

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 959 740**

51 Int. Cl.:

F02B 13/00 (2006.01)
F02B 63/00 (2006.01)
F03G 7/00 (2006.01)
F03G 7/04 (2006.01)
F03B 13/00 (2006.01)
H02J 15/00 (2006.01)
F03B 17/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.09.2017** **PCT/CL2017/050055**
87 Fecha y número de publicación internacional: **04.04.2019** **WO19061002**
96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.09.2017** **E 17927696 (9)**
97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.09.2023** **EP 3693568**

54 Título: **Sistema y método para almacenamiento y generación de energía, en donde se libera presión en un circuito de líquido que a su vez acciona una turbina de líquido para generación de energía**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
28.02.2024

73 Titular/es:

UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA (100.0%)
Av. Espana 1800, V Region
Valparaíso, CL

72 Inventor/es:

ROMERO, CHRISTIAN;
ALIAGA, DAVID y
BUNOUT, PABLO

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 959 740 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 y método para almacenamiento y generación de energía, en donde se libera presión en un circuito de líquido que a su vez acciona una turbina de líquido para generación de energía

CAMPO DE APLICACIÓN

- 5 La presente invención se refiere a almacenamiento de energía, más específicamente a un sistema de almacenamiento y generación de energía de ciclo corto a presión constante (líquido -gas), más específicamente a un sistema y un método que utiliza gas comprimido para presurizar un tanque de líquido que a su vez acciona una turbina de líquido para producir energía eléctrica. El almacenamiento se realiza almacenando gas comprimido a alta presión en recipientes pequeños o medianos de alta presión.

10 DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA ANTERIOR

La energía solar y la eólica son grandes candidatas para la generación masiva de electricidad en el futuro. Sin embargo, los momentos de máxima generación eléctrica de ambas a menudo no coinciden con las horas de máxima demanda de los usuarios. Por tanto, el uso provechoso de la energía solar y la eólica pasa obligatoriamente por encontrar un modo rentable de almacenar la energía excedente y de liberarla a la red eléctrica cuando se necesite. Para afrontar esta cuestión, se han explorado muchas vías. Una es usar la electricidad sobrante para bombear agua hacia depósitos en altura, desde los cuales al dejarla bajar más tarde se logra que el sistema se comporte como el salto de agua aprovechado en las centrales hidroeléctricas. Otra es la de recurrir a baterías electroquímicas, sin embargo el costo de la tecnología de batería existente es aún alto.

- 20 Por lo anterior, se ha convertido en el objetivo primordial almacenar energía al menor costo posible. Según Yao E, Wang H, Liu L, Xi G. "A novel constant-pressure pumped hydro combined with compressed air energy storage system". *Energies* 2015;8:154-71; y Erren Yao, Huanran Wang, Ligang Wang, Guang Xi, Francois Maréchal, "Thermo-economic optimization of a combined cooling, heating and power system based on small-scale compressed air energy storage". *Energy Conversion and Management* 118 (2016) 377-386, la única tecnología que tiene la capacidad de alcanzar los 400 USD / kW por potencia instalada es el enfoque de "presa virtual".

- 25 La "presa virtual" no es un concepto nuevo, éste se acuñó en 2011 en algunas publicaciones académicas, otro término utilizado en este sentido es el de "cabeza virtual".

- 30 Varios documentos de patentes sugieren soluciones similares usando presión de gas para almacenar energía, véase por ejemplo la patente US8359856 B2, titulada "Systems and methods for efficient pumping of high-pressure fluids for energy storage and recovery", describe un recipiente mecánico de montaje y/o almacenamiento que está acoplado de manera fluida a un aparato de circulación para recibir fluido de transferencia de calor presurizado desde una salida a una primera presión elevada, impulsando una presión del fluido de transferencia de calor a una segunda presión mayor que la primera presión y devolver el fluido de transferencia de calor a una entrada a una tercera presión.

- 35 El documento de patente US8037678 B2, titulado "Energy storage and generation systems and methods using coupled cylinder assemblies", describe un sistema para el almacenamiento y recuperación de energía a través de la expansión y compresión de un gas y que es adecuado para el uso eficiente y la conservación de recursos energéticos.

- 40 El documento de patente US2011288688 A1, titulado "System and method for generating electric power", describe un sistema reversible para generar energía eléctrica sólo durante un período de tiempo operativo que ocurre periódicamente, incluyendo un primer depósito que contiene inicialmente un volumen predeterminado de agua, estando inicialmente un segundo depósito sustancialmente vacío, una turbina que se puede conectar selectivamente al primer y segundo depósito a través de múltiples válvulas, y un generador conectado a la turbina para generar energía eléctrica.

- 45 El documento de patente US7579700 B1, titulado "System and method for converting electrical energy into pressurized air and converting pressurized air into electricity", describe un sistema para convertir la electricidad en aire a presión, y convertir el aire presurizado en electricidad. El sistema incluye un depósito de aire presurizado, dos tanques de alta presión, una bomba y un motor eléctrico convertible en una turbina hidráulica y un generador de electricidad, un volumen de agua igual al volumen de un tanque, un conjunto de válvulas controlables para conectar y desconectar independientemente cada tanque, a la atmósfera, a la entrada y salida de la bomba, y al depósito de aire. Durante el uso, se bombea un volumen de agua desde el primer tanque hacia el segundo tanque, el aire en el segundo tanque se comprime y fluye al depósito de aire. Cambiando la posición de las válvulas, la operación se repite con funciones opuestas de los tanques. En un modo de generación de electricidad, el sistema funciona transfiriendo aire presurizado desde el depósito de aire al primer tanque que está lleno de agua, fluyendo el agua a presión a través del generador de turbina hidráulica generando electricidad. La principal característica que separa dicha patente con la presente invención es el hecho de que la presión constante se gestiona mediante un mecanismo de control y no está sujeta a tamaños de depósito. Otra diferencia importante es que no se utiliza una bomba de líquido, sino que se genera la presión con un compresor externo.

Además, la presente invención no almacena energía en inmensas cavernas o grandes tanques artificiales para almacenar la presión; Se puede controlar la presión a través de medios artificiales; se minimiza el uso de la tierra; posee un enfoque de almacenamiento de energía distribuida, y por lo tanto sin una instalación de un tamaño monstruoso.

- 5 Lo anterior de acuerdo con la ley de Boyle. En efecto, si almacenamos aire a una presión $P = 2P_0$, entonces el volumen requerido disminuye linealmente, en comparación con el almacenamiento de este mismo aire en P_0 . Esta capacidad de mantener la presión en tanques

artificiales que son extremadamente resistentes es lo que permite la posibilidad de tener 1 [MW] de energía en un área pequeña.

10 RESUMEN DE LA INVENCION

La presente invención es un sistema y un método que utiliza un fluido de trabajo a presión, como aire comprimido, o aire líquido, es decir aire a temperatura criogénica que se almacena a presión atmosférica y que al ser inyectada a los tanques de líquido se calienta y aumenta su volumen entre 600 y 800 veces logrando generar de esta forma presión, para presurizar un tanque de líquido que a su vez acciona una turbina de líquido para producir energía eléctrica. El almacenamiento se realiza almacenando el fluido de trabajo a alta presión en recipientes pequeños de alta presión. Estos recipientes están disponibles en el mercado hoy en día. Pueden estar hechos de fibras de carbono, o aleaciones metálicas avanzadas, o cualquier material compuesto de alta resistencia.

- 15 De acuerdo con una modalidad, la presión es generada por un compresor, en las horas valle si se utiliza la energía de la red. Pero también puede ser proporcionada por otras fuentes de energía, tales como instalaciones foto voltaicas, molinos de viento, etc.

También es posible considerar una planta que genera aire comprimido u otro gas a presión de sobra, se puede utilizar esta presión para accionar la presente invención mediante fuentes externas.

- 20 Por lo tanto, la presente invención puede almacenar energía en forma de presión. La presión se libera, cuando sea necesario, en un circuito de líquido que a su vez mueve una turbina de líquido. Pudiendo este líquido ser agua y el gas a presión puede ser aire o nitrógeno. En general el líquido es cualquier líquido que no sea miscible con el gas que proporciona la presión.

Según lo anterior un primer objetivo es proveer un sistema para almacenar y generar energía donde una presión, preferentemente de gas comprimido, es liberada en un circuito de

- 30 líquido que a su vez mueve una turbina de líquido para generar energía, que comprende un compresor; un tanque primario de alta presión; un primer tanque principal de líquido y un segundo tanque principal de líquido; un tanque auxiliar de líquido; una turbina de líquido ubicada entre los tanques principales primero y segundo y a nivel inferior del nivel del fondo de los tanques principales primero y segundo y tanque auxiliar, para asegurar que el fluido de trabajo a presión fuerce el líquido a través de la turbina y no en sentido contrario; una red de tuberías con sus respectivas válvulas, tanto válvulas de entrada, válvulas de salida, válvulas de control así como válvulas de ventilación; donde la operación se realiza en ciclos cortos y a presión constante por medio de un sistema de control que actúa sobre al menos una válvula reguladora de presión.

- 35 Como objetivo adicional se provee un método para almacenar y generar energía donde una presión, preferentemente de gas comprimido, es liberada en un circuito de líquido que a su vez mueve una turbina de líquido para generar energía, que comprende las siguientes etapas: a) proveer un sistema que comprende, opcionalmente, un compresor y un tanque primario de alta presión; además, comprende un primer tanque principal de líquido con un nivel predeterminado de líquido en su interior y un segundo tanque principal de líquido sin líquido en su interior; un tanque auxiliar de líquido con un nivel predeterminado de líquido en su interior; una turbina de líquido ubicada entre los tanques principales primero y segundo y a nivel inferior del nivel del fondo de los tanques principales primero y segundo y tanque auxiliar, para asegurar que el fluido de trabajo a presión fuerce el líquido a través de la turbina y no en sentido contrario; una red de tuberías con sus respectivas válvulas, tanto válvulas de entrada, válvulas de salida, válvulas de control así como válvulas de ventilación; donde la operación se realiza en ciclos cortos y a presión constante por medio de un sistema de control que actúa sobre al menos una válvula reguladora de presión;

- 40 b) opcionalmente, presurizar el tanque primario de alta presión por medio del compresor o almacenar un gas o mezcla de gases a temperatura criogénica, en caso de que el sistema comprenda dichos compresor y tanque primario de alta presión;

50 c) presurizar a una presión de operación o trabajo el primer tanque principal, el tanque auxiliar y la red de tuberías;

d) abrir la válvula de salida primer tanque principal-a-turbina, la válvula de entrada segundo tanque principal y la válvula de ventilación segundo tanque principal para que el líquido se desplace desde el primer tanque principal, a través de la válvula salida primer tanque principal-a-turbina, hasta la turbina y luego, a través de la válvula de entrada segundo

tanque principal se descarga en el segundo tanque principal, mientras que la válvula de ventilación segundo tanque principal permite que el segundo tanque principal se llene sin aumentar la presión;

e) controlar la presión del primer tanque principal a través de una válvula control primer tanque principal que controla la presión a medida que disminuye el nivel del líquido, asegurando así, una presión de trabajo estable;

5 f) cerrar las válvulas de salida primer tanque principal-a-turbina, de entrada segundo tanque principal y de ventilación segundo tanque principal, y abrir la válvula de salida tanque auxiliar-a-turbina para permitir que el tanque auxiliar alimente a la turbina, durante la transición desde un modo de descarga a otro, mientras se inicia un nuevo ciclo de operación;

10 g) abrir la válvula de ventilación primer tanque principal y presurizar el segundo tanque principal a la presión de operación por medio de una válvula de control segundo tanque principal;

h) abrir la válvula de entrada primer tanque principal para que el flujo pueda ser descargado en el primer tanque principal que ya está ventilando o ya se encuentra a presión atmosférica;

i) abrir la válvula de ventilación tanque auxiliar para ventilar la presión desde el tanque auxiliar vaciado y cerrar la válvula de salida tanque auxiliar-a-turbina;

15 j) abrir la válvula de salida segundo tanque principal-a-turbina para alimentar la turbina desde el líquido proveniente de la descarga del segundo tanque principal;

k) cerrar la válvula de salida primer tanque principal-a-tanque auxiliar cuando el tanque auxiliar esté con nivel de líquido predeterminado de la etapa a), donde esta condición se da cuando el nivel de líquido del primer tanque principal ha alcanzado el nivel necesario para permitir que el líquido ingrese en el tanque auxiliar, por ejemplo, por gravedad;

20 l) controlar la presión del segundo tanque principal a través de la válvula de control segundo tanque principal que controla la presión a medida que disminuye el nivel del líquido, asegurando así, una presión de trabajo estable; y

m) cerrar todas las válvulas abiertas y comenzar las etapas desde la etapa d) hasta la etapa m).

De acuerdo con una modalidad de la invención el sistema de control que actúa sobre al menos una válvula reguladora de presión, manteniendo control sobre la presión de trabajo de todo el sistema, también actúa sobre el control de los otros componentes del sistema como las válvulas de entrada, salida, ventilación y control, en donde dicho sistema de control se encuentra configurado para ejecutar el método de la invención.

25 Por otra parte, si bien la invención contempla la implementación de actuadores y sensores de nivel y/o presión, entre otros, como parte del sistema de control propuesto, el empleo de dichos componentes no deberá ser considerado como una restricción a la invención, toda vez que el uso de los mismos es usual en el campo técnico de la invención.

30 BREVE DESCRIPCIÓN DE LA FIGURAS

La figura 1 muestra un esquema general del sistema de la presente invención.

La figura 2 muestra un esquema de funcionamiento, donde el sistema de la presente invención está listo para comenzar a generar energía.

35 La figura 3 muestra el sistema de la presente invención donde se ha vaciado el primer tanque principal, el tanque auxiliar tiene que asumir la generación de energía mientras que el primer tanque principal y el segundo tanque principal están preparados para invertir el flujo.

La figura 4 muestra el sistema de la presente invención donde el tanque auxiliar se ha vaciado y el segundo tanque principal se ha llenado.

40 La figura 5 muestra una etapa intermedia de funcionamiento donde una vez que el nivel de líquido en el primer tanque principal es lo suficientemente alto, el líquido llenará el tanque auxiliar. Cuando esta etapa ha finalizado, el sistema estará en la configuración de inicio mostrada en la figura 2.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

45 La presente invención tiene dos partes principales que interaccionan. Por un lado tenemos un fluido de trabajo a presión, por ejemplo un gas, y por el otro tenemos un líquido. Por lo tanto, la presente invención es un sistema y un método que utiliza un fluido de trabajo a presión, como un gas comprimido (por ejemplo aire), para presurizar tanques de líquido (por ejemplo agua) que a su vez accionan una turbina de líquido para producir energía eléctrica. Sin embargo, la cuestión más relevante para la producción eficiente de energía es la capacidad de mantener una presión constante. La presión se monitorea con sensores de presión y si se necesita más presión en el sistema a medida que se descarga el líquido, el sistema de control puede reaccionar y mantener las condiciones de trabajo deseadas por

medio de la actuación de la al menos una válvula reguladora de presión que proporciona la presión de trabajo al sistema.

Los tanques que contienen líquido son pequeños. Esto significa que para tiempos de funcionamiento prolongados el sistema puede funcionar en ciclos.

- 5 Como se muestra en la figura 1, el sistema comprende dos tanques o depósitos de líquido, un primer tanque principal (10) y un segundo tanque principal (20) y, adicionalmente, al menos un tanque auxiliar (30) de líquido que funciona entre ciclos, para dar al sistema tiempo para reiniciar el ciclo sin pérdida de generación de energía. Una configuración alternativa del sistema es con tres tanques principales o depósitos de líquido, eliminando así el tanque auxiliar.

- 10 El sistema además puede comprender un tanque primario (50), que corresponde a un recipiente de alta presión con una presión comprendida entre 30 y 300 [bar]. Este tanque primario (50) alimenta una línea de presión primaria que está funcionando a una presión más baja, por ejemplo 8 [bar]. Esta presión no excluye otras presiones de trabajo tanto mayores como menores.

- 15 Tomando como presión de referencia 8 [bar] y agua como el líquido de referencia, la presión es suministrada por una unidad compresora (60), opcionalmente. Si existe una presión derivada de otros procesos esta presión se puede utilizar para generar electricidad, así el compresor mostrado no sería necesario.

- 20 Esta presión de 8 [bar] está conectada, por tuberías y al menos una válvula reguladora de presión a los tanques principales primero (10) y segundo (20) con una válvula de control primer tanque principal (VC₁₀) y una válvula de control segundo tanque principal (VC₂₀), y también al tanque auxiliar (30) a través de una válvula de control tanque auxiliar (VC₃₀). Tanto las entradas de líquido como las salidas de líquido entre los tanques principales primero (10) y segundo (20), tanque auxiliar (30) y a una turbina (40) tienen sus propias válvulas, las que están controladas por un sistema electrónico (no mostrado).

Todos los tanques de líquido (10, 20, 30) están conectados en su parte inferior por tuberías a la turbina (40). De esta manera se asegura que el fluido de trabajo a presión forzará el líquido a través de la turbina (40) y no en sentido contrario.

- 25 Hay una segunda tubería después de la turbina (40) para permitir que el flujo pase del primer tanque principal (10), a través de la apertura de una válvula de entrada primer tanque principal (VE₁₀), al segundo tanque principal (20) a través de la apertura de una válvula de entrada segundo tanque principal (VE₂₀) o en orden inverso.

- 30 Cada uno de los tanques de líquido (10, 20, 30) tiene una válvula de ventilación (VS_{10At}, VS_{20At}, VS_{30At}) que conecta el interior con el exterior, logrando así establecer una presión atmosférica. Dichas válvulas también son controladas por un sistema electrónico (no mostrado).

- 35 El tanque auxiliar (30) es pequeño comparado con el primer tanque principal (10) y el segundo tanque principal (20). El propósito del tanque auxiliar (30) es funcionar en forma intermitente, por ejemplo durante 20 a 40 segundos, mientras el sistema está cambiando de operar en una dirección o en la dirección inversa. El tanque auxiliar (30) sólo puede omitirse si hay una forma alternativa de gestionar el tiempo de parada en la maniobra de conmutación. Una forma sería operar el sistema con 3 tanques principales, sin un tanque auxiliar.

El tamaño de los tanques principales primero (10) y segundo (20) determina el tiempo de ciclo. Si se desea operar el primer tanque principal (10) o el segundo tanque principal (20) por 3 minutos, entonces los tanques principales tienen un tamaño dado. Si este tiempo es más adecuado para ser de 6 minutos, entonces los tanques principales tienen que ser redimensionados a esa capacidad.

- 40 El tiempo de funcionamiento total se fija por la presión y el tamaño del tanque primario (50) de alta presión o por la presión y flujo del fluido de trabajo a presión. De acuerdo con una modalidad, se estima que este sistema puede producir 1 [MW] durante 4 horas utilizando tan solo 200 m² de terreno. El uso del suelo puede reducirse si los tanques se hacen más altos.

- 45 De acuerdo con una modalidad, el tanque primario (50) de alta presión se presuriza por medio de un compresor (60) a través de energía solar, o energía de bajo costo desde la red, o cualquier otra forma conveniente. Puede también ser presurizado por medio de compresores no

convencionales. De acuerdo con otra modalidad, el tanque primario (50) posee una válvula reguladora de presión del tanque primario (VC₅₀), para el control de la presión de trabajo que entrega dicho tanque a todo el sistema.

- 50 El primer tanque principal (10) se carga con líquido al igual que el tanque auxiliar (30), mientras que la presión se fija en, por ejemplo, 8 [bar] a través de la o las válvulas reguladoras de presión. La válvula de salida primer tanque principal-a-turbina (VS₁₀₋₄₀) se abre y también se abre la válvula de entrada segundo tanque principal (VE₂₀) que pasa a través de la turbina (40), en donde el segundo tanque principal (20) opera como tanque de descarga. La válvula de ventilación segundo tanque principal (VS_{20At}) se abre, teniendo así la presión atmosférica en el segundo tanque principal (20).

Para la duración de la descarga, los únicos elementos de trabajo son el control de presión en el primer tanque principal (10), manteniendo una presión de trabajo constante.

5 Cuando el primer tanque principal (10) se acerca a su límite inferior, la válvula de salida primer tanque principal-a-turbina (VS_{10-40}) se cierra y el tanque auxiliar (30) asume el control, donde la válvula de salida tanque auxiliar-a-turbina (VS_{30-40}) se abre. Esto crea una ventana de tiempo, y todavía se genera energía. Durante esta ventana, el primer tanque principal (10) se ventila a presión atmosférica, abriendo la válvula de ventilación primer tanque principal (VS_{10A}), mientras que el segundo tanque principal (20) se presuriza, por ejemplo, a 8 [bar].

10 Cuando el tanque auxiliar (30) alcanza su nivel más bajo, las válvulas de salida segundo tanque principal-a-turbina (VS_{20-40}) y de entrada primer tanque principal (VE_{10}) se abren para que el flujo del segundo tanque principal (20) pase por la turbina (40) y se descargue en el primer tanque principal (10). Junto con eso se cierra la válvula de salida tanque auxiliar-a-turbina (VS_{30-40}) para que el tanque auxiliar (30) también se recargue con líquido y presión, para el próximo evento cíclico.

15 Para reducir las pérdidas durante la transición desde un modo de descarga a otro, el tanque auxiliar (30) puede ajustarse a una presión ligeramente superior. Esto compensa las eventuales pérdidas generadas por la conmutación. De acuerdo con una modalidad, también se fuerza al tanque auxiliar (30) a descargar líquido en el primer tanque principal (10) que está bajando la presión, pero que aún no ha alcanzado la presión atmosférica.

20 En la figura 2 se muestra el estado del sistema cuando está listo para comenzar a generar energía. El primer tanque principal (10) y el tanque auxiliar (30) están llenos de líquido, por ejemplo, agua. Ambos están a la presión de trabajo. La presión es proporcionada a través de la conexión de tuberías que llegan a la parte superior de cada tanque, mientras que la válvula de salida primer tanque principal-a-turbina (VS_{10-40}), la válvula de entrada segundo tanque principal (VE_{20}) que pasa a través de la turbina (40) y la válvula de ventilación segundo tanque principal (VS_{20A}) están abiertas. Todas las otras válvulas están cerradas. El líquido va desde el primer tanque principal (10), a través de la válvula de salida primer tanque principal-a-turbina (VS_{10-40}), hasta la turbina (40). Luego, a través de la válvula de entrada segundo tanque principal (VE_{20}) se descarga en el segundo tanque principal (20). La válvula de ventilación segundo tanque principal (VS_{20A}) permanece abierta. Esto permite que el segundo tanque principal (20) se llene sin aumentar la presión. El primer tanque principal (10) posee una válvula de control (VC_{10}) que controla la presión a medida que disminuye el nivel del líquido, asegurando así, una presión de trabajo estable. El trayecto recorrido del líquido esta mostrado en la figura 2 mediante un trazado más grueso de las cañerías que conectan los diversos componentes.

30 Como se muestra en la figura 3, el sistema de la presente invención ha vaciado el primer tanque principal (10). Ahora el tanque auxiliar (30) tiene que asumir la generación de energía mientras que el primer tanque principal (10) y el segundo tanque principal (20) están preparados para invertir el flujo. Todas las válvulas están cerradas. La válvula de ventilación primer tanque principal (VS_{10A}) está abierta para permitir que la presión en el primer tanque principal (10) se iguale a la atmosférica, la válvula de salida tanque auxiliar-a-turbina (VS_{30-40}) está abierta para permitir que el tanque auxiliar (30) alimente a la turbina (40). La válvula de entrada primer tanque principal (VE_{10}) está abierta para que el flujo pueda ser descargado en el primer tanque principal (10) que ya está en proceso de ventilado. La válvula de control segundo tanque principal (VC_{20}) está abierta para aumentar la presión en el segundo tanque principal (20). El trayecto recorrido del líquido esta mostrado en la figura 3 mediante un trazado más grueso de las cañerías que conectan los diversos componentes.

40 En la figura 4, el tanque auxiliar (30) se ha vaciado, y el líquido ya se ha depositado en el primer tanque principal (10). La válvula de ventilación primer tanque principal (VS_{10A}) permanece abierta para permitir la descarga del líquido desde el segundo tanque principal (20) sin generar presión dentro del primer tanque principal (10). La válvula de salida primer tanque principal-a-tanque auxiliar (VS_{10-30}) está abierta para ventilar la presión desde el tanque auxiliar (30), ésta permanece abierta para llenar el tanque auxiliar (30) con líquido cuando el nivel de líquido en el primer tanque principal (10) haya alcanzado el nivel necesario para permitir que el líquido ingrese en el tanque auxiliar (30), en este ejemplo por gravedad. La válvula de salida segundo tanque principal-a-turbina (VS_{20-40}) está abierta para alimentar la turbina (40), la válvula de entrada primer tanque principal (VE_{10}) permanece abierta para permitir que el flujo se descargue en el primer tanque principal (10). La válvula de control segundo tanque principal (VC_{20}) proporciona la presión necesaria al segundo tanque principal (20) a medida que disminuye el nivel de líquido. Esto permite que el segundo tanque principal (20) tenga una condición de presión estable. El trayecto recorrido del líquido está mostrado en la figura 4 mediante un trazado más grueso de las cañerías que conectan los diversos componentes. En caso de detectar una sobre presión en el tanque auxiliar (30) la válvula de ventilación tanque auxiliar (VS_{30A}) se puede abrir para descargar esta sobre presión.

55 La figura 5 muestra el llenado parcial del primer tanque principal (10) y llenado del tanque auxiliar (30). El paso intermedio mostrado en la figura 5 es el hecho de que una vez que el nivel de líquido en el primer tanque principal (10) es lo suficientemente alto, el líquido llena el tanque auxiliar (30). La válvula de ventilación tanque auxiliar (VS_{30A}) se abre para permitir llenado del tanque auxiliar (30). Cuando esta etapa finaliza, el sistema está en la configuración de inicio mostrada en la figura 2. El trayecto recorrido del líquido esta mostrado en la figura 5 mediante un trazado más grueso de las cañerías que conectan los diversos componentes.

Se pueden realizar mejoras adicionales para retener parte de la presión que se ventila en la descarga a la atmósfera. Esta pérdida de energía representa del 9 al 15% dependiendo de la presión de trabajo en la que está funcionando el sistema de la presente invención.

EJEMPLO DE APLICACIÓN

- 5 Si se desea generar energía con una turbina Francis que produce 1,2 [MW], con una columna de agua de 60 [m], un caudal 1,24 [m³/s], con tanques principales primero y segundo de líquido, en este caso agua, que contienen 350 [m³] cada uno, con un tanque auxiliar de 25 [m³], con una duración de 4 horas, entonces se necesita una presión de trabajo de 8 [bar], el tiempo de descarga del primer tanque principal (10) al segundo tanque principal (20) es de aproximadamente 4,5 minutos. El tanque auxiliar (30) proporciona una ventana de 20 segundos para hacer la conmutación. Para funcionar durante 4 horas se necesita de aproximadamente 54 ciclos.
- 10 Si se desea almacenar la presión a 100 [bar], se necesita un tanque primario (50) de alta presión de aproximadamente 1000 [m³]. Si se almacena la presión a 200 [bar], se necesita un tanque primario (50) de alta presión de aproximadamente 535 [m³]. El tanque primario (50) de alta presión preferentemente posee una forma cilíndrica de aproximadamente 10 metros de altitud y un radio de 4 metros.
- 15 La presente invención se puede usar para almacenar energía y producir electricidad bajo demanda. Además, se ha presentado un objetivo de uso de la tierra y de potencia.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema para almacenar y generar energía, donde una presión generada por un fluido de trabajo es liberada en un circuito de líquido que a su vez mueve una turbina de líquido para generar energía, comprendiendo el sistema:
un primer tanque principal (10) de líquido;
5 un segundo tanque principal (20) de líquido;
un tanque auxiliar (30) de líquido;
y por lo cual la turbina (40) de líquido está ubicada entre los tanques principales primero (10) y segundo (20), y a nivel inferior del nivel del fondo de los tanques principales primero (10) y segundo (20) y del tanque auxiliar (30), para asegurar que la presión al interior de los tanques fuerce el líquido a través de la turbina (40)
- 10 una red de tuberías con sus respectivas válvulas, tanto válvulas de entrada, válvulas de salida, válvulas de control así como válvulas de ventilación; donde la operación se realiza en ciclos cortos y a presión de trabajo constante por medio de un sistema de control que actúa sobre al menos una válvula reguladora de presión, que proporciona la presión de trabajo del sistema;
caracterizado porque el tanque auxiliar (30) está dispuesto para operar y alimentar la turbina (40) solo de manera intermitente, entre ciclos, mientras el sistema está cambiando su dirección de operación en una dirección o en la dirección opuesta, para darle tiempo al sistema para reiniciar el ciclo sin pérdida de generación de energía.
- 15 2. El sistema para almacenar y generar energía según la reivindicación 1, **caracterizado porque** la presión al interior de los tanques es generada por aire comprimido.
- 20 3. El sistema para almacenar y generar energía según la reivindicación 2, **caracterizado porque** además comprende un compresor (60) y un tanque primario (50) de alta presión, para la producción del aire comprimido.
4. El sistema para almacenar y generar energía según la reivindicación 2, **caracterizado porque** el aire comprimido es suministrado por remanentes de aire comprimido de fuentes externas.
5. El sistema para almacenar y generar energía según la reivindicación 1, **caracterizado porque** la presión al interior de los tanques es generada por un líquido criogénico que, al ser inyectado a los tanques, se calienta y expande, generando presión.
- 25 6. El sistema para almacenar y generar energía según la reivindicación 1, **caracterizado porque** las respectivas válvulas de dicha red de tuberías se abren o se cierran para permitir el desplazamiento de caudal de líquido entre el primer tanque principal (10) y el segundo tanque principal (20) a través de la turbina (40).
- 30 7. El sistema para almacenar y generar energía según la reivindicación 1, **caracterizado porque** dicho tanque auxiliar (30) solo funciona mientras el sistema está cambiando de operar en una dirección o en la dirección inversa, para el trasvase de líquido entre el primer tanque principal (10) y segundo tanque principal (20).
8. El sistema para almacenar y generar energía según la reivindicación 1, **caracterizado porque** se debe llenar el primer tanque principal (10) y el tanque auxiliar (30) con una cantidad predeterminada de líquido, mientras que el segundo tanque principal (20) se deja sin líquido.
- 35 9. El sistema para almacenar y generar energía según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el líquido es cualquier líquido que no sea miscible con el fluido de trabajo que proporciona la presión.
10. El sistema para almacenar y generar energía según la reivindicación 9, **caracterizado porque** el líquido es agua y el fluido de trabajo es aire gaseoso o nitrógeno gaseoso.
- 40 11. Un método para almacenar y generar energía, donde una presión generada por un fluido de trabajo es liberada en un circuito de líquido que a su vez mueve una turbina de líquido para generar energía, **caracterizado porque** comprende las siguientes etapas:
a) proveer un sistema que comprende un primer tanque principal (10) de líquido con un nivel predeterminado de líquido en su interior y un segundo tanque principal (20) de líquido sin líquido en su interior; un tanque auxiliar (30) de líquido con un nivel predeterminado de líquido en su interior; una turbina (40) de líquido ubicada entre los tanques principales primero (10) y segundo (20), y a nivel inferior del nivel del fondo de los tanques principales primero (10) y segundo (20) y del tanque auxiliar (30), para asegurar que el fluido de trabajo fuerce el líquido a través de la turbina (40) y no en sentido contrario, una red de tuberías con sus respectivas válvulas, tanto válvulas de entrada, válvulas de salida, válvulas de control así como válvulas de ventilación; donde la operación se realiza en ciclos cortos y a presión constante por medio de un sistema de control que actúa sobre al menos una válvula reguladora de presión;
- 45 c) presurizar a una presión de operación el primer tanque principal (10), el tanque auxiliar (30) y la red de tuberías;
- 50

- d) abrir una válvula de salida primer tanque principal-a-turbina (VS_{10-40}), una válvula de entrada segundo tanque principal (VE_{20}) y una válvula de ventilación segundo tanque principal (VS_{20At}) para que el líquido se desplace desde el primer tanque principal (10), a través de la válvula salida primer tanque principal-a-turbina (VS_{10-40}), hasta la turbina (40) y luego, a través de la válvula de entrada segundo tanque principal (VE_{20}) se descarga en el segundo tanque principal (20), mientras que la válvula de ventilación segundo tanque principal (VS_{20At}) permite que el segundo tanque principal (20) se llene sin aumentar la presión;
- 5 e) controlar la presión del primer tanque principal (10) a través de una válvula control primer tanque principal (VC_{10}) que controla la presión a medida que disminuye el nivel del líquido, asegurando así, una presión de trabajo estable;
- f) cerrar la válvula de salida primer tanque principal-a-turbina (VS_{10-40}), la válvula de entrada segundo tanque principal (VE_{20}) y la válvula de ventilación segundo tanque principal (VS_{20At}) y abrir la válvula de salida tanque auxiliar-a-turbina ($VS_3(Mo)$) para permitir que el tanque auxiliar (30) alimente a la turbina (40), durante la transición desde un modo de descarga a otro, mientras se inicia un nuevo ciclo de operación;
- 10 g) abrir una válvula de ventilación primer tanque principal (VS_{10At}) y presurizar el segundo tanque principal (20) a la presión de operación por medio de una válvula de control segundo tanque principal (VC_{20});
- h) abrir una válvula de entrada primer tanque principal (VE_{10}) para que el flujo pueda ser descargado en el primer tanque principal (10) que ya está ventilando o ya se encuentra a presión atmosférica;
- 15 i) abrir una válvula de ventilación tanque auxiliar (VS_{30At}) para ventilar la presión desde el tanque auxiliar (30) vaciado y cerrar la válvula de salida tanque auxiliara-turbina (VS_{30-40});
- j) abrir una válvula de salida segundo tanque principal-a-turbina (VS_{20-40}) para alimentar la turbina (40) desde el líquido proveniente de la descarga del segundo tanque principal (20);
- 20 k) cerrar una válvula de salida primer tanque principal-a-tanque auxiliar (VS_{10-30}) cuando el tanque auxiliar (30) esté con nivel de líquido predeterminado de la etapa a), donde esta condición se da cuando el nivel de líquido del primer tanque principal (10) ha alcanzado el nivel necesario para permitir que el agua ingrese en el tanque auxiliar (30) por gravedad;
- l) controlar la presión del segundo tanque principal (20) a través de la válvula de control segundo tanque principal que controla la presión a medida que disminuye el nivel del líquido, asegurando así, una presión de trabajo estable; y
- 25 m) cerrar todas las válvulas abiertas y comenzar las etapas desde la etapa d) hasta la etapa m).
12. El método para almacenar y generar energía según la reivindicación 11, **caracterizado porque** además comprende presurizar un tanque primario (50) de alta presión por medio de un compresor (60), o almacenar un gas o mezcla de gases a temperatura criogénica, antes de la etapa c).
- 30 13. El método para almacenar y generar energía según la reivindicación 11, **caracterizado porque** el llenado del tanque auxiliar a su nivel predeterminado en la etapa a), de acuerdo a lo indicado en la etapa j), se realiza cuando el nivel de líquido del primer tanque principal (10) ha alcanzado el nivel necesario para permitir que el agua ingrese en el tanque auxiliar (30), por gravedad.
- 35 14. El método para almacenar y generar energía según la reivindicación 11, **caracterizado porque** el sistema de control está configurado para ejecutar las etapas c) a m).

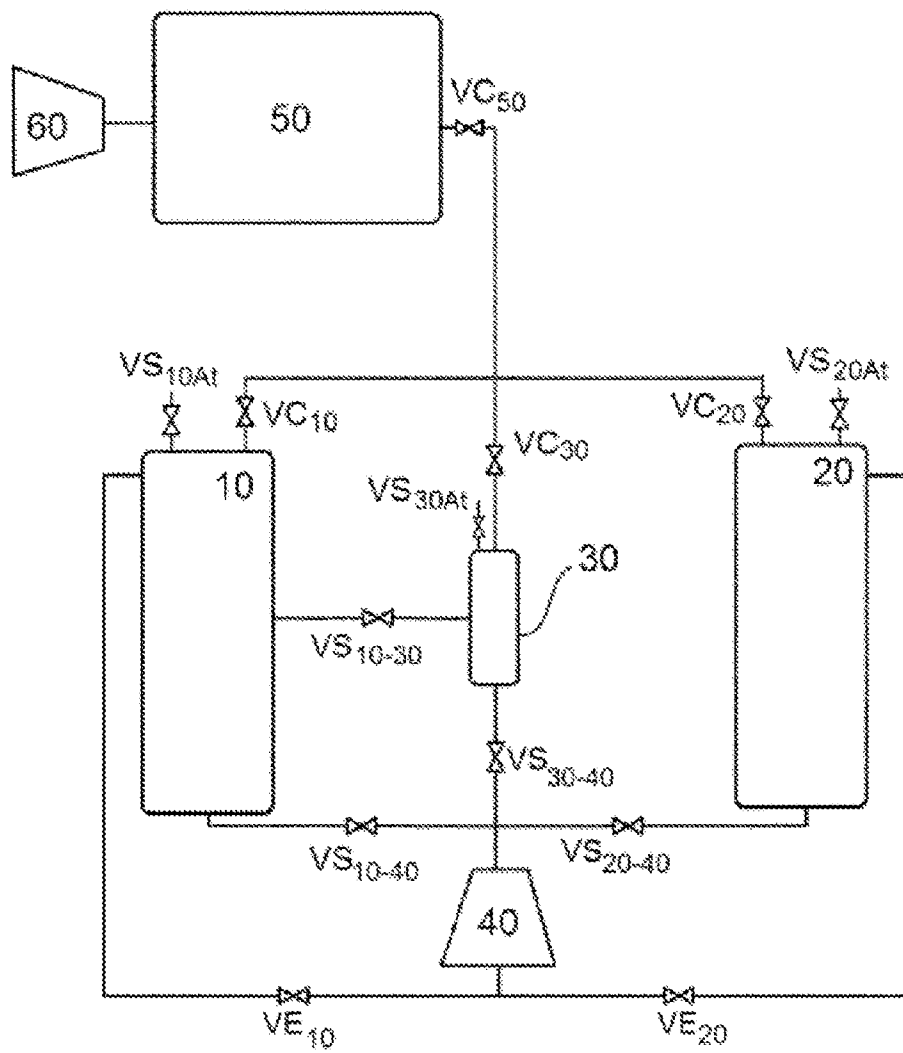


FIG. 1

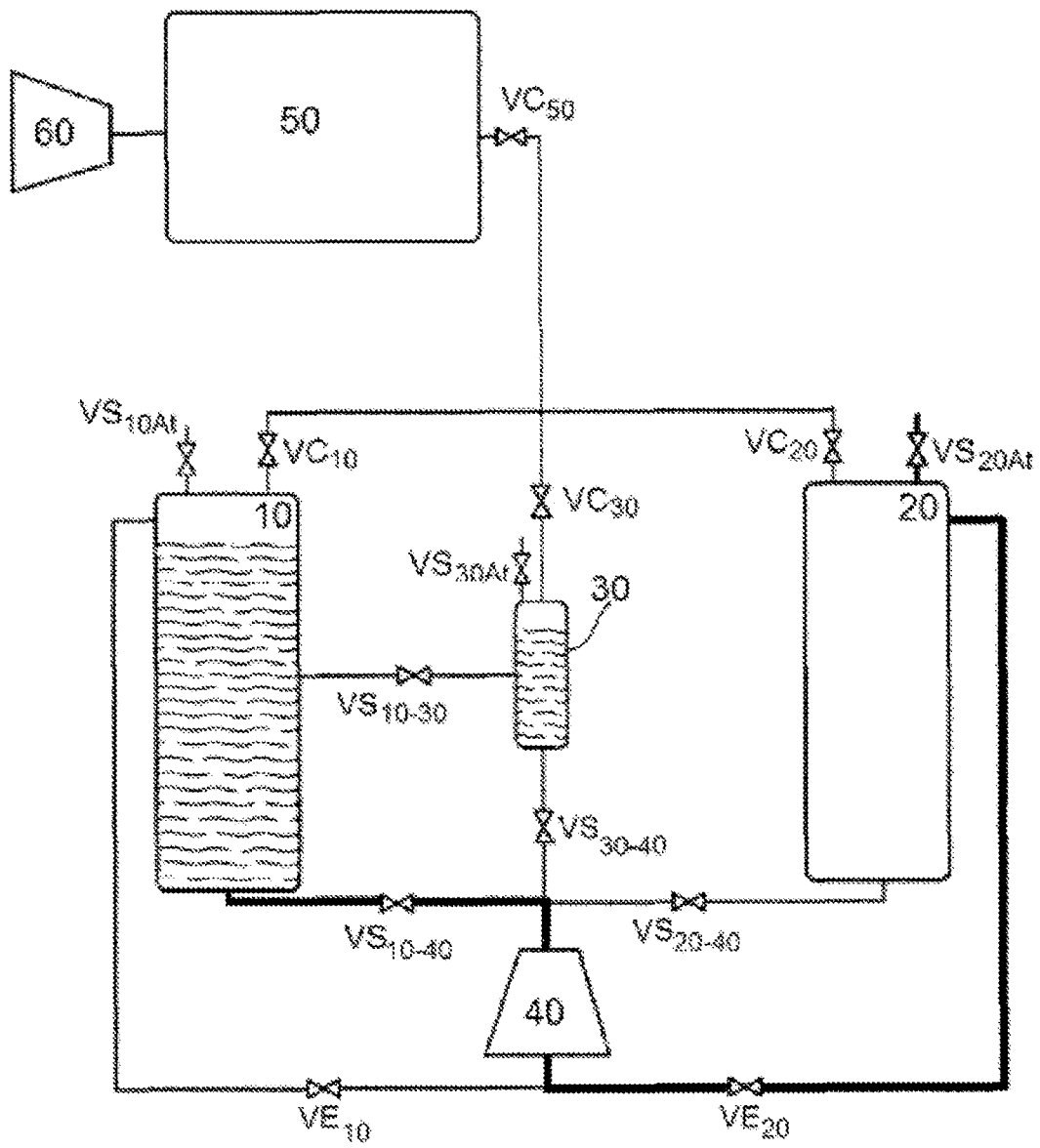


FIG. 2

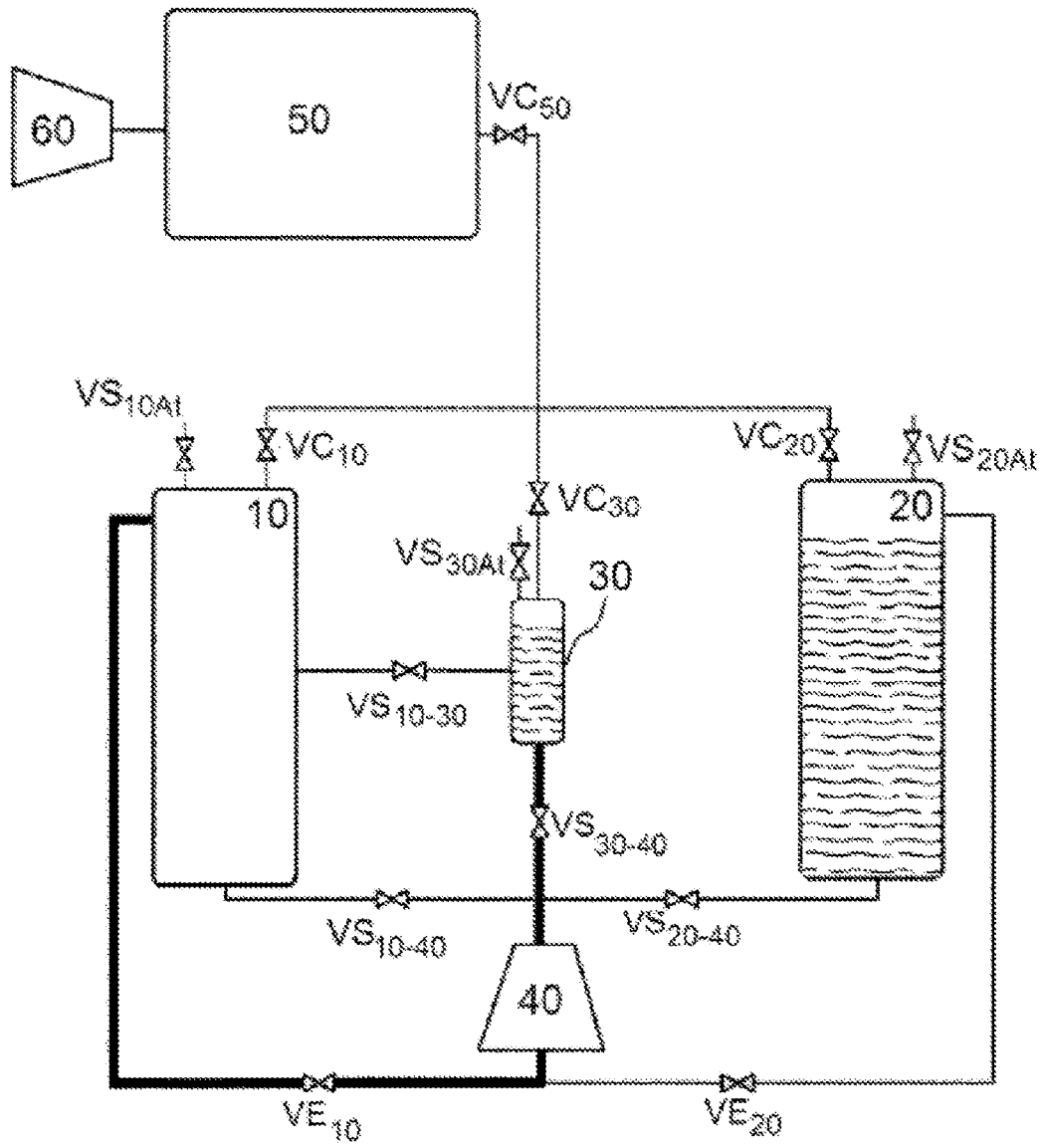


FIG. 3

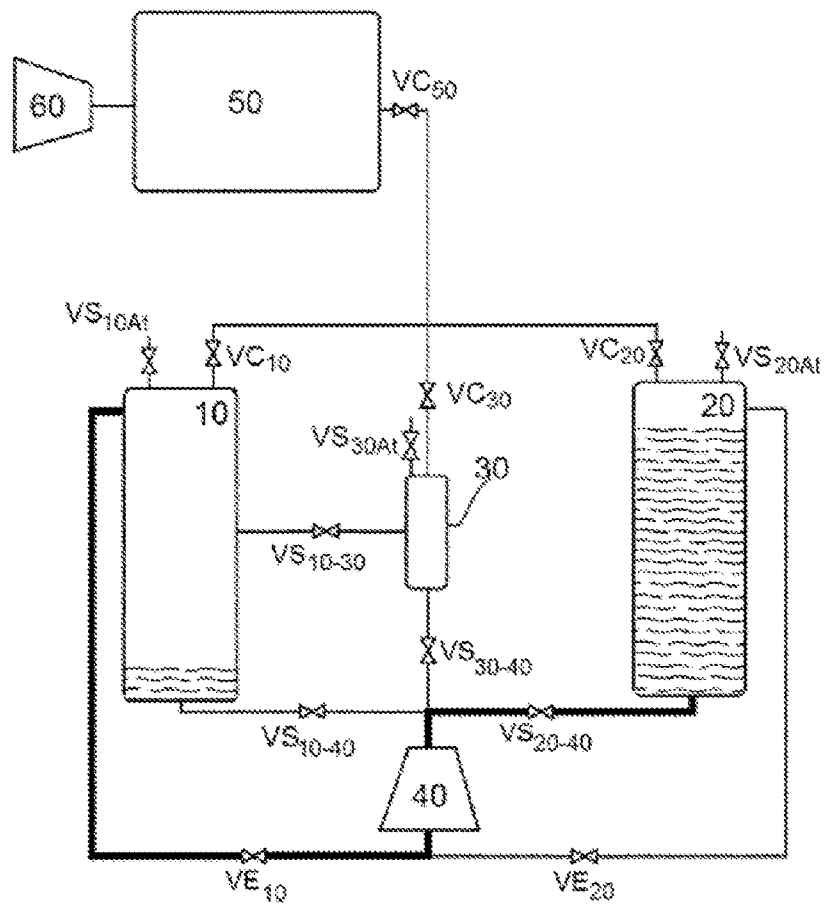


FIG. 4

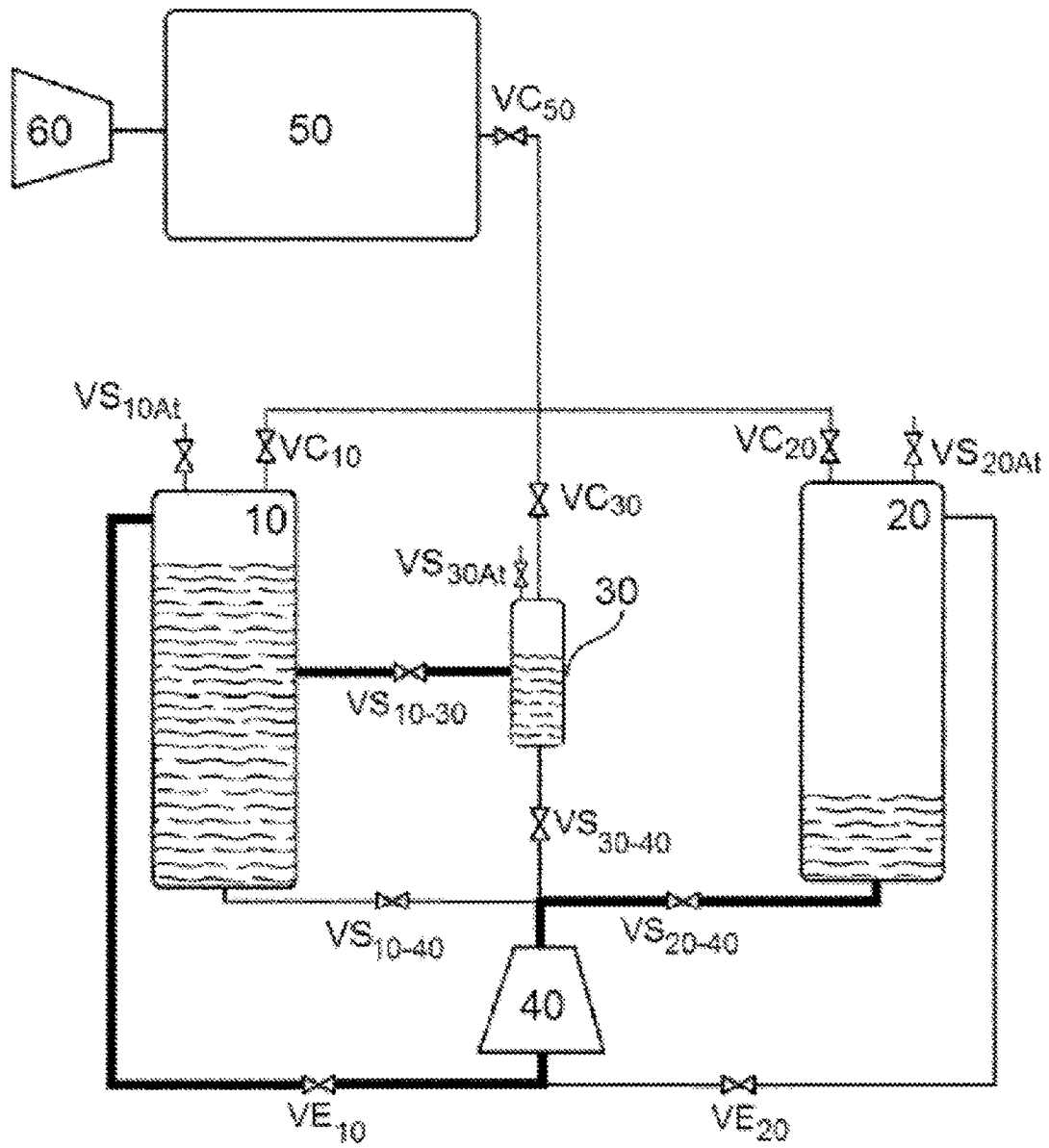


FIG. 5