

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 600 323**

51 Int. Cl.:

B01D 61/06 (2006.01)

B01D 61/12 (2006.01)

C02F 1/44 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.03.2011 E 11159409 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.08.2016 EP 2368624**

54 Título: **Planta y proceso de tratamiento de un líquido por ósmosis inversa**

30 Prioridad:

24.03.2010 DE 102010012671

23.03.2011 DE 102011005964

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

08.02.2017

73 Titular/es:

KSB AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)

Johann-Klein-Strasse 9

67227 Frankenthal, DE

72 Inventor/es:

DORNSEIFER, FRIEDER y

METZ, RAFF

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 600 323 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

Planta y proceso de tratamiento de un líquido por ósmosis inversa

- 5 La presente invención se refiere a una planta y a un proceso para tratar un líquido por ósmosis inversa, en el cual hay una bomba que conduce un flujo de alimentación a una unidad de membrana que separa dicho flujo en un flujo de permeado y un flujo de rechazo, siendo el valor real del rendimiento de la planta igual a la relación entre el flujo de permeado y el flujo de alimentación, y el flujo de rechazo se conduce hacia una unidad de recuperación de energía, y en el cual hay al menos un sensor que capta valores de medición y los envía a una unidad de valoración.
- 10 Para elaborar numerosos productos es necesario un tratamiento de líquidos. En las plantas y procesos según el concepto general de la presente invención se emplean para ello métodos de separación mediante membranas. Su ventaja especial reside en que funcionan sin aporte de calor y por tanto suelen ser energéticamente más propicios que los procesos de separación térmica. En el proceso de separación mediante membrana aparecen dos fracciones denominadas rechazo y permeado. En el proceso de separación el flujo de rechazo es retenido por la membrana. La parte del líquido que atraviesa la membrana se denomina permeado.
- 15 La separación mediante procesos de membrana se ha implantado especialmente en la tecnología de los productos alimenticios, en la biotecnología y en la industria farmacéutica. Según el tipo de membrana empleada se pueden separar selectivamente sustancias individuales o determinadas mezclas de sustancias.
- 20 Los métodos de separación mediante membranas se distinguen en función de la fuerza de impulsión en que basa la separación. En la presente invención se trata de procesos impulsados a presión, con el uso preferente de agua como disolvente.
- 25 Una bomba conduce el líquido por tratar, llamado flujo de alimentación, a una unidad de membrana. Las unidades de membrana se pueden montar de forma modular, de manera que la planta se pueda adaptar gradualmente al volumen de un trabajo de separación. La separación tiene lugar mediante una membrana semipermeable. La bomba ejerce una presión sobre la membrana semipermeable, forzando el paso del disolvente y frecuentemente de una parte de las sustancias disueltas a través de la membrana.
- 30 Mediante la elección de la membrana se puede ajustar el tamaño de las sustancias retenidas. Según el tamaño de las moléculas retenidas se distingue entre microfiltración, ultrafiltración, nanofiltración y ósmosis inversa.
- 35 El empleo de la presente invención resulta especialmente favorable para realizar una ósmosis inversa, sobre todo para desalar agua de mar. Al bombear la disolución concentrada a una presión superior a la presión osmótica las moléculas de agua se difunden a través de la membrana, mientras que las sales disueltas son retenidas. Por tanto en un lado se concentra la solución salina, mientras que en el otro se obtiene agua con bajo contenido de sales. Entre la presión de trabajo aplicada y la presión osmótica resultante se establece un equilibrio. Este proceso se llama ósmosis inversa (en inglés Reverse Osmosis – RO) y se usa para desalar agua de mar.
- 40 La desalinización de agua de mar ofrece actualmente una buena posibilidad de proporcionar suficiente cantidad de agua potable a las regiones ribereñas del mar pobres en agua dulce. A menudo se requieren pequeñas estaciones de bombeo, pues existe una tendencia hacia plantas descentralizadas como aprovisionamiento autosuficiente de agua potable. La capacidad de producción de la planta según la presente invención es preferiblemente inferior a 1000 m³ de permeado diarios. Se indica como rendimiento de la planta la relación entre el flujo de permeado y el flujo de alimentación. El valor real del rendimiento se puede determinar midiendo el flujo de permeado y el flujo de alimentación.
- 45 Para que tenga lugar una ósmosis inversa y se produzca suficiente cantidad de agua potable se debe aplicar una determinada presión de trabajo por el lado del agua de mar. Esta presión es proporcionada por una bomba de alta presión. Hay una gran variedad de bombas que pueden producir la presión necesaria, en particular las bombas de pistón o de membrana y las bombas centrífugas.
- 50 Después de abandonar la unidad de membrana el flujo de rechazo se conduce a una unidad de recuperación de energía que sirve para aprovechar la energía potencial existente en dicho flujo. La reutilización de esta energía permite reducir la demanda energética de una planta desalinizadora de agua de mar. Para ello se usan muy distintas configuraciones de bombas y unidades de recuperación de energía. Una configuración muy corriente consta de una bomba cebadora y un intercambiador de presión.
- 55 Los procesos de membrana para tratamiento de líquidos están frecuentemente automatizados. Mediante sensores se captan valores de medición que se envían a una unidad de valoración. Los sensores son elementos transmisores o sondas. Las mediciones se captan como efectos físicos o químicos y se transforman en magnitudes procesables, casi siempre en señales eléctricas. El concepto de sensor o captador de mediciones se entiende como una parte de un dispositivo de medición que reacciona inmediatamente a una magnitud.
- 60
- 65

La unidad de valoración puede controlar componentes individuales de la planta. Como unidades de valoración se pueden emplear reguladores comerciales corrientes, por ejemplo reguladores PID. Asimismo se puede utilizar un controlador lógico programable (CLP)

5 La patente WO 2007/090406 A1 revela una planta de ósmosis inversa para el suministro de agua dulce a partir de agua salada. Una bomba lleva el agua salada a la presión necesaria en una unidad de membrana. Después de la
 10 unidad de membrana el flujo de rechazo atraviesa una unidad de recuperación de presión conectada a una bomba. Mediante unos sensores de presión se mide la presión antes de la entrada del flujo de alimentación y después de la salida del flujo de rechazo de las unidades de membrana. En función de la diferencia de estas presiones se regula el número de revoluciones de un motor conectado funcionalmente con la bomba y con la unidad de recuperación de presión. En estas regulaciones de planta, correspondientes al estado técnico, no se tienen en cuenta numerosos factores que influyen en el proceso de la ósmosis inversa.

15 De la patente WO 2010/010243 A1 se conoce una planta desalinizadora de agua de mar por ósmosis inversa que comprende una unidad de membrana de ósmosis inversa, al menos una bomba de alta presión, un transductor según el principio de intercambio de presión - que transmite la presión del concentrado saliente de la unidad de membrana a una parte del agua en proceso de tratamiento - y sensores para varios parámetros del proceso. La planta posee además circuitos de regulación para mantener los diversos elementos ajustables a un valor debido. La planta incluye igualmente un sistema de control secundario con una unidad de cálculo programada que determina
 20 una combinación de valores de referencia para el caudal de la bomba de alta presión, la relación de mezcla del transductor y la tasa de conversión o rendimiento, basándose en las condiciones operativas detectadas mediante los sensores.

25 La construcción de esta planta es muy complicada porque se prevén dos circuitos de regulación. Uno de ellos controla que la planta funcione óptimamente y el otro supervisa su operatividad.

La patente US 3,637,081 revela una planta de tratamiento de líquidos con bombas de intercambio de presión para el control positivo de una purificación de líquidos por ósmosis inversa sin problemas de corrosión y sobresaturación.

30 El rendimiento de la planta solo puede variarse mediante laboriosos cambios del diámetro de los platos o del tamaño de las ruedas de engranajes, o utilizando un variador costoso.

35 De la patente DE 29 17 058 A1 se conoce un proceso de desalinización total o parcial de agua salina mediante el uso de la ósmosis inversa. Los documentos WO 2010/010243, US 3,637,081 y DE 29 17 058 ya discuten un control del rendimiento para el funcionamiento energéticamente optimizado de las plantas de ósmosis inversa.

La presente invención tiene por objeto proporcionar una regulación para el tratamiento de líquidos mediante métodos de separación con membranas, que contribuye a reducir más los costes de proceso.

40 Este objetivo se resuelve según la presente invención mediante las características de las partes representativas de las reivindicaciones 1 y 8.

45 En la presente invención la unidad de valoración calcula el rendimiento óptimo que permite hacer funcionar la planta con una mínima demanda de energía específica. En la presente invención el rendimiento óptimo se establece como valor de referencia para la demanda de energía específica.

50 Como parámetros determinantes de la demanda de energía específica de la planta se recurre a la presión de alimentación, las pérdidas por fricción, el rendimiento de la bomba y de la unidad de recuperación, el rendimiento de la planta y la retención.

55 Para establecer una relación funcional entre la demanda de energía específica de la planta y el rendimiento se determina la curva de rendimiento de la bomba y de la unidad de recuperación de energía mediante un ensayo de funcionamiento y se expresa en función de la presión de alimentación. La presión de alimentación necesaria se determina mediante la presión osmótica y las pérdidas por fricción. La presente invención facilita una función para el consumo específico de energía, que depende del rendimiento, de la temperatura y del contenido de sal.

60 En la presente invención, para establecer la relación funcional entre la demanda de energía específica P' de la planta y el rendimiento Φ se tiene en cuenta la curva de rendimiento η_P de la bomba y la curva de rendimiento η_T de la unidad de recuperación de energía. Las curvas de rendimiento se pueden determinar mediante una prueba de funcionamiento de la bomba y/o de la unidad de recuperación de energía al poner en marcha la planta, encontrando el rendimiento de la bomba y/o de la unidad de recuperación de energía para distintas presiones. El rendimiento de la bomba y de la unidad de recuperación de energía corresponde a la relación entre la potencia emitida y la potencia absorbida. Para cada una de las distintas presiones se calcula idealmente un valor de potencia eléctrica, así como un valor de potencia correspondiente a los datos hidráulicos. Como alternativa se prevé el empleo de curvas de
 65 rendimiento de la bomba y/o de la unidad de recuperación de energía ya conocidas. La curva de rendimiento de la bomba se expresa preferiblemente con la fórmula

$$\eta_P = 1 - A \cdot p^B \quad \text{(ecuación 1a),}$$

5 en función de la presión de alimentación p de la bomba, donde A y B se determinan numéricamente de manera conveniente como coeficientes de rendimiento. A es un valor positivo y B un valor negativo. La curva de rendimiento de la unidad de recuperación de energía se expresa ventajosamente de manera parecida mediante valores A y B iguales, pero en vez de la presión de alimentación p se usa la presión de expansión p_E a lo largo de la unidad de recuperación de energía:

$$10 \quad \eta_T = 1 - A \cdot p_E^B \quad \text{(ecuación 1b).}$$

En la relación para la demanda de energía específica P'

$$15 \quad P' = \frac{p}{\Phi \cdot \rho_R} \left(\frac{1}{\eta_P} - (1 - \Phi) \cdot \frac{p_E}{p} \cdot \eta_T \right) \quad \text{(ecuación 1c)}$$

se usa la curva de rendimiento η_P de la bomba y la curva de rendimiento η_T de la unidad de recuperación de energía. Además se tiene en cuenta la presión de rozamiento Δp_R en las tuberías y en la unidad de membrana. La presión osmótica al final de la unidad de membrana se tiene en cuenta mediante el término

$$20 \quad b \cdot w_{Fa} \cdot \left(1 + \frac{\Phi \cdot R_{tot}}{1 - \Phi} \right)$$

Mediante la siguiente ecuación, preferiblemente, se establece una relación funcional entre la demanda de energía específica y el rendimiento:

$$25 \quad P' = \frac{\left[k \cdot b \cdot w_{Fa} \cdot \left(1 + \frac{\Phi \cdot R_{tot}}{1 - \Phi} \right) + \Delta p_R \right]}{\Phi \cdot \rho_R} \cdot$$

$$\left\{ \frac{1}{\left(1 - A \cdot \left(k \cdot b \cdot w_{Fa} \cdot \left(1 + \frac{\Phi \cdot R_{tot}}{1 - \Phi} \right) + \Delta p_R \right)^B \right)} - (1 - \Phi) \cdot \frac{k \cdot b \cdot w_{Fa} \cdot \left(1 + \frac{\Phi \cdot R_{tot}}{1 - \Phi} \right)}{k \cdot b \cdot w_{Fa} \cdot \left(1 + \frac{\Phi \cdot R_{tot}}{1 - \Phi} \right) + \Delta p_R} \cdot \left(1 - A \cdot \left(k \cdot b \cdot w_{Fa} \cdot \left(1 + \frac{\Phi \cdot R_{tot}}{1 - \Phi} \right) \right)^B \right) \right\}$$

(Ecuación 1).

30 En el coeficiente osmótico b se tiene en cuenta la temperatura T . Una relación adecuada viene dada por la siguiente ecuación:

$$b = b' \cdot \frac{T}{298 \text{ K}}$$

35 (Ecuación 2).

Ahí la retención de la membrana R_{tot} viene dada por:

$$40 \quad R_{tot} = 1 - \frac{w_P}{w_{Fa}} \quad \text{(ecuación 1d).}$$

	<i>A</i>	Coefficiente de rendimiento	$[bar^{-b}]$	
	<i>b</i>	Coefficiente osmótico		$\left[\frac{bar}{\% e.p.} \right]$
	<i>b'</i>	Constante osmótica (a 25°C)		$\left[\frac{bar}{\% e.p.} \right]$
5	<i>B</i>	Coefficiente de rendimiento	[-]	
	<i>k</i>	Factor de seguridad	[-]	
	<i>P'</i>	Demanda de energía específica		$\left[\frac{kg}{m^3} \right]$
10	<i>R_{tot}</i>	Retención de la membrana	[-]	
	<i>T</i>	Temperatura	[K]	
	Δp_R	Pérdidas de presión por rozamiento	[bar]	
	Φ	Rendimiento	[-]	
	ρ_R	Densidad del rechazo		$\left[\frac{kg}{m^3} \right]$
15	<i>w_P</i>	Porcentaje másico de sal en el permeado	[% en peso]	
	<i>w_{Fα}</i>	Porcentaje másico de sal en la alimentación	[% en peso]	
	η_P	Rendimiento de la bomba	[-]	
	η_T	Rendimiento de la unidad de recuperación de energía	[-]	
20	<i>p</i>	Presión de alimentación de la bomba	[bar]	
	<i>p_E</i>	Presión de expansión de la unidad de recuperación de energía	[bar]	

La unidad de valoración calcula para esta función el rendimiento al cual la planta posee una demanda de energía específica.

La demanda de energía específica *P'* se refiere aquí al permeado.

En una forma de ejecución especialmente ventajosa de la presente invención el rendimiento varía con el volumen absorbido por la unidad de recuperación de energía. Para ello se puede modificar la carrera y/o la cámara de desplazamiento de la unidad de recuperación de energía. También está previsto variar el rendimiento mediante el volumen de desplazamiento de la bomba. Así se usan preferiblemente bombas de desplazamiento en las cuales se varía la carrera y/o la cámara de desplazamiento.

En una variante especialmente ventajosa de la presente invención la unidad de valoración halla el valor mínimo del consumo de energía mediante un algoritmo que calcula el mínimo de la función por un cálculo de valores extremos. Para hallar el rendimiento óptimo en cuanto a la eficiencia energética se deriva la demanda de energía específica respecto al rendimiento y se efectúa el cálculo de los valores extremos.

En la presente invención este rendimiento óptimo determinado por el cálculo de valores extremos sirve de valor de referencia para controlar la planta. En un paso siguiente la unidad de valoración calcula la desviación del valor real respecto al valor de referencia. En función de esta desviación se regula el volumen desplazado por la bomba, en particular la carrera de la bomba y/o el volumen absorbido por la unidad de recuperación de energía, sobre todo la carrera de la unidad de recuperación de energía. En el caso de las bombas centrífugas el ajuste de los álabes de los rotores permite variar y/o regular el caudal volumétrico.

Además, en el caso de las bombas centrífugas y de las bombas de desplazamiento, el caudal volumétrico y/o la presión se puede regular mediante el número de revoluciones de la bomba que acciona la bomba. A tal fin el motor va provisto preferiblemente de un convertidor de frecuencia que además sirve para proteger la membrana al poner en marcha la bomba.

En una forma de ejecución especialmente ventajosa de la presente invención se mide la temperatura y el contenido de sal en el flujo de alimentación y los datos son transmitidos a la unidad de valoración. La medición tiene lugar preferiblemente con sensores colocados en una tubería de alimentación antes de la bomba. La presión del líquido antes de la bomba es claramente menor que después de ella. Por lo tanto se pueden usar aparatos medidores de presiones bajas, cuyo precio es inferior al de los sensores, los cuales están diseñados para presiones elevadas.

En una forma de ejecución especialmente ventajosa de la presente invención se registra la presión del flujo de alimentación a la entrada de la unidad de membrana. En este punto la bomba ha elevado el líquido al nivel de presión necesaria para la ósmosis inversa y todavía no se han producido pérdidas de presión. También se puede medir la presión del rechazo a la salida de la unidad de membrana, antes de que el rechazo entre en la unidad de recuperación de energía. Las señales de los sensores se transmiten a la unidad de valoración, la cual calcula la pérdida de presión en la unidad de membrana como diferencia entre las dos presiones registradas.

En otra variante de la presente invención la presión del flujo de rechazo tras la unidad de recuperación de energía se registra mediante un sensor y se transmite igualmente a la unidad de valoración. De este modo se puede calcular el grado de recuperación de energía.

Otras características y ventajas de la presente invención se deducen de la descripción de un ejemplo de ejecución mediante figuras y de las propias figuras, donde

La fig. 1 muestra una representación esquemática de la planta.
La fig. 2 es un diagrama en el cual está representada la energía específica en función del rendimiento para dos concentraciones distintas de sal en la alimentación.

La fig. 1 muestra una representación esquemática de una planta de tratamiento de agua de mar. Una bomba 1 lleva un flujo de alimentación 2 a una unidad de membrana 3. La unidad de membrana 3 separa el flujo de alimentación 2 en un flujo de permeado 4 y un flujo de rechazo 5. A continuación el flujo de rechazo 5 se conduce hacia una unidad de recuperación de energía 6.

Un sensor 10 registra el contenido de sal y la temperatura del flujo de alimentación 2 antes de la bomba 1. Además se puede medir la presión del líquido antes de la bomba 1. Todos los valores medidos se transmiten a la unidad de valoración 7. Una válvula de seguridad 16 impide que la presión antes de la unidad de membrana 3 alcance valores altos inadmisibles.

La unidad de valoración 7 determina el rendimiento óptimo al cual debería funcionar la planta. Para determinar el rendimiento real se puede medir asimismo el flujo de alimentación 2 y el flujo de permeado 4 y transmitir a la unidad de valoración 7 los correspondientes valores. La unidad de valoración 7 calcula el valor real del rendimiento como relación entre el flujo de permeado 4 y el flujo de alimentación 2. Además la unidad de valoración 7 calcula mediante un algoritmo un rendimiento óptimo como valor de referencia al cual se puede hacer funcionar la planta con una demanda mínima de energía. De la desviación del valor real respecto al valor de referencia resulta una diferencia de regulación.

El volumen absorbido por la unidad de recuperación de energía 6 se modifica por ejemplo mediante su carrera en función de esta diferencia de regulación. Como alternativa o complemento también se puede modificar el volumen de desplazamiento de la bomba 1, por ejemplo mediante la carrera de la bomba 1, a fin de optimizar el rendimiento.

Asimismo se puede modificar el número de revoluciones del motor 9. El motor 9 de la bomba 1 va provisto de un convertidor de frecuencia 8. La unidad de valoración 7 está conectada funcionalmente con el convertidor de frecuencia 8.

En la planta representada en la fig. 1 un sensor 11 registra la presión en la tubería del flujo de alimentación 2 que va desde la bomba 1 hasta la unidad de membrana 3. Otro sensor 12 mide la presión en la tubería de evacuación del flujo de rechazo 5 desde la unidad de membrana 3 hacia la unidad de recuperación de energía 6. La unidad de recuperación de energía 6 está conectada funcionalmente con la bomba 1 mediante un elemento de unión 13. Por medio de un sensor 14 se registra el contenido de sal y la presión en el flujo de permeado 4 que sale de la unidad de membrana 3. Otro sensor 15 mide la presión del flujo de rechazo 5 tras la unidad de recuperación de energía 6. A través de la unidad de recuperación de energía 6 la presión desciende al valor de expansión p_E .

El tratamiento de datos en la unidad de valoración 7 tiene lugar continuamente durante el funcionamiento de la planta, según el siguiente esquema:

- 1º) Antes de la entrada en la bomba 1 se analiza el agua de mar midiendo la temperatura T y el contenido de sal w. Los datos se transmiten a la unidad de valoración 7.
- 2º) Mediante la temperatura T y el contenido de sal w más un valor inicial de rendimiento Φ_1 elegido libremente, de preferencia un valor entre el 30 y el 50%, se calcula la presión osmótica al final de la membrana.
- 3º) Teniendo en cuenta las pérdidas de presión, se calcula la presión a la salida de la bomba 1. Si no se miden las pérdidas de presión se puede suponer un determinado valor.
- 4º) El rendimiento de la bomba 1 y de la unidad de recuperación de energía 6 se calculan mediante un programa de la unidad de valoración 7. Para ello hace uso de las curvas de rendimiento registradas en el programa.
- 5º) Todos los datos calculados se usan en la función derivada de la demanda de energía específica. El programa emite un número x.

6º) Si el número x tiene un valor cercano a 0 en un entorno prefijado, el rendimiento es óptimo y la valoración prosigue en el paso 9º).

7º) Si el número x es superior al entorno prefijado se rebaja Φ_1 y si el número x es inferior al entorno prefijado se incrementa Φ_1 .

5 8º) En caso de variación de Φ_1 se repite el proceso a partir del punto 2º).

9º) El rendimiento óptimo se ha alcanzado. La unidad de valoración ajusta el rendimiento calculado Φ_1 por medio del volumen absorbido de la unidad de recuperación de energía 6.

10 10º) La planta sigue funcionando en el punto óptimo hasta que varía el contenido de sal w o la temperatura T. Entonces se empieza de nuevo por el punto 1º). Si se miden las pérdidas de presión y éstas varían también se empieza de nuevo por el punto 1º). Si al medir la presión previa se encuentran variaciones también se vuelve a empezar por el punto 1º).

La fig. 2 muestra la curva de la demanda de energía específica P' de la planta para distintos rendimientos Φ . Estos se calculan con las condiciones límite

$$\begin{aligned} w_P &= 400 \text{ mg/l;} \\ \Delta p_R &= 3 \text{ bar;} \\ \rho_R &= 1 \text{ kg/l;} \\ k &= 1,1; \\ b &= 8 \text{ bar/\% e.p.;} \\ T &= 298 \text{ K} \end{aligned}$$

15

20

y con los coeficientes de rendimiento

$$\begin{aligned} A &= 1,588 \text{ bar}^{0,751}, \\ B &= - 0,751 \end{aligned}$$

25

según la ecuación 1.

El consumo específico de energía tiene un valor mínimo del 40% aproximadamente para un rendimiento Φ . A un contenido de sal w_{Fa} menor (TDS = 35000 mg/l) el consumo específico de energía es menor que a un contenido de sal w_{Fa} mayor (TDS = 40000 mg/l). El valor mínimo del consumo específico de energía varía unos 0,2 kWh/t cuando la concentración total varía unos 5000 mg/l.

30

REIVINDICACIONES

1. Planta de tratamiento de un líquido por ósmosis inversa, con una bomba (1), una unidad de membrana (3), una unidad de recuperación de energía (6), al menos un sensor (10, 11, 12, 14, 15) y una unidad de valoración (7), donde la bomba (1) conduce un flujo de alimentación (2) a la unidad de membrana (3) y la unidad de membrana (3) separa el flujo de alimentación (2) en un flujo de permeado (4) y un flujo de rechazo (5), donde el valor real del rendimiento de la planta es el resultado de la relación entre el flujo de permeado (4) y el flujo de alimentación (2) y el flujo de rechazo (5) se conduce a la unidad de recuperación de energía (6), donde al menos un sensor (10, 11, 12, 14, 15) registra valores de medición y los transmite a una unidad de valoración (7),
- caracterizada porque un algoritmo implementado en la unidad de valoración (7) calcula por lo menos el rendimiento de la bomba (1) y de la unidad de recuperación de energía (6) y determina como valor de referencia un rendimiento óptimo que permite el funcionamiento de la planta con una demanda mínima de energía específica, donde la unidad de valoración (7) tiene registrada una relación funcional entre la demanda de energía específica, el rendimiento, la temperatura y el contenido de sal, y
- la unidad de valoración (7) determina mediante la presión osmótica y las pérdidas por rozamiento la presión de alimentación necesaria y el valor mínimo del consumo de energía mediante el algoritmo que calcula el mínimo de la demanda de energía específica como una función del rendimiento y la desviación del valor real respecto al valor de referencia, variando el rendimiento en función de esta desviación.
2. Planta según la reivindicación 1, caracterizada porque el rendimiento se modifica mediante el volumen absorbido por la unidad de recuperación de energía (6).
3. Planta según la reivindicación 1 o 2, caracterizada porque el rendimiento se modifica mediante el volumen de desplazamiento de la bomba (1).
4. Planta según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizada porque la unidad de valoración (7) calcula el rendimiento óptimo mediante un algoritmo, a partir de una relación funcional.
5. Planta según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizada porque el contenido de sal y/o la temperatura del flujo de alimentación (2) son registrados por sensores (10) y transmitidos a la unidad de valoración (7), la cual determina el rendimiento óptimo en función del contenido de sal y/o de la temperatura en el flujo de alimentación (2).
6. Planta según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizada porque un sensor (11) registra la presión en la tubería del flujo de alimentación (2) que va desde la bomba (1) hasta la unidad de membrana (3) y otro sensor (12) registra la presión en la tubería de evacuación del flujo de rechazo (5) desde la unidad de membrana (3) hacia la unidad de recuperación de energía (6), transmitiendo los valores de medición a la unidad de valoración (7) donde se calcula la pérdida de presión en la unidad de membrana (3).
7. Planta según una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizada porque la bomba (1) está funcionalmente conectada con la unidad de recuperación de energía (6) mediante un elemento de unión (13).
8. Proceso de tratamiento de un líquido en el cual
- una bomba (1) conduce un flujo de alimentación (2) hacia una unidad de membrana (3),
 - una unidad de membrana (3) separa el flujo de alimentación (2) en un flujo de permeado (4) y un flujo de rechazo (5), y el valor real del rendimiento de la planta es el resultado de la relación entre el flujo de permeado (4) y el flujo de alimentación (2),
 - el flujo de rechazo (5) de la unidad de membrana (3) se conduce a la unidad de recuperación de energía (6) y al menos un sensor (10, 11, 12, 14, 15) registra unos valores de medición y los transmite a una unidad de valoración (7),
 -
- caracterizado porque la unidad de valoración (7) calcula por lo menos el rendimiento de la bomba (1) y de la unidad de recuperación de energía (6) y determina como valor de referencia un rendimiento óptimo que permite que la planta funcione con una demanda mínima de energía específica, donde la unidad de valoración (7) tiene registrada una relación funcional entre la demanda de energía específica, el rendimiento, la temperatura y el contenido de sal, y la unidad de valoración (7) determina mediante la presión osmótica y las pérdidas por rozamiento la presión de alimentación necesaria y el valor mínimo del consumo de energía mediante el algoritmo que calcula el mínimo de la demanda de energía específica como una función del rendimiento y la desviación del valor real respecto al valor de referencia, variando el rendimiento en función de esta desviación.
9. Proceso según la reivindicación 8, caracterizado porque el rendimiento se modifica mediante el volumen absorbido por la unidad de recuperación de energía (6).

10. Proceso según la reivindicación 8 o 9, caracterizado porque el rendimiento se modifica mediante el volumen de desplazamiento de la bomba (1).

5 11. Proceso según una de las reivindicaciones 8 a 10, caracterizado porque la unidad de valoración (7) calcula el rendimiento óptimo mediante un algoritmo, a partir de la relación funcional.

10 12. Proceso según una de las reivindicaciones 8 a 11, caracterizado porque la temperatura y/o el contenido de sal del flujo de alimentación (2) son registrados por sensores (10) y transmitidos a la unidad de valoración (7), la cual determina el rendimiento óptimo en función de la temperatura y/o del contenido de sal en el flujo de alimentación (2).

15 13. Proceso según una de las reivindicaciones 8 a 11, caracterizado porque un sensor (11) registra la presión en la tubería del flujo de alimentación (2) que va desde la bomba (1) hasta la unidad de membrana (3) y otro sensor (12) registra la presión en la tubería de evacuación del flujo de rechazo (5) desde la unidad de membrana (3) hacia la unidad de recuperación de energía (6), transmitiendo los valores de medición a la unidad de valoración (7) donde se calcula la pérdida de presión en la unidad de membrana (3).

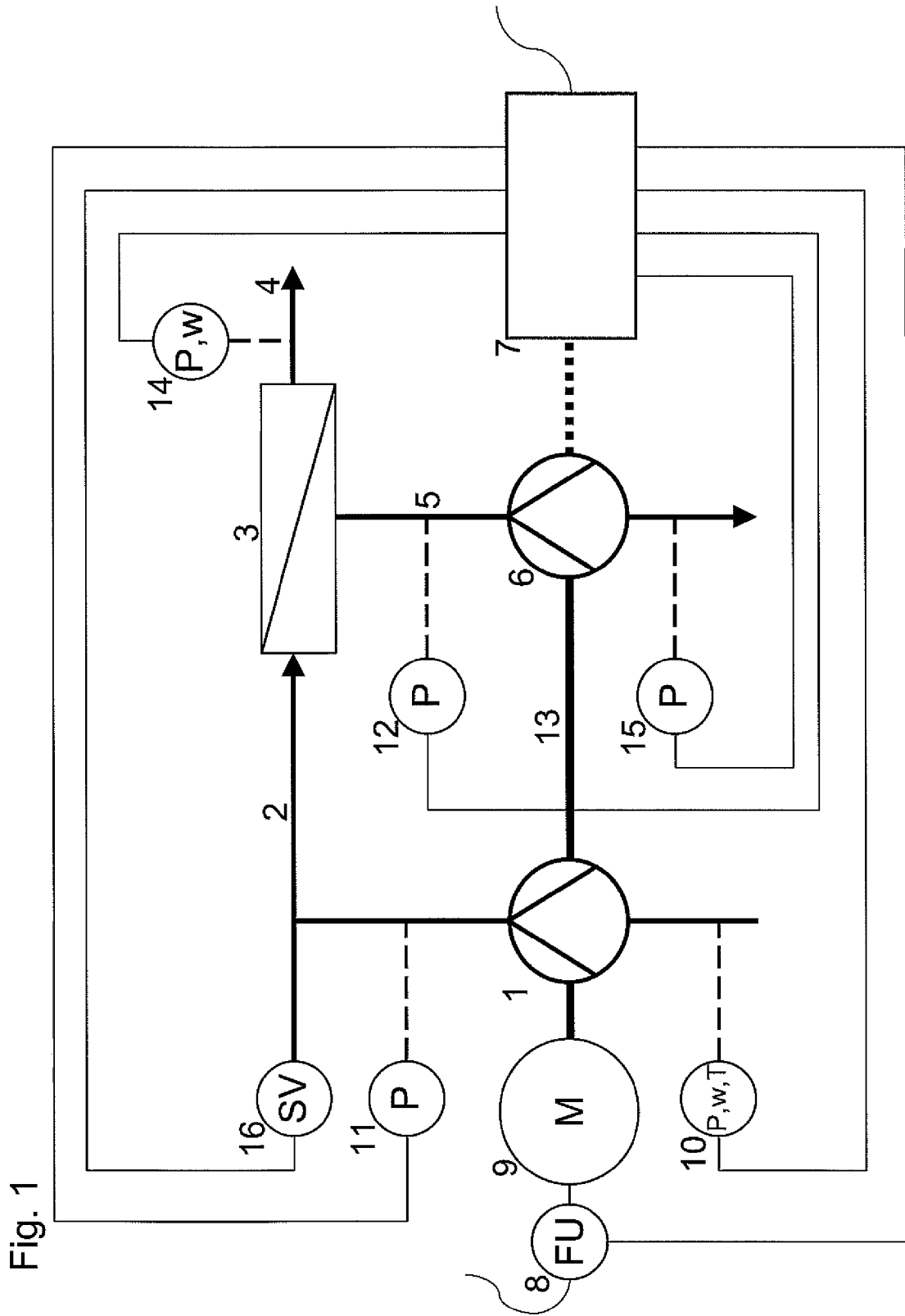


Fig. 1

Fig. 2

