

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 015 253**

51 Int. Cl.:

C02F 103/08 (2006.01)

B01D 61/02 (2006.01)

C02F 1/44 (2013.01)

B01D 61/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.03.2021** **E 21163048 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.02.2025** **EP 4059591**

54 Título: **Sistema de ósmosis inversa**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
30.04.2025

73 Titular/es:

DANFOSS A/S (100.00%)
Nordborgvej 81
6430 Nordborg, DK

72 Inventor/es:

HILBRECHT, LARS BJARNE y
ENEVOLDSEN, GEORG

74 Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

ES 3 015 253 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 ósmosis inversa

La presente invención se refiere a un sistema de ósmosis inversa que presenta una primera unidad de membrana y al menos una segunda unidad de membrana, formando las unidades de membrana una cadena de unidades de membrana, presentando la primera unidad de membrana una primera membrana que separa una primera cámara de alimentación y una primera cámara de permeado, una primera entrada conectada a la primera cámara de alimentación, una primera salida de permeado conectada a la primera cámara de permeado, y una primera salida de concentrado conectada a la primera cámara de alimentación, presentando la segunda unidad de membrana una segunda membrana que separa una segunda cámara de alimentación y una segunda cámara de permeado, una segunda entrada conectada a la primera cámara de alimentación, una segunda salida de permeado conectada a la segunda cámara de permeado y una segunda salida de concentrado conectada a la segunda cámara de concentrado, en el que la salida de concentrado de una unidad de membrana de la cadena de unidades de membrana está conectada a una entrada de la unidad de membrana siguiente, y una salida de concentrado de al menos una unidad de membrana corriente abajo de la primera unidad de membrana de la cadena de unidades de membrana está conectada a un motor hidráulico.

Dicho sistema de ósmosis inversa se conoce, por ejemplo, por el documento US 9 695 064 B2.

El documento US 2007/0181473 A1 describe una instalación de desalinización de agua para la desalinización de agua de mar de acuerdo con el procedimiento de ósmosis inversa, en la que la instalación de desalinización comprende al menos un módulo de membranas que está conectado a un conducto de alimentación de agua cruda a través del cual se suministra agua por medio de una bomba de alta presión, en la que el conducto de permeado 5, por medio del cual es descargada el agua desalinizada, así como un conducto de concentrado, a través del cual es descargada el agua salina concentrada, una unidad de recuperación que comprende una bomba de sobrepresión accionada por motor dispuesta en el conducto de alimentación de agua cruda, ya sea antes de la bomba de alta presión o entre la bomba de alta presión y el módulo de membranas, en la que una primera turbina está dispuesta en el conducto de concentrado y mecánicamente acoplada a la bomba de sobrepresión de agua.

El documento US 2020/0239337 A1 describe un procedimiento y un sistema para poner en funcionamiento un proceso de separación de gran recuperación. Una bomba de alta presión recibe agua de mar o salobre y alimenta un dispositivo de recuperación de energía, por ejemplo, un turbocargador hidráulico con un fluido a alta presión. El turbocargador incluye una porción de bomba y una porción de bobina. Así mismo, el turbocargador está en comunicación con un motor que hace rotar un eje común que se extiende hasta, y que hace rotar, la porción de bomba y la porción de turbina.

El documento US 2017/0066670 A1 describe un sistema de ósmosis de presión retardada / ósmosis inversa

Dicho sistema de ósmosis inversa es utilizado, por ejemplo, para tratar aguas residuales o para la desalinización del agua de mar. Con este fin, el líquido que debe ser tratado es alimentado a una cierta presión dentro de la cámara de alimentación de una unidad de membrana. La presión se ajusta para que parte del líquido alimentado pueda penetrar en la membrana para abandonar la unidad de membrana como permeado, por ejemplo, como agua que presenta un contenido en sal reducido, mientras que el líquido restante sale de la salida de concentrado y tiene, por ejemplo, una concentración de sal más elevada

Sin embargo, el líquido que sale de la cámara de alimentación a través de la cámara de concentrado presenta todavía una presión demasiado elevada. Esta presión solo es reduce ligeramente en comparación con la presión de la entrada. Con el fin de no derrochar la energía necesaria para generar la alta presión, el líquido procedente de la salida de concentrado puede ser alimentado al interior de una entrada de una unidad de membrana siguiente. Pueden ser utilizadas unidades de membrana adicionales, por ejemplo, tres o cuatro unidades de membrana que estén dispuestas una al lado de la otra y en el que la entrada de una unidad de membrana esté conectada con la salida de concentrado de la unidad de membrana precedente. Sin embargo, el líquido que sale de la última unidad de membrana todavía contiene una presión bastante elevada.

Es conocido el procedimiento de utilizar esta presión para accionar un motor o una turbina la cual está acoplada a una bomba, para que la unidad formada por el motor y la bomba forme un tipo de intercambiador de presión que incremente la temperatura de un líquido que es alimentado a una de las unidades de membrana corriente arriba.

El objetivo que subyace a la invención consiste en optimizar el consumo de energía requerido para el proceso de ósmosis inversa.

Este objetivo se resuelve con un sistema de ósmosis inversa que presenta las características de la reivindicación 1.

El motor hidráulico es accionado por el líquido que sale de la salida de concentrado y que presenta una presión lo suficientemente elevada para accionar el motor hidráulico. El motor hidráulico, a su vez, está funcionalmente conectado a una primera máquina eléctrica la cual puede ser accionada como generador eléctrico que produzca energía eléctrica o que pueda ser accionado como motor eléctrico que actúe sobre el motor hidráulico con el fin de

controlar el flujo de concentrado. La energía eléctrica pueda ser suministrada a una red o puede ser utilizada para otros fines, por ejemplo, a otras unidades del sistema, de manera que la energía almacenada en el líquido que sale de la salida de concentrado no se pierda. Básicamente, la energía eléctrica puede ser desplazada hasta donde se necesite. La conexión entre el motor eléctrico y la primera máquina eléctrica puede ser una conexión directa o puede ser una conexión a través de un embrague o a través de un engranaje y un embrague.

La primera máquina eléctrica está eléctricamente conectada a al menos una segunda máquina eléctrica funcionalmente conectada a una bomba situada en un trayecto de flujo corriente arriba de una de las unidades de membrana. La energía eléctrica producida por la primera máquina eléctrica puede ser utilizada directamente en el sistema de ósmosis inversa para accionar una segunda máquina eléctrica la cual, a su vez, pueda ser utilizada para accionar una bomba. La bomba puede aumentar la presión del líquido suministrado a una de las unidades de membrana que están dispuestas corriente arriba de la unidad de membrana desde la cual el líquido es extraído de la salida de concentrado.

En una forma de realización de la invención, la bomba es una bomba de sobrepresión conectada a la entrada de una de las unidades de membrana corriente abajo de la primera unidad de membrana. El líquido que sale de la salida de concentrado de una unidad de membrana ofrece todavía una presión elevada, como se indicó anteriormente. Sin embargo, en algunos casos esta presión no es suficiente para ser utilizada en el sistema de ósmosis inversa en una unidad de membrana siguiente. De este modo, la bomba de sobrepresión puede además ser utilizada para incrementar la presión del líquido que sale de la salida de concentrado de manera que la presión del líquido sea lo suficientemente elevada para cumplimentar el proceso de ósmosis inversa, en la unidad de membrana siguiente.

Como alternativa o adicionalmente, la bomba es una bomba de alimentación conectada a la primera entrada. La bomba de alimentación puede alimentar líquido hacia el interior de la entrada de la primera unidad de membrana. La bomba de alimentación puede ser utilizada para producir toda la presión requerida para el proceso de ósmosis inversa en la primera unidad de membrana. Sin embargo, también es posible utilizar la bomba de alimentación solo como bomba de sobrepresión la cual sea alimentada con el líquido que presenta ya una presión más elevada que puede ser producida por una bomba de alimentación.

En una forma de realización de la invención, al menos una de las máquinas eléctricas es parte de un variador de frecuencia. El variador de frecuencia puede ser utilizado para ajustar la frecuencia con la que es accionada la respectiva máquina eléctrica. De este modo, el variador de frecuencia puede influenciar la frecuencia de la energía eléctrica, la cual es emitida por la primera máquina eléctrica, cuando la máquina eléctrica es accionada como generador. Así mismo, el variador de frecuencia puede influenciar la frecuencia de la energía eléctrica que se utiliza para accionar la segunda máquina eléctrica la cual, a su vez, puede ser utilizada para ajustar la potencia de la segunda máquina eléctrica, por ejemplo, para ajustar una presión adecuada de la bomba de líquido mediante la bomba accionada por la segunda máquina eléctrica. De este modo es posible adaptar la presión a los parámetros que puedan modificar, durante su funcionamiento, el sistema de ósmosis inverso. Por ejemplo, la membrana puede modificar sus características durante su vida útil, de manera que se necesite una presión superior o inferior con relación al sistema de ósmosis inversa. Así mismo, el líquido que debe ser tratado puede cambiar, por ejemplo, presentando un contenido de sal mayor o menor.

En una forma de realización de la invención, el motor hidráulico está directamente instalado sobre la segunda salida de concentrado. Dado que ya no resulta necesario combinar el motor y la bomba en una unidad, el motor puede disponerse en una posición en la que el líquido que fluya desde la salida de concentrado hacia el motor hasta el motor, presente la pérdida más baja de presión posible. En una forma de realización preferente, el motor hidráulico está directamente montado sobre la unidad de membrana.

En una forma de realización de la invención, el motor hidráulico es una primera máquina de pistones axiales. Una máquina de pistones axiales ofrece una elevada eficiencia, de manera que las pérdidas de energía puedan mantenerse reducidas.

En una forma de realización de la invención, al menos una bomba es una segunda máquina de pistones axiales. La bomba puede ser, como se indicó anteriormente, una bomba de sobrepresión o una bomba de suministro o alimentación. Una bomba del tipo de pistones axiales ofrece también una eficiencia considerablemente elevada.

En una forma de realización de la invención, al menos una de las máquinas de pistones axiales forma un flujómetro. Las máquinas de pistones axiales son el motor hidráulico y la al menos una bomba. Es conocido el desplazamiento de una máquina de pistones axiales durante una rotación. Por tanto, es bastante sencillo generar una señal que represente el flujo del líquido dentro o fuera de la unidad de membrana de la salida de concentrado de la unidad de membrana mediante el conteo del número de rotaciones de la máquina de pistones axiales (o de cualquier otra forma).

En una forma de realización de la invención, al menos una de las máquinas de pistones axiales comprende un sensor de entrada y / o un sensor de salida. Los sensores pueden detectar, por ejemplo, la presión del líquido que pasa por la respectiva máquina de pistones axiales. La característica detectada por el sensor de entrada y / o por el sensor de salida puede ser utilizada para optimizar el sistema de ósmosis inversa.

En una forma de realización de la invención, la al menos una de las máquinas de pistones axiales comprende un sensor del flujo de fuga interno. Cuando el flujo de fuga interno es conocido, la máquina de pistones axiales puede ser utilizada como flujómetro que mira el flujo en el interior o el exterior de la unidad de membrana de la salida de concentrado de la unidad de membrana con una precisión máxima.

- 5 En una forma de realización de la invención, se dispone al menos una unidad de membrana enésima que presenta una enésima membrana que separa una enésima cámara de alimentación y una enésima cámara de permeado, una enésima de entrada conectada a la enésima cara de alimentación y una enésima salida de permeado conectada a la enésima cámara de permeado, y una enésima salida de concentrado conectada a la enésima cámara de alimentación, en la que n es un número entero superior a 2 y la enésima entrada está conectada a la $(n - 1)$ enésima salida de concentrado. De esta manera, es posible formar un sistema de membranas multietapa con más de dos unidades de membrana.

En una forma de realización de la invención, al menos una de las enésimas entradas está directamente conectada a las $(n - 1)$ enésimas de concentrado. En este caso, no hay ninguna bomba de sobrepresión adicional entre las dos unidades de membrana las cuales son en algunos casos suficientes.

- 15 En una forma de realización de la invención al menos una de las $(n - 1)$ enésimas salidas de concentrado está conectada a un motor eléctrico conectado funcionalmente a una primera cámara eléctrica y a una bomba hidráulica conectada funcionalmente a una segunda máquina eléctrica. Esto significa que no solo la segunda unidad de membrana puede estar dotada de un motor eléctrico en la salida de concentrado, sino que también unas unidades de membrana que estén situadas en una etapa posterior corriente abajo, pueden estar dotadas de un motor en la salida de concentrado.
- 20 Debe mencionarse que las unidades de membrana descritas anteriormente pueden presentar más de una única membrana, de forma que las membranas estén dispuestas en paralelo. El sistema ofrece ventajas. En un sistema, cuando el flujo y la presión ofrecen una energía insuficiente en el modo generador, el accionamiento cambia al modo motor, de manera que el flujo del generador se pueda mantener.

- 25 El sistema permite un control variable e individual de la tasa de recuperación de una membrana, un control variable, esto es, una tasa de recuperación, puede incrementar la vida útil de servicio de una membrana, optimizar el consumo de energía requerido para el proceso de ósmosis inversa y ajustar el sistema para que opere con tipos de fluidos diferentes. Esto puede ser ventajoso cuando se producen cambios en la composición del fluido, por ejemplo, agua de mar o aguas residuales, que entren en las unidades de membrana.

- 30 A continuación, se describirán con mayor detalle formas de realización preferentes de la invención con referencia a los dibujos, en los que:

La Fig. 1 muestra una primera forma de realización de un sistema de ósmosis inversa,
la Fig. 2 muestra una segunda forma de realización de un sistema de ósmosis inversa, y
la Fig. 3 muestra una tercera forma de realización de un sistema de ósmosis inversa.

En todas las Figs. los mismos o similares elementos se indican con los mismos numerales de referencia.

- 35 La Fig. 1 muestra esquemáticamente un sistema de ósmosis inversa 1 que presenta una primera unidad de membrana 2 y una segunda unidad de membrana 3. La primera unidad de membrana comprende una primera membrana 4 que separa una primera cámara de alimentación 5 y una primera cámara de permeado 6. La primera cámara de alimentación 5 está provista de una primera entrada 7 y de una primera salida de concentrado 8. La cámara de permeado 6 está provista de una salida de permeado 9.

- 40 La segunda unidad de membrana 3 comprende una segunda membrana 10 que separa una segunda cámara de alimentación 11 y una segunda cámara de permeado 12. La segunda cámara de alimentación 11 comprende una segunda entrada 13 y una segunda salida de concentrado 14. La segunda cámara de permeado 12 comprende una segunda salida de permeado 15.

- 45 Las membranas 4, 10 se muestran solo de forma esquemática. Debe señalarse que las membranas 4, 10 pueden presentarse en forma de conjuntos de membrana o en otra disposición de membranas.

La segunda entrada 13 está conectada a la primera salida de concentrado 8 por medio de una bomba de sobrepresión 16. La segunda salida de concentrado 14 está conectada a una salida de sistema 17 por medio de un motor hidráulico 18.

- 50 La primera entrada 7 está conectada a una bomba de alimentación 19 que bombea un líquido, por ejemplo, agua de mar, desde una entrada de sistema 20 dentro de la primera entrada 7.

El motor hidráulico 18 se presenta bajo la forma de un motor de pistones axiales que está funcionalmente conectado a una primera máquina eléctrica 21. El conjunto de motor hidráulico 18 y de primera máquina eléctrica 21 es designado brevemente con el término generador accionado 22. El generador accionado 22 es un variador de frecuencia, esto es,

la primera máquina eléctrica 21 produce energía eléctrica en forma de corrientes y tensiones cuya frecuencia puede ser ajustada.

La bomba de sobrepresión 16 es también del tipo de pistones axiales y es accionada por una segunda máquina eléctrica 23. La unidad de bomba de sobrepresión 16 y de la segunda máquina eléctrica 23 puede ser brevemente designada como bomba de accionamiento 24. La bomba de accionamiento 24 puede también presentarse bajo la forma de un variador de frecuencia, de manera que la bomba de sobrepresión 16 pueda ser activada a velocidades variables y, de este modo, con presiones y / o flujos variables.

La energía eléctrica requerida para activar la bomba de accionamiento 24 es producida por el generador accionado 22. Así, una línea eléctrica 25 es utilizada para conectar el generador accionado 22 y la bomba de accionamiento 24.

El generador accionado 22 es un diseño de unidad de recuperación de energía basado en el motor hidráulico de desplazamiento positivo 18 bajo la forma de un motor de pistones axiales conectado a la primera máquina eléctrica, la cual es capaz de operar en los cuatro cuadrantes (funcionamiento de motor izquierda / derecha y generador izquierdo / derecho).

El generador accionado 22 puede ser operado en modo motor o en modo generador. El generador accionado 22 puede transferir la energía eléctrica generada operando en modo generador hacia otros mecanismos de accionamiento, por ejemplo, hacia la bomba de accionamiento 24, por medio del conducto 25, que puede presentarse bajo la forma de un bus de cc o del variador de frecuencia puede modular la tensión de cc interna a una tensión de ca sobre sus terminales de entrada alimentando de esta manera la energía generada hacia la red eléctrica.

El generador accionado 22 puede controlar activamente la tasa de recuperación del sistema de ósmosis inversa 1 y al mismo tiempo recuperar la energía procedente de la corriente de fluido que pasa a través del motor 18.

Aunque en la Fig. 1 se muestra que el generador presenta una determinada distancia con respecto a la segunda unidad de membrana 3, la distancia real entre el generador accionado 22 y la segunda salida de concentrado 14 debe ser lo más corta posible para evitar pérdidas de presión del fluido. En una forma de realización diferente, el generador accionado 22 está directamente montado sobre la segunda unidad de membrana 3.

Dado que el generador y la bomba de accionamiento están separadas una de otra, son componentes independientes, lo que proporciona una mayor flexibilidad con respecto a la posición de instalación de los componentes, los cuales, por ejemplo, podrían estar directamente sobre la segunda salida de concentrado 14, eliminando con ello las pérdidas de presión, etc.

Una máquina de pistones axiales presenta un desplazamiento conocido. De este modo, es conocido el volumen del fluido bombeado o consumido durante cada rotación de la máquina de pistones axiales. Esto permite la posibilidad de la puesta a punto de los flujos y presiones a través de las membranas individuales 4, 10 en la aplicación de las membranas multietapa en el sistema de ósmosis inversa 1. Esto significa que pueden prevenirse ciertos. Por ejemplo, las membranas individuales 4, 10 del sistema de ósmosis inversa pueden modificar de carácter debido a su limpieza o sustitución, o debido a su envejecimiento. El fluido cambia de carácter, por ejemplo, en las plantas de aguas residuales o en la desalinización del agua de mar.

La elevada eficiencia total de las máquinas de pistones axiales cuando se utilizan como bombas y cuando se utilizan como motores o turbinas garantiza una elevada eficiencia. El concepto de diseño similar permite compartir las piezas de desgaste y repuesto que hace más sencillo el servicio en curso. Cuando se utilizan bombas de pistones axiales de alta presión, dichas bombas pueden ser utilizadas como flujómetros precisos de gran flujo. Ello simplificará el sistema de control del sistema de ósmosis inversa multietapas 1.

Así mismo., el generador de accionado 22 y / o la bomba de accionamiento 24 pueden incorporar unos sensores de entrada y / o salida, lo que simplifica aún más el montaje de diseños y controles. Todas las entradas de sensor requeridas para controlar el sistema de ósmosis inversa 1 resultan disponibles a partir del generador accionado 22 y de la bomba de accionamiento 24.

Así mismo, el generador accionado 22 y / o la bomba de accionamiento 24 pueden estar provistos de unos sensores de flujo de fuga internos para posibilitar mediciones precisas del flujo en todas las tuberías del sistema incluyendo los sensores de permeado. Los sensores de entrada y salida de todas las máquinas hidráulicas proporcionan las presiones de entrada / salida de todas las membranas. Puede optimizarse el consumo de energía.

Debe destacarse que, en muchos casos, es suficiente utilizar los sensores referidos solo en parte, de manea que no todos los sensores tengan que estar presentes en todos los elementos del sistema de ósmosis inversa.

La Fig. 2 muestra una segunda forma de realización de un sistema de ósmosis inversa de tres etapas. En otras palabras, se puede añadir una tercera unidad de membrana 26. La tercera unidad de membrana 26 comprende una tercera membrana 27 que separa una tercera cámara de alimentación 28 de una tercera cámara de permeado 29. La tercera cámara de alimentación 28 comprende una tercera entrada 30 y una tercera salida de concentrado 31. La tercera cámara de permeado 27 comprende una tercera salida de permeado 32.

Como en la forma de realización de la Fig. 1, en la que las dos salidas de permeado 9, 15 están conectadas para producir un flujo de permeado combinado 33, las salidas de permeado 9, 15, 32 de las tres unidades de membrana 2, 3, 26 están conectadas para formar un flujo de permeado combinado 33.

5 La salida de concentrado 14 está conectada al generador accionado 22 como en la Fig. 1, y además está conectada a la tercera entrada 30, de manera que parte del concentrado emitido en salida por la segunda unidad de membrana 3 sea alimentada a la tercera unidad de membrana 26. Mediante el control del generador accionado 22 más exactamente mediante el control de la frecuencia variable del generador accionado 22 es posible controlar qué parte del flujo sale por la segunda salida 14 fluye a través de la tercera unidad de membrana 26.

10 La tercera salida de concentrado 31 está conectada a una tercera máquina hidráulica 34 bajo la forma de un motor de pistones axiales el cual está funcionalmente conectado a una tercera máquina eléctrica 35. El motor 34 y la tercera máquina eléctrica 35 forman un segundo generador 36.

15 La tercera máquina eléctrica 35 está conectada por medio de un conducto 37, por ejemplo, bajo la forma de un bus de variador de frecuencia o de bus de cc con la primera máquina eléctrica 21 del generador accionado 22. Como en la Fig. 1, la primera máquina eléctrica 21 del generador accionado 22 está conectada a la segunda máquina eléctrica 23 de la bomba de accionamiento 24.

Todas las máquinas eléctricas 21, 23 35 pueden presentarse bajo la forma de variadores de frecuencia.

Así mismo, se dispone otra conexión bajo la forma de un bus de variador de frecuencia o de un bus de cc 38 que conecta el generador accionado 22 a otra máquina eléctrica bajo la forma de un variador de frecuencia 39 que controla la bomba de suministro 19 dispuesta en la primera entrada 7.

20 La Fig. 3 muestra una tercera forma de realización del sistema de ósmosis inversa 1 que comprende además de la forma de realización mostrada en la Fig. 2, una bomba de accionamiento adicional 41 situada entre la segunda salida de concentrado 14 y la tercera entrada 30. La bomba de accionamiento 41 comprende una bomba 42 bajo la forma de una máquina de pistones axiales y una cuarta máquina eléctrica bajo la forma de un variador de frecuencia variable 43, de manera que sea posible controlar exactamente el flujo suministrado a la tercera unidad de membrana 26.

25 Todas las máquinas eléctricas bajo la forma de motores o bombas mostradas en la Fig. 2 y en la Fig. 3 pueden presentar el mismo sensor descrito en conexión con la forma de realización de la Fig. 1.

REIVINDICACIONES

- 1.- Sistema de ósmosis inversa (1) que presenta una primera unidad de membrana (2) y al menos una segunda unidad de membrana (3), formando las unidades de membrana (2, 3) una cadena de unidades de membrana, presentando la primera unidad de membrana (2) una primera membrana (4) que separa una primera cámara de alimentación (5) y una primera cámara de permeado (6), una primera entrada (7) conectada a la primera cámara de alimentación (5), una primera salida de permeado (9) conectada a la primera cámara de permeado (6), y una primera salida de concentrado (8) conectada a la primera cámara de alimentación (5), presentando la segunda unidad de membrana (3) una segunda membrana (10) que separa una segunda cámara de alimentación (11) y una segunda cámara de permeado (12), una segunda entrada (13) conectada a la segunda cámara de alimentación (11), una segunda salida de permeado (15) conectada a la segunda cámara de permeado (12), y una segunda salida de concentrado (14) conectada a la segunda cámara de alimentación (13), en el que la salida de concentrado (8) de una unidad de membrana (2) de la cadena de unidades de membrana está conectada a una entrada (13) de una unidad de membrana siguiente (3) y a una salida de concentrado (14) de al menos una unidad de membrana (3) corriente abajo de la primera unidad de membrana (2) de la cadena de unidades de membrana está conectada a un motor hidráulico (18), en el que el motor hidráulico (18) está conectado de manera funcional a una primera máquina eléctrica (21), **caracterizado porque** la primera máquina eléctrica (21) está eléctricamente conectada a al menos una segunda máquina eléctrica (23) conectada de manera funcional a una bomba (16, 19) situada en un trayecto de flujo corriente arriba de una de las unidades de membrana (3), en el que el motor hidráulico (18) y la primera máquina eléctrica (21) forman un generador accionado (22), en el que el generador accionado (22) está configurado para controlar activamente la tasa de recuperación del sistema de ósmosis inversa (1) y recuperar la energía procedente de una corriente de fluido que pasa a través del motor hidráulico (18) en el que el generador accionado (22) puede ser activado en dos modos, un modo motor y un modo generador.
- 2.- Sistema de ósmosis inversa de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** la bomba es una bomba de sobrepresión (16) conectada a la entrada (13) de una de las unidades de membrana (3) corriente abajo de la primera unidad de membrana (2).
- 3.- Sistema de ósmosis inversa de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** la bomba es una bomba de suministro (19) conectada a la primera entrada.
- 4.- Sistema de ósmosis inversa de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado porque** al menos una de las máquinas eléctricas (21, 23) es parte de un accionador de frecuencia variable (22, 24).
- 5.- Sistema de ósmosis inversa de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado porque** el motor hidráulico (18) está directamente instalado sobre la segunda salida de concentrado (14).
- 6.- Sistema de ósmosis inversa de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado porque** el motor hidráulico (18) es una primera máquina de pistones axiales.
- 7.- Sistema de ósmosis inversa de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado porque** al menos una bomba (16, 19) es una segunda máquina de pistones axiales.
- 8.- Sistema de ósmosis inversa de acuerdo con las reivindicaciones 7 u 8, **caracterizado porque** al menos una de las máquinas de pistones axiales forma un flujómetro.
- 9.- Sistema de ósmosis inversa de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 6 a 8, **caracterizado porque** al menos una de las máquinas de pistones axiales comprende un sensor interno y / o un sensor externo.
- 10.- Sistema de ósmosis inversa de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 6 a 9, **caracterizado porque** al menos una de las máquinas de pistones axiales comprende un sensor de flujo de fuga interno.
- 11.- Sistema de ósmosis inversa de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizado porque** al menos una n -ésima unidad de membrana (26) presenta una n -ésima membrana (27) que separa una cámara de alimentación n -ésima (40) y una n -ésima cámara de permeado (29), y una entrada n -ésima (30) conectada a una n -ésima cámara de alimentación (40), una n -ésima salida de permeado (32) conectada a la n -ésima cámara de permeado (29), y se dispone una n -ésima salida de concentrado (31) conectada a la n -ésima cámara de alimentación (40), en el que n es un número entero superior a 2 y la n -ésima entrada (30) está conectada a la salida de concentrado ($n - 1$) n -ésima (14).
- 12.- Sistema de ósmosis inversa de acuerdo con la reivindicación 11, **caracterizado porque** al menos una de las n -ésimas entradas está directamente conectada a la salida de concentrado ($n - 1$) n -ésima.
- 13.- Sistema de ósmosis inversa de acuerdo con las reivindicaciones 11 o 12, **caracterizado porque** al menos una de las salidas de concentrado ($n - 1$) (n -ésima) está conectada al motor hidráulico (18) conectado de manera

funcional a una primera máquina eléctrica (21) y a una bomba hidráulica (42) conectada de manera funcional a una segunda máquina eléctrica (43).

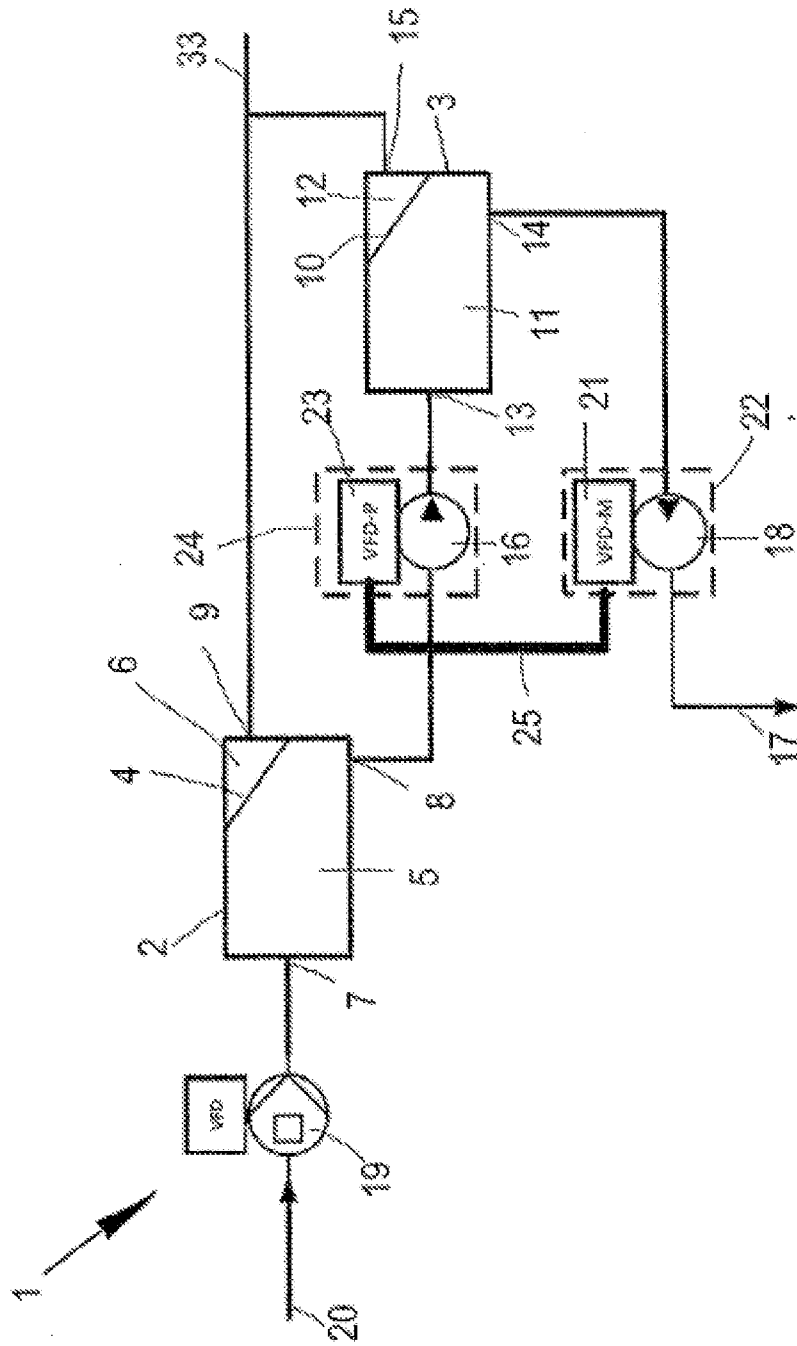


Fig. 1

