el sistema de almacenamiento de energía de la invención puede comprender una unidad de suministro de energía eléctrica que se puede conectar a la planta de energía. El sistema de almacenamiento de energía de la invención puede comprender adicionalmente conexiones de red para importar energía durante carga y exportación de energía durante descarga. La unidad de suministro de energía eléctrica se puede conectar al electrolizador por medio de una red. La planta de energía se puede conectar a la unidad de suministro de energía eléctrica por medio de una red.

25 El sistema de almacenamiento de energía de la invención puede comprender adicionalmente una planta de tratamiento de agua que se conecta al electrolizador para proporcionar agua desmineralizada a este. Más aún, puede comprender un sistema de recuperación de calor de electrolizador. Este sistema de recuperación de calor de electrolizador puede recuperar calor del mismo. El calor recuperado se puede utilizar en la planta de tratamiento de agua y/o en una planta de energía. Esto significa que el sistema de recuperación de calor de electrolizador se puede conectar a la planta de energía y/o a la planta de tratamiento de agua.

30 Adicionalmente, el sistema de almacenamiento de energía de la invención puede comprender un sistema de suministro de energía y/o un precalentador de hidrógeno. El precalentador de hidrógeno se puede utilizar especialmente para precalentar el hidrógeno antes de expandirlo a una presión del sistema de suministro de energía para mejorar la eficiencia del ciclo.

35 Adicionalmente, el sistema de almacenamiento de energía de la invención puede comprender una estación de mezcla de gas, especialmente una estación de mezcla de combustible. La estación de mezcla de gas se puede utilizar para establecer las propiedades de gas combustible de acuerdo con lo anterior en el requerimiento de las plantas de energía. El sistema de almacenamiento de energía de la invención puede comprender adicionalmente un precalentador de gas combustible. El precalentador de gas combustible se puede ubicar antes o detrás de la estación de mezcla de gas.

40 El sistema de almacenamiento de energía de la invención puede comprender especialmente un expansor de hidrógeno o una turbina con un generador que produce energía eléctrica. El expansor o la turbina se pueden conectar al almacenamiento de gas hidrógeno, por ejemplo a través de un precalentador y/o una válvula de control. El expansor o la turbina se pueden conectar adicionalmente a través de una válvula de control a una estación de mezcla de gas o a un precalentador de gas combustible. La estación de mezcla de gas comprende un almacenamiento de gas adicional, por ejemplo para oxígeno u otro gas para mezclar el hidrógeno.

45 Adicionalmente, los sistemas de almacenamiento de energía de la invención pueden comprender un expansor de gas. El expansor de gas se puede utilizar para recuperar la energía de compresión aplicada al hidrógeno para mejorar la eficiencia del ciclo.

50 La planta de energía preferiblemente puede comprender una combinación de una turbina y un generador. Puede comprender especialmente una planta de energía convencional para reconversión de energía química, por ejemplo de hidrógeno, a energía eléctrica.

El sistema de almacenamiento de energía también puede comprender un sistema de recuperación de calor que se conecta a una planta de desmineralización de agua. La planta de desmineralización de agua preferiblemente se puede conectar al electrolizador. Esto mejora la eficiencia del ciclo, debido a que el sistema de recuperación de calor puede proporcionar calor térmico para la planta de desmineralización de agua aplicado al electrolizador.

55 Adicionalmente, el sistema de almacenamiento de energía de la invención puede comprender un sistema de control de importación de energía y/o un sistema de control de exportación de energía. También puede comprender un sistema

de control que controla la exportación e importación de energía. El sistema de almacenamiento de energía de la invención también puede comprender una interfaz de red controlable para carga y/o descarga.

5 Adicionalmente, el sistema de almacenamiento de energía puede comprender una interfaz para exportar hidrógeno y/o oxígeno fuera del almacenamiento de gas hidrógeno. Ventajosamente, el sistema de almacenamiento de energía puede comprender una planta de proceso químico. La planta de proceso químico puede comprender una entrada de oxígeno que se puede conectar a una salida de oxígeno del electrolizador. La planta de proceso químico puede utilizar el subproducto de oxígeno para procesos químicos como biomasa para productos.

10 De manera general, el sistema de almacenamiento de energía de la invención resuelve el problema inherente de la baja densidad de energía y pequeña capacidad de energía de soluciones de almacenamiento existentes. En una configuración optimizada en conjunto con energía renovable puede ofrecer suficiente capacidad de puenteo generar energía baja a alta de la energía renovable durante muchos días. El sistema de la invención puede realizar un suministro de energía completamente sostenible con base en energía renovable.

15 El método de la invención para almacenar y suministrar energía comprende las etapas de: suministrar energía eléctrica a un electrolizador, descomponer agua en oxígeno y gas hidrógeno por medio del electrolizador, almacenar el gas hidrógeno mediante el almacenamiento de gas hidrógeno mezclando el gas hidrógeno almacenado con el gas natural el cual se almacena en el almacenamiento de gas adicional, suministrando el gas de hidrógeno mezclado a una planta de energía y produciendo energía eléctrica por medio de la planta de energía. El hidrógeno gaseoso se comprime antes de almacenarse. Esto aumenta la densidad de energía específica y, por lo tanto, la capacidad de almacenamiento. El calor del trabajo de compresión se puede recuperar. La energía de compresión aplicada al hidrógeno puede recuperarse especialmente por medio de un expansor de gas.

20 Preferiblemente se puede usar un electrolizador de alta presión. Ventajosamente se puede proporcionar agua desmineralizada al electrolizador. Adicionalmente, se puede recuperar calor del electrolizador. El calor recuperado puede usarse en una planta de tratamiento de agua y/o en una planta de energía.

25 El hidrógeno se puede precalentar y/o se expande antes que se pueda suministrar a la planta de energía. Preferiblemente la planta de energía puede comprender una turbina y un generador. Adicionalmente, se puede recuperar calor de la planta de energía. El calor de la planta de energía se puede conducir especialmente a una planta de desmineralización de agua que se puede aplicar al electrolizador.

Más aún, el hidrógeno se puede mezclar con un diluyente.

30 Adicionalmente, se puede conducir oxígeno del electrolizador a una planta de proceso químico. La planta de proceso químico puede utilizar el subproducto de oxígeno para proceso químico como, por ejemplo, biomasa a productos.

De manera general, el método de la invención tiene ventajas como las tiene el sistema de almacenamiento de energía de la invención.

35 La presente invención proporciona un sistema de almacenamiento de energía a gran escala que puede almacenar cantidades muy grandes de energía. Comparado con sistemas de almacenamiento existentes la cantidad está entre factores de 10-100 grandes. En conjunto con una fuente de energía renovable, por ejemplo una planta de energía de viento grane, puede proporcionar suficiente capacidad y salida de energía que los dos sistemas aparecerán en el operador de red como una planta de energía convencional con su alta disponibilidad y capacidad de gestión.

40 Los grandes sistemas de almacenamiento de energía evitarán a su vez anularán o incluso apagarán la generación de energía renovable en el caso de baja demanda como ocurre cuando necesita ser aplicada la gestión de generación. La introducción de un electrolizador de alta presión mejora significativamente la eficiencia del sistema y densidad de energía en contraste con sistemas que no se utilizarán. Adicionalmente, los circuitos de recuperación de calor en el compresor de hidrógeno de alta presión, en el expansor de hidrógeno de alta presión y el precalentamiento de gas combustible aumenta la eficiencia del almacenamiento.

45 Características, propiedades y ventajas adicionales de la presente invención serán claras a partir de la siguiente descripción de las realizaciones en conjunto con los dibujos que acompañan. Las características descritas son solo ventajas y en combinación entre sí.

La Figura 1 muestra esquemáticamente un sistema de almacenamiento de energía de la invención

La Figura 2 muestra esquemáticamente una realización más detallada de un sistema de almacenamiento de energía de la invención.

50 Una primera realización de la presente invención, se describirá ahora con referencia a la Figura 1. La Figura 1 muestra esquemáticamente un sistema 1 de almacenamiento de energía de la invención, que comprende un electrolizador 5 de alta presión, un almacenamiento 6 de gas hidrógeno, una planta 7 de energía y conexiones 4, 8 de red. La energía eléctrica, por ejemplo energía renovable, que viene de una unidad 2 de suministro de energía eléctrica se proporciona al electrolizador 5 de alta presión por medio de una red 4. En el electrolizador 5 de alta presión separa hidrógeno del

agua por medio de electrólisis. El hidrógeno luego se almacena en el almacenamiento 6 de gas hidrógeno. Cuando se necesita, el hidrógeno almacenado se suministra a la planta 7 de energía. La energía eléctrica producida por la planta 7 de energía se suministra después a una red 8.

5 Una segunda realización de la presente invención ahora se describirá con referencia a la Figura 2. La Figura 2 muestra esquemáticamente un ejemplo de una realización detallada del sistema 1 de almacenamiento de energía de la invención.

10 La Figura 2 muestra un electrolizador 5 de alta presión que se suministra con energía eléctrica por medio de una red 4. El agua 13 viene de una planta 15 de desmineralización se guía al electrolizador 5 de alta presión. En el electrolizador 5 de alta presión se descompone el agua 13 en oxígeno 12 e hidrógeno 14. El electrolizador 5 de alta presión se conecta adicionalmente aun sistema 9 de recuperación de calor de electrolizador. El calor que se recupera por medio del sistema 9 de recuperación de calor de electrolizador se puede utilizar para una planta 10 de tratamiento de agua y/o para una planta 11 de energía, por ejemplo. La planta 10 de tratamiento de agua puede ser especialmente parte de la planta 15 de desmineralización que desmineraliza el agua 13 para el electrolizador 5 de alta presión.

15 El hidrógeno separado del electrolizador 5 de alta presión se guía en un compresor 16 de hidrógeno. El compresor 16 de hidrógeno se puede accionar por un motor 17.

20 El hidrógeno comprimido luego se deja en un intercambiador 18 de calor en donde se enfría. El hidrógeno enfriado y comprimido luego se guía a un almacenamiento 20 de hidrógeno. Entre el intercambiador 18 de calor y el almacenamiento 20 de hidrógeno se ubica una válvula 21 de control. El calor del intercambiador 18 de calor, por ejemplo, se puede almacenar en un almacenamiento térmico o se puede utilizar en una planta de desmineralización, por ejemplo en la planta 15 de desmineralización. El flujo de calor lejos del intercambiador 18 de calor se indica por una flecha 19.

25 Si el hidrógeno que se almacena en el almacenamiento 20 de hidrógeno que se necesita se puede guiar por medio de la válvula 21 de control a un precalentador 22 en donde se precalienta. La energía térmica que se necesita para recalentamiento del hidrógeno en el precalentador 22 se puede tomar de un almacenamiento térmico. Esto se indica por una flecha 23. Alternativamente o adicionalmente, el calor necesario se puede suministrar de una planta 32 de energía. Esto se indica por las flechas 33 y 24.

El hidrógeno precalentado luego se guía a un expansor 25 de hidrógeno, que puede ser una turbina. El expansor 25 de hidrógeno o la turbina activa un generador 26 que produce energía eléctrica. La energía eléctrica producida por el generador 26 luego se suministra a una red 27.

30 El hidrógeno, que se expande por medio del expansor 25 de hidrógeno, es luego guiado a un precalentador 28 de gas combustible. Antes de alcanzar el precalentador 28 de gas combustible, el hidrógeno se puede mezclar con gas natural y/o un diluyente. Para este propósito un almacenamiento 30 de gas adicional se conecta a una tubería entre el expansor 25 de hidrógeno y el precalentador 28 de gas combustible por medio de una válvula 29 de control. El almacenamiento 30 de gas adicional puede ser un almacenamiento de gas para gas natural u otro gas para mezclar el hidrógeno antes de combustión en cuyo caso esto es preferible utilizando hidrógeno puro. El almacenamiento 30 adicional se puede suministrar mediante un suministro externo. Esto se indica por una flecha 31.

35 El hidrógeno o la mezcla de hidrógeno con un gas natural y/o el diluyente que se precalienta por medio del precalentador 28 de gas combustible luego se conduce a una planta 32 de energía. En la planta 32 de energía se genera energía eléctrica. La planta de energía puede ser una planta de energía de ciclo simple (sin uso de calor de escape) o una planta de energía de ciclo combinado (con uso de calor de escape en un ciclo de relleno, por ejemplo ciclo de vapor) para mayor eficiencia. La energía eléctrica producida se suministra a una red 8. El calor de la planta 32 de energía residual se puede utilizar para el precalentador 22 y/ o para precalentador 28 de gas combustible. Esto se indica por las flechas 33, 24 y 34. Adicionalmente, el calor de la planta de energía se puede utilizar para planta 15 de desmineralización. Esto se indica por una flecha 36. El agua producida durante el proceso de combustión se puede extraer de la corriente de escape y se carga a la planta 15 de desmineralización para reducir el consumo de agua del sistema de almacenamiento. La flecha 35 indica el agua que fluye de la planta 32 de energía a la planta 15 de desmineralización.

40 Los circuitos de recuperación de calor en el compresor 16 de hidrógeno de alta presión, en el expansor 25 de hidrógeno de alta presión y en el precalentador 28 de gas combustible aumenta la eficiencia del almacenamiento. De manera general, el sistema de almacenamiento de energía descrito y el método de la invención para almacenar y suministrar energía, que se puede realizar por medio del sistema de almacenamiento de energía descrito, proporciona un almacenamiento de energía a gran escala que puede almacenar cantidades muy grandes de energía.

**REIVINDICACIONES**

1. Un sistema (1) de almacenamiento de energía,  
5 en donde este comprende un electrolizador (5), un almacenamiento (6, 20) de gas hidrógeno y una planta (7, 35, 32) de energía, siendo conectado el electrolizador (5) al almacenamiento (6, 20) de gas hidrógeno y siendo conenctado el almacenamiento (6, 20) de gas hidrógeno a la planta (7, 25, 32) de energía, en donde
- el sistema de almacenamiento de energía comprende por lo menos un almacenamiento de gas adicional para gas natural y
  - el sistema de almacenamiento de energía comprende una estación (29) de mezcla de gas para mezclar el gas hidrógeno con el gas natural antes de combustión, y en donde
- 10 - este comprende un compresor (16) de hidrógeno que está conectado al electrolizador (5) y al almacenamiento (6, 20) de gas hidrógeno para comprimir el gas hidrógeno antes de almacenarlo, caracterizado porque comprende además un precalentador (28) de gas combustible.
2. El sistema (1) de almacenamiento de energía como se reivindica en la reivindicación 1, caracterizado porque
- 15 la planta (7, 25, 32) de energía comprende una combinación de una turbina y un generador.
3. El sistema (1) de almacenamiento de energía como se reivindica en la reivindicación 1 o 2, caracterizado porque
- comprende un sistema de control de importación de energía y/o un sistema de control de exportación de energía.
4. El sistema (1) de almacenamiento de energía como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3,
- 20 caracterizado porque
- comprende un expansor (25) de hidrógeno o una turbina con un generador (26) que produce energía eléctrica, el expansor (25) o la turbina se conecta al almacenamiento (6, 20) de gas hidrógeno a través de un precalentador (22) y/o una válvula (21) de control.
5. El sistema (1) de almacenamiento de energía como se reivindica en la reivindicación 4,
- 25 caracterizado porque
- el expansor (25) o la turbina se conecta adicionalmente a través de una válvula (29) de control a la estación de mezcla de gas o al precalentador (28) de gas combustible.
6. El sistema (1) de almacenamiento de energía como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque
- 30 comprende un sistema (9, 18) de recuperación de calor que se conecta al compresor (16) de hidrógeno y/o a una planta (7, 11, 25, 32) de energía y/o a una planta (10, 15) de tratamiento de agua.
7. Un método para almacenar y suministrar energía con la ayuda de un sistema de almacenamiento de energía de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 6,
- que comprende las etapas de:
- 35 - suministrar energía eléctrica al electrolizador (5),
- descomponer agua en gas oxígeno e hidrógeno por medio del electrolizador (5),
  - almacenar el gas hidrógeno mediante el almacenamiento de gas hidrógeno,
  - mezclar el gas hidrógeno almacenado con el gas natural que se almacena en el almacenamiento de gas adicional,
  - suministrar el gas hidrógeno mezclado a una planta (7, 25, 32) de energía, y
- 40 - producir energía eléctrica por medio de la planta (7, 25, 32) de energía, en donde el gas hidrógeno se comprime antes que se almacene.

8. El método como se reivindica en la reivindicación 7,  
en donde se recupera el calor de la planta (7, 25, 32) de energía.
9. El método como se reivindica en la reivindicación 7 u 8,  
en donde el hidrógeno se precalienta y/o se expande antes que se suministre a la planta (7, 25, 32) de energía.
- 5 10. El método como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9,  
en donde se recupera el calor de la función de compresión y/o calor del electrolizador (5).

FIG 1



