

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 671 000**

51 Int. Cl.:

F03B 13/00 (2006.01)

F03D 9/00 (2006.01)

F15B 21/14 (2006.01)

F03B 17/00 (2006.01)

H02J 15/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **25.09.2014 PCT/EP2014/002600**

87 Fecha y número de publicación internacional: **02.04.2015 WO15043747**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.09.2014 E 14786123 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.03.2018 EP 3049667**

54 Título: **Procedimiento, y planta, para el almacenamiento de energía combinada, de la presión de agua bombeada y el aire a presión, con la presión del agua de turbina constante**

30 Prioridad:

25.09.2013 CH 16422013

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

04.06.2018

73 Titular/es:

**EMIL BÄCHLI ENERGIETECHNIK AG (100.0%)
Marktgasse 7
5304 Endingen, CH**

72 Inventor/es:

BÄCHLI, EMIL

74 Agente/Representante:

ARPE FERNÁNDEZ, Manuel

ES 2 671 000 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

Procedimiento, y planta, para el almacenamiento de energía combinada, de la presión de agua bombeada y el aire a presión, con la presión del agua de turbina constante.

5 El invento se refiere a un procedimiento para el almacenamiento de energía que se combina de la presión que ejerce el agua bombeada junto con el aire a presión, unido a la presión del agua de turbina constante, además de una planta para ello.

10 **ESTADO DE LA TÉCNICA**

El aumento mundial del uso de la energía solar y eólica para la generación de energía eléctrica supone una desventaja, y es que se presenta de forma irregular y muchas veces no llega en el momento en que se necesita. Falta una posibilidad económica de almacenar esta energía con una buena eficacia y larga duración, como también un bajo impacto ambiental.

15 Las técnicas utilizadas hasta ahora para almacenar aún no satisfacen lo suficiente estos requerimientos, con excepción de los lagos en los Alpes, cuyos planes de ampliación, sin embargo, están obstaculizados constantemente por la protección medio-ambiental. El almacenaje de energía mediante agua bombeada hacia lagos de almacenamiento en altitudes elevadas es en este momento la manera más eficaz para acumular energía. Debido a que no hay muchas posibilidades de crear lagos de almacenamiento elevados, y ya que estos provocan problemas constantemente, se presenta la pregunta de si no debería existir otra posibilidad para generar presión de agua sin lagos de almacenamiento. Existe esta posibilidad y ya se realiza desde hace décadas con la llamada "bomba de agua caseras". Sin embargo, esto no es una alternativa relevante económicamente.

20 De la DE 10 2012 015 732 A1 se conoce un procedimiento para el almacenamiento de energía combinado de la presión del agua bombeada y la presión de aire, con presión constante del agua en la turbina. En su caso se bombea con la energía para el almacenamiento de un medio líquido, preferiblemente agua, dentro de un espacio vacío, hermético y resistente a la presión, especialmente en un depósito para presiones, de tal modo que el nivel del medio incrementando comprime como un pistón el gas, el cual se encuentra dentro del depósito de presión hasta alcanzar el lleno del médium. Este gas se presiona a través de un conducto de unión dentro de un depósito de gas en presión y se cierra con una válvula de cierre, de tal modo que la energía queda almacenada dentro del gas en presión. Se alcanza una presión constante del agua en la turbina debido a que el depósito para el gas es mucho más grande que el depósito para el agua en presión y la diferencia de presión es lo más grande posible. De esta manera se mantiene prácticamente la presión del gas al retirar el agua.

25 De la WO 2011/101647 A2 también se conoce un procedimiento para un almacenamiento de energía, que sale de combinar la fuerza que genera el agua bombeada unida al aire a presión, con una presión del agua constante por la turbina. En este caso se genera adicionalmente una presión del agua constante por la turbina debido a que el gas está presente en dos fases –una líquida y otra en forma de gas-, en las que la presión por evaporación es constante y es por ello que también ejerce una presión constante sobre el agua.

40 **OBJETIVO**

El objetivo del presente invento es crear un sistema de almacenamiento, que cumpla los requisitos anteriormente mencionados, como también las exigencias de la protección del medio ambiente.

45 **SOLUCIÓN DEL OBJETIVO**

Para alcanzar dicho objetivo conllevan un procedimiento y una planta con las características de las reivindicaciones 1 y 2. Con una bomba, accionada por un motor eléctrico, bombeándose preferiblemente agua, pero también cualquier otro medio líquido, dentro de un recipiente hermético y resistente a las presiones, que debe de estar lleno de aire o el gas correspondiente. La constante subida del nivel del agua presiona y comprime cada vez más el aire elástico dentro del recipiente, de tal modo que la presión del aire aumenta continuamente y de este modo también la presión del agua. Al apagar la bomba automáticamente en cuanto se alcanza un determinado nivel de presión, la presión del agua queda almacenada.

50 De esta manera la bomba, que se pone en marcha eléctricamente, transforma la energía eléctrica en una energía potencial derivada de la presión del agua. Mediante el bombeo de agua contra un cojín de aire dentro de un recipiente hermético, tal como se realiza en las bombas de agua de casa, se puede entonces almacenar energía en agua a presión con la ayuda del cojín de aire. El bombeo de agua en dirección ascendente, con el fin de generar presión, podría ser simulado de esta manera, lo que quiere decir que puede ser sustituido. Sin embargo, eso tiene la gran desventaja de que la presión del agua, al dejarla salir de la cámara de presión -por ejemplo para accionar una turbina-, disminuyera constantemente. Esto es un gran problema para la conversión de energía potencial de presión de agua en energía eléctrica.

60 El presente invento tiene como meta eliminar este problema y mantener la presión del agua para la transformación de energía potencial a energía eléctrica constantemente en un mismo nivel de presión, también en el caso del sistema de almacenamiento de energía mediante cojín de aire y agua bombeada.

Conforme al invento se alcanza la meta debido a que el recipiente de presión será dividido herméticamente. Por ejemplo, mediante una pared intermedia resistente a la presión, como puede ser medio volumen como la parte del agua y otro medio volumen como la parte del aire. Las dos partes del recipiente se unen con dos conductos en comunicación. El primer conducto con una válvula, que puede estar cerrada, y el segundo conducto con dos válvulas con cierre, con una válvula reductora de presión de aire colocada en el medio de las dos.

Antes de empezar con el almacenaje de energía se comprime previamente el aire en ambas partes del recipiente, por ejemplo hasta 50 bares. A continuación, se llena la parte mayor del recipiente con la energía eléctrica, para almacenar con agua mediante una bomba. Con el aumento de la presión desde los 50 bares iniciales el nivel que va subiendo del agua presiona el aire como si fuese un pistón, completamente en el recipiente de aire pequeño, y alcanza ahí una presión de aproximada de 200 bares a través de una reducción de volumen.

En cuanto ha terminado el llenado con agua la primera válvula cierra la unión entre el recipiente del agua y el recipiente del aire. La energía eléctrica del bombeo entonces ha sido transformada en energía potencial de presión de aire, y está almacenada en el pequeño recipiente de aire que cuenta con aproximadamente 200 bares. Para la recuperación de la energía las turbinas de aire tienen un mal grado de eficacia, por lo cual y conforme a la idea del invento se transforma el aire a presión de agua reducida y constante. Esta presión se reduce a aproximadamente 50 bares. Eso se consigue mediante una válvula reductora de presión de gas, que se encuentra colocada entre las dos válvulas de cierre, la cual conecta el pequeño recipiente de aire en presión con el gran recipiente de agua, de un modo que facilite que el aire pueda circular. La presión del aire en la entrada de la válvula reductora está ajustada inicialmente a 200 bares y por el lado de salida a 50 bares. Después de iniciar la turbina de agua para la recuperación de la energía, el nivel del agua baja de manera continua dentro de un gran recipiente de agua, y por consecuencia también se reduce la presión del aire. Pero eso se compensa mediante la entrada de aire a través de la válvula reductora, que se encuentra ajustada a 50 bares, lo que provoca que hasta alcanzar la cantidad restante, toda la cantidad de agua dentro del recipiente de agua en presión propulsa con una presión de agua constante de 50 bares la turbina de agua con un generador con una mayor eficacia, como si fuera posible con presión de aire a través de una turbina de gas.

Con esta solución se supera incluso el mantener constante la presión del agua de centrales eléctricas de lagos de almacenamiento, cuya presión de agua varía entre el lago vacío o lleno debido a la altura del muro de retención. La regulación del caudal de agua está integrada en las turbinas, como se puede observar en el caso de las turbinas de Pelton, mediante el ajuste de las válvulas de agujas.

Los problemas de pérdida de energía por calor, como en el caso de centrales para el almacenamiento de energía con aire a presión hasta 1000° C, debido a las fuertes turbulencias en los compresores de pistón y turbo, no existen con el procedimiento conforme al presente invento. Y esto se debe a que el aire no está sujeto a turbulencias ni es comprimido por culpa de pistones y paletas de turbinas de gran frecuencia y velocidad, sino que el aire es comprimido de un modo muy tranquilo por medio del nivel de agua que sube lentamente dentro del recipiente de presión. La superficie de contacto entre agua y aire es muy grande, de tal modo que el calentamiento del aire generado será enfriado inmediatamente mediante la compresión del agua. Una posibilidad adicional de enfriamiento del aire caliente existe en que la adición del agua al recipiente de presión del agua no se realice desde abajo sino desde arriba a través de un tubo perforado, de tal modo que el agua introducida mediante bombeo cae a través del aire en el proceso de calentamiento y lo enfría. Para el enfriamiento del aire caliente se puede pulverizar también un poco del agua.

Este almacenamiento de energía de agua a presión por bombeo-presión de aire-presión del agua constante, mediante turbina, con grados de eficacia de hasta un 80% está muy por encima de nuevos proyectos de investigación de tecnología de almacenamiento de energía de presión de aire, con depósito de calor y recuperación de calor con un deseado grado de eficacia del 70%. Incluso de manera económica, ya que las turbinas y las bombas de agua con grados de eficacia de más de un 90% son más baratos que turbocompresores y turbinas de gas con un grado de eficacia significativamente más bajo. Además, se encuentran los altos costes que genera un depósito de calor que aún hay que desarrollar con muchas dificultades, que llegan hasta 600° C con un aislamiento y resistencia hasta 100 bares, gastos que pueden ser ahorrados.

La capacidad de almacenamiento del sistema de almacenamiento de agua bombeado por presión de aire con agua de turbinas constante es significativa. Con tuberías de hormigón armado de alta presión, con 2000L de capacidad y presión de aire de 1000 bares, resultará una capacidad de almacenaje de electricidad de aproximadamente 30 kwh. Después de terminar la recuperación de la energía vuelve a ajustarse la compresión del aire inicial de la presión estacional de la pre-compresión de 50 bares en ambos recipientes de presión. La pre-compresión tiene la ventaja de que no en todos los ciclos de almacenamiento había que bombear agua a partir de la presión atmosférica.

Preferiblemente en el depósito de agua a presión se mantiene siempre una cantidad de agua residual, con el fin de que la presión del aire estacional se mantenga en, por ejemplo, 50 bares.

La magnitud de la pre-compresión del aire dentro de los recipientes de presión como la presión de trabajo a continuación, medidos en bares, depende de la resistencia de los recipientes de presión. Cuanto más grande es la presión y mayor es el volumen del recipiente, más energía puede ser almacenada. La resistencia de los recipientes debe tener aproximadamente el doble de la mayor presión en marcha y puede ser comprobada periódicamente mediante una simple prueba de presión de agua.

La relación entre el tamaño del recipiente de agua en presión en respecto al recipiente de presión de aire también es determinante para la presión del aire. Por ejemplo, el recipiente del agua a presión es igual de grande como el recipiente de aire en presión, y en este último la presión sube al doble, de 50 a 100 bares.

Con una válvula reductora de presión para líquidos, instalada antes de la turbina de agua, esta reducción de la presión a 50 bares también sería posible. Sin embargo, la energía almacenada de la presión del agua, que es mayor

que los 50 bares, se perderá por completo, debido a que el agua no puede aumentar su volumen mediante reducción de presión como lo puede hacer el aire.

Este sistema de almacenamiento tan sostenible para el medio ambiente, que no sería visible ni en la tierra, ni en el agua, ni en una grieta entre rocas, tampoco está sujeto a las complicaciones que presentan, como ejemplo, los lagos de almacenamiento. Con la construcción de estos depósitos de energía por todas partes, en determinados puntos neurálgicos con exceso de energía o falta de corriente, cables y torres de alta tensión planificados pueden ser ahorrados por completo, o al menos parcialmente.

Con el fin de ahorrar agua de almacenamiento en lugares con falta de agua, tal y como anteriormente se ha mencionado, se pueden construir dos plantas al lado, de modo que el agua de almacenamiento fluya de una planta a la otra. El agua liberada de la recuperación de energía de una planta sirve al mismo tiempo para el almacenamiento de la otra. De este modo resulta un gran ahorro de agua. Un depósito de compensación entre ambas plantas asegura que siempre hay suficiente agua. Un gran depósito de agua para toda la cantidad de agua se puede ahorrar mediante este sistema doble. La ventaja de este funcionamiento es que también se puede cambiar muy rápido de un funcionamiento de almacenamiento a un modo de recuperación de energía. Para este funcionamiento combinado también se puede acoplar más que dos plantas juntas.

También en este caso se pre-comprime el aire en ambos recipientes antes de empezar con el almacenamiento de energía, hasta alcanzar por ejemplo 50 bares. Para esta compresión no se requiere ningún compresor de aire, que puede ser ahorrado, de modo que se comprime el aire conforme al presente invento con el sistema de pistón de agua, que cuenta con un grado de eficacia mucho mayor y sin los problemas de calentamiento del aire. Para alcanzar eso se bombea agua al depósito de agua en presión que esté vacío hasta que se llene, y se presiona el aire al recipiente de presión de aire a través de una válvula abierta.

En caso de que el recipiente de agua esté completamente lleno se cierra la válvula de cierre hacia el recipiente de presión de aire. Debido a que aún no se alcanza la presión requerida dentro del recipiente de aire solamente mediante la presión del pistón de agua, hay que repetir el proceso del bombeo de agua. Para ello se deja salir el agua de su recipiente, que se encuentra separado del recipiente de presión de aire mediante una válvula de cierre, a través de un tubo de conexión hacia el depósito de agua, que está sin presión y con una válvula de cierre abierta. Nuevamente se vuelve a bombear esta agua en el mismo recipiente de presión de agua y debido a la subida del nivel de agua se presiona el aire hacia el recipiente de presión de aire como si el agua fuera un pistón. Este proceso se repite las veces necesarias hasta que se alcanza la presión de aire prevista. Debido a que la presión previa dentro del recipiente de agua vacía y en el recipiente de presión de aire debe tener sobre 50 bares, habría que comprimir el aire en el recipiente de presión al principio el doble, es decir, hasta 100 bares. Al abrir la válvula de cierre hacia el recipiente de agua anteriormente vaciado el aire a presión de 100 bares fluye en éste, de tal modo que en ambos recipientes se ajustan 50 bares en cada uno.

En el sistema de almacenamiento de energía conforme al invento la cantidad de la energía almacenada alcanzable no solamente depende del volumen de los recipientes herméticos y resistentes, sino también de la resistencia a la presión que se puede alcanzar. Según el estado de la técnica en el caso de minas antiguas o túneles en roca se cuenta con 50-100 bares, en el caso de tuberías de conductos estándar con 1m de diámetro se calcula una resistencia de hasta 200 bares, y en casos especiales hasta 300 bares. Con tubos de almacenamiento de hormigón armado conforme al invento se puede realizar resistencias que alcancen hasta mucho más de 1.000 bares, en cuyo caso la resistencia de prueba tiene que alcanzar el doble de valor. Estas grandes presiones no van a representar un problema de seguridad para el almacenamiento de energía, ya que la industria trabaja en miles de plantas de otros ámbitos con agua de hasta 4.000 bares, y también existen equipos de limpieza de alta presión que funcionan con presiones de hasta 1.000 bares. También bombas de alta presión que llegan hasta 4.000 bares, con grados de eficacia por encima del 90%, y que están disponibles en el mercado.

Con una presión de almacenamiento de, por ejemplo, 1.000 bares, y mediante una válvula reductora de la presión de aire, para conforme al invento propulsar la turbina con una presión de agua de 50 bares, se requiere aproximadamente diez veces más que el volumen de agua del contenido del recipiente del aire a presión de 1.000 bares. Con un volumen de recipiente de aire a presión de, por ejemplo, 1.200L debe estar disponible un recipiente de agua a presión de aproximadamente 12.000 L, lo que resulta ser muy poco económico.

También es un objetivo de este invento encontrar una solución, con el fin de reducir la cantidad de agua de 12.000L con 50 bares a 1.200L con 50 bares, con aproximadamente 2.000 L sin presión. Eso se alcanza de tal manera que funciona con dos recipientes de agua, preferiblemente con el mismo volumen y la misma resistencia, como el recipiente de presión de aire que, alternándolos, baja la presión de aire de los 50 bares, y propulsa la turbina con agua a presión constante de 50 bares, mientras el otro recipiente, casi vacío de agua después de la anterior fase de propulsión de la turbina, será llenado al mismo tiempo con agua del recipiente de agua sin presión mediante bombas. A través del llenado con agua bombeada se recupera la presión de 50 bares dentro del recipiente de agua vacío como un pistón al abrir la válvula en el recipiente de presión de aire, y de esta manera nada se pierde. Debido a este circuito con un funcionamiento alternante continuo el recipiente de agua sin presión de aproximadamente 2.000L proporciona una cantidad infinita de agua bombeada a través del continuo flujo del agua usado en la turbina.

Con recipientes de presión que sean 100% herméticos se puede almacenar energía sin pérdidas durante meses, al contrario del almacenamiento con baterías, las cuales presentan constantemente pérdidas por parada. Además, el agua como medio de almacenamiento es infinitamente más sostenible con el medio ambiente que las sustancias tóxicas en las baterías.

Los componentes principales del nuevo sistema de almacenamiento son los recipientes de presión, que tienen una duración mucho más larga que las baterías, lo que resulta positivo con respecto a los costes de almacenamiento por kWh.

Los componentes necesarios para el seguro de sobrepresión, carga y descarga del almacén de energía, como también el ajuste del caudal de agua para las revoluciones de la turbina y la potencia mediante válvulas y todas las herramientas de ajuste y supervisión, están controlados mediante ordenadores y en función del proceso. El seguro contra la sobrepresión será garantizado por al menos dos sistemas independientes. Con un interruptor de emergencia el aire dentro del recipiente de presión de aire puede ser vaciado a través de una válvula con tubo inmediatamente hacia arriba, y en poco tiempo la planta está sin presión sin que se tenga que vaciar el agua del sistema, de tal modo que peligrosas catástrofes de inundaciones, como la rotura de un dique, serán imposibles.

Con el fin de que nada del agua del recipiente de agua a presión entre en el recipiente de presión de aire, se coloca una válvula de cierre de agua en la salida de recipiente de agua a presión. En la entrada del agua bombeada en el recipiente de agua a presión se coloca preferiblemente una válvula de retención.

Para la realización de un almacenamiento de energía de agua bombeada –cojín de aire a presión– la mayor parte de los componentes como bombas, turbinas, generadores, elementos de seguridad, adaptadores a redes, etc. ya están desarrollados y ya forman parte del estado de la técnica, en el caso de las centrales energéticas de lagos de almacenamiento. Estos se pueden utilizar con una adaptación de tamaño y potencia. Por otra parte, los recipientes de agua a almacenar para presiones muy elevadas continúan como un problema a solucionar. Es otro objetivo del presente invento desarrollar soluciones económicas para los recipientes de alta presión y de encontrar adecuadas aplicaciones técnicas completamente diferentes para el presente almacenamiento de energía.

Principalmente recipientes en forma de tubo son los adecuados para altas presiones, refiriéndose a tubos inoxidables que en ambos lados estén herméticamente cerrados. Cuanto grande es el diámetro del tubo, más gruesas deben ser sus paredes. Tubos inoxidables de paredes gruesas, sin embargo, son muy caros. Es por ello que se propone la utilización de tubos de paredes finas, y recubiertos de hormigón armado, y de este modo reforzar los tubos, ya que el acero para armar el hormigón es sobre 6 veces más barato que un acero fino. Según la resistencia requerida se coloca el acero para armar en forma de espiral, con una capa o en varias capas, por encima del tubo a reforzar, con el fin de eliminar las fuerzas de presión radiales. Con el mismo fin se conectan ambos cierres del final del tubo mediante acero de armar. Estos están colocados alrededor de la circunferencia del tubo, longitudinalmente entre el armado en forma de tubo o espiral y firmemente soldados con las terminaciones herméticas de los tubos. Con estas construcciones se pueden realizar recipientes de alta presión con pequeños diámetros obteniendo una resistencia que llega a estar por encima de 1.000 bares. Uno o varios tubos de hormigón armado conectados entre sí de este modo les proporcionan un encofrado, y se utiliza un hormigón resistente a altas presiones. Con un tubo de almacenamiento con una envoltura de hormigón armado resistente a la presión están protegidos especialmente bien contra la corrosión, tanto si se coloca en tierra como en agua. De una durabilidad posible de más de 60 años resulta un sistema de almacenamiento de energía económico.

Los tubos de almacenamiento pueden ser colocados no solamente horizontalmente, sino también verticalmente dentro de un barreno en la tierra o también en antiguas minas, túneles, pozos y galerías subterráneas.

La seguridad de presión de los tubos de almacenamiento puede ser controlada con un equipo de medición de presión de agua corriente en cualquier momento. Como tubos de almacenamiento de alta presión también son muy adecuados los tubos de un ámbito completamente diferente, de oleoductos y gaseoductos. Poseen una resistencia de hasta 200 bares. Con un diámetro de hasta más de un metro también se pueden realizar almacenes de energía de agua bombeada –cojín de aire–, y de este modo de mayor magnitud.

Ya hay experiencias de muchos años, con conductos como gaseoductos y oleoductos, colocados por debajo de la superficie de la tierra o a través de mares. Estas experiencias son muy importantes para el cambio de uso de estos conductos hacia el almacenamiento de energía del agua a presión. Debido a su buen comportamiento con respecto a la corrosión en el agua del mar, los almacenes de bombeo pueden ser realizados sin problemas también en playas, por debajo del agua, por ejemplo para almacenar también energía eólica. También túneles y galerías vacías, como minas en desuso, etc., pueden ser conectados con tubos de conductos, cerrados en su extremo, y ser utilizados como almacén de energía de presión de agua en el caso de que los túneles y galerías etc., no puedan ser cerrados herméticamente.

Para reducir el peso, por ejemplo para la utilización como almacenamiento de energía en vehículos, también se pueden utilizar materiales como plásticos reforzados con fibras como recipiente de presión. Para grandes volúmenes de almacenamiento de energía también se puede utilizar tanto antiguos túneles como nuevos túneles construidos a propósito, por ejemplo en roca compacta de granito o caliza, que tengan una cubierta de roca de varios cientos de metros. Las superficies interiores del túnel habría que recubrirlas con una cubierta hermética. El recipiente de presión de aire separado podría ser colocado, por ejemplo, longitudinalmente dentro del túnel lleno de agua en un tubo de conducto cerrado en sus extremos.

El nuevo almacenamiento de energía, conforme al invento, resulta en sorprendentes mejoras del grado de eficacia y reducciones drásticas de gastos en el caso de plantas eólicas, debido a la propulsión directa en arrastre de fuerza del rotor eólico mediante engranaje angular con un eje, y la bomba de agua de alta presión para el almacenamiento de energía. La ruta directa de rotor eólico a la bomba de agua de alta presión, eliminando el generador para la energía eléctrica y el motor para la propulsión, generan en primer lugar una mejora del grado de eficacia de aproximadamente un 20%, y en segundo lugar una reducción de costes de construcción no imaginable en el caso de la construcción de plantas eólicas. Este ahorro alcanzaría aproximadamente una tercera parte del coste completo de una turbina eólica, sin cualquier generación de electricidad y sin dispositivos electrónicos complejos para la estabilización de frecuencia en el alto de la torre, con sus elevados gastos de mantenimiento, ya que todo eso ya no sería necesario.

La utilización de una bomba de pistón de agua de alta presión tiene además la ventaja, que con cualquier número de revolución, independientemente de si es baja o alta, siempre presenta el mismo grado elevado de eficacia, por

encima del 90%. Esto tiene la ventaja de que la habitual estabilización del número de revoluciones de una rueda de viento no sería necesaria, lo que significaría otra reducción de costes.

Otra ventaja económica se genera debido a que la turbina de viento está colocada directamente por encima de la construcción de hormigón subterránea de la planta de almacenamiento y esta construcción de hormigón sirve como fundamento, de tal modo que se puede ahorrar un fundamento habitual para la torre de una turbina eólica. Además, se podría utilizar el hueco de la torre, resistente a la presión, para el almacenamiento del agua a presión o aire a presión.

Con estas mejoras la energía eólica subirá a la generación de energía eléctrica más barata con diferencia, y además tendría la ventaja de que con la unión del almacenamiento de energía también se puede producir electricidad incluso con el viento en calma. Los ahorros de gastos en la construcción de una nueva planta de energía eólica conforme al invento, sin generador y sin electrónica, representan un valor tan grande que con ellos se podría financiar completamente o al menos parcialmente las plantas de almacenamiento.

Mediante la construcción de plantas de energía eólica con el nuevo almacenamiento de energía se genera además otra gran ventaja de la estabilidad de la red, de tal modo que se puede renunciar a nuevos cables de alta tensión, parcialmente o incluso por completo.

El nuevo almacenamiento de energía de presión de agua –aire a presión conforme al invento-, con un grado de eficacia de aproximadamente el 80%, tiene la ventaja de que la presión del agua en la turbina durante la recuperación de la energía siempre se mantiene en el mismo nivel alto, independientemente de si el viento sopla fuerte, bajo o se encuentre en calma.

En lugar de una sola turbina de viento con su correspondiente almacenamiento de energía, podría ser ventajoso reunir un grupo de turbinas de viento sin generador, cada una equipada solamente con una bomba de alta presión y en comunicación, con una planta de almacenamiento de energía central.

DESCRIPCIÓN DE FIGURAS

Otras ventajas, características y detalles resultan de la siguiente descripción de ejemplos preferibles de ejecución, como también del dibujo; esto se muestra en las siguientes figuras:

- Figura 1: una representación esquemática de un almacenamiento de energía de energías, conforme al invento, con una aparición irregular como viento, solar u otras;

- Figura 2a y 2b: representaciones esquemáticas, siendo cada una de una forma de ejecución de un almacenamiento de energía conforme al invento en un uso correlativo;

- Figura 3a y 3b: representaciones esquemáticas de tres alternativas para la colocación de recipientes de aire a presión;

- Figura 4a y b: una sección longitudinal parcialmente representada y una sección transversal a lo largo de la línea A-A a través de un tubo de pared fina como recipiente de agua a presión;

- Figura 5: una representación esquemática conforme al invento de una planta para el almacenamiento de energía para una casa de dos familias con un equipo solar en el techo;

- Figura 6: una representación esquemática conforme al invento de una gran planta de almacenamiento de energía dentro de un túnel de roca adyacente a un lago o un lugar con agua retenida;

- Figura 7: una representación esquemática conforme al invento de un almacenamiento de energía eólica con tubos de almacenamientos procedentes de conductos o recubiertos de hormigón, verticales dentro de un barreno;

- Figura 8: una representación esquemática conforme al invento de un almacenamiento de energía eólica con tubos de almacenamientos procedentes de conductos o recipientes de agua de presión resistentes a altas presiones y recubiertos de hormigón, los cuales se encuentran colocados de forma horizontal en la tierra.

Conforme a la figura 1, agua para almacenar 1a se encuentra dentro de un recipiente de agua a presión 1. Este agua para almacenar 1a será introducido en un recipiente de agua a presión 1 mediante una bomba de agua de alta presión 3 con un motor y a través de una válvula de cierre 17.1.

La correspondiente energía para la bomba de agua de alta presión 3 proporciona un panel solar 6.1 o un parque eólico 6.2.

El recipiente de agua a presión 1 está unido con un recipiente de aire a presión 2 de forma comunicada y separable. Para ello se ha instalado en las correspondientes tuberías las correspondientes válvulas. Hacia el recipiente de agua a presión 1 está instalado en la tubería una válvula de cierre de agua de seguridad 9, el cual garantiza que nada del agua, sino solamente aire llegará al recipiente de aire a presión 2. Después le sigue en dirección al recipiente de aire a presión 2 otra válvula de cierre 17.2. Una válvula reductora de presión de aire 8 está prevista en un *bypass* de retorno, a la cual se ha asignado por ambos lados válvulas de cierre 17.3 y 17.4. Con el número 23 se han indicado válvulas de sobrepresión.

Con el agua almacenada 1a del recipiente de agua a presión 1 se puede, también de forma separable a través de una válvula de cierre 17.5, propulsar una turbina de agua 4 con un generador. La correspondiente energía generada será introducida en una red 7.

El funcionamiento del presente invento es, por ejemplo, el siguiente:

Mediante una bomba de alta presión 3, accionada eléctricamente, se bombea agua del recipiente de agua 5 a un recipiente de agua a presión 1 con aire pre-comprimido a 50 bares. El recipiente de agua a presión 1 está conectado en comunicación y de forma separable con el recipiente de aire a presión 2, en el cual se presiona el aire empujado por el llenado con agua en el recipiente de agua a presión. En el caso de que el volumen del recipiente de aire a presión 2 sea cuatro veces más pequeño que el del recipiente de agua a presión 1, aumenta la presión en el recipiente de aire a presión 2 hasta $4 \times 50 = 200$ bares. En cuanto se cierra una de las válvulas 17.2 la energía queda

almacenada dentro del pequeño recipiente de aire a presión con 200 bares de presión de aire. Debido a que la presión del funcionamiento del agua de las turbinas está ajustada en, por ejemplo, 50 bares, se ajusta el aire a presión de 200 bares a 50 bares, la presión del funcionamiento, mediante una válvula reductora del aire a presión.

5 Al abrir dos válvulas de cierre 17.3 y 17.4 el aire a presión de 200 bares fluye a través de la válvula reductora 8 con 50 bares en el recipiente de agua a presión 1 lleno de agua, de tal modo que toda la cantidad de agua, con la excepción de una cantidad restante, propulsa las turbinas con una presión constante de 50 bares. La bajada del nivel de agua dentro del recipiente de agua a presión 1 que va conforme con una bajada de la presión de aire será ajustado constantemente a 50 bares mediante la válvula reductora de presión 8, cuyo valor fue pre-determinado a 50 bares.

10 Conforme a la figura 2 un almacenamiento de energía conforme al invento está representado de un modo conmutado de dos equipos de almacenamiento 1.1 y 1.2.

Mientras al equipo a la izquierda 1.1 bombea agua con el fin de almacenar energía, el equipo de la derecha 1.2, con el fin de recuperar energía, libera agua, necesitada en el equipo de la izquierda. Un depósito de compensación de agua 5 para ambos equipos garantiza que siempre haya suficiente agua. Se puede renunciar a un gran depósito o estanque para el conjunto total del agua.

15 En la figura 3a se muestra la instalación del recipiente para aire a presión 2.3 más pequeño instalado dentro del gran recipiente de agua a presión 1.3.

En la figura 3b una pared 20 resistente a presión y hermética está instalada dentro del recipiente de agua a presión 1.4. El compartimento mayor forma el recipiente de agua a presión 1.4 y el compartimento más pequeño forma el recipiente de aire a presión 2.4.

20 En la figura 3c el recipiente de aire a presión 2.5 está ubicado en el exterior del recipiente de agua a presión 1.5.

Conforme a la figura 4 está representado cómo se puede transformar un tubo de pared fina a un recipiente de agua a presión 1 con una camisa de hormigón armado, y ser resistente a altas presiones. Acero para hormigón armado 11 se enrolla formando una espiral y se coloca encima del tubo envolviéndolo, en una sola capa o múltiples capas, según la resistencia a la presión requerida. Con esta disposición de un envoltorio con acero para armado se recogen las fuerzas de presión radiales. Para apoyar las fuerzas de presión axial se colocan alrededor del tubo varillas de acero para armar 12 y se sueldan firmemente con placas para sellar los tubos 21. Todo ello se cubre con un encofrado y se llena con hormigón de alta resistencia 22 y a continuación se vibra, con el fin de que no quedan burbujas ni huecos en el hormigón.

30 La figura 5 muestra una planta para el almacenamiento de energía para una casa de dos familias 13 con un equipo de energía solar 6 en el techo con tubos para almacenamiento de presión, cubiertos de hormigón y enterrado fuera de la casa, por lo cual se necesita muy poco espacio en la bodega debajo de la casa. La figura muestra además un recipiente de agua a presión 1.3 con un recipiente de aire a presión 2.3 integrado. El depósito 5 sin presión se encuentra por debajo del recipiente para agua a presión 1.3 con conexión a la bomba de alta presión 3 para el llenado del recipiente de almacenamiento 1.3, como también del generador de turbinas 4 para el flujo de retorno del agua de la energía recuperada en las turbinas desde el recipiente de agua a presión. El dispositivo de seguridad para sobrepresiones, como también un sistema automático 10, controlado por ordenador y el proceso, solamente están indicados de manera esquemática.

40 La figura 6 muestra una gran planta de almacenamiento de energía dentro de un túnel de roca 14 al lado de un lago 16. El conducto de agua hacia la bomba de alta presión 4 está equipado con un filtro 15, limpiado cada vez mediante el flujo de retorno del generador de turbinas 4 al generar la corriente eléctrica.

45 La entrada y salida del agua almacenada está regulada mediante dos válvulas 17.6 y 17.7. El cable de corriente eléctrica conectado proporciona de forma alterna la corriente sobrante para alimentar las bombas de agua de alta presión 3 o, en caso de falta de energía eléctrica, será utilizado para transportar la energía recuperada en el generador de turbinas 4 de la energía almacenada en la presión de agua. Los dispositivos de seguridad para la sobrepresión como también el sistema del funcionamiento automático 10 están controlados por unidades de procesadores y ordenador.

50 La figura 7 es una representación esquemática conforme al invento de un almacenamiento de energía con tubos de conductos o tubos recubiertos con hormigón 18, colocados verticalmente en un barreno. En este caso un equipo de energía eólica 6 está colocado directamente encima de la unidad de recipiente de agua a presión, o bien depósito de agua 5 y carcasa para la bomba de agua 3 y la turbina 4. De este modo, se ahorra una cimentación propia para el equipo de energía eólica 6. Además, así el equipo de energía eólica 6 se podría anclar muy bien en la tierra.

55 Preferiblemente aquí con el nº de referencia 22 está representado que el equipo de energía eólica 6 esté conectado directamente con la bomba de agua 3. Preferiblemente un engranaje angular aquí no representado, está previsto con más detalle.

60 La figura 8 es una representación esquemática conforme al invento de un almacenamiento de energía con tubos de conductos o tubos de recipientes de agua a presión, recubiertos con hormigón armado, y resistentes a altas presiones, los cuales están colocados en la tierra en posición horizontal. El dibujo muestra también una turbina eólica solitaria con propulsión directa de una bomba de agua de alta presión mediante la rueda de viento. La construcción inferior de hormigón con bomba y depósito de agua sirve al mismo tiempo como fundamento para la torre de la turbina de viento. El hueco de la torre puede ser utilizado como cámara resistente a presión para el almacenamiento de energía de presión de agua bombeada –aire a presión.

65 Naturalmente también se ha considerado dentro del marco del presente invento de unificar no solamente un molino eólico con una planta de recuperación de energía conforme al invento, sino los molinos eólicos de todo un parque eólico.

LISTA DE NÚMEROS DE REFERENCIA

1	Recipiente de agua a presión	34		67	
2	Recipiente de aire a presión	35		68	
3	Bomba de agua	36		69	
4	Turbina	37		70	
5	Depósito de agua	38			
6	Energía eólica/ o solar	39			
7	Red	40			
8	Válvula reductora	41			
9	Válvula de seguridad	42			
10	Control	43			
11	Recipiente de hormigón armado	44			
12	Armadura	45			
13	Edificio	46			
14	Túnel	47			
15	Filtro de agua	48			
16	Lago	49			
17	Válvula de cierre	50			
18	Tubo de almacenamiento	51			
19	Tubo de almacenamiento	52			
20	Pared intermedia	53			
21	Placas de terminación	54			
22	Unión directa	55			
23	Válvula de sobrepresión	56			
24		57			
25		58			
26		59			
27		60			
28		61			
29		62			
30		63			
31		64			
32		65			
33		66			

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para un almacenamiento de energía combinado de presión de agua bombeada – aire a presión- con presión de agua constante en la turbina, en el cual con la energía a almacenar se bombea un medio líquido, preferiblemente agua a una cámara vacía, resistente a presión y hermética, especialmente un recipiente de agua a presión (1-1.5), de tal modo que un nivel creciente del medio comprime, como si fuese un pistón, un gas, especialmente aire, el cual se encuentra dentro del recipiente de agua a presión (1-1.5), hasta que termina el llenado con el medio, y que presiona a este gas a través de un conducto de unión dentro de un recipiente de aire a presión (2-2.5) y que se cierra con una válvula de cierre (17.2), de forma que se almacena la energía en forma del gas comprimido, caracterizado por que la energía se mantiene en el aire a presión hasta el momento de la recuperación de la energía mediante la introducción del aire a presión que almacena la energía a través de un segundo conducto de unión al recipiente de agua a presión (1-1.5) con las válvulas de cierre abiertas (17.3, 17.4) y con una válvula reductora de la presión del aire (8) colocada en el medio, la cual conduce el aire a presión altamente comprimido a un modo de presión reducida hacia el recipiente de agua a presión (1-1.5) y que se mantiene la presión del agua para la propulsión de, por ejemplo, turbinas a un nivel de presión constante de la presión de funcionamiento prefijado en la válvula reductora.
2. Planta para un almacenamiento de energía combinado de presión de agua bombeada – aire a presión con presión de agua constante en la turbina, presentando la planta una cámara resistente a la presión y hermética, un conducto de unión, un recipiente de aire a presión (2-2.5), y una válvula de cierre (17.2), en la cual con la energía a almacenar se puede bombear un medio líquido, especialmente agua, a la cámara resistente a la presión y hermética, especialmente un recipiente de agua a presión (1-1.5), de tal modo que un aumento del nivel del medio actúa como un pistón y comprime un gas, especialmente aire, que se encuentra dentro del recipiente de agua a presión (1-1.5) hasta alcanzar el llenado completo del medio y que lo presiona a través del conducto de unión al recipiente de aire a presión (2-2.5) y que mediante la válvula de cierre (17.2) queda encerrado, de tal modo, la energía puede ser almacenada en el gas a presión, caracterizada en que la planta además presenta un segundo conducto de unión, válvulas de cierre (17.3, 17.4) y una válvula de presión de aire, y que la energía puede mantenerse en el aire a presión hasta el momento de la recuperación de la energía mediante la introducción del aire a presión como energía almacenada, a través del segundo conducto de unión, al recipiente de agua a presión (1-1.5) con las válvulas de cierre (17.3, 17.4) abiertas y con la válvula reductora de la presión de aire (8) colocada entremedias, la cual reduce la presión del aire a presión altamente comprimido y lo conduce al recipiente de agua a presión (1-1.5) lleno y que mantiene la presión del agua para la propulsión de, por ejemplo, turbinas en un nivel de presión constante conforme al nivel de presión pre-fijado como presión de funcionamiento en la válvula reductora.
3. Planta conforme a la reivindicación 2, caracterizada en la que una bomba de agua de alta presión (3), alimentada por un determinado tipo de energía, está colocada por delante del recipiente de agua a presión (1-1.5) y que el recipiente de agua a presión (1-1.5) está conectado al recipiente de gas a presión (2) y que este recipiente de gas a presión presenta un menor volumen que el recipiente de agua a presión (1-1.5).
4. Planta conforme a la reivindicación 3, caracterizada en la que el recipiente de agua a presión (1-1.5) está realizado en forma de tubo y con el fin de contener fuerzas de presión radiales, y está previsto con un refuerzo de hormigón armado (12), unido y colocado a lo largo del tubo en forma de una espiral y con dos terminaciones de tubos (21) que recibe una fuerza axial.
5. Planta conforme a la reivindicación 3 o 4, caracterizada en la que el recipiente de agua a presión (1-1.5) está formado por un tubo de un conducto herméticamente cerrado por ambos extremos.
6. Planta conforme con al menos una de las reivindicaciones 3 hasta 5, caracterizada en que el líquido de almacenamiento consta de un aditivo al agua o también de otro líquido diferente al agua, como por ejemplo el aceite hidráulico para plantas pequeñas de almacenamientos, o para coches.
7. Planta conforme con al menos una de las reivindicaciones 3 hasta 6, caracterizada en que los componentes necesarios para un sistema de seguridad de sobrepresión y carga y descarga del recipiente de agua a presión (1-1.5), como también una regulación de las cantidades de agua, la regulación de las revoluciones y potencia de la turbina (4) mediante válvulas (8, 9, 17) y todos los elementos de control y supervisión son dirigidos por procesadores y ordenadores.
8. Planta conforme con al menos una de las reivindicaciones 3 hasta 7, caracterizada en que una protección contra sobrepresión será garantizada mediante, al menos, dos sistemas independientes, en la cual con un interruptor de emergencia se puede vaciar inmediatamente el gas dentro del recipiente de gas a presión (2-2.5) a través de un tubo ascendente y que la planta estará sin presión en poco tiempo y sin necesitar el vaciado del agua.
9. Planta conforme con al menos una de las reivindicaciones 3 hasta 8, caracterizada en que en un lugar cerca de la apertura para salida del recipiente de agua a presión (1-1.5) está colocada una válvula de cierre de agua (9), con el fin de que agua alguna llegue desde el recipiente de agua a presión al recipiente de gas a presión (2-2.5).

10. Planta conforme con al menos una de las reivindicaciones 3 hasta 9, caracterizada en que dos o más equipos de almacenamiento (1.1, 1.2) para un funcionamiento alternado de almacenamiento de energía y recuperación de energía, estén previstos con una misma laguna de agua (5) o depósito de agua de compensación.
- 5 11. Planta conforme con al menos una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada en que el suministro de agua al recipiente de agua a presión (1-1.5) se realiza desde arriba, con lo cual el agua atraviesa chapoteando un aire caliente y lo enfría.
- 10 12. Planta conforme a la reivindicación 11, caracterizada en que el suministro del agua ocurre a través de un tubo perforado.
- 15 13. Planta conforme con al menos una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada en que un calor generado por compresión del aire será absorbido por el agua, y sirve para compensar el frío que se genera mediante la reducción de la presión en la válvula reductora (8).
- 20 14. Planta conforme con al menos una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada en que la bomba de agua de alta presión (3) está directamente conectada con un equipo eólico a través una conexión correspondiente (22).
15. Planta conforme a la reivindicación 14, caracterizada en que dentro de esta conexión directa está colocado un engranaje angular.

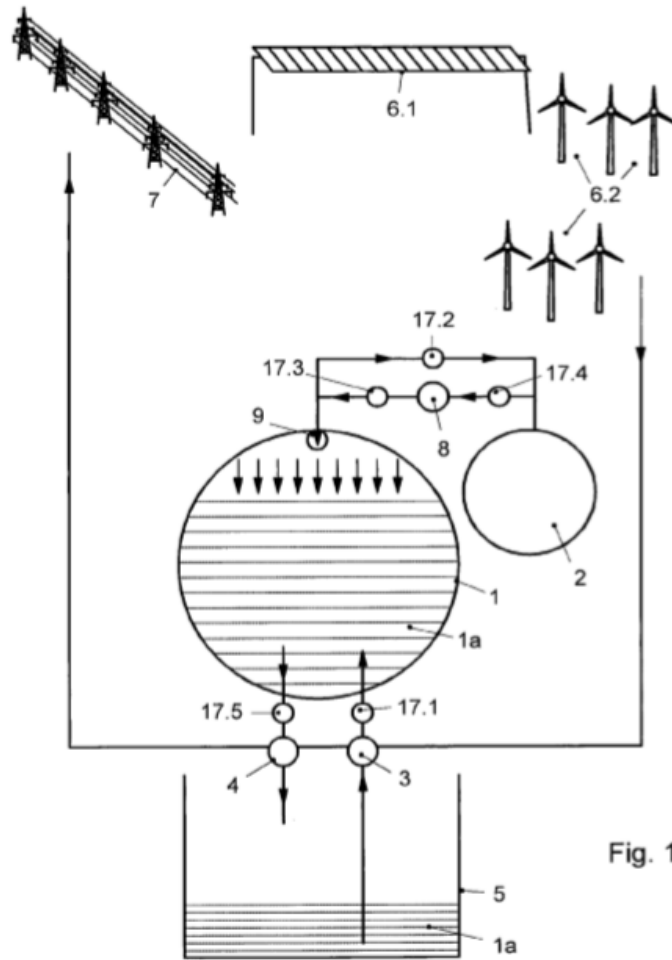


Fig. 1

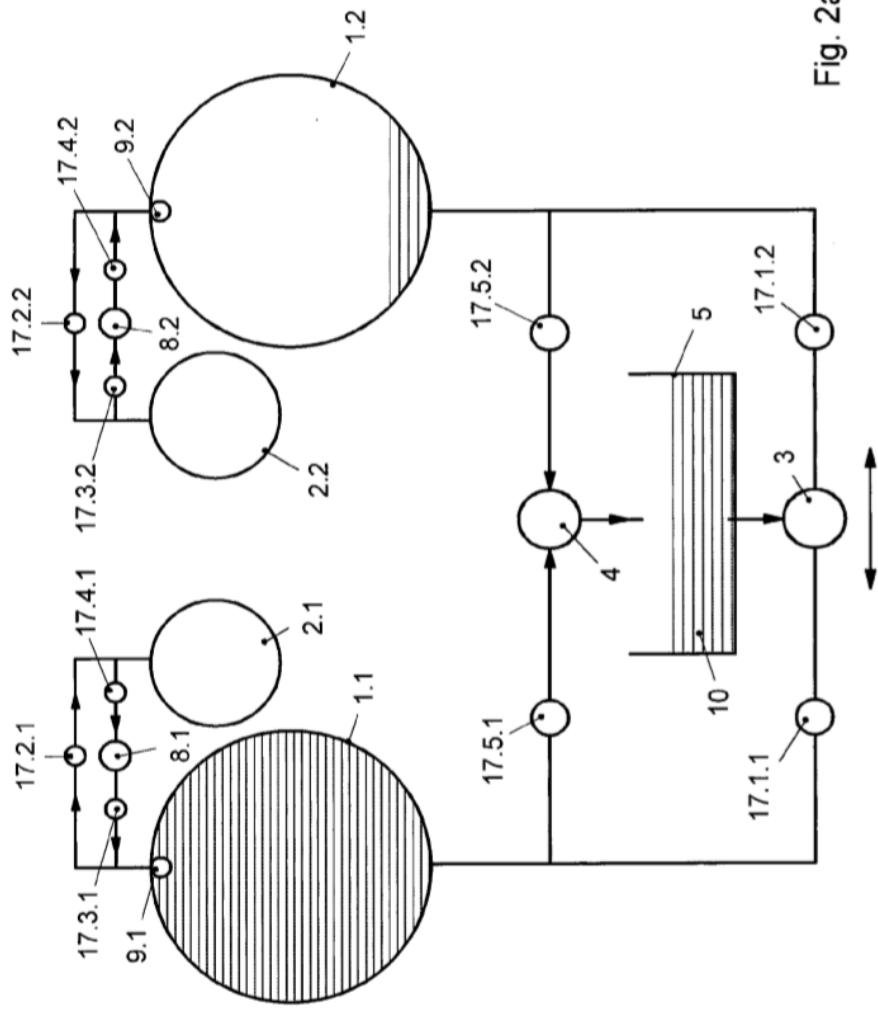


Fig. 2a

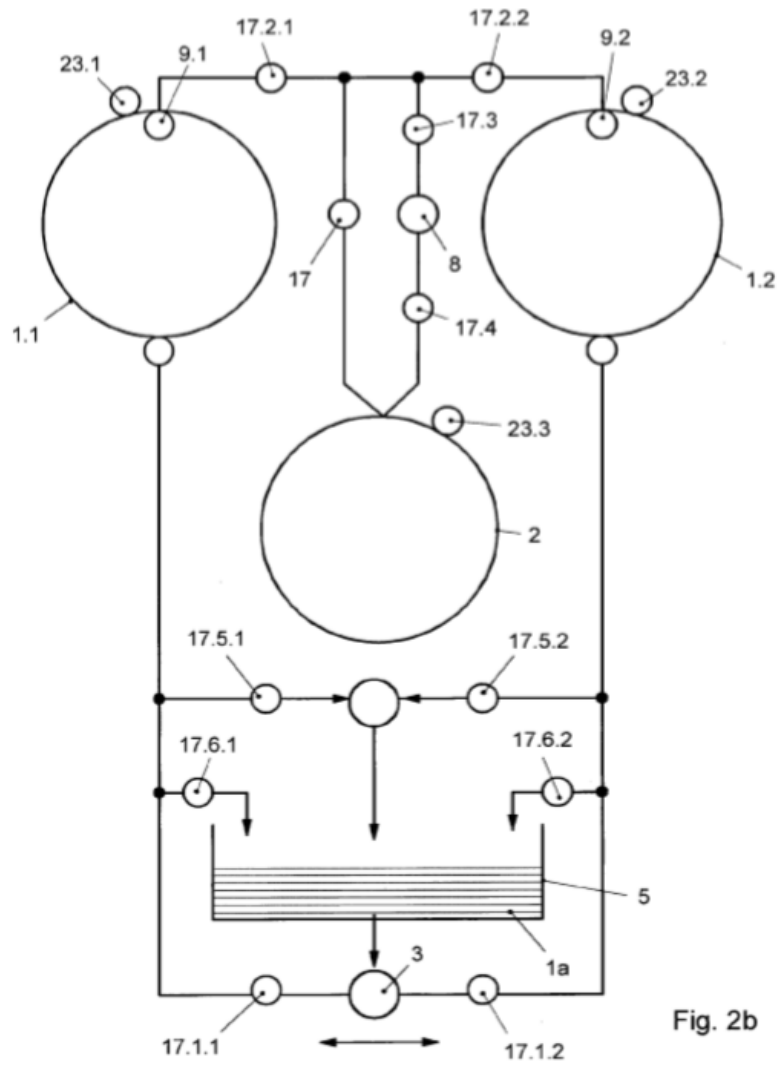
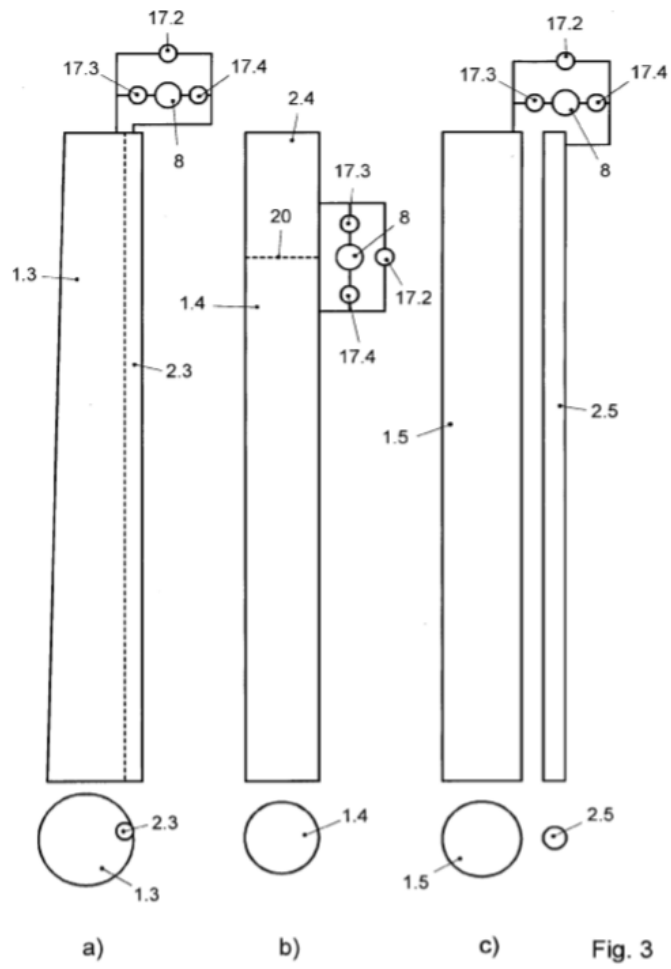


Fig. 2b



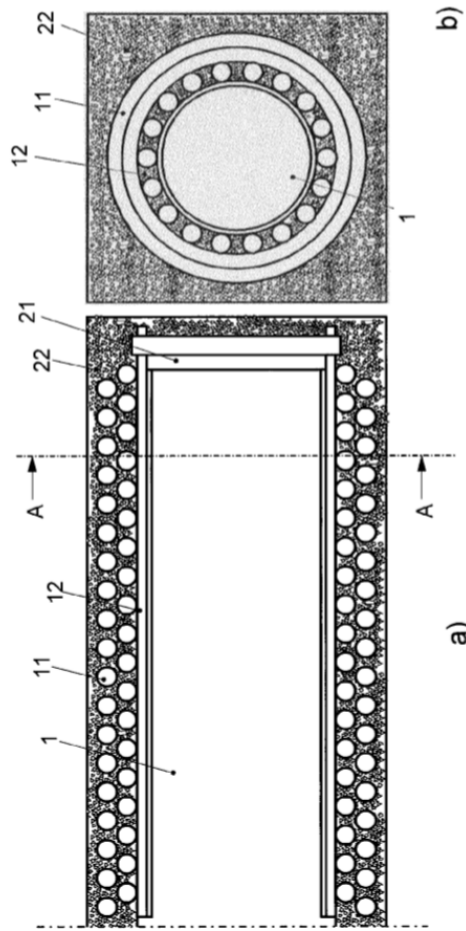


Fig. 4

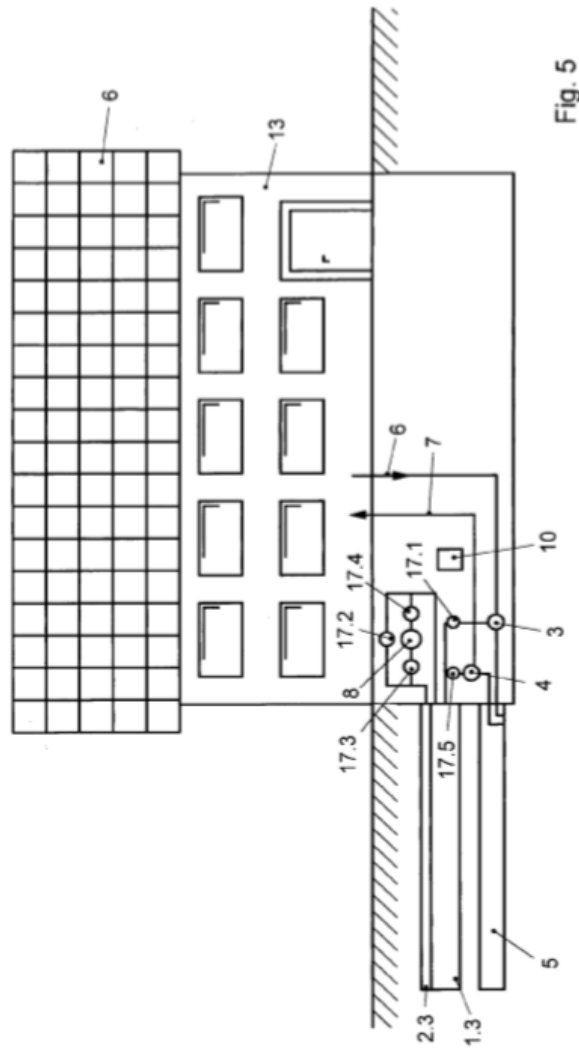


Fig. 5

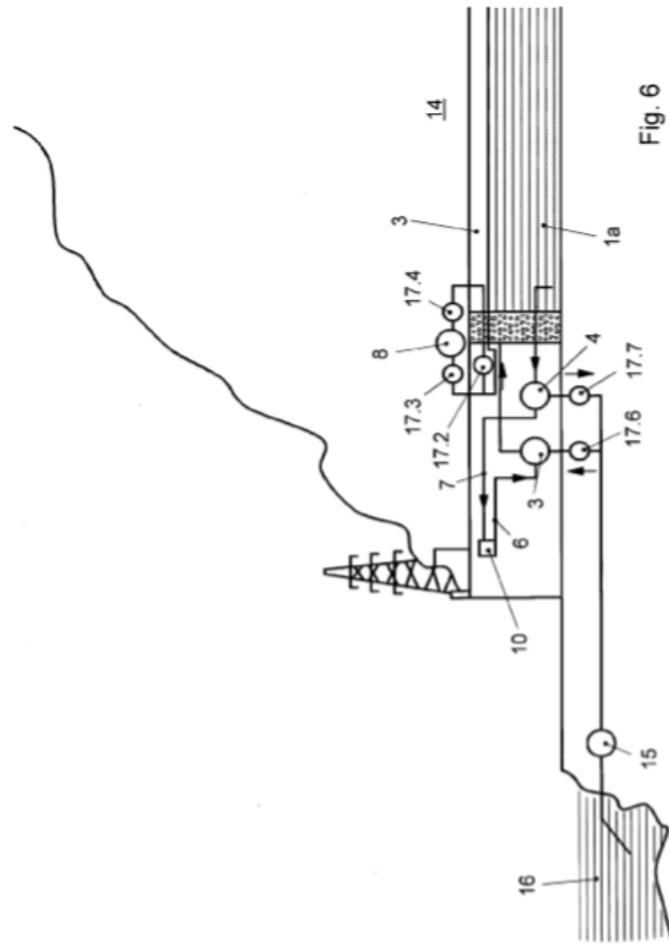


Fig. 6

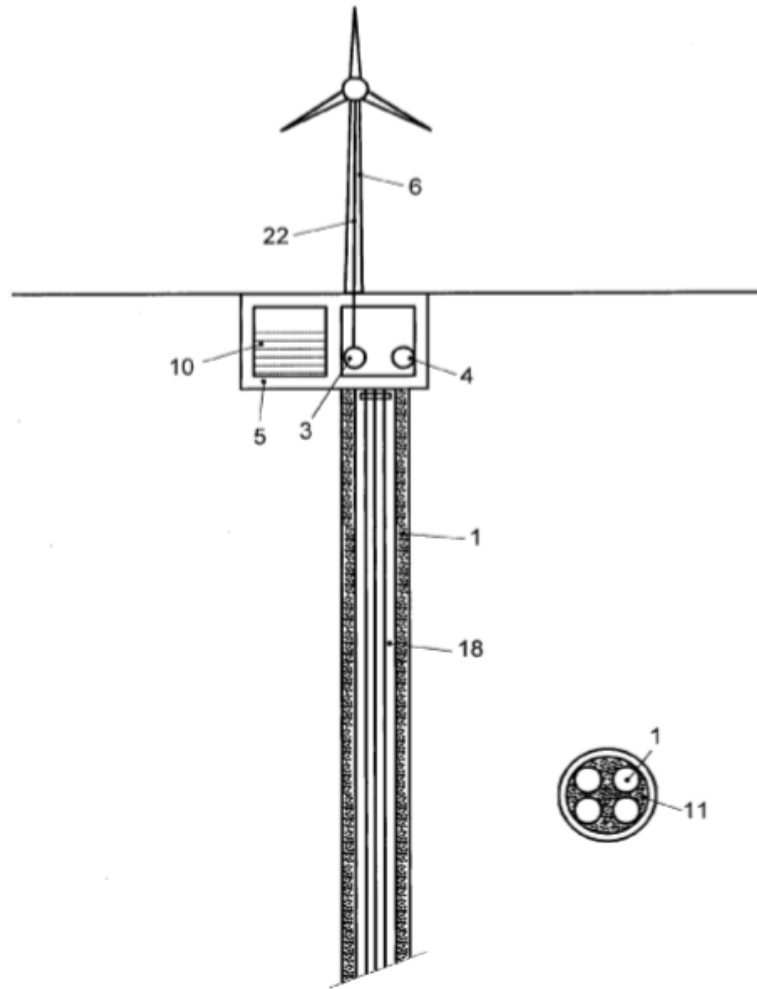


Fig. 7

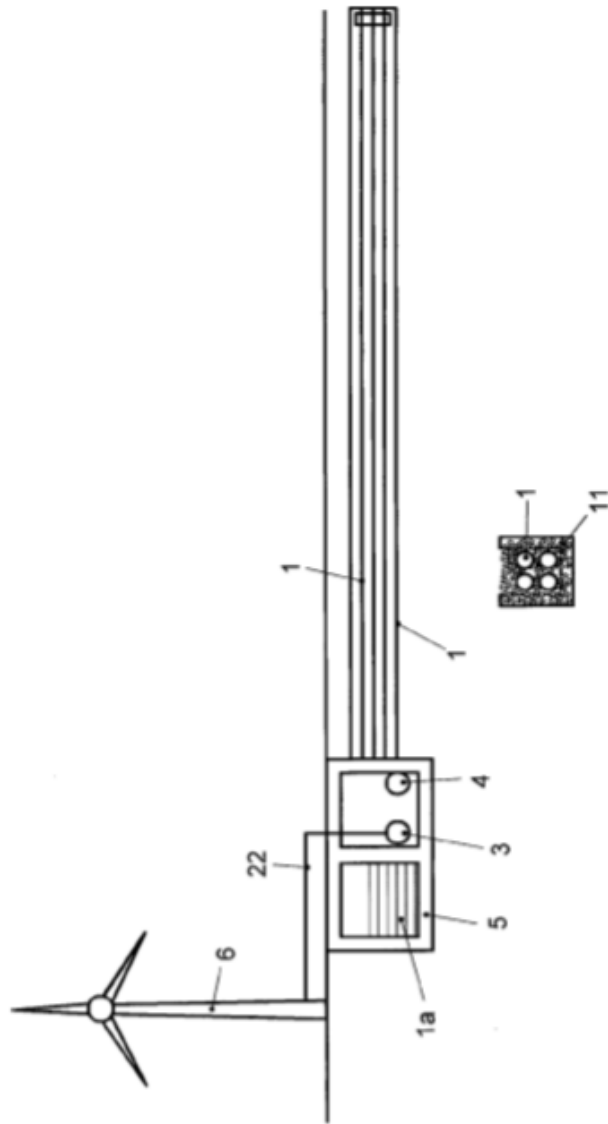


Fig. 8

REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN

5 La lista de referencias citada por el solicitante lo es solamente para utilidad del lector, no formando parte de los documentos de patente europeos. Aún cuando las referencias han sido cuidadosamente recopiladas, no pueden excluirse errores u omisiones y la OEP rechaza toda responsabilidad a este respecto.

Documentos de patente citados en la descripción

10

• DE 102012015732 A1 [0004]

• WO 2011101647 A2 [0005]