

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 551 864**

51 Int. Cl.:

F03G 7/04 (2006.01)

F03G 6/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.03.2012 E 12763989 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.09.2015 EP 2693050**

54 Título: **Dispositivo de generación de energía por diferencia de concentración y método de funcionamiento del mismo**

30 Prioridad:

30.03.2011 JP 2011074639

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

24.11.2015

73 Titular/es:

**TORAY INDUSTRIES, INC. (100.0%)
1-1, Nihonbashi-Muromachi 2-chome Chuo-ku
Tokyo, 103-8666, JP**

72 Inventor/es:

**TANIGUCHI, MASAHIDE y
MAEDA, TOMOHIRO**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 551 864 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

Dispositivo de generación de energía por diferencia de concentración y método de funcionamiento del mismo

5 **Campo técnico**

La presente invención se refiere a un aparato en el cual el agua de baja concentración que tiene una presión osmótica baja y el agua de alta concentración que tiene una presión osmótica alta se ponen en contacto entre sí a través de una membrana semipermeable interpuesta entre ellas y el flujo de permeación resultante debido a un fenómeno de ósmosis hacia adelante se utiliza como energía para llevar a cabo la generación de energía hidroeléctrica. La invención se refiere además a un método para hacer funcionar el aparato.

Antecedentes de la técnica

15 El documento US 2010/0212319 A1 divulga un método y un aparato para generar energía. Un primer líquido que comprende salmuera de un proceso de desalinización por ósmosis inversa de agua de mar se proporciona en un lado de una membrana semipermeable. Este líquido tiene una presión osmótica mayor que el agua de mar. Un segundo líquido que tiene una presión osmótica menor que el agua de mar se proporciona en un segundo lado de la membrana. Se proporciona una presión hidráulica para el primer líquido que es menor que la diferencia de presión osmótica entre el primer líquido y el segundo líquido de manera que parte del segundo líquido fluye a través de la membrana y se combina con el primer líquido a una velocidad menor que la que se produciría sin la presión hidráulica aumentando así la energía potencial en los primero y segundo líquidos combinados. Los líquidos primero y segundo combinados se entregan a una turbina convirtiendo de este modo el aumento de la energía potencial en energía mecánica útil.

25 En los últimos años, diversos temas ambientales globales como el consumo de combustibles fósiles, el agotamiento de los recursos, y el aumento de las emisiones de dióxido de carbono han llegado a ser actualizados como resultado del crecimiento económico del mundo. Bajo tales circunstancias, nuevas tecnologías de energía libres de carbono incluyendo la generación fotovoltaica de energía, generación de energía eólica, y la generación de energía por diferencia de temperatura se han desarrollado como medios de producción de energía y están llegando a ser objeto de un uso práctico.

35 Entre estas tecnologías, la generación de energía por diferencia de concentración, en particular, es una tecnología en la que una diferencia en la concentración de sal entre, por ejemplo, agua de mar y el agua de río se toma como la energía, y es altamente esperada porque esta generación de energía utiliza fuentes de energía natural que son sustancialmente inagotables. Técnicas representativas para la conversión de una diferencia en la concentración de sal en energía incluyen células de concentración.

40 Además, un método de ósmosis retardada a presión, en el que se utiliza una presión osmótica generada a través de una membrana semipermeable, fue propuesto por Sidney Loeb como una técnica para la generación de electricidad mediante la utilización de una diferencia de concentración (S. Loeb, Journal of Membrane Science, vol. 1, p. 49, 1976). Cuando dos soluciones que difieren en la concentración de sal (es decir, agua de baja concentración y el agua de alta concentración) están separadas entre sí por una membrana semipermeable, el agua se mueve desde el lado de agua dulce al lado de salmuera por el fenómeno de ósmosis hacia adelante. En el método de ósmosis retardada a presión, este movimiento se utiliza para hacer funcionar un generador hidroeléctrico.

50 En el momento cuando se propuso esta técnica, se pensó que la posibilidad de utilización práctica de la misma era baja desde el punto de vista de rendimiento de costes incluyendo el rendimiento de la membrana semipermeable y la eficiencia del generador hidroeléctrico. Debido a esto, se ha realizado poca investigación en el uso práctico de esa técnica. Sin embargo, como resultado de los recientes aumentos en los costes de energía y las recientes mejoras en el rendimiento de las membranas semipermeables y generadores eléctricos, la posibilidad de la práctica utilizando la generación de energía de la diferencia de concentración empleando el método de ósmosis por presión retardada ha llegado a ser reconsiderada. En Japón, un intento de llevar a cabo de forma simultánea el tratamiento de aguas residuales y la generación de energía mientras se utiliza el agua de descarga concentrada de una planta de desalinización de agua marina se están realizando en la prefectura de Fukuoka (Documento No de Patente 1 y Documento de Patente 1).

60 En el método de ósmosis retardada por presión, a más sea la cantidad de agua que se mueve desde el agua fresca a la salmuera, mayor la mejora en el desempeño de los costes. Sin embargo, ya que la diferencia en la presión osmótica en el método en el que se utilizan agua de mar y el agua dulce es excesivamente grande, las sustancias orgánicas contenidas en el agua fresca son empujadas fuertemente contra la superficie de la membrana semipermeable. Como resultado, hay un problema de que la llamada incrustación es probable que ocurra, en la que la membrana semipermeable es objeto de incrustación lo que disminuye el rendimiento. En vista de tal problema, una técnica se ha desarrollado en la que se controla la diferencia de presión impuesta sobre la membrana semipermeable, mientras que disminuye la pérdida de energía, mediante la aplicación de una unidad de recuperación de energía (Documento de Patente 2). Con respecto a este tipo de técnicas, investigaciones para el

uso práctico de las mismas se están acelerando, y las plantas de demostración de rendimiento diseñadas para el uso práctico se construyeron en Noruega y han llegado a ser operadas.

Documentos de la técnica anterior

5 Documentos de patentes

Documento de Patente 1: Patente Japonesa No. 4166464
Documento de Patente 2: Publicación Internacional WO 02/13955, Folleto

10 Documentos no patentes

Documento no patente 1: TANIOKA Akihiko, New Membrane Technology Symposium 2010 (SS-4-1), diciembre de 2010

15 **Sumario de la invención**

Problemas que resuelve la invención

20 Sin embargo, las técnicas convencionales tienen el siguiente problema.

El movimiento de una gran cantidad de agua desde el lado de agua de baja concentración hacia el lado de agua de alta concentración resulta en una considerable disminución en la concentración del agua de alta concentración. En consecuencia, incluso en una unidad de membrana semipermeable en la que se pone en contacto agua de baja concentración con agua de alta concentración a través de una membrana semipermeable, el agua de alta concentración tiene una gran diferencia en la concentración entre el lado aguas arriba y el lado aguas abajo. Una diferencia en la concentración del agua de alta concentración provoca una diferencia en la presión osmótica. A saber, en la proximidad de la entrada de agua de alta concentración (por ejemplo, agua de mar) en una unidad de membrana semipermeable, la diferencia de concentración entre el agua dulce y el agua de mar que se encuentra en las superficies de la membrana semipermeable es grande y, por lo tanto, se produce un gran flujo de permeación por ósmosis hacia adelante por unidad de área de la membrana. Por otra parte, a la salida del agua de alta concentración, la diferencia de concentración entre el agua de alta concentración y el agua de baja concentración se reduce debido al agua fresca que ya ha fluido hacia dentro, resultando en un flujo de permeación por ósmosis pequeño.

35 Aunque una unidad de recuperación de energía se puede utilizar para controlar la diferencia de presión entre el agua de alta concentración y el agua de baja concentración en una unidad de membrana semipermeable, esta configuración no puede acomodar tales fluctuaciones en la presión osmótica que se producen entre la entrada y la salida de agua de alta concentración. Como resultado, aquellas porciones de la membrana semipermeable a través de las cuales se produce un gran flujo de permeación son aptos para ser incrustados, y hay un problema que intenta inhibir la incrustación resulta en una disminución en la cantidad total de permeación por ósmosis y esto a su vez resulta en una disminución de la cantidad de generación de energía. Hay casos en que una salmuera de alta concentración, tal como un agua de descarga de alta concentración obtenida a través de desalinización de agua marina o salmuera del Mar Muerto, se utiliza para el propósito de la utilización de una diferencia de concentración altamente grande como para generar electricidad eficientemente. Sin embargo, cuanto mayor sea la concentración, más grave se vuelve el problema. En consecuencia, es difícil lograr la generación de energía de alto rendimiento estable.

50 Un objetivo de la invención es proporcionar un aparato en el cual el agua de baja concentración que tiene una presión osmótica baja y el agua de alta concentración que tiene una presión osmótica alta se ponen en contacto entre sí a través de una membrana semipermeable interpuesta entre ellas y el flujo de permeación causado por el fenómeno de ósmosis hacia adelante se utiliza como energía para llevar a cabo de manera eficiente y de manera estable la generación de energía hidroeléctrica, y se proporciona un método para hacer funcionar el aparato.

55 **Medios para resolver los problemas**

Con el fin de resolver el problema antes mencionado, un aparato de generación de energía por diferencia de concentración de la presente invención es un aparato de generación de energía por diferencia de concentración en el que el agua de alta concentración y el agua de baja concentración que difieren en sus concentraciones se ponen en contacto con entre sí a través de una unidad de membrana semipermeable que incluye una membrana semipermeable, y un aumento resultante en una cantidad de agua de alta concentración, debido a la permeación de agua desde un lado de baja concentración a un lado de alta concentración provocada por la presión osmótica se utiliza para impulsar un generador eléctrico para generar electricidad, en el que la unidad de semipermeable de la membrana se divide en una pluralidad de subunidades e incluye un canal intermedio del lado de alta concentración y un canal intermedio del lado de baja concentración que conecta las subunidades, y el aparato de generación de energía por diferencia de concentración incluye un mecanismo de cambio de presión dispuesto sobre al menos uno

de la canal intermedio del lado de alta concentración y el canal intermedio del lado de baja concentración.

Ventaja de la invención

5 De acuerdo con la invención, se hace posible llevar a cabo eficientemente y de forma estable la generación de energía hidroeléctrica por una técnica en la cual el agua de baja concentración que tiene una presión osmótica baja y el agua de alta concentración que tiene una presión osmótica alta se ponen en contacto entre sí a través de una membrana semipermeable interpuesta entre ellas y el flujo de permeación causado por fenómeno de ósmosis hacia adelante se utiliza como energía.

10 **Breve descripción de los dibujos**

15 La figura 1 es un diagrama de flujo esquemático que ilustra una realización de un aparato de generación de energía por diferencia de concentración incluyendo una pluralidad de subunidades y que incluye además una válvula de regulación de presión en un canal para el agua de alta concentración que conecta las subunidades.

La figura 2 es un diagrama de flujo esquemático que ilustra una realización de un aparato de generación de energía por diferencia de concentración incluyendo una pluralidad de subunidades y que incluye además una unidad de recuperación de energía intermedia en un canal intermedio para el agua de alta concentración que conecta las subunidades.

20 La figura 3 es un diagrama de flujo esquemático que ilustra una realización de un aparato de generación de energía por diferencia de concentración incluyendo una pluralidad de subunidades e incluyendo además una unidad de recuperación de energía intermedia y una bomba de refuerzo intermedia en un canal intermedio para el agua de alta concentración que conecta las subunidades.

25 La figura 4 es un diagrama de flujo esquemático que ilustra una realización de un aparato de generación de energía por diferencia de concentración incluyendo una pluralidad de subunidades y que incluye además una bomba de refuerzo intermedia en un canal intermedio para el agua de baja concentración que conecta las subunidades.

30 La figura 5 es un diagrama de flujo esquemático que ilustra otra realización del aparato de generación de energía por diferencia de concentración incluyendo una pluralidad de subunidades y que incluye además una bomba de refuerzo intermedia en un canal intermedio para el agua de baja concentración que conecta las subunidades.

35 La figura 6 es un diagrama de flujo esquemático que ilustra una realización de un aparato de generación de energía por diferencia de concentración incluyendo una pluralidad de subunidades y que incluye además una bomba de refuerzo intermedia en un canal intermedio para el agua de baja concentración que conecta las subunidades y una unidad de recuperación de energía intermedia sobre un canal intermedio para el agua de alta concentración.

40 La figura 7 es un diagrama de flujo esquemático que ilustra una realización de un aparato de generación de energía por diferencia de concentración incluyendo una pluralidad de subunidades y que incluye además un canal a través del cual una parte del agua de baja concentración que se suministra a una subunidad aguas arriba se omite y se suministra al lado de baja concentración de una subunidad aguas abajo.

La figura 8 es un diagrama de flujo esquemático que ilustra una realización de un aparato de generación de energía por diferencia de concentración incluyendo, además del canal de derivación se muestra en la figura 7, un canal a través del cual una parte del agua de alta concentración que se suministra a una subunidad aguas arriba se omite y se suministra al lado de alta concentración de una subunidad aguas abajo.

45 La figura 9 es un diagrama de flujo esquemático que ilustra una realización de un aparato de generación de energía por diferencia de concentración incluyendo, además de los dos canales de derivación mostrados en la figura 8, un canal a través del cual una parte del agua de alta concentración a suministrar a una subunidad aguas abajo se omite y se suministra al canal de descarga de agua de alta concentración de la subunidad aguas abajo.

50 La figura 10 es un diagrama de flujo esquemático que ilustra una realización de un aparato de generación de energía por diferencia de concentración incluyendo una pluralidad de subunidades y que incluye además un canal para el suministro de una parte del agua descargada desde el lado de alta concentración de la primera subunidad a un generador eléctrico y un canal para suministrar el agua de descarga de alta concentración restante a la segunda subunidad.

55 La figura 11 es un diagrama de flujo esquemático que ilustra una realización de un aparato de generación de energía por diferencia de concentración incluyendo una pluralidad de subunidades y una unidad de recuperación de energía que aumenta la presión de la primera subunidad.

La figura 12 es un diagrama de flujo esquemático que ilustra otra realización del aparato de generación de energía por diferencia de concentración incluyendo una pluralidad de subunidades y una unidad de recuperación de energía que aumenta la presión de la primera subunidad.

60 La figura 13 es un diagrama de flujo esquemático que ilustra una realización de un aparato de generación de energía por diferencia de concentración incluyendo una pluralidad de subunidades y una unidad de recuperación de energía de presión que aumenta la presión de la primera subunidad.

La figura 14 es un diagrama de flujo esquemático que ilustra una realización de un aparato de generación de energía por diferencia de concentración incluyendo una pluralidad de subunidades y una unidad de recuperación de energía de presión que aumenta la presión de la segunda subunidad.

65 La figura 15 es un diagrama de flujo esquemático que ilustra una realización de un aparato de generación de energía por diferencia de concentración incluyendo una pluralidad de subunidades y una unidad de recuperación

de energía de presión que aumenta la presión de una subunidad aguas arriba.

La figura 16 es un diagrama de flujo esquemático que ilustra una realización de un aparato de generación de energía por diferencia de concentración incluyendo una pluralidad de subunidades y una unidad intermedia de recuperación de energía dispuesta entre las subunidades, en el que el agua de alta concentración y el agua de baja concentración se suministran en contracorriente entre sí.

La figura 17 es un diagrama de flujo esquemático que ilustra una realización de un aparato de generación de energía por diferencia de concentración que incluye una pluralidad de subunidades, al que el agua de alta concentración y el agua de baja concentración se suministran en contracorriente entre sí, y que incluye además un canal a través del cual una parte del agua de baja concentración a suministrar a una subunidad ascendente se omite y se suministra a una subunidad aguas abajo.

La figura 18 es un diagrama de flujo esquemático que ilustra una realización de un aparato de generación de energía por diferencia de concentración que incluye una pluralidad de subunidades, al que el agua de alta concentración y el agua de baja concentración se suministran en contracorriente entre sí, y que incluye además un canal a través del cual una parte del agua de alta concentración que se suministra a una subunidad aguas arriba se omite y se suministra a una subunidad aguas abajo.

La figura 19 es un diagrama de flujo esquemático que ilustra una realización de un aparato de generación de energía por diferencia de concentración que incluye una pluralidad de subunidades, al que el agua de alta concentración y el agua de baja concentración se suministran en contracorriente entre sí, y que incluye un canal a través del cual el agua de alta concentración que ha fluido hacia fuera de una subunidad aguas arriba se omite y se suministra a un canal para la descarga de agua de alta concentración.

La figura 20 es un diagrama de flujo esquemático que ilustra una realización de un aparato de generación de energía por diferencia de concentración que incluye una pluralidad de subunidades, al que el agua de alta concentración y el agua de baja concentración se suministran en contracorriente entre sí, y que incluye además una bomba de refuerzo dispuesta en un canal intermedio para el agua de baja concentración.

La figura 21 es un diagrama de flujo esquemático que ilustra una realización de un aparato de generación de energía por diferencia de concentración que incluye una pluralidad de subunidades y una bomba de refuerzo y una unidad de recuperación de energía de tipo isobárica dispuesta en un canal intermedio para el agua de alta concentración, y que incluye además generadores eléctricos dispuestos en canales de descarga ramificados de agua de alta concentración, respectivamente.

La figura 22 es un diagrama de flujo esquemático que ilustra una realización de un aparato de generación de energía por diferencia de concentración incluyendo una pluralidad de subunidades y que incluye además dos unidades de recuperación de energía de tipo isobáricas en un canal para el agua de alta concentración.

La figura 23 es un diagrama de flujo esquemático que ilustra una realización de un aparato de generación de energía por diferencia de concentración incluyendo subunidades dispuestas en tres etapas y que incluye además tres tipos de unidades de recuperación de energía isobáricas en un canal para el agua de alta concentración.

La figura 24 es un diagrama de flujo esquemático que ilustra un aparato convencional de generación de energía por diferencia de concentración.

La figura 25 es un diagrama de flujo esquemático que ilustra una realización de un aparato de generación de energía por diferencia de concentración incluyendo una pluralidad de subunidades y una unidad de desalinización dispuesta en el canal intermedio para el agua de alta concentración que conecta las subunidades.

La figura 26 es un diagrama de flujo esquemático que ilustra una realización de un aparato de generación de energía por diferencia de concentración incluyendo un canal de derivación que se extiende desde un tanque de agua desalada al canal intermedio para el agua de baja concentración entre las subunidades, además de la configuración mostrada en la figura 25.

La figura 27 muestra una realización de un aparato de generación de energía por diferencia de concentración incluyendo una pluralidad de subunidades y una unidad de desalinización dispuesta en el canal intermedio para el agua de alta concentración que conecta las subunidades, en el que el agua de alta concentración y el agua de baja concentración se suministran a contracorriente entre sí.

Modo de llevar a cabo la invención

Las realizaciones para llevar a cabo la invención se explican a continuación por referencia a los dibujos. Sin embargo, el alcance de la invención no debe interpretarse como limitado a las siguientes realizaciones.

En cada realización, las configuraciones en las otras realizaciones se pueden aplicar a las configuraciones que no son especialmente mencionadas. Hay casos en que con respecto a cada figura, elementos constitutivos que tienen funciones similares, como en otras figuras se designan con los mismos signos y las explicaciones de los mismos son omitidas.

En las configuraciones mostradas de la figura 1 a la figura 15 y de la figura 25 a la figura 27, el agua de baja concentración y el agua de alta concentración se suministran a las subunidades en paralelo entre sí. En esta descripción, la expresión "suministrada en paralelo" significa que el agua de baja concentración y el agua de alta concentración se suministran de manera que los dos tipos de agua fluyen en paralelo entre las subunidades. Específicamente, en el suministro en paralelo, cuando el agua de baja concentración fluye a través de una primera subunidad 8 y una segunda subunidad 12 en este orden, el agua de alta concentración también fluye en el orden de la primera subunidad 8 y la segunda subunidad 12. Sin embargo, se señala que el término "suministro en paralelo"

no limita las direcciones de las corrientes de agua de baja concentración y el agua de alta concentración dentro de las subunidades individuales. En consecuencia, cuando el agua de baja concentración y el agua de alta concentración se suministran en paralelo, el agua de baja concentración y el agua de alta concentración en cada subunidad pueden estar fluyendo en la misma dirección (es decir, puede ser que fluyan en paralelo entre sí) o puede ser que fluyan en direcciones opuestas (es decir, pueden estar fluyendo en contracorriente una respecto a la otra), respectivamente en ambos lados de la membrana semipermeable.

Mientras tanto, en las configuraciones mostradas de la figura 16 a la figura 23, el agua de baja concentración y el agua de alta concentración se suministran a las subunidades en contracorriente entre sí. El suministro a contracorriente es un método de suministro en que el agua de baja concentración y el agua de alta concentración se hacen fluir en direcciones opuestas. Como en el caso del suministro paralelo, el suministro de contracorriente no se limita en tanto que el agua de baja concentración y el agua de alta concentración fluyen entre las subunidades en direcciones opuestas, a saber, el agua de baja concentración y el agua de alta concentración, cuando fluyen entre las subunidades, forman flujos en contracorriente una con respecto a la otra. En otras palabras, el agua de baja concentración y el agua de alta concentración en cada subunidad se pueden estar fluyendo en la misma dirección o pueden estar fluyendo en direcciones opuestas, respectivamente en ambos lados de la membrana semipermeable.

De la figura 1 a la figura 23 y de la figura 25 a la figura 27, las señales 101 a 123 y 125 a 127 cada una indica una unidad de membrana semipermeable. Estas unidades de membrana semipermeables cada una se divide en dos o más subunidades. La expresión "se divide" significa que una pluralidad de subunidades de cada una funciona como una unidad semipermeable de la membrana, disponiéndose un canal que conecta los lados de alta concentración de las subunidades entre sí, y un canal que conecta los lados de baja concentración de las mismas entre sí.

En las siguientes explicaciones, los términos "aguas arriba" y "etapa anterior" pueden sustituirse entre sí, y el término "aguas abajo" y el término "etapa posterior" o "siguiente etapa" pueden sustituirse entre sí.

Además, los términos "aparato de generación de energía por diferencia de concentración" y "aparato de generación de energía por presión osmótica" pueden ser sustituidos entre sí.

1. Realizaciones primera a tercera

El aparato de generación de energía por diferencia de concentración que se muestra en la figura 1 incluye una unidad de membrana semipermeable y un mecanismo de cambio de presión. En el aparato de esta realización, una válvula 11 está dispuesta, como un ejemplo del mecanismo de cambio de presión, en un canal intermedio L4 para el agua de alta concentración.

El aparato de generación de energía por diferencia de concentración que se muestra en la figura 1 incluye un tanque de agua de baja concentración 1, una bomba de admisión de agua de baja concentración 2, una unidad de pretratamiento de baja concentración 3, un tanque de agua de alta concentración 4, una bomba de admisión de agua de alta concentración 5, una unidad de pretratamiento de alta concentración 6, una bomba de refuerzo 7, una unidad de membrana semipermeable 101, un generador hidroeléctrico 13, un canal de suministro de baja concentración L1, un canal de suministro de alta concentración L2, un canal de descarga de baja concentración L5, y un canal de descarga de alta concentración L6.

De acuerdo con necesidad, algunos de los dispositivos y de los elementos mostrados en la figura pueden ser omitidos, y los dispositivos y los elementos que no se muestran en la figura, tales como, por ejemplo, una bomba de refuerzo, un depósito intermedio, y un filtro de protección, puede ser adicionalmente dispuestos.

Como se muestra en la figura 1, la bomba de admisión de baja concentración 2 bombea agua de baja concentración del tanque de baja concentración 1 y suministra el agua a la unidad de pretratamiento de baja concentración 3. La unidad de pretratamiento de baja concentración 3 filtra o trata de otra forma el agua de baja concentración para obtener de este modo el agua de baja concentración aplicable a la generación de energía por ósmosis a presión. El canal de suministro de baja concentración L1 suministra agua de baja concentración desde el tanque de baja concentración 1 a la primera subunidad 8.

Además, como se muestra en la figura 1, la bomba de admisión de agua de alta concentración 5 bombea el agua de alta concentración desde el tanque de agua de alta concentración 4 y suministra el agua a la unidad de pretratamiento de alta concentración 6. La unidad de pretratamiento de alta concentración 6 trata o filtra de otra forma el agua de alta concentración para obtener de este modo el agua de alta concentración aplicable a la generación de energía por ósmosis a presión. La bomba de refuerzo 7 aumenta la presión del agua de alta concentración que se ha sometido al tratamiento previo con la unidad de tratamiento previo de alta concentración 6. El canal de alimentación de alta concentración L2 suministra agua de alta concentración desde el tanque de agua de alta concentración 4 a la primera subunidad 8.

La unidad de membrana semipermeable 101 causa el movimiento del agua desde el agua de baja concentración hacia el agua de alta concentración mediante una diferencia de presión osmótica entre el agua de alta concentración

y el agua de baja concentración. La unidad de membrana semipermeable 101 se divide en una pluralidad de subunidades. Específicamente, la unidad de membrana semipermeable 101 incluye una primera subunidad 8, una segunda subunidad 12, un canal intermedio L3 para el agua de baja concentración, y un canal intermedio L4 para el agua de alta concentración, los canales intermedios L3 y L4 conectando la primera subunidad 8 y la segunda subunidad 12 entre sí. Incidentalmente, el número de subunidades, con el que una unidad de membrana semipermeable está equipada, no se limita a 2 y pueden ser 3 o más.

La primera subunidad 8 y la segunda subunidad 12 incluyen una membrana semipermeable, un canal a través del cual fluye el agua de baja concentración, y un canal a través del cual fluye el agua de alta concentración, respectivamente.

El canal intermedio L3 para el agua de baja concentración se conecta al canal del lado de baja concentración de la primera subunidad 8 y al canal del lado de baja concentración de la segunda subunidad 12 entre sí, mientras que el canal intermedio L4 para el agua de alta concentración conecta el canal del lado de alta concentración de la primera subunidad 8 y el canal del lado de alta concentración de la segunda subunidad 12 entre sí.

El agua de baja concentración que se ha sometido al primer pretratamiento desemboca en el canal del lado de baja concentración de la primera subunidad 8. El agua de alta concentración bombeada hacia fuera de la bomba de refuerzo 7 fluye en el canal del lado de alta concentración de la primera subunidad 8. Por lo tanto, el agua de baja concentración y el agua de alta concentración entran en contacto entre sí a través de la membrana semipermeable. Debido a este contacto, el agua se mueve desde el canal del lado de baja concentración hacia el canal del lado de alta concentración a través de la membrana semipermeable sobre la base de la presión osmótica. Como resultado, la velocidad de flujo del agua de baja concentración tal como se mide aguas abajo de la primera subunidad 8 se hace menor que la velocidad de flujo de la misma tal como se mide aguas arriba, mientras que la velocidad de flujo del agua de alta concentración como se mide aguas abajo de la primera subunidad 8 se hace mayor que la velocidad de flujo de la misma tal como se mide aguas arriba.

El agua de baja concentración, cuyo importe por lo tanto ha disminuido, fluye hacia fuera de la primera subunidad 8 y se suministra entonces a través del canal intermedio L3 para el agua de baja concentración en el canal del lado de baja concentración de la segunda subunidad 12. Por otro lado, el agua de alta concentración, la cantidad de la cual que se ha incrementado, fluye hacia fuera de la primera subunidad 8 y se suministra entonces a través del canal intermedio L4 para el agua de alta concentración para el canal del lado de alta concentración de la segunda subunidad 12. En la segunda subunidad 12, el agua se mueve desde el canal del lado de baja concentración al canal del lado de alta concentración como en la primera subunidad 8.

En esta etapa, la diferencia de concentración entre el agua de baja concentración y el agua de alta concentración en la segunda subunidad 12 es menor que la diferencia de concentración entre el agua de baja concentración y el agua de alta concentración en la primera subunidad 8. A saber, el flujo de permeación (es decir, cantidad de permeación por área de la membrana) en la segunda subunidad 12 es menor que el flujo de permeación en la primera subunidad 8.

Sin embargo, en caso de que la diferencia de concentración entre el agua de baja concentración y el agua de alta concentración que se suministra a la primera subunidad 8 se incrementa con el fin de obtener un alto flujo de permeación en la segunda subunidad 12, la primera subunidad 8 alcanza un flujo de permeación muy alto. Como resultado, las impurezas contenidas en el agua de baja concentración son más propensas a acumularse en la superficie de la membrana semipermeable y, por lo tanto, la incrustación resultante tiende a reducir el rendimiento de la membrana semipermeable. Mientras tanto, en caso de que el flujo de permeación en la primera subunidad 8 se regule a un valor bajo con el propósito de inhibir las incrustaciones en la primera subunidad, la segunda subunidad 12 tiene un flujo de permeación incluso más bajo, por lo que es difícil obtener un alto poder de eficiencia de generación.

Los presentes inventores encontraron que estos problemas pueden ser superados mediante la disposición de un mecanismo de cambio de presión en un canal entre las subunidades. El mecanismo de cambio de presión es un mecanismo que provoca una diferencia entre la presión aguas arriba del mecanismo de cambio de presión y la presión aguas abajo del mismo.

Como un ejemplo del mecanismo de cambio de presión, una válvula 11 está dispuesta en el canal intermedio L4 para el agua de alta concentración, en el aparato mostrado en la figura 1. La válvula 11 provoca una pérdida de presión en el canal intermedio L4 para el agua de alta concentración para aplicar de ese modo una presión trasera más alta al lado de permeación de la primera subunidad 8 que el lado de permeación de la segunda subunidad. La válvula 11 por lo tanto provoca una diferencia en la presión de retorno entre las subunidades, reduciendo así la diferencia entre la diferencia de presión eficaz para la membrana semipermeable de la primera subunidad 8 y la diferencia de presión eficaz para la membrana semipermeable de la segunda subunidad 12. El término "diferencia de presión eficaz" en el presente documento significa que el valor representado por (presión del lado del suministro) - (presión del lado de permeación) + (diferencia de presión osmótica).

El agua de alta concentración es suministrada desde la segunda subunidad 12 a través del canal de descarga de alta concentración L6 al generador hidroeléctrico 13 y se descarga entonces del sistema. El generador hidroeléctrico 13 convierte la energía de presión que posee el agua de alta concentración en energía eléctrica.

5 Por otro lado, el agua de baja concentración se descarga de la segunda subunidad 12 a través del canal de descarga de baja concentración L5.

10 Como se explicó anteriormente, en la configuración mostrada en la figura 1, un mecanismo de cambio de presión está dispuesto en el canal del lado de alta concentración que se extiende desde la subunidad de la etapa anterior a la subunidad de la próxima etapa, y es posible con este mecanismo de cambio de presión mantener óptimos el flujo de permeación de la subunidad de la etapa precedente (es decir, la primera subunidad 8 en la figura 1) y el flujo de permeación de la subunidad de la etapa subsiguiente (es decir, la segunda subunidad 12 en la figura 1).

15 La configuración del generador hidroeléctrico 13 no está particularmente limitada, y los ejemplos del generador hidroeléctrico 13 incluyen una turbina Francis, turbina de hélice, turbina Pelton, turbina de flujo transversal, y la bomba inversa. Se selecciona una configuración del generador hidroeléctrico 13 de acuerdo con la velocidad de flujo, la presión generada, etc.

20 Como se muestra en la figura 2, una unidad de recuperación de energía intermedia 16 puede estar dispuesta como un mecanismo para provocar que la salida de la primera subunidad 8 y la entrada de la segunda subunidad 12 difieran en la presión. La unidad de recuperación de energía intermedia 16 puede ser utilizada en combinación con la válvula 11 que se muestra en la figura 1 o puede usarse sola.

25 Debido a la unidad de recuperación de energía intermedia 16, la presión del agua de alta concentración situada aguas abajo de la unidad de recuperación de energía intermedia 16 se hace menor que la presión del agua de alta concentración situada aguas arriba de la misma. Por cierto, incluso cuando la unidad de recuperación de energía intermedia 16 está dispuesta, el agua de alta concentración que se suministra a la segunda subunidad 12 se hace que tenga todavía una presión adecuada para el agua. Preferido como la unidad de recuperación de energía intermedia 16 es, por ejemplo, un generador hidroeléctrico del tipo en línea capaz de mantener una presión tal como se mide en el lado aguas abajo de la unidad intermedia de recuperación de energía 16 (es decir, una presión en el lado de permeación). Ejemplos de tal generador hidroeléctrico incluyen una turbina Francis y una turbina de hélice.

35 Como se muestra en la figura 3, la bomba de refuerzo intermedia 17 una puede estar dispuesta aguas abajo de la unidad de recuperación de energía intermedia 16 y aguas arriba de la segunda subunidad 12.

40 En cualquiera de las realizaciones descritas en esta descripción, la unidad de recuperación de energía intermedia 16 puede estar dispuesta por encima de la segunda subunidad 12. En esta configuración, es posible utilizar una turbina Pelton o similar para recuperar la energía de presión del agua de alta concentración situada en la salida de la primera subunidad 8. Además, un depósito intermedio puede estar dispuesto después de la unidad de recuperación de energía intermedia 16.

2. Cuarta a sexta realizaciones

45 En otra configuración para la fabricación de la diferencia de presión efectiva entre las subunidades, una bomba de refuerzo puede estar dispuesta en un canal intermedio para el agua de baja concentración.

50 En la realización mostrada en la figura 4, una bomba de refuerzo intermedia 21 está dispuesta en un canal intermedio L3 para el agua de baja concentración que conecta la primera subunidad 8 y la segunda subunidad 12. Como se describió anteriormente, el agua de baja concentración pasa a través de una primera subunidad 8, disminuyendo de ese modo en la tasa de flujo. En esta realización, sin embargo, la presión del lado de baja concentración a la entrada de la segunda subunidad 12 se hace mayor que la presión del lado de baja concentración a la salida de la primera subunidad 8. En consecuencia, se obtiene el mismo efecto que el efecto obtenido mediante la reducción de la presión del lado de alta concentración en la primera a tercera realizaciones descritas anteriormente en esta realización.

55 También es posible utilizar una unidad de recuperación de energía de tipo isobárica tales como un intercambiador de presión en lugar de la bomba de refuerzo intermedia para utilizar la energía de presión generada por el agua descargada, ya sea en el lado de alta concentración o en el lado de baja concentración.

60 Como se muestra en la figura 4, una válvula 11a se puede disponer en el canal de descarga L5 para el agua de baja concentración. La válvula 11a puede mantener la presión del lado de baja concentración de la segunda subunidad 12.

65 Además, como se muestra en la figura 5, un generador hidroeléctrico 13a puede estar dispuesto, en lugar de la válvula 11a que se muestra en la figura 4, en el canal de descarga L5 para el agua de baja concentración.

Por otra parte, como se muestra en la figura 6, un mecanismo para bajar la presión, tales como la unidad de recuperación de energía intermedia 16, puede estar dispuesto tanto en el lado de alta concentración y el lado de baja concentración, o un mecanismo para impulsar la presión, tal como la bomba de refuerzo intermedia 21, pueden ser eliminados.

5

3. Realizaciones séptima a décima

En la figura 1 a la figura 6, que se muestra arriba como ejemplo, el agua de baja concentración y el agua de alta concentración se suministran en paralelo desde la primera subunidad 8 a la segunda subunidad 12. Estos flujos se refieren a los flujos como paralelos. Como se describió anteriormente, en la primera subunidad 8, el agua de baja concentración se mueve hacia el lado de alta concentración y, por lo tanto, la cantidad de agua de baja concentración disminuye y la cantidad del agua de alta concentración aumenta. Como resultado, en el caso de flujos paralelos, la proporción de "(velocidad de flujo del agua de baja concentración)/(velocidad de flujo de agua de alta concentración)" en la primera subunidad 8 difiere de la relación de "(velocidad de flujo del agua de baja concentración)/(velocidad de flujo del agua de alta concentración)" en la segunda subunidad 12.

10

15

Por tanto, se prefiere que la relación del área de sección del canal para el agua de alta concentración respecto al canal para el agua de baja concentración en la segunda subunidad 12 debe ser mayor que la relación del área de sección del canal para el agua de alta concentración en la primera subunidad 8. Esta configuración puede hacer pequeña esa diferencia.

20

En consecuencia, se prefiere que la relación del área de sección de canal del canal para el agua de alta concentración respecto al canal para el agua de baja concentración en la segunda subunidad 12 debe ser mayor que la relación del área de sección de canal en la primera subunidad 8. Debido a esta configuración, la diferencia entre la proporción de "(velocidad de flujo del agua de alta concentración)/(velocidad de flujo del agua de baja concentración)" en la segunda subunidad 12 y la relación de "(velocidad de flujo del agua de alta concentración)/(velocidad de flujo del agua de baja concentración)" en la primera subunidad 8 se puede volver pequeña.

25

En el caso, por ejemplo, donde las membranas semipermeables son membranas de fibra hueca y las membranas de fibra hueca empaquetadas en la primera subunidad y las empaquetadas en la segunda subunidad tienen el mismo diámetro, esa configuración se puede hacer posible mediante la regulación del grado de empaquetado con las membranas de fibra hueca en la segunda subunidad 12 de manera que difiera del grado de empaquetado con el mismo en la primera subunidad 8. A saber, en el caso donde el agua de alta concentración pasa a través del interior de las membranas de fibra hueca, la relación del área de sección del canal para el agua de alta concentración en la segunda subunidad 12 se puede volver grande, haciendo que el grado de empaquetado con las membranas en la segunda subunidad 12 más alto que el grado de empaquetado con las membranas en la primera subunidad 8. En el caso donde el agua de alta concentración pasa fuera de las membranas de fibra hueca, la relación del área de sección del canal para el agua de alta concentración en la segunda subunidad 12 se puede volver grande, haciendo que el grado de empaquetado con las membranas en la segunda subunidad 12 sea menor que el grado de empaquetado con las membranas en la primera subunidad 8.

30

35

40

En el caso en el que la membrana semipermeable es el tipo espiral o del tipo apilado, el material de canal puede ser configurado de manera que el espesor de la misma difiera entre la primera subunidad 8 y la segunda subunidad 12.

45

Además de tales cambios en las estructuras de la primera subunidad 8 y segunda subunidad 12, las siguientes configuraciones se pueden utilizar para obtener el mismo efecto.

A saber, como se muestra en la figura 7, un canal de derivación de baja concentración L11 puede estar dispuesto en paralelo con la primera subunidad 8. El canal de derivación de agua de baja concentración L11 sirve para derivar el agua de baja concentración y suministrar el agua de baja concentración desde una posición situada en el lado aguas arriba de la primera subunidad 8 (es decir, desde el canal de suministro L1 para el agua de baja concentración) a la segunda subunidad 12, que es una subunidad aguas abajo. Por el canal de derivación de baja concentración L11, la cantidad de agua de baja concentración que se suministra a la segunda subunidad 12 se puede aumentar.

50

55

Una bomba de refuerzo 18 y una válvula 19 están dispuestas en el canal de derivación L11 para el agua de baja concentración. Aunque la bomba de refuerzo 18 se puede utilizar, de acuerdo con las necesidades, para impartir una presión al agua de baja concentración que se suministra a la segunda subunidad 12, es posible omitir la bomba de refuerzo 18 en función de la presión medida en la salida del agua de baja concentración de la primera subunidad 8. Mediante la apertura/cierre de la válvula 19, la velocidad de flujo del agua de baja concentración que se suministra a la segunda subunidad 12 puede ser controlada.

60

Además, como se muestra en la figura 8, puede disponerse un canal de derivación de alta concentración L12 que es paralelo a la primera subunidad 8. A través del canal de derivación de alta concentración L12, el agua de alta concentración que no ha pasado a través de la primera subunidad 8 se suministra desde una posición situada en el lado aguas arriba de la primera subunidad 8 (es decir, desde el canal de suministro L2 para el agua de alta

65

concentración) a la segunda subunidad 12. Por lo tanto, la concentración de sal del agua de alta concentración presente en el canal de derivación L12 y en la segunda subunidad 12 puede ser mayor. Una bomba de refuerzo 18 y una válvula 19 se disponen también en el canal de derivación de alta concentración L12.

5 Por otra parte, como se muestra en la figura 9, puede disponerse un canal de derivación alta concentración L13 que es paralelo a la segunda subunidad 12. Un extremo del canal de derivación de alta concentración L13 está conectado al canal intermedio L4 en una posición que está aguas abajo de la unidad de recuperación de energía intermedia 16 y aguas arriba de la segunda subunidad 12. El otro extremo del canal de derivación L13 está conectado al canal de descarga L6 para el agua de alta concentración en una posición aguas arriba de un generador hidroeléctrico 13. A través del canal de derivación de alta concentración L13, el agua de alta concentración que ha fluido hacia fuera de la primera subunidad 8 desemboca en el canal de descarga de alta concentración L6 sin pasar por la segunda subunidad 12. Por lo tanto, la velocidad de flujo del agua de alta concentración que se suministra a la segunda subunidad 12 se reduce.

15 Además, como se muestra en la figura 10, puede disponerse un canal de derivación del lado de alta concentración L14. El canal de derivación L14 se ramifica fuera del canal intermedio L4 para el agua de alta concentración en una posición aguas arriba de la unidad de recuperación de energía intermedia 16 y está conectado con el canal de descarga L6 para el agua de alta concentración en una posición aguas abajo de un generador hidroeléctrico 13. Un generador hidroeléctrico 13a está dispuesto en el canal de derivación L14. A saber, a través del canal de derivación L14, una parte del agua de alta concentración descargada de la primera subunidad 8 se suministra al generador hidroeléctrico 13a. Por esta configuración, la velocidad de flujo del agua de alta concentración que se suministra a la segunda subunidad 12 se reduce.

4. Realizaciones onceava a quinceava

25 El aparato de generación de energía por diferencia de concentración puede incluir una unidad de recuperación de energía en el lado aguas abajo de cada subunidad, estando la unidad de recuperación de energía dispuesta de manera que aumenta la presión del agua que se suministra a la subunidad o del agua a suministrar a una subunidad dispuesta aguas arriba de esa subunidad, mientras que utiliza la energía de presión del agua que fluye hacia fuera de que subunidad. Utilizable como esta unidad de recuperación de energía son un dispositivo de tipo isobárico (intercambio de presión) y un turbocompresor, que pueden eliminar la necesidad de una bomba y por lo tanto lograr una alta eficiencia energética. Ejemplos de tales configuraciones son como se explican a continuación.

35 En las configuraciones mostradas en la figura 11 y la figura 12, una unidad de recuperación de energía 20 está dispuesta en lugar de la unidad de recuperación de energía intermedia 16 incluida en la configuración mostrada en la figura 6. En la figura 11 y la figura 12, la unidad de recuperación de energía 20 está dispuesta en el canal intermedio L4 para el agua de alta concentración. La unidad de recuperación de energía 20 aumenta la presión del agua de alta concentración que se suministra a la primera subunidad 8 mediante la utilización de la energía de presión del agua de alta concentración que se descarga desde la primera subunidad 8. Específicamente, en la figura 40 11, la unidad de recuperación de energía 20 impulsa la presión del agua de alta concentración que se suministra a la unidad de pretratamiento de alta concentración 6, aumentando así la presión del agua de alta concentración para ser suministrada a la primera subunidad 8. En la figura 12, la unidad de recuperación de energía 20 impulsa la presión del agua de alta concentración que se ha descargado desde la unidad de tratamiento previo de alta concentración 6, aumentando así la presión del agua de alta concentración para ser suministrada a la primera subunidad 8. La configuración de la unidad de recuperación de energía 20 no está particularmente limitada. Aplicable como la unidad de recuperación de energía 20 es, por ejemplo, un dispositivo que convierte una corriente de agua en energía eléctrica utilizando un generador hidroeléctrico, tal como el descrito anteriormente, para hacer funcionar una bomba.

50 En las configuraciones mostradas en la figura 11 y la figura 12, el agua de alta concentración descargada de la primera subunidad 8 es completamente suministrada a la unidad de recuperación de energía 20. En contraste, en la figura 13, una unidad de recuperación de energía 22 está dispuesta en lugar de la unidad de recuperación de energía 20. Además, como se muestra en la figura 13, puede disponerse un canal de derivación L14 que se ramifica desde el canal intermedio L4 para el agua de alta concentración y está conectado con el canal de descarga de alta concentración L6 en una posición aguas abajo de un generador hidroeléctrico 13. A través del canal de derivación L14, una parte del agua de alta concentración descargada de la primera subunidad 8 se suministra a la unidad de recuperación de energía 22. En el caso en el que se utilice un dispositivo de recuperación de energía de tipo isobárico como la unidad de recuperación de energía 22, la velocidad de flujo del agua de alta concentración que se suministra a la unidad de recuperación de energía 22 se regula de manera que sea igual a la velocidad de flujo del agua de alta concentración que se suministra a la primera subunidad 8. La velocidad de flujo del agua que se suministra a la unidad de recuperación de energía 22 puede ser regulada por medio de apertura/cierre de una válvula, una bomba de trabajo, la regulación de diámetro de canal, etc.

65 Además, como se ilustra en la figura 14 y la figura 15, la energía de presión en el aparato de generación de energía por diferencia de concentración se puede recuperar en otras varias posiciones y la energía de presión recuperada se puede utilizar para impulsar presión en cada porción.

En la realización mostrada en la figura 14, una unidad de recuperación de energía 23 recupera la energía de presión de una parte del agua de alta concentración descargada desde la segunda subunidad 12 (es decir, el agua de alta concentración que está pasando a través del canal de descarga de alta concentración L6), y utiliza la energía de presión recuperada para aumentar la presión del agua de alta concentración que se suministra a la segunda subunidad 12. En concreto, un canal de derivación (canal ramificado) L17 se bifurca desde el canal de descarga L6 para el agua de alta concentración. El agua de alta concentración que ha pasado a través del canal L17 suministra energía de presión a la unidad de recuperación de energía 22 y luego se une de nuevo al canal de descarga L6 para el agua de alta concentración. Una válvula 11 y un generador hidroeléctrico 13a pueden estar dispuestos también en el canal de derivación L17 como en el caso del canal de descarga de alta concentración L6.

En la realización mostrada en la figura 15, un canal de derivación L18 se ramifica además desde el canal de derivación L17 en una posición aguas abajo de la unidad de recuperación de energía 23. Una unidad de recuperación de energía 23 está dispuesta en el canal de derivación L18. La unidad de recuperación de energía 23 recupera más energía de presión desde una parte de la alta concentración de agua descargada que ha pasado a través de la unidad de recuperación de energía 22, y aumenta la presión del agua de alta concentración para ser suministrada a la primera subunidad 8.

5. Realizaciones dieciseisava a vigésimo tercera

En las figuras de la 1 a la 15, 25 y 26, se describe el caso de suministro en paralelo (flujos paralelos). En las configuraciones mostradas en la figura 16 a la figura 23, el agua de alta concentración y el agua de baja concentración se suministran en contracorriente entre sí.

En la figura 16, el agua de alta concentración pasa a través de una bomba de entrada de agua de alta concentración 5, una unidad de tratamiento previo de alta concentración 6, y una bomba de refuerzo 7 y se suministra primero a una segunda subunidad 12. En la segunda subunidad 12, se produce la ósmosis directa de agua desde el lado de baja concentración en el lado de alta concentración, y esto se traduce en un aumento de la velocidad de flujo del agua de alta concentración. A partir de entonces, el agua de alta concentración se reduce en presión por una válvula o un generador hidroeléctrico intermedio (una unidad de recuperación de energía intermedia 16 en la figura 16) y se suministra entonces a una primera subunidad 8. En la primera subunidad 8, el agua se mueve desde el lado de baja concentración al lado de alta concentración, y la cantidad de agua de alta concentración aumenta adicionalmente. El agua de alta concentración que ha pasado a través de la primera subunidad 8 pasa a través de un generador hidroeléctrico 13 y se descarga entonces desde el sistema.

Por otro lado, el agua de baja concentración que ha pasado a través de una bomba de entrada de agua de baja concentración 2 y una unidad de tratamiento previo de baja concentración 3 se suministra a la primera subunidad 8. En la primera subunidad 8, el agua se mueve desde el lado de baja concentración al lado de alta concentración por ósmosis hacia adelante, y el agua de baja concentración se suministra luego a la segunda subunidad 12. En la segunda subunidad 12 además, el agua se mueve desde el lado de baja concentración hacia el lado de alta concentración como se describió anteriormente. El agua de baja concentración que ha pasado a través de la segunda subunidad es descargada del sistema.

También en la figura 16, subunidades que alojan los caudales de diseño se aplican como la primera subunidad 8 y la segunda subunidad 12.

También en el caso donde el agua de baja concentración y el agua de alta concentración se suministran como flujos en contracorriente, puede estar dispuesto el mismo canal de derivación L11 como en la figura 7, como se ilustra en la figura 17. Por el canal de derivación L11, son reguladas la cantidad de agua de baja concentración fluye a través de la primera subunidad 8 y la cantidad de agua de baja concentración fluye a través de la segunda subunidad 12.

Además, como se muestra en la figura 18, se puede disponer un canal de derivación L12 que es paralelo con la segunda subunidad 12. El canal de derivación L12 suministra agua de alta concentración del canal de suministro L2 para el agua de alta concentración (es decir, desde una posición aguas arriba de la segunda subunidad 12) al canal intermedio L4 para el agua de alta concentración. Por lo tanto, la concentración del agua de alta concentración que se suministra a la primera subunidad 8 puede ser aumentada.

Por otra parte, como se muestra en la figura 19, un canal de derivación L14 para el agua de alta concentración puede estar dispuesto en paralelo con la primera subunidad 8. Esta configuración hace posible regular la cantidad de agua de alta concentración que se suministra a la primera subunidad 8.

Por supuesto que es un problema que esos canales de derivación cada uno pueda estar dispuesto en una posición o en una pluralidad de posiciones. También en el caso del suministro de contracorriente, es posible aumentar la presión del lado de baja concentración antes de la segunda subunidad 12, además de reducir la presión del lado de alta concentración antes de la segunda subunidad 12, como en el caso del suministro paralelo. El caso en el que ambos se aplican se ilustra en la figura 20. Adicionalmente, el aparato puede incluir además una unidad de desalinización de membrana semipermeable 27, como se muestra en la figura 27, al igual que el aparato mostrado

en la figura 26.

En esta descripción, debe tenerse en cuenta lo siguiente. En suministro de contracorriente, aunque el agua de baja concentración y el agua de alta concentración fluyan entre las subunidades en contracorriente entre sí como se ha descrito anteriormente, no es esencial que en cada subunidad, el agua de baja concentración y el agua de alta concentración fluyan en contracorriente entre sí. Sin embargo, cuando el agua de baja concentración y el agua de alta concentración fluyen en contracorriente también en cada subunidad, se logra un mejor equilibrio de la presión osmótica. Esta configuración es por lo tanto eficaz.

Los ejemplos adecuados en los que una unidad de recuperación de energía se aplica en el modo de alimentación en contracorriente incluyen, por ejemplo, la configuración mostrada en la figura 21. En la figura 21, una parte del agua de alta concentración descargada se suministra a una unidad de recuperación de energía 23, y la energía recuperada se utiliza para aumentar la presión del agua de alta concentración que se suministra a la primera subunidad 8, mientras que el resto del agua de alta concentración descargada se suministra a un generador hidroeléctrico 13. En concreto, se dispone un canal L17 que se ramifica desde el canal de descarga L6 para el agua de alta concentración y que abastece de agua de alta concentración a la unidad de recuperación de energía 23.

Este dispositivo de recuperación de energía 23 preferiblemente es un dispositivo de tipo isobárico o un turbocompresor. Con estos dispositivos, la energía puede ser recuperada directamente (es decir, la presión del agua de alta concentración puede ser impulsada directamente) sin necesidad de utilizar una bomba.

En este caso, el agua intermedia del lado de alta concentración 25 descargado de la unidad de recuperación de energía 23 con frecuencia tiene una presión próxima a la presión que posee el agua de alta concentración descargada desde la segunda subunidad 12, y se aplica presión a la totalidad de los canales del lado de alta presión y el lado de baja presión. Debido a esto, un dispositivo que tiene resistencia a la presión adecuada se usa como la unidad de recuperación de energía.

Además, un generador eléctrico 13a puede estar dispuesto en el canal donde la unidad de recuperación de energía 23 está dispuesta. En la figura 21, una válvula 11 está dispuesta entre la unidad de recuperación de energía 23 y el generador eléctrico 13a.

Incidentalmente, en la figura 21, una bomba de refuerzo intermedia 24 está dispuesta en el canal intermedio L4 para el agua de alta concentración. Por intermedio de la bomba de refuerzo 24, una deficiencia en la recuperación de energía se compensa y el agua de alta concentración se suministra sin problemas a la primera subunidad 8 cuando se inicia el funcionamiento del aparato. Especialmente desde el punto de vista de la flexibilidad, se prefiere disponer un inversor.

El agua intermedia del lado de alta concentración 25 de la unidad de recuperación de energía 23 se puede utilizar, por ejemplo, para aumentar la presión de agua de alta concentración como se ilustra en la figura 22. A saber, el canal L17 puede ser ramificado en un canal para suministrar el agua intermedia de alta concentración al generador eléctrico 13a y un canal para suministrar el agua a la unidad de recuperación de energía 22. La unidad de recuperación de energía 22 utiliza la presión del agua intermedia 25 para aumentar la presión del agua de alta concentración para ser suministrada a la subunidad aguas arriba 12. A saber, la configuración mostrada en la figura 22 es un ejemplo de la forma de realización en la que una unidad de recuperación de energía dispuesta aguas abajo, es decir, a la salida de, la subunidad aguas abajo 8 aumenta la presión de la subunidad aguas arriba 12.

5. Realización vigésimo tercera

Los casos en que la unidad de membrana semipermeable está configurada por dos subunidades se explicaron anteriormente. Sin embargo, la unidad de membrana semipermeable puede ser configurada de tres o más subunidades. Cuando hay una gran diferencia en la concentración entre el agua de baja concentración y el agua de alta concentración inicial, una gran cantidad de agua penetra en la subunidad aguas arriba y, por lo tanto, una mayor uniformidad del flujo de permeación se puede hacer posible mediante el aumento del número de subunidades. La figura 23 muestra un ejemplo de la misma, en la que el aparato de generación de energía por diferencia de concentración que se muestra en la figura 22, que está configurado por dos subunidades, se modifica en un aparato de generación de energía por diferencia de concentración configurado por tres subunidades.

6. Realizaciones vigésimo quinta a vigésimo séptima

Como se muestra en la figura 25, una unidad de desalinización 27 puede estar dispuesta como un mecanismo de cambio de presión. La unidad de desalinización 27 es un dispositivo de desalinización de filtración incluyendo una membrana semipermeable.

El agua de alta concentración descargada de la primera subunidad 8 se suministra a través de un canal intermedio L4 de agua de alta concentración a la unidad de desalinización 27. En la unidad de desalinización 27, la energía de presión se utiliza para obtener agua desalinizada y concentrarla. El concentrado se suministra como agua de alta

concentración a la segunda subunidad 12. En esta realización, un tanque de agua desalinizada 29 y un canal L7 que se extiende desde la unidad de desalinización 27 al tanque de agua desalinizada 29 se disponen adicionalmente. Después de ser suministrada a través del canal L7 y almacenada en el tanque de agua desalinizada 29, el agua desalinizada puede ser utilizada fuera del sistema.

5 En la configuración mostrada en la figura 26, se dispone un canal L8 que conecta el tanque de agua desalinizada 29 al canal intermedio L3 para el agua de baja concentración. El agua desalinizada es suministrada como agua de baja concentración del tanque de agua desalinizada 29 a través del canal L8 a la segunda subunidad 12. A saber, una parte del agua de alta concentración descargada de la primera subunidad 8 se suministra como agua de baja concentración para la segunda subunidad 12. En consecuencia, las fluctuaciones en la cantidad de agua de baja concentración en la segunda subunidad 12 se pueden disminuir.

15 La unidad de desalinización 27 que debe aplicarse aquí puede ser cualquier unidad de desalinización que tiene un rendimiento de desalinización adecuado. El rendimiento de desalinización adecuado puede ser tal rendimiento que en el caso donde el agua desalinizada obtenida es para ser utilizada como agua de baja concentración, esta agua desalinizada tiene una concentración de sal más baja que la del agua de alta concentración que va a fluir en la subunidad a la cual esta agua desalinizada se suministrará. Específicamente, puede hacerse uso de un método en el que la configuración de la membrana semipermeable y las condiciones para el funcionamiento de la unidad de desalinización se establecen con el fin de dar lugar a un rechazo de sal de 90 % o más, más preferiblemente 95 % o superior.

20 Como se describió anteriormente, la unidad de desalinización de membrana semipermeable 27 puede estar dispuesta en el canal intermedio L4 para el agua de alta concentración como se muestra en la figura 27, como en la configuración mostrada en la figura 26.

25 6. Configuración de las subunidades

La configuración, tamaño, etc., de cada subunidad no se limita a los específicos. Por ejemplo, un dispositivo de separación que incluye un recipiente a presión y un elemento de separación de líquidos (elemento de separación) dispuesto en el recipiente de presión es aplicable como la subunidad. El elemento de separación de fluido incluye una carcasa y una membrana semipermeable empaquetada en la carcasa, siendo la membrana en la forma de cualquiera de las membranas de fibra hueca o una membrana de lámina plana. Cuando la membrana semipermeable es una membrana de lámina plana, el elemento de separación de líquidos incluye, por ejemplo, una estructura multicapa formada por el apilamiento de la membrana semipermeable y un material de canal y con un tubo central cilíndrico en el que un gran número de orificios son formados en la pared del mismo. En un elemento de separación de tal fluido, la membrana semipermeable y el material de canal se unen a la periferia del tubo central y pueden estar o bien en un estado plano o en el estado enrollado alrededor de la tubería central.

40 Como el material de la membrana semipermeable, puede hacerse uso de un material polimérico tal como un polímero a base de acetato de celulosa, poliamida, poliéster, poliimida, polímero de vinilo, o similares.

45 La membrana semipermeable puede ser una membrana asimétrica que incluye una capa densa que constituya al menos una de las superficies de la misma y que tiene poros finos, cuyo diámetro aumenta gradualmente desde la capa densa hacia la parte interna de la membrana o hacia la otra superficie, o puede ser una membrana de material compuesto que incluye una capa densa que es una membrana asimétrica y, formada sobre la misma, una capa funcional muy delgada hecha de otro material.

7. Con respecto a los otros elementos constitutivos, etc.

50 En las realizaciones descritas anteriormente, el agua de baja concentración y el agua de alta concentración pueden ser cualesquiera soluciones acuosas que, al entrar en contacto entre sí a través de una membrana semipermeable, causan un flujo de permeación debido a una diferencia en la presión osmótica. A saber, el término "agua de baja concentración" generalmente significa agua que tiene una concentración relativamente baja en sal, mientras que el término "agua de alta concentración" significa agua que tiene una concentración de sal superior a la del agua de baja concentración. Las concentraciones de sal del agua de baja concentración y el agua de alta concentración no se limitan a valores específicos. Sin embargo, se prefieren las diferencias más grandes en la concentración entre el agua de baja concentración y el agua de alta concentración, porque una gran cantidad de energía es inherente a tales combinaciones de agua. Específicamente, el agua de alta concentración preferiblemente es, por ejemplo, agua de mar, agua de mar concentrada, una solución acuosa de cloruro de sodio, como una solución acuosa de azúcar, o una solución acuosa que contiene un soluto que tiene una alta solubilidad, por ejemplo, bromuro de litio, y con el que una se obtiene alta presión osmótica. En particular, el agua de mar y sus concentrados, pueden ser fácilmente obtenidos de la naturaleza. Por otro lado, el agua de baja concentración puede ser cualquier líquido que tenga una presión osmótica más baja que la de agua de alta concentración, tal como agua pura, agua de río, agua subterránea, o agua obtenida por tratamiento de aguas residuales. El agua del río y el agua obtenida por tratamiento de aguas residuales son adecuadas debido a que estos tipos de agua están disponibles a bajo coste y tienen una concentración adecuada para el agua de baja concentración.

La unidad de pretratamiento 3 y la unidad de pretratamiento 6 también no están particularmente limitadas, y la eliminación de materia en suspensión, la esterilización, etc. puede ser aplicada de acuerdo con la calidad del agua de alimentación para ser suministrada a cada unidad, etc.

5 En el caso en que sea necesario eliminar la materia suspendida del agua de alimentación, es eficaz la filtración de arena o la aplicación de una membrana de filtración de precisión o de la membrana de ultrafiltración. En el caso en que esta agua contenga microorganismos tales como bacterias y algas en una gran cantidad, también se prefiere la adición de un germicida. Se prefiere el uso de cloro como el germicida. Por ejemplo, un método preferido es añadir gas de cloro o hipoclorito de sodio al agua de alimentación en una cantidad en el intervalo de 1 a 5 mg / L en
10 términos de la concentración de cloro libre. Por cierto, algunas membranas semipermeables tienen ninguna resistencia química a los germicidas específicos. En tales casos, se prefiere añadir un germicida para el agua de alimentación tan aguas arriba como sea posible y para desactivar el germicida en las proximidades de la entrada de agua de alimentación de la unidad de membrana semipermeable. Por ejemplo, en un método preferido en el caso de cloro libre, la concentración del mismo se mide y, sobre la base del valor medido, la cantidad de gas de cloro o hipoclorito de sodio que se añade se mide y, sobre la base del valor medido, se añade un agente reductor, por ejemplo, sodio sulfito de
15 hidrógeno. En el caso en el que el agua de alimentación contenga bacterias, proteínas, materia orgánica natural, o similares, además de la materia en suspensión, es eficaz añadir un coagulante tal como poli (cloruro de aluminio), sulfato de aluminio, cloruro de hierro (III), o similares. El agua de alimentación que ha sido sometida a la coagulación se trata con una placa inclinada o similar para sedimentar la materia coagulada y luego se somete a filtración de arena o a la filtración con una membrana de filtración de precisión o una membrana de ultrafiltración constituida por una pluralidad de membranas de fibra hueca incluidas juntas. Por lo tanto, el agua de alimentación puede hacerse adecuada para pasar a través de la unidad de membrana semipermeable subsiguiente. Se prefiere especialmente que antes de la adición de un coagulante, el pH debe ser regulado a fin de facilitar la coagulación.

25 En el caso en que se utiliza la filtración de arena aquí como un pretratamiento, es posible aplicar filtración por gravedad en la que el agua fluye hacia abajo de forma natural o que es posible aplicar filtración a presión que emplea un tanque de presión lleno de arena. Aunque la arena que ha de envasarse su interior puede ser arena constituida de un solo componente, es posible utilizar una combinación de, por ejemplo, antracita, arena de sílice, granate, piedra pómez, y similares para aumentar la eficacia de la filtración. La membrana de filtración de precisión y la membrana de ultrafiltración tampoco están particularmente limitadas, y el uso pueden ser convenientemente hechos de membranas de hoja plana, membranas de fibra hueca, membranas tubulares, membranas de tipo plisadas, y las membranas de cualquier otra forma. El material de la membrana también no está particularmente limitado, y puede hacerse uso de poliacrilonitrilo, poli (fenil sulfona), poli (sulfuro de fenileno-sulfona), poli (fluoruro de vinilideno), polipropileno, polietileno, polisulfonas, poli (alcohol vinílico), acetato de celulosa, o materiales inorgánicos tales como cerámica. Con respecto a los modos de filtración, ya sea el modo de filtración a presión en el que se filtra el agua de alimentación mientras se presuriza o el modo de filtración por succión en la que se filtra el agua de alimentación mientras que se succiona el agua desde el lado de permeación es aplicable. Especialmente en el caso del modo de filtración por succión, también se prefiere aplicar la llamada coagulación / filtración de membrana o biorreactor de membrana (MBR), en la que una membrana de filtración de precisión o una membrana de ultrafiltración se sumerge en un tanque de sedimentación de coagulación o tanque de tratamiento biológico para llevar a cabo la filtración con el mismo.

Mientras tanto, en el caso en que el agua de alimentación contiene sustancias orgánicas disueltas en una cantidad grande, estas sustancias orgánicas pueden descomponerse mediante la adición de gas cloro o hipoclorito de sodio.
45 Las sustancias orgánicas disueltas se pueden quitar también mediante la realización de flotación a presión o filtración de carbón activo. En el caso en que las sustancias inorgánicas disueltas estén contenidas en una gran cantidad, un método preferido es añadir un polielectrolito orgánico o un agente quelante tal como el hexametafosfato de sodio o de usar una resina de intercambio iónico o similar para el intercambio de las sustancias inorgánicas disueltas para iones solubles. En el caso en el que hierro o manganeso están presentes en un estado disuelto, se prefiere utilizar un método de filtración de oxidación aireación, un método de filtración de oxidación de contacto, o similares.

También es posible para eliminar los iones y polímeros específicos o similares de antemano y para usar como una membrana de nanofiltración en un pretratamiento con el propósito de operar el aparato de generación de energía de acuerdo con la invención a una alta eficiencia.
55

8. Combinaciones de realizaciones

60 El número y la posición de cada uno de los elementos constitutivos, tales como los canales, la unidad de recuperación de energía, la válvula, y la bomba, que se explican en cada realización se pueden cambiar. Las configuraciones mostradas en las figuras separadas se pueden combinar entre sí. Es decir, las realizaciones obtenidas a partir de las configuraciones explicadas como diferentes formas de realización a través de omisión, adición, o su combinación también se incluyen en realizaciones de la invención.

65 Además, cualquier método de generación de energía usando el aparato de generación de energía por diferencia de concentración descrito en este documento está dentro del alcance técnico de la invención.

<Método de Funcionamiento>

Con respecto a todas las realizaciones del aparato de generación de energía descrito en este documento, se prefiere que el flujo de permeación en cada subunidad deba ser regulado de manera que el valor máximo del mismo se mantiene a un valor de ajuste o inferior, a fin de evitar que el flujo de permeación en cada subunidad se convierta en excesivamente alto. Para controlar así el flujo de permeación, se puede hacer uso de un método en el que en el momento en el flujo de permeación en cada subunidad se ha vuelto probable que supere un límite superior establecido, la presión alta del lado concentración en esta subunidad es impulsada con respecto a la presión del lado de baja concentración. A saber, el control puede llevarse a cabo al aumentar la presión del agua de alta concentración presente en la subunidad, o mediante la reducción de la presión del agua de baja concentración, o mediante la reducción de la presión del agua de baja concentración mientras aumenta la presión del agua de alta concentración.

Se explica el uso de la configuración de la figura 1 como un ejemplo. En el caso en el que el flujo de permeación en la primera subunidad 8 se ha vuelto probable que supere un límite superior, la presión del lado de alta concentración puede ser relativamente impulsado por (a) el aumento de la salida de la bomba de refuerzo 7 y / o (b) reduciendo el grado de apertura de la válvula 11. Por lo tanto, se inhibe que el flujo de permeación en la primera subunidad 8 aumente.

En el caso en el que el flujo de permeación en la segunda subunidad 12 se ha vuelto probable que supere un límite superior establecido, la presión del lado de alta concentración en la segunda subunidad 12 puede ser impulsado mediante el aumento del grado de apertura de la válvula 11.

Además, en cada una de las primera y segunda subunidades, el mismo efecto que el producido al aumentar la presión del lado de alta concentración se puede obtener mediante la reducción de la presión del lado de baja concentración.

Más específicamente, el flujo de permeación en cada subunidad puede ser controlado de acuerdo con el SDI (índice de densidad de sedimentos) del agua de baja concentración medido de acuerdo con ASTM D 4189-95. Por ejemplo, el flujo de permeación en cada subunidad puede regularse a 42,5 LMH o menos cuando $SDI < 1$ y $(50 \text{ a } 7,5 \times SDI)$ l/mh o menos cuando $1 \leq SDI \leq 5$. El símbolo "l/mh" es la unidad que representa litros por metro cuadrado por hora ($L / m^2 / h$). Este control inhibe más eficazmente las incrustaciones de la subunidad, lo que hace un funcionamiento más estable posible.

Por cierto, en el caso en que $SDI > 5$, la operación puede ser detenida. Se observa, sin embargo, que incluso cuando $SDI > 5$, la subunidad puede ser operada, y que las condiciones de operación de parada se puede ajustar también sobre la base del estado del agua de baja concentración a usar, etc.

<Realización comparativa>

En la realización mostrada en la figura 24, el aparato de generación de energía por diferencia de concentración incluye una unidad de membrana semipermeable 200 que no está dividida. En la unidad de membrana semipermeable 200, en las proximidades de la entrada para el agua de alta concentración, que se suministra a través de un canal L102, hay una gran diferencia en la concentración entre el agua de alta concentración y el agua de baja concentración y, por lo tanto, el flujo de permeación es alto. En contraste, en la proximidad de la salida para el agua de alta concentración, la diferencia de concentración es pequeña y, por lo tanto, el flujo de permeación es bajo. En consecuencia, los problemas descritos anteriormente tienden a surgir. Dicho sea de paso, el signo L101 indica un canal de suministro de agua de baja concentración, L105 indica un canal de descarga de agua de baja concentración, y L106 indica un canal de descarga de agua de alta concentración.

Aplicabilidad industrial

La presente invención se refiere a un aparato y un método para operar el aparato, en el que el agua de baja concentración que tiene una presión osmótica baja y el agua de alta concentración que tiene una alta presión osmótica se ponen en contacto entre sí a través de una membrana semipermeable interpuesta entre las mismas y el flujo de permeación resultante debido al fenómeno de ósmosis hacia adelante se utiliza como energía para llevar a cabo la generación de energía hidroeléctrica. Más particularmente, el aparato incluye una pluralidad de subunidades y la diferencia de presión efectiva en cada subunidad se ha optimizado, haciendo así posible llevar a cabo eficientemente y de forma estable la generación de energía hidroeléctrica.

Descripción de los números y signos de referencia

- 1: tanque de agua de baja concentración
- 2: bomba de admisión de agua de baja concentración
- 3: unidad de pretratamiento de baja concentración
- 4: tanque de agua de alta concentración

ES 2 551 864 T3

- 5: bomba de admisión de agua de alta concentración
- 6: unidad de pretratamiento de alta concentración
- 7: bomba de refuerzo
- 8: primera subunidad
- 5 11: válvula (lado de alta concentración; intermedia)
- 11a: válvula (lado de baja concentración; descarga)
- 12: segunda subunidad
- 13: generador hidroeléctrico (del lado de alta concentración; descarga)
- 13a: generador Hidroeléctrico (del lado de alta concentración; intermedio)
- 10 13b: generador Hidroeléctrico (del lado de alta concentración; intermedio, en segundo lugar)
- 16: unidad de recuperación de energía intermedia
- 17: bomba de refuerzo intermedia
- 18: derivación de bomba de refuerzo (primera)
- 18a: derivación de bomba de refuerzo (segunda)
- 15 19: válvula (primera) de derivación
- 19a: válvula (segunda) de derivación
- 20: unidad de recuperación de energía (hasta aumentar la presión de agua de alta concentración o aumentar la presión del lado de agua de alta concentración pretratada)
- 21: bomba de refuerzo intermedia
- 20 22: Energía unidad de recuperación (impulsar la presión del agua tratada previamente)
- 23: unidad de recuperación de energía (intermedia; aumentar la presión)
- 23a: unidad de recuperación de energía (intermedia; aumentar la presión, en segundo lugar)
- 24: bomba de refuerzo intermedia
- 24a: bomba de refuerzo intermedia (segunda)
- 25 25: agua intermedia del lado de alta concentración
- 26: tercera subunidad
- 27: unidad de desalinización de membrana semipermeable
- 29: tanque de agua desalinizada
- 30 30: bomba de suministro de agua desalinizada
- 101 a 127, 200: unidad de membrana semipermeable
- L1, L101: canal de suministro de agua de baja concentración
- L2, L102: canal de suministro de agua de alta concentración
- L5, L105: canal de descarga de agua de baja concentración
- L6, L106: canal de descarga de agua de alta concentración
- 35 L7: canal de agua desalinizada
- L8: canal de suministro de agua desalinizada:
- L11: canal de derivación de agua de baja concentración
- L12-L14: canal de derivación de agua de alta concentración
- L17, L18: canal ramificado desde el canal de descarga de agua de alta concentración
- 40 L41-L42: canal intermedio para el agua de alta concentración
- L31-L32: canal Intermedio para el agua de baja concentración

REIVINDICACIONES

1. Un aparato de generación de energía por diferencia de concentración, en el que el agua de alta concentración y el agua de baja concentración que difieren en sus concentraciones se ponen en contacto entre sí a través de una unidad de membrana semipermeable (100) que comprende una membrana semipermeable, y un aumento resultante en una cantidad de agua de alta concentración, debido a la permeación de agua desde un lado de baja concentración a un lado de alta concentración provocada por una presión osmótica hacia delante, se utiliza para accionar un generador eléctrico (13) para generar electricidad, en el que la unidad de membrana semipermeable (100) se divide en una pluralidad de subunidades (8, 12) y comprende un canal intermedio del lado de alta concentración (L4) y un canal intermedio del lado de baja concentración (L3) que conectan las subunidades (8, 12), y el aparato de generación de energía por diferencia de concentración comprende un mecanismo de cambio de presión dispuesto sobre al menos uno del canal intermedio del lado de alta concentración (L4) y el canal intermedio del lado de baja concentración (L3).
2. El aparato de generación de energía por diferencia de concentración de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el mecanismo de cambio de presión comprende al menos una de una unidad de recuperación de energía (20, 22, 23, 23a) y una unidad de desalinización (27).
3. El aparato de generación de energía por diferencia de concentración de acuerdo con la reivindicación 2, en el que el mecanismo de cambio de presión comprende una unidad de recuperación de energía de tipo isobárico.
4. El aparato de generación de energía por diferencia de concentración de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, que comprende un canal de derivación (L11) para suministrar una parte del agua de baja concentración para ser suministrada a una subunidad situada aguas arriba, en una dirección de flujo del agua de baja concentración, a por lo menos una subunidad situada aguas abajo.
5. El aparato de generación de energía por diferencia de concentración de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, que comprende además un canal para el suministro, al generador eléctrico (13), de una parte del agua de alta concentración descargada desde un subunidad situada aguas arriba en una dirección de flujo del agua de alta concentración, y comprende un canal para suministrar el resto del agua de alta concentración descargada en al menos una subunidad situada aguas abajo.
6. El aparato de generación de energía por diferencia de concentración de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, que comprende una unidad de recuperación de energía (22) dispuesta en una salida de al menos una subunidad, en el canal intermedio (L41 - L42) para el agua de alta concentración, y la unidad de recuperación de energía (20) aumenta una presión de la subunidad o una subunidad situada aguas arriba del mismo.
7. El aparato de generación de energía por diferencia de concentración de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, que está configurado de modo que el agua de alta concentración y el agua de baja concentración se suministran sustancialmente en paralelo entre sí, a las subunidades (8, 12).
8. El aparato de generación de energía por diferencia de concentración de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, que está configurado de modo que el agua de alta concentración y el agua de baja concentración se suministran sustancialmente a contracorriente entre sí, a las subunidades (8, 12).
9. El aparato de generación de energía por diferencia de concentración de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, que comprende una bomba de refuerzo (7, 18, 18a), como mecanismo de cambio de presión, en al menos uno de los canales intermedios (L31 - L32) para el agua de baja concentración dispuesta entre las subunidades.
10. El aparato de generación de energía por diferencia de concentración de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, que comprende una bomba de refuerzo (7, 18, 18a), como mecanismo de cambio de presión, en al menos uno de los canales intermedios (L41 - L42) para el agua de alta concentración dispuesta entre las subunidades.
11. El aparato de generación de energía por diferencia de concentración de acuerdo con las reivindicaciones 9 o 10, en donde el aparato comprende una unidad de recuperación de energía de tipo isobárico como mecanismo de cambio de presión, la unidad de recuperación de energía de tipo isobárico está conectada a un canal de descarga de presión del lado de recepción, y el canal de descarga del lado de recepción de presión está conectado a una unidad de generación de energía.

- 5 12. Un método para el funcionamiento de un aparato de generación de energía por diferencia de concentración, en el que, en el aparato de generación de energía por diferencia de concentración, el agua de alta concentración y el agua de baja concentración que difieren en sus concentraciones se ponen en contacto entre sí a través de una unidad de membrana semipermeable (100) que comprende una membrana semipermeable, y un aumento resultante en una cantidad de agua de alta concentración, debido a la permeación de agua desde un lado de baja concentración a un lado de alta concentración provocada por una presión osmótica hacia adelante, se utiliza para accionar un generador eléctrico (13) para generar electricidad,
- 10 la unidad de membrana semipermeable (100) se divide en una pluralidad de subunidades (8, 12) y comprende un canal (L4) para el agua de alta concentración y un canal (L3) para el agua de baja concentración que conectan las subunidades (8, 12), y el aparato comprende un mecanismo de cambio de presión dispuesto sobre al menos uno del canal (L4) para el agua de alta concentración y el canal (L3) para el agua de baja concentración, y el método comprende controlar el aparato de modo que un valor máximo de una cantidad de permeación por área de membrana de al menos una subunidad (8, 12) se mantiene en un valor de ajuste o inferior.
- 15 13. El método para el funcionamiento de un aparato de generación de energía por diferencia de concentración de acuerdo con la reivindicación 12, que comprende una operación en la que, de acuerdo con el SDI (índice de densidad de sedimentos) del agua de baja concentración medido de acuerdo con ASTM D 4189-95, el máximo valor de la cantidad de permeación por área de la membrana de la subunidad se regula a 42,5 l/mh o menos cuando $SDI < 1$, y el valor máximo de los mismos se regula a $(50 - 7,5 * SDI)$ l/mh o menos cuando $1 \leq SDI \leq 5$.
- 20

Fig. 1

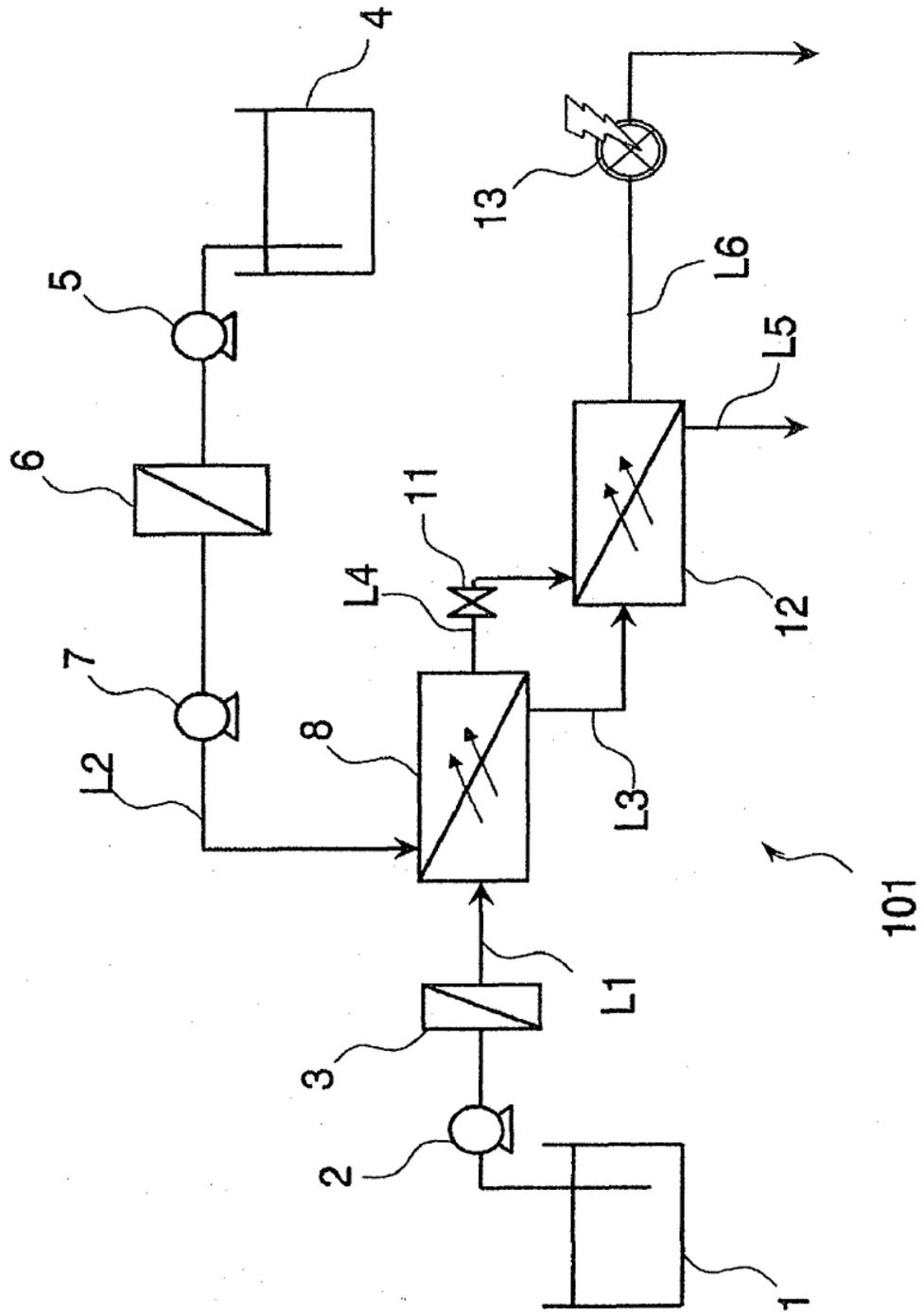


Fig. 2

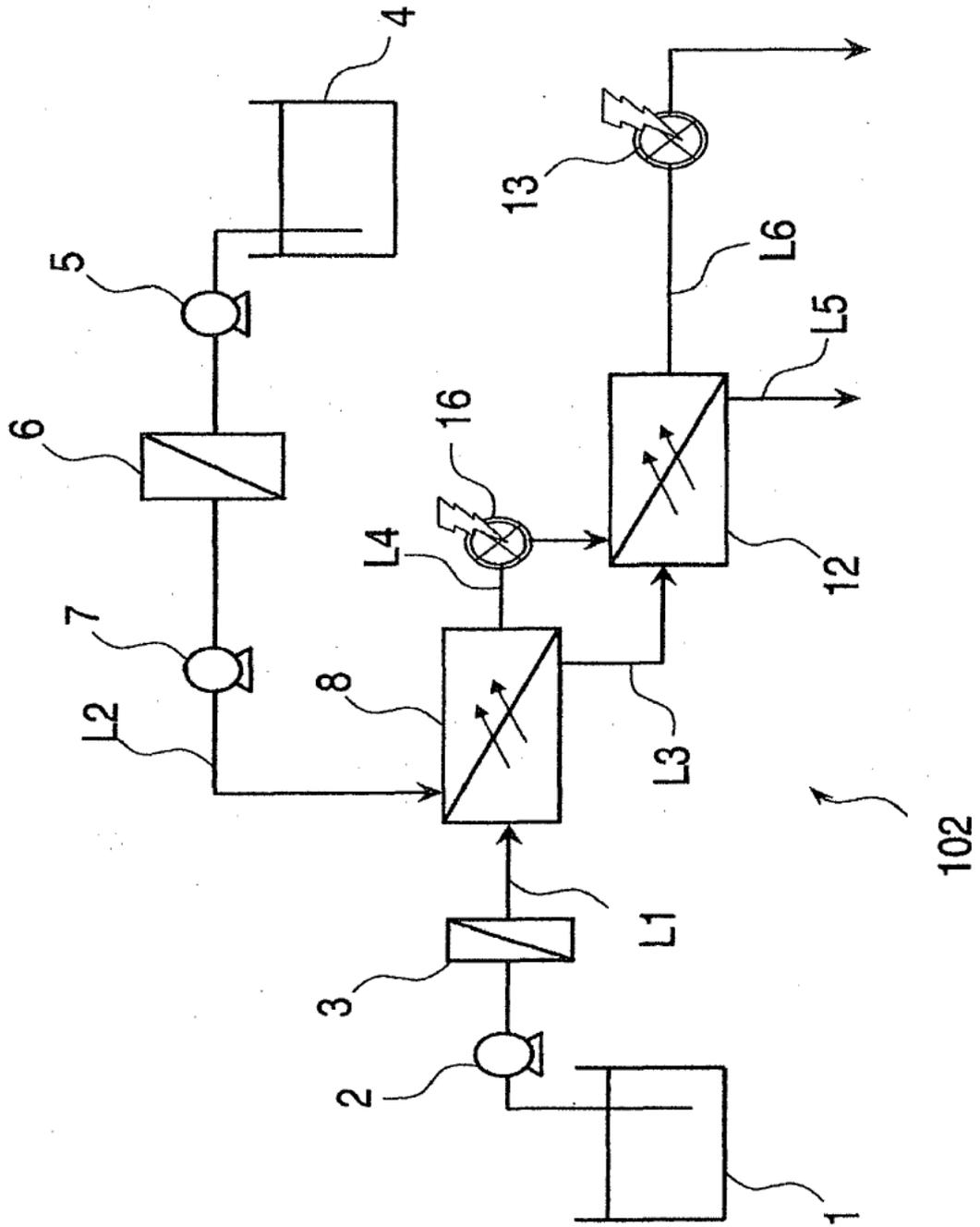
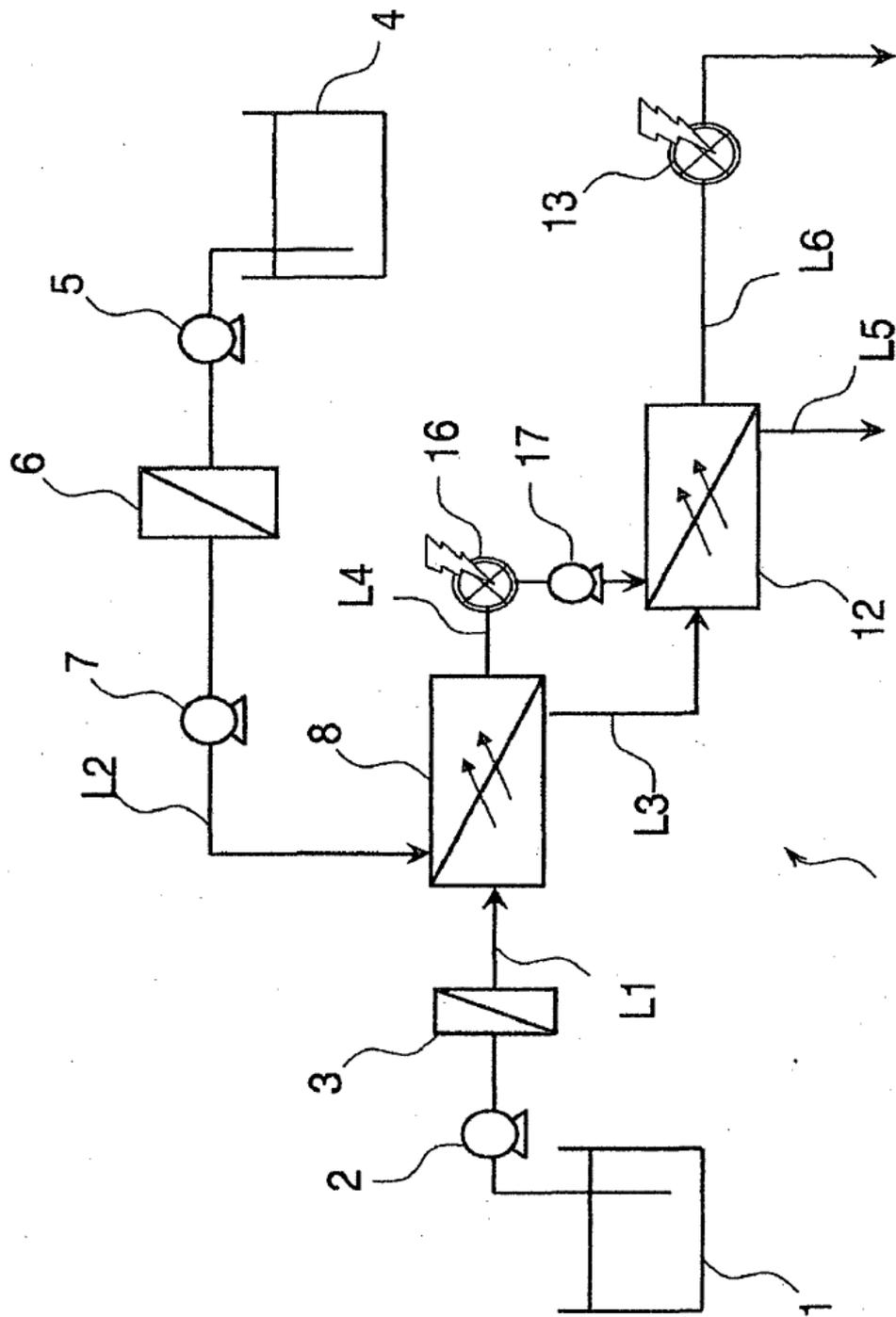
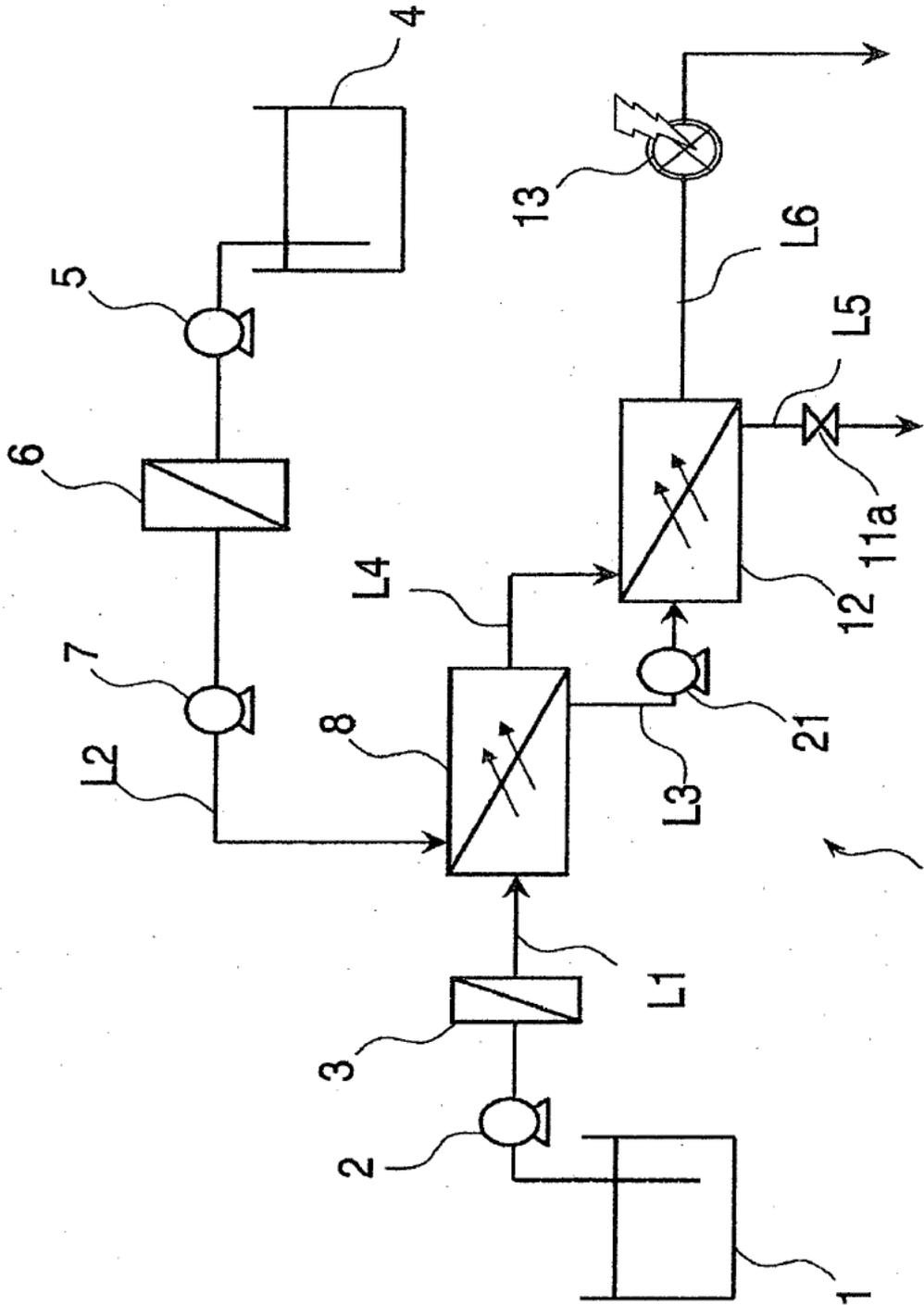


Fig. 3



103

Fig. 4



104

Fig. 5

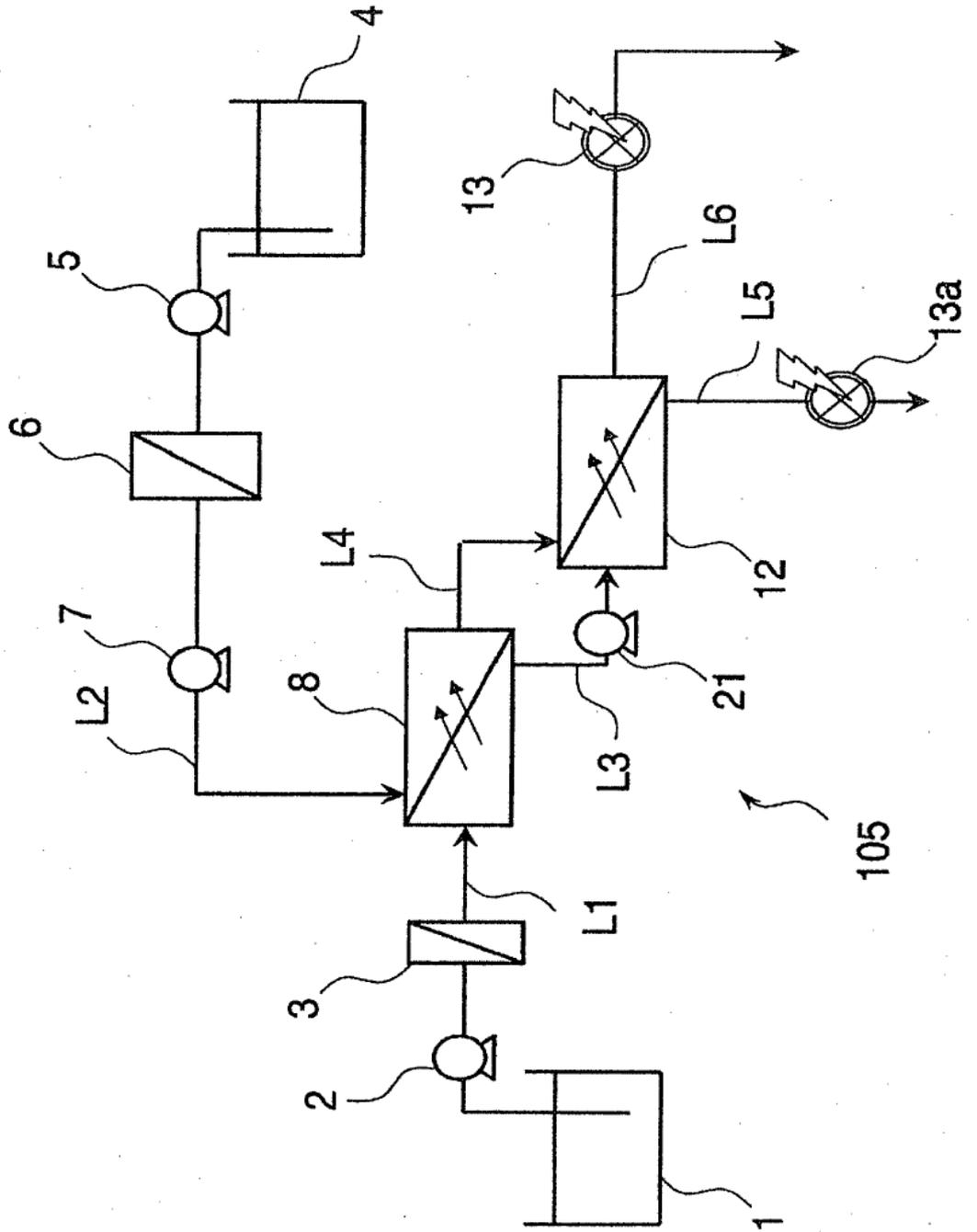


Fig. 6

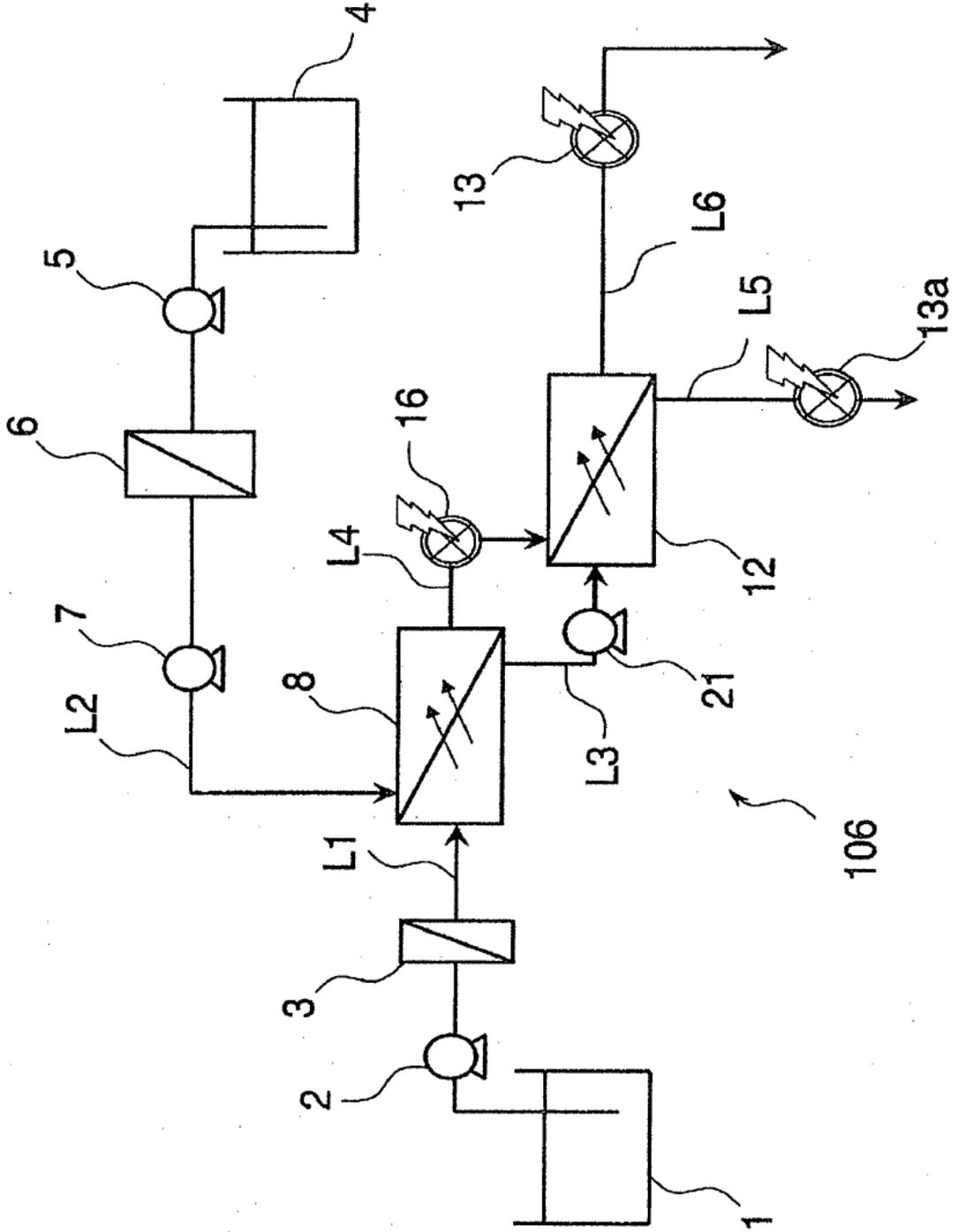


Fig. 7

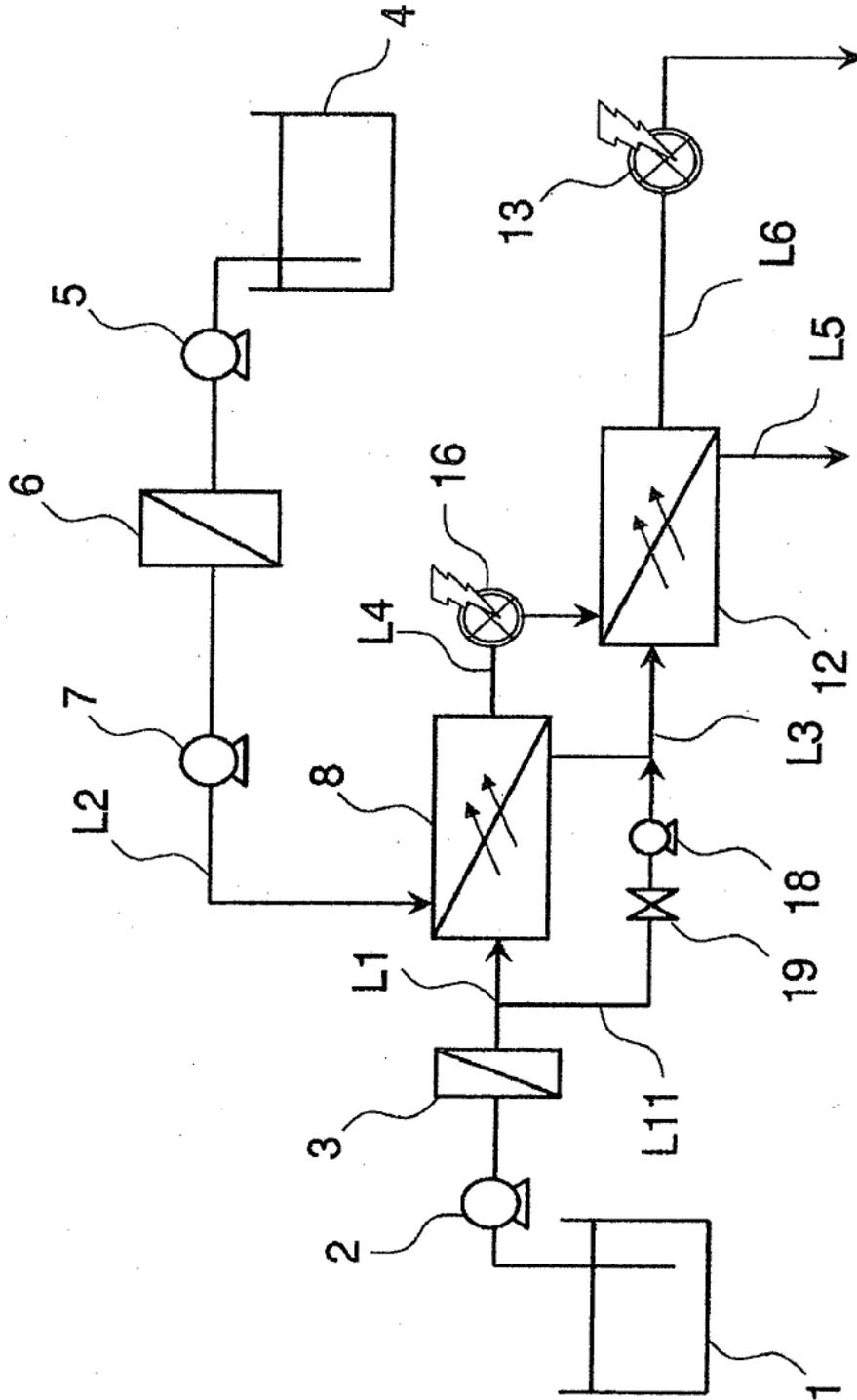
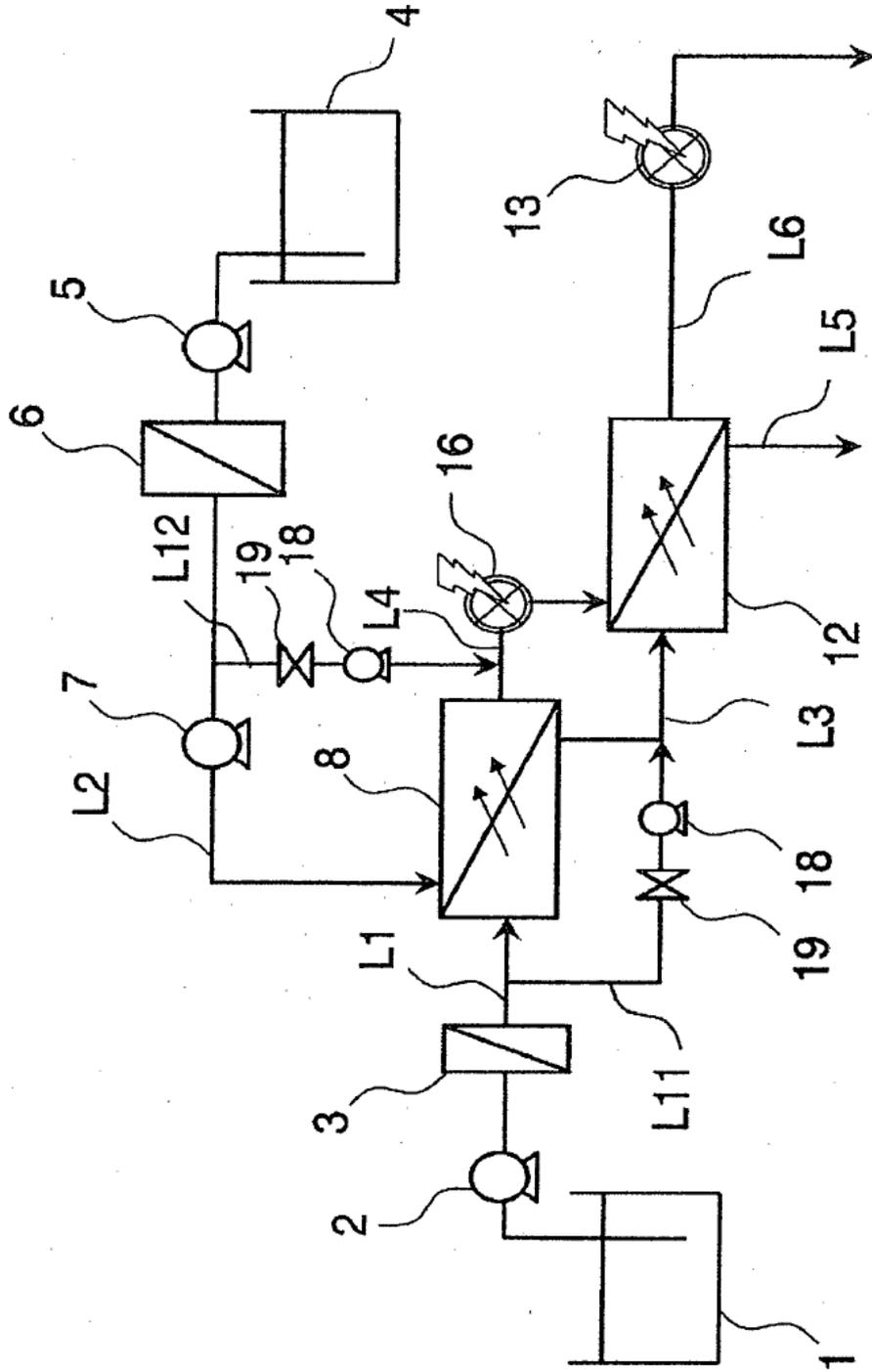
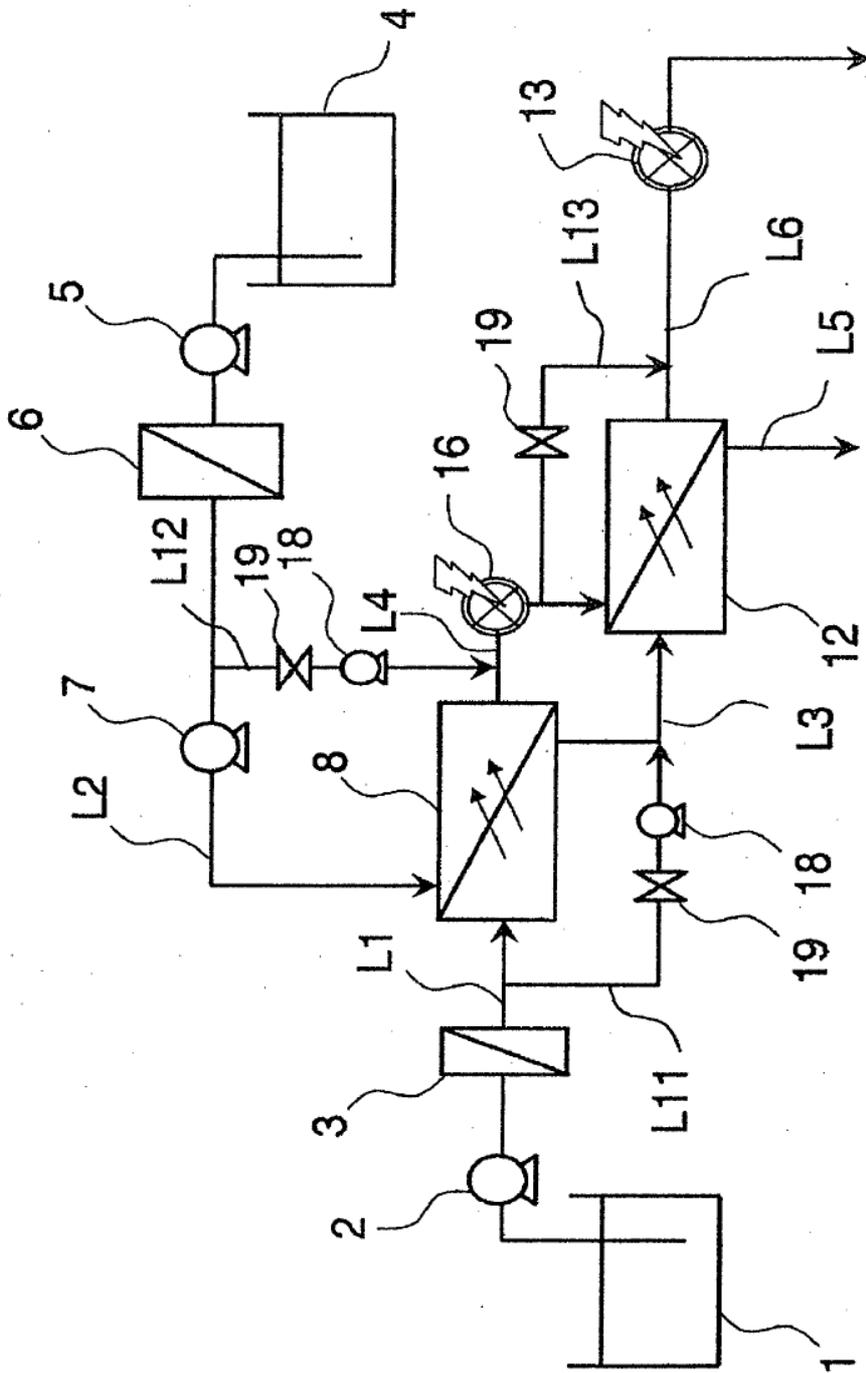


Fig. 8



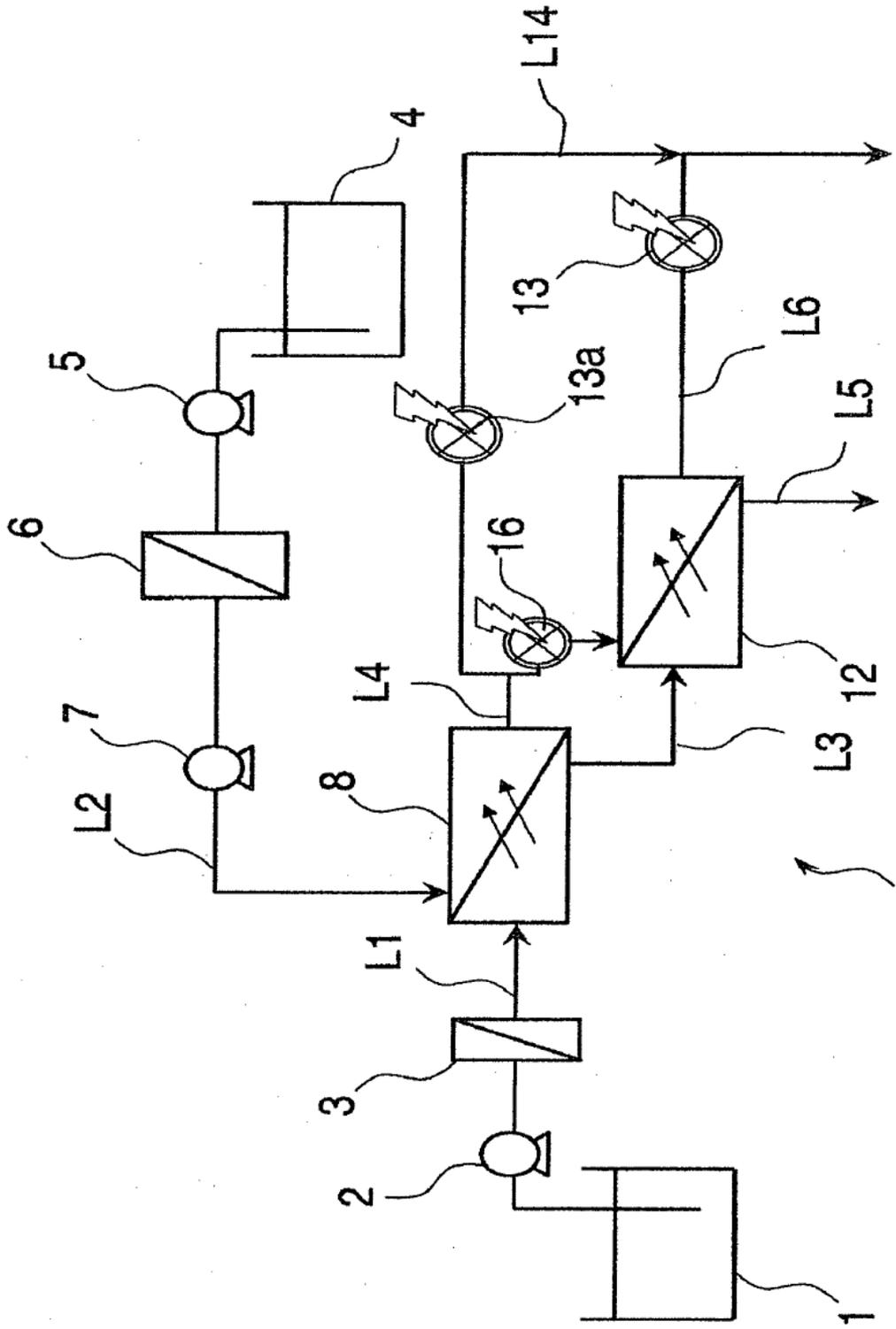
108

Fig. 9



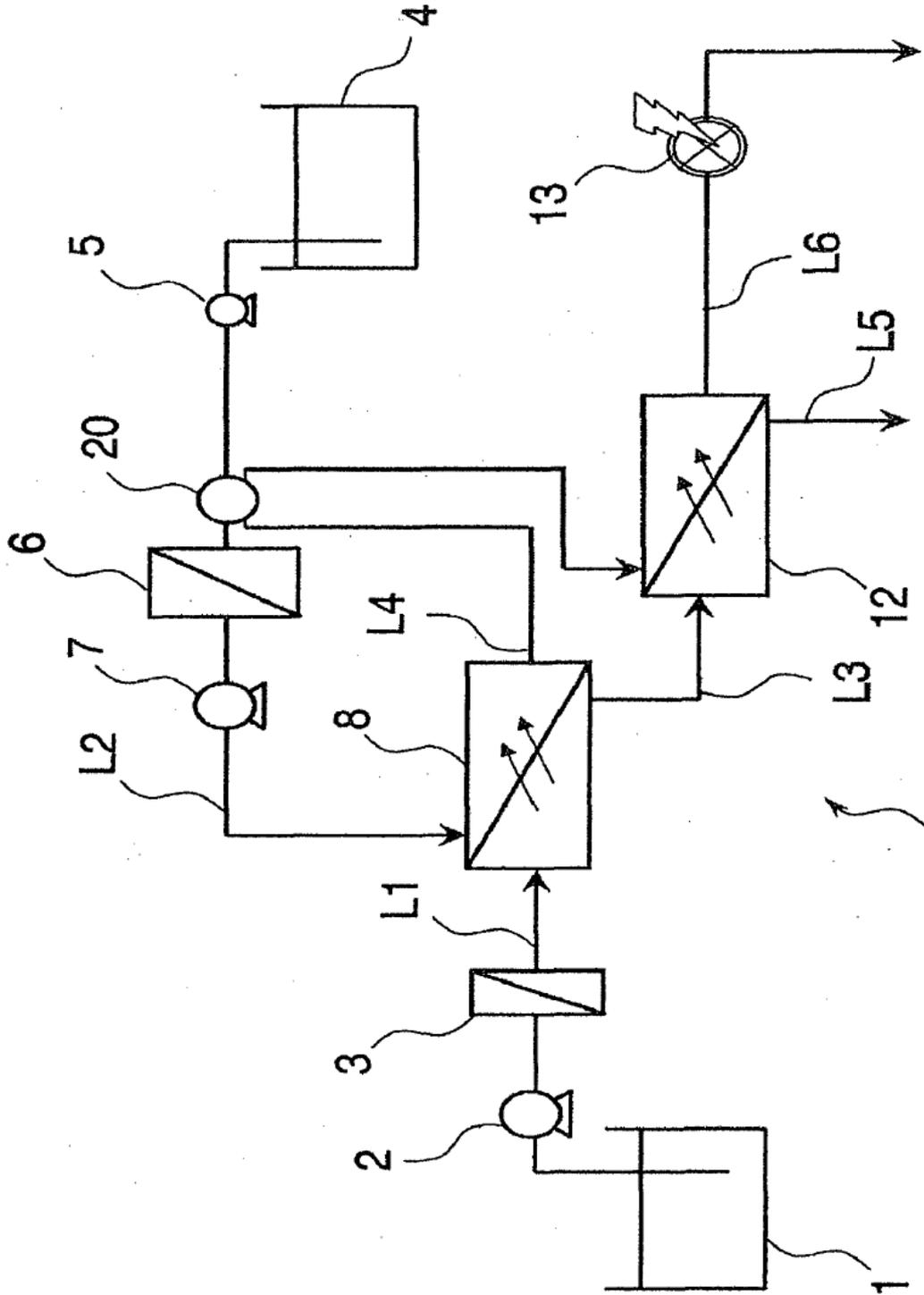
109

Fig. 10



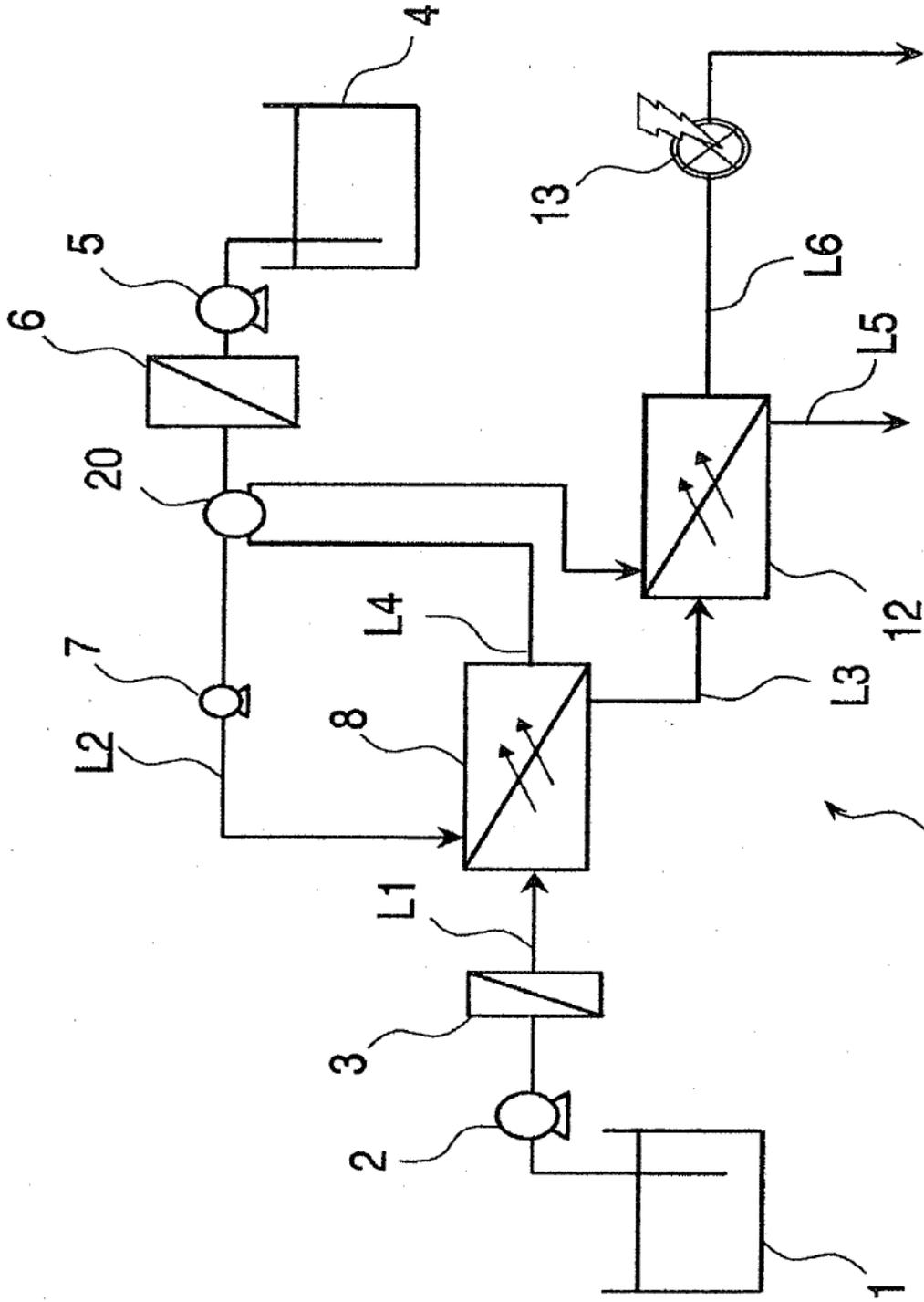
110

Fig. 11



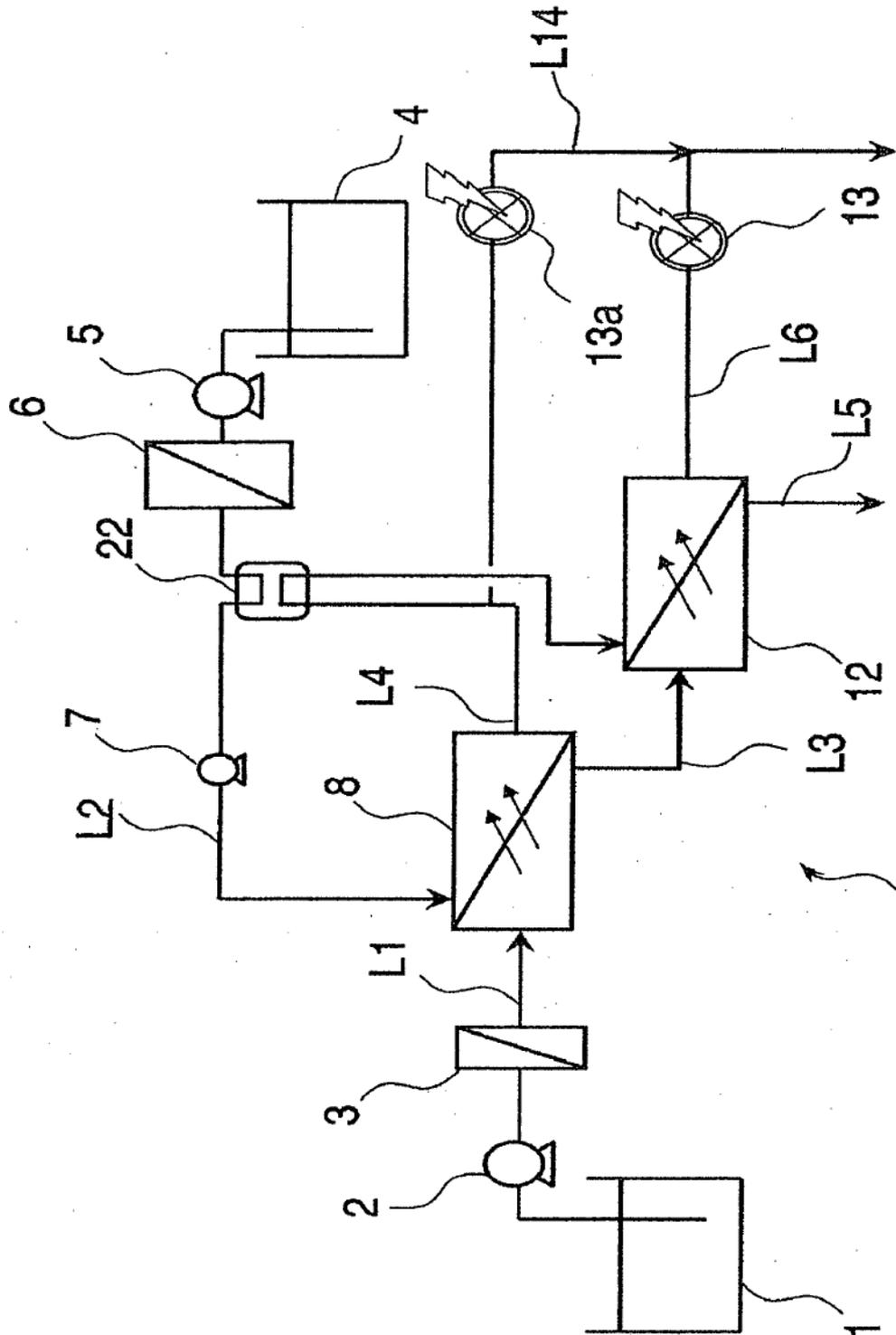
111

Fig. 12



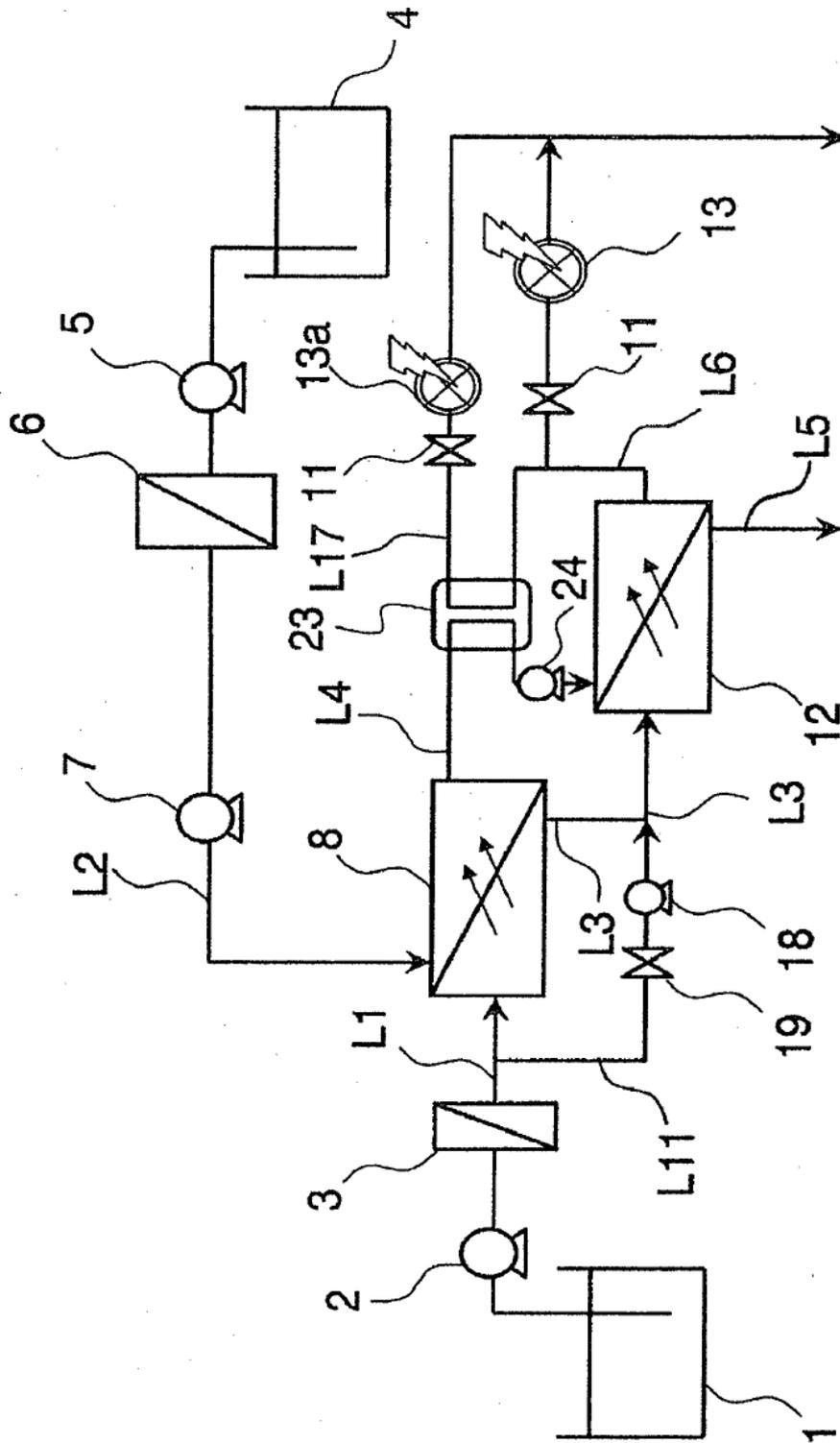
112

Fig. 13



113

Fig. 14



114

Fig. 15

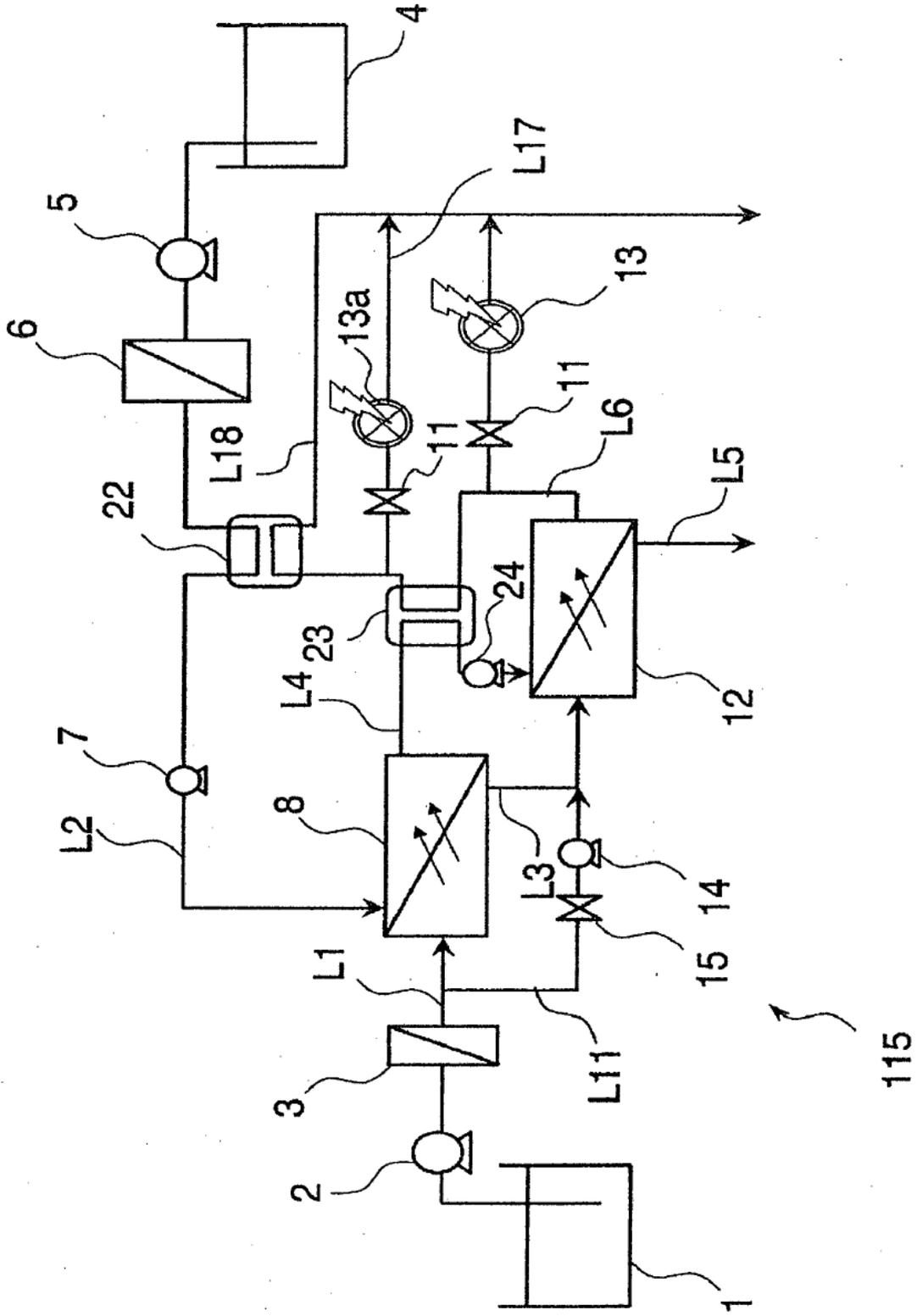
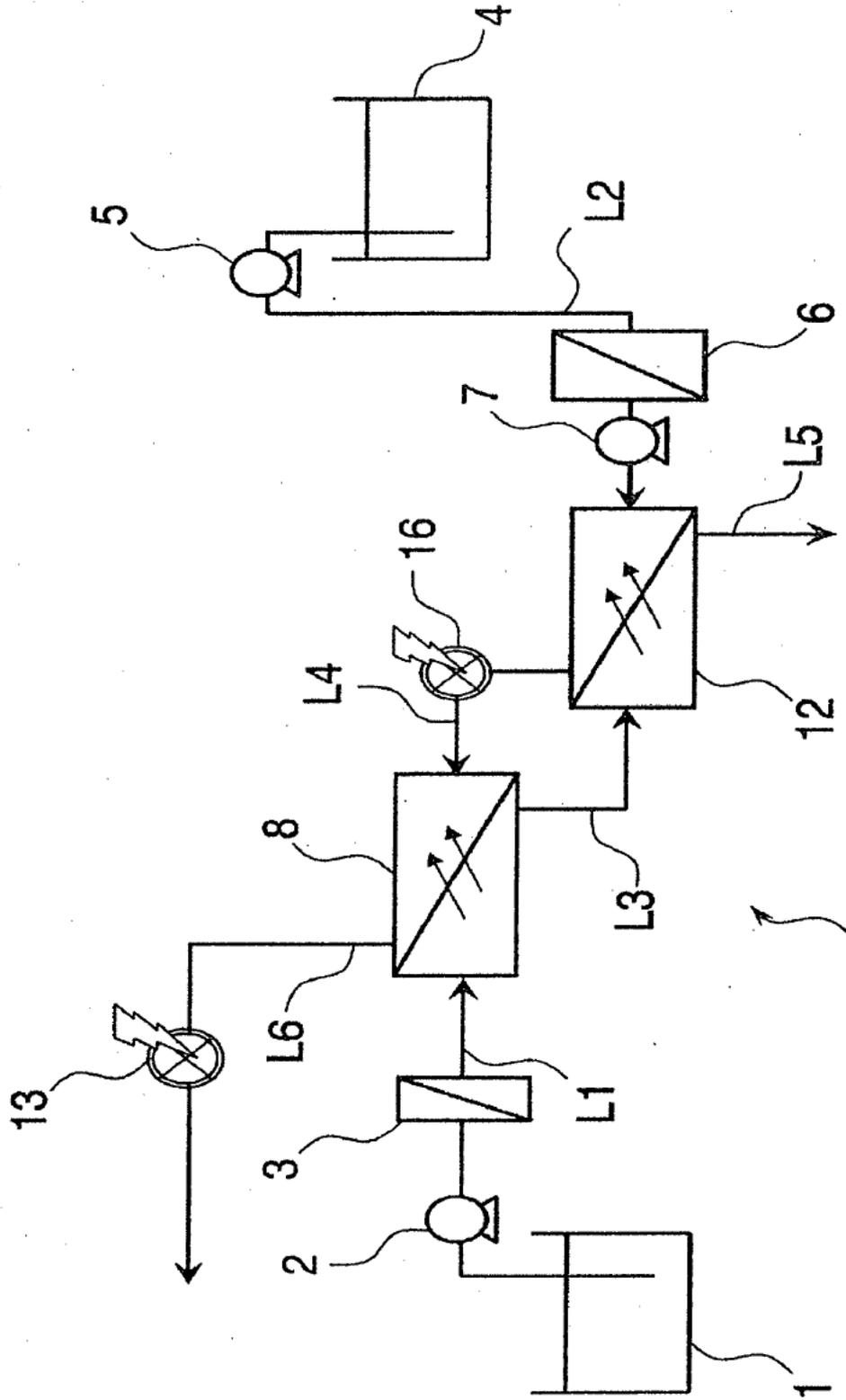


Fig. 16



116

Fig. 17

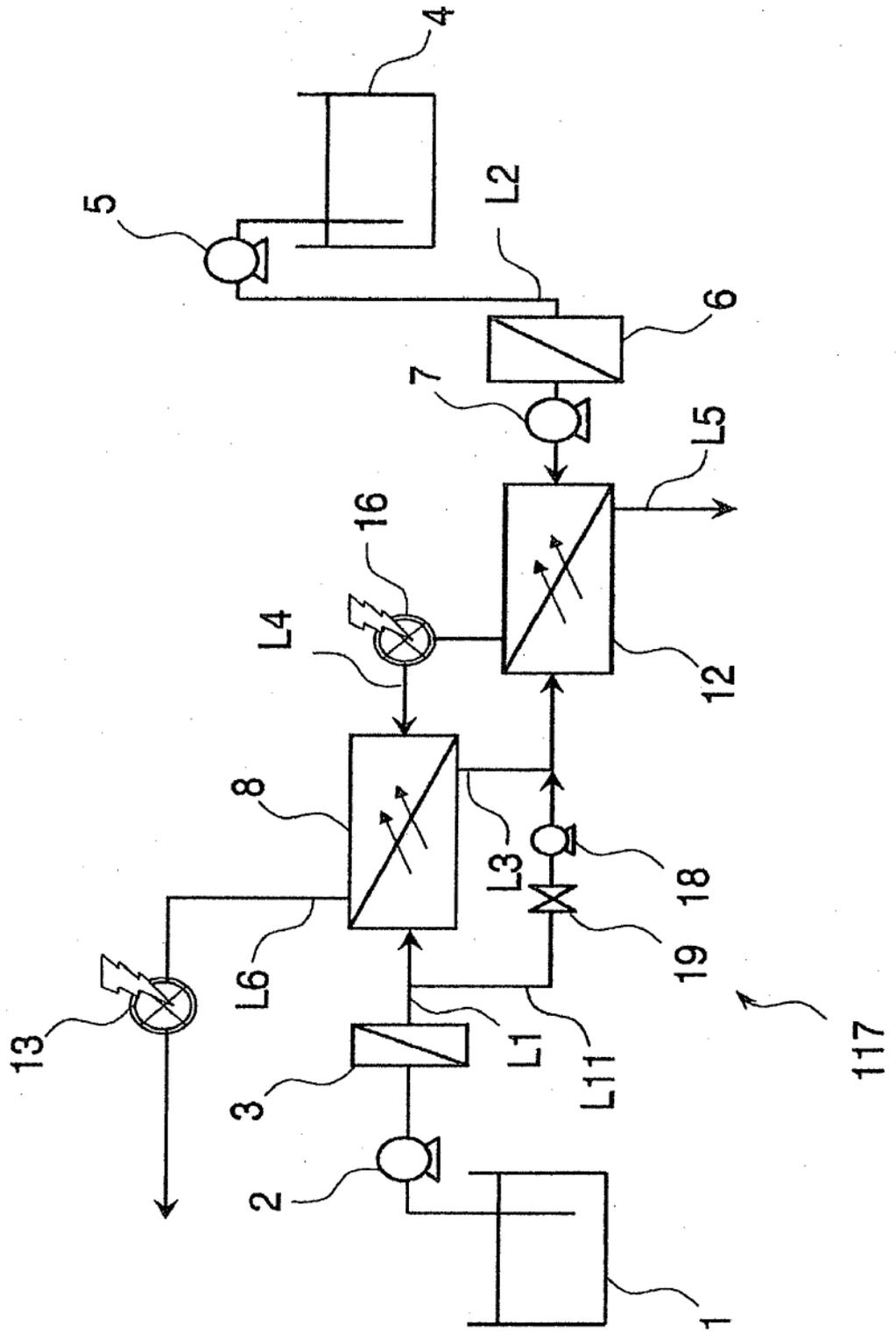


Fig. 18

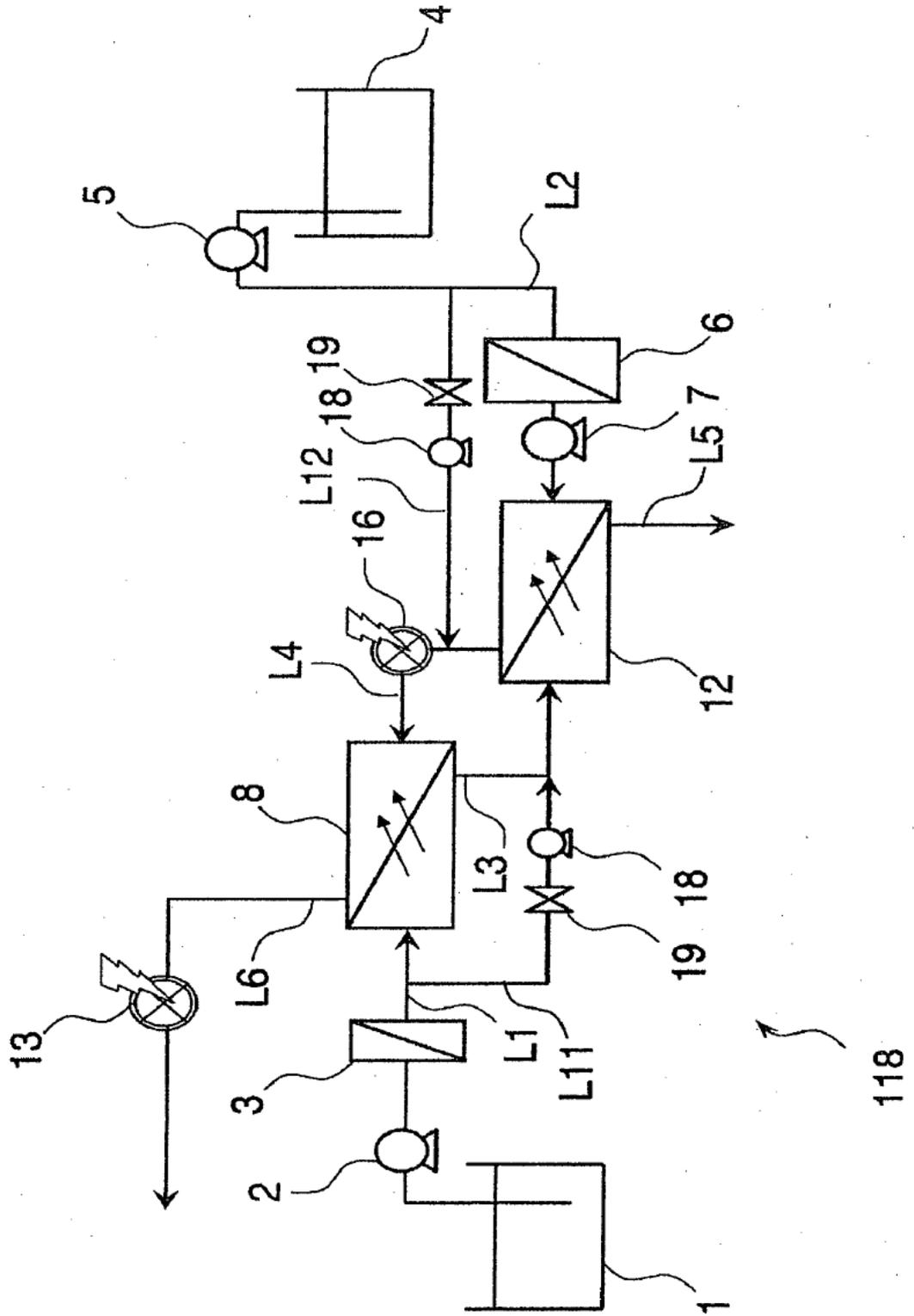


Fig. 19

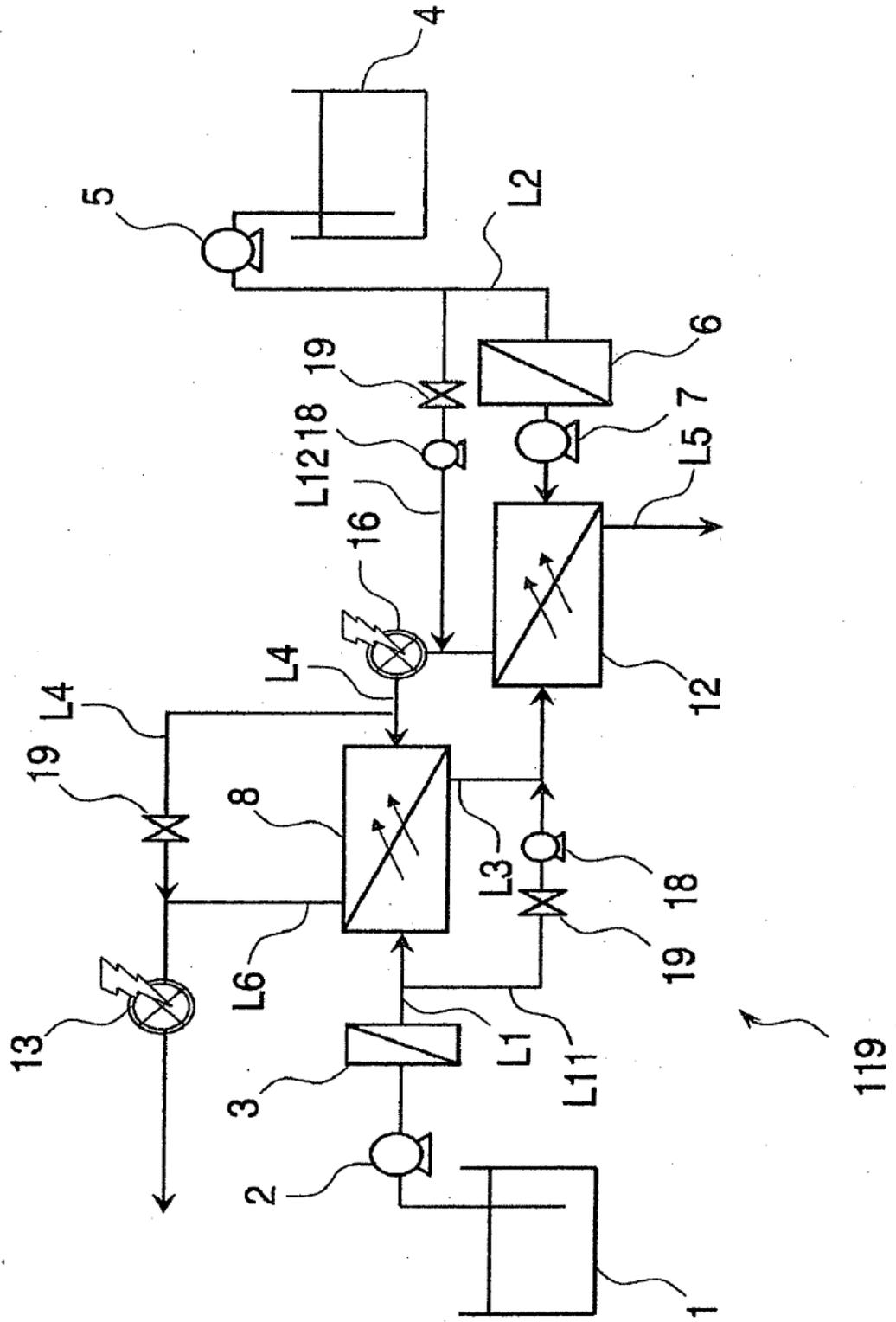


Fig. 20

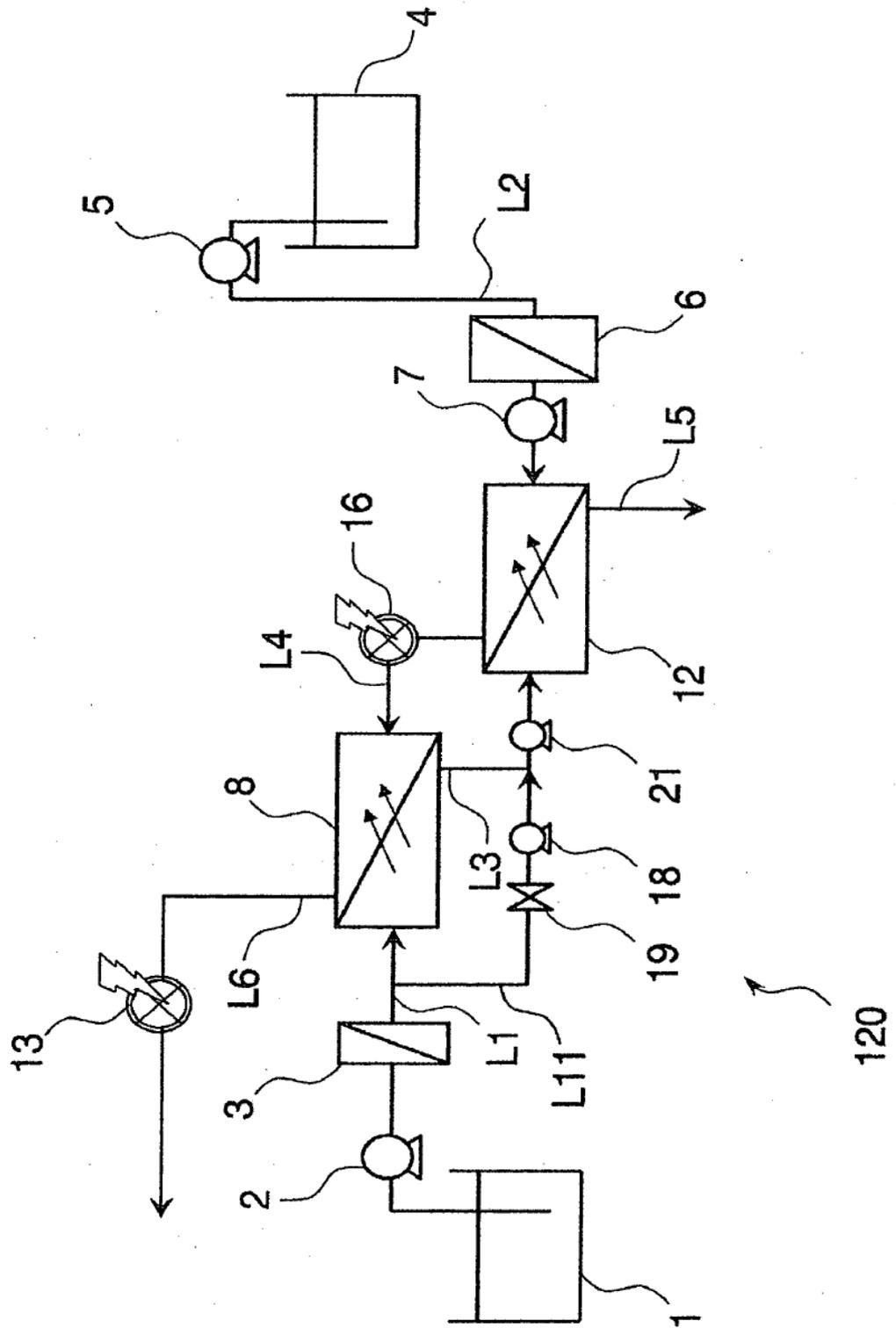


Fig. 21

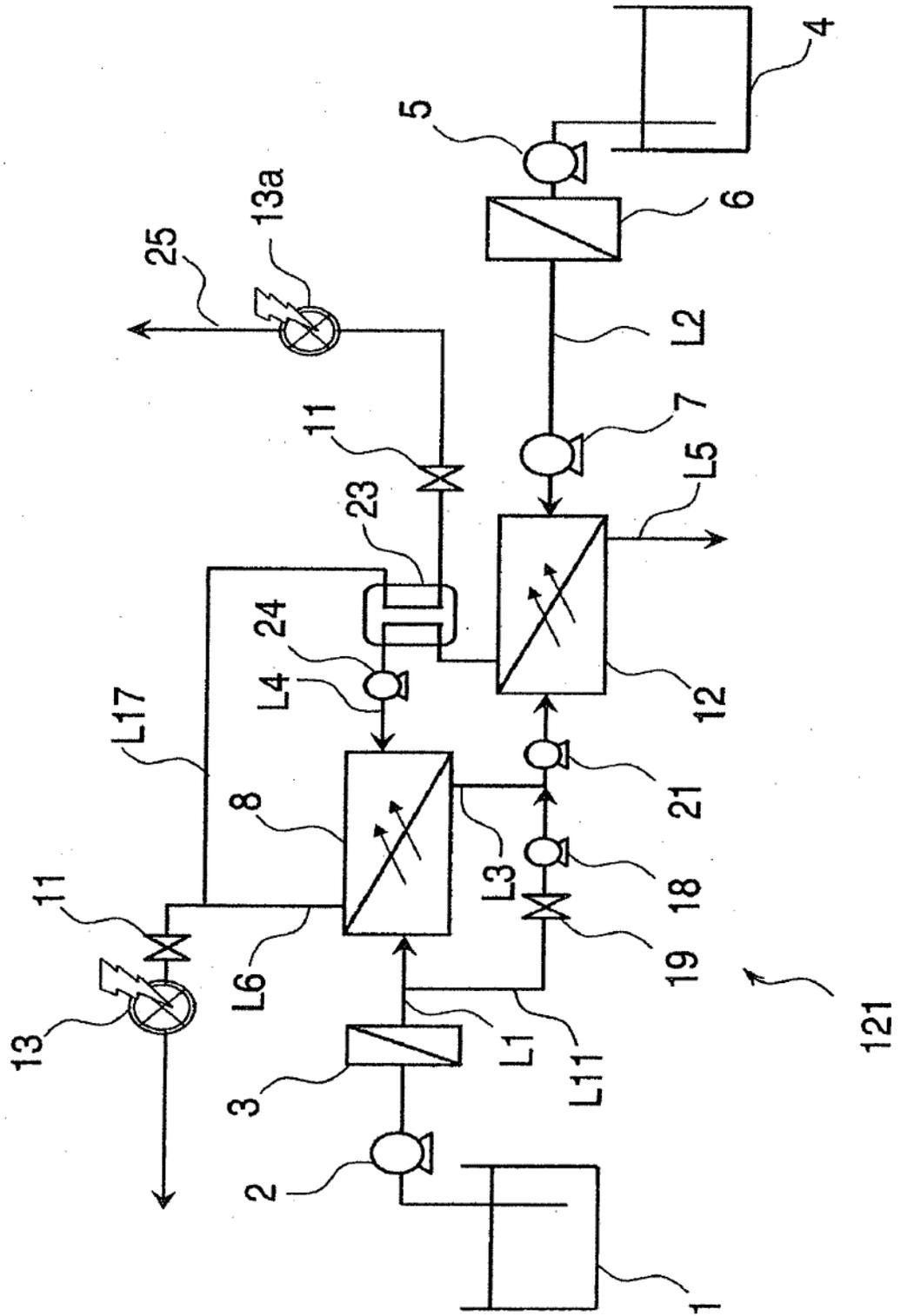


Fig. 22

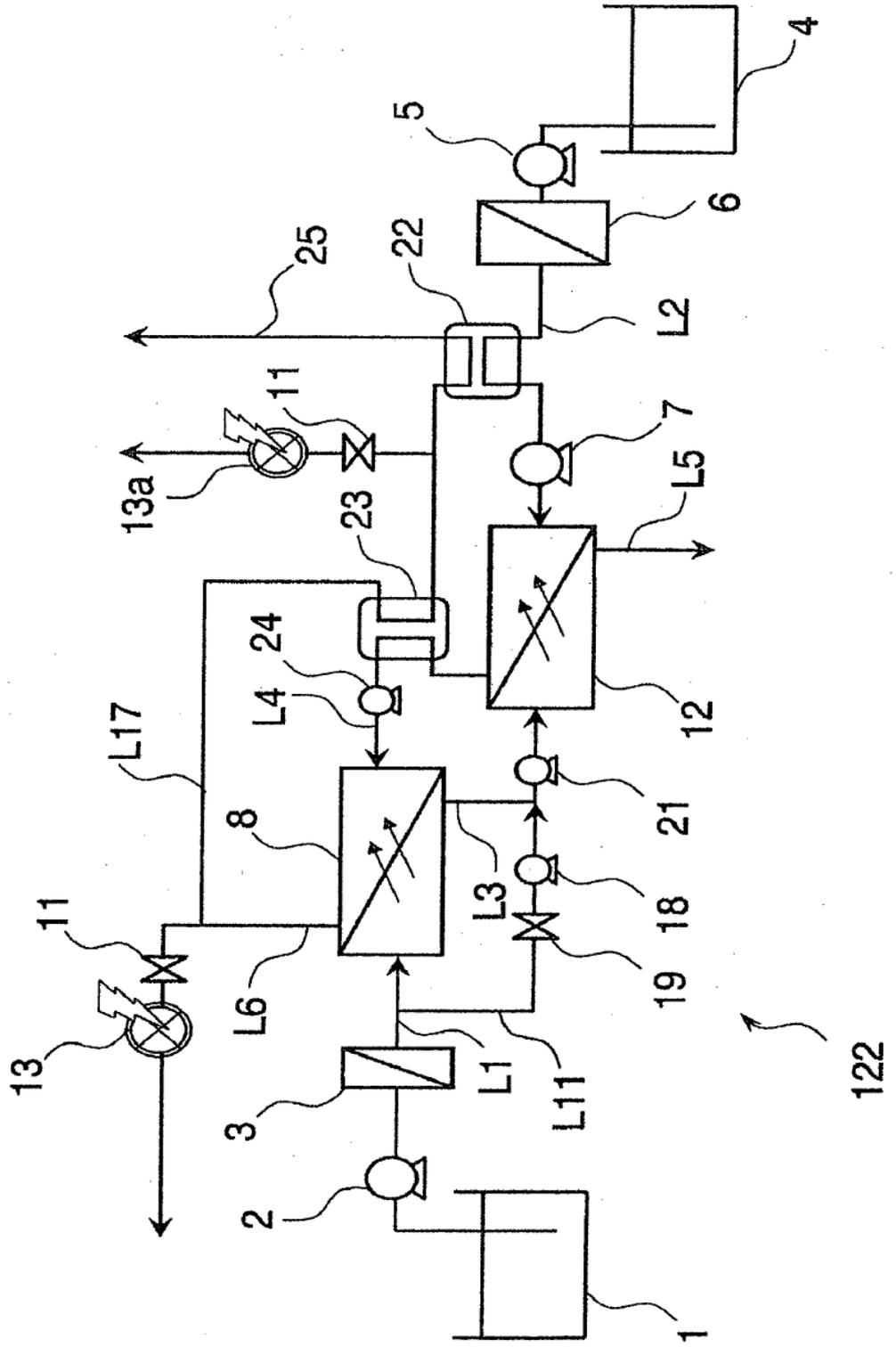


Fig. 23

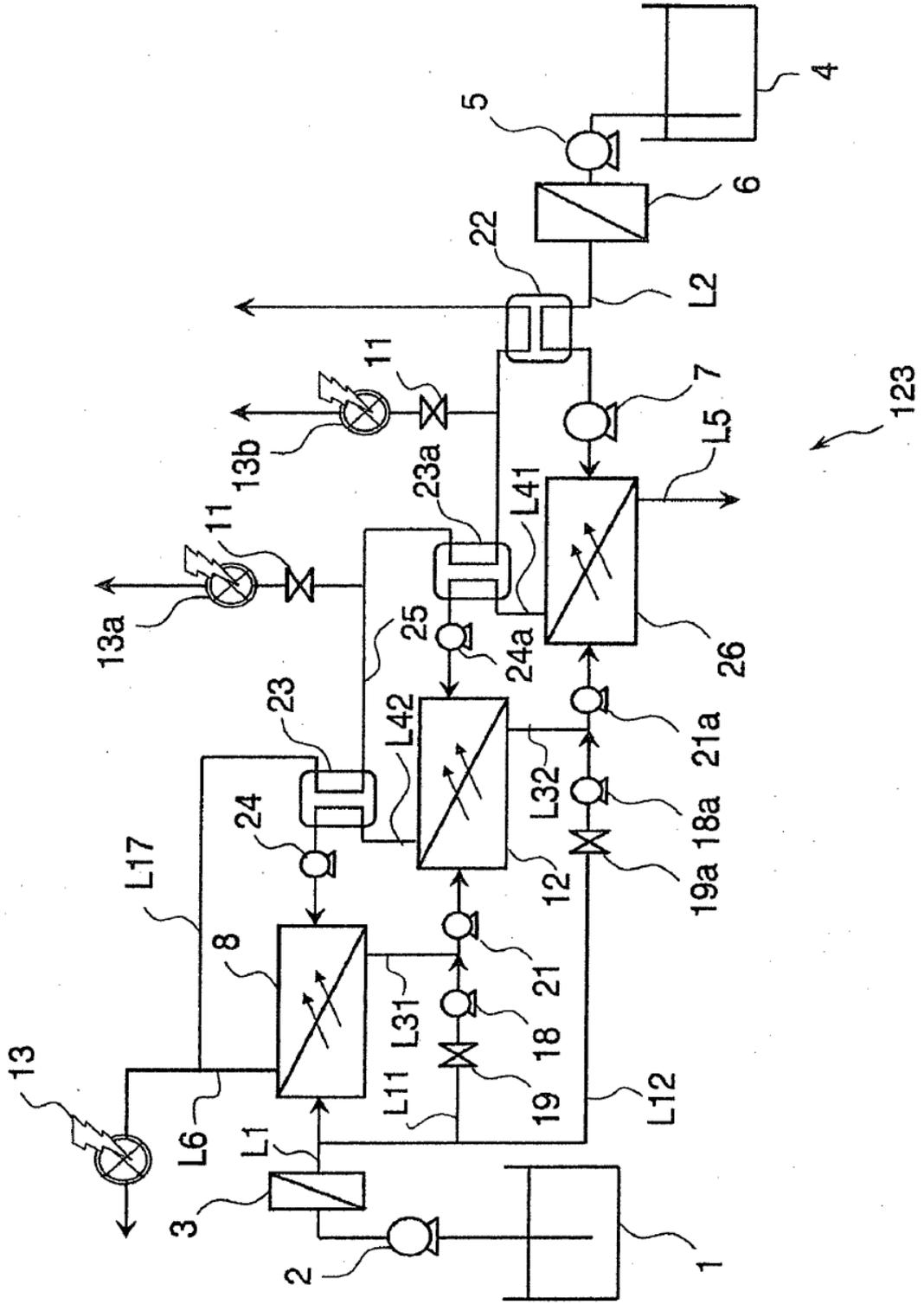


Fig. 24

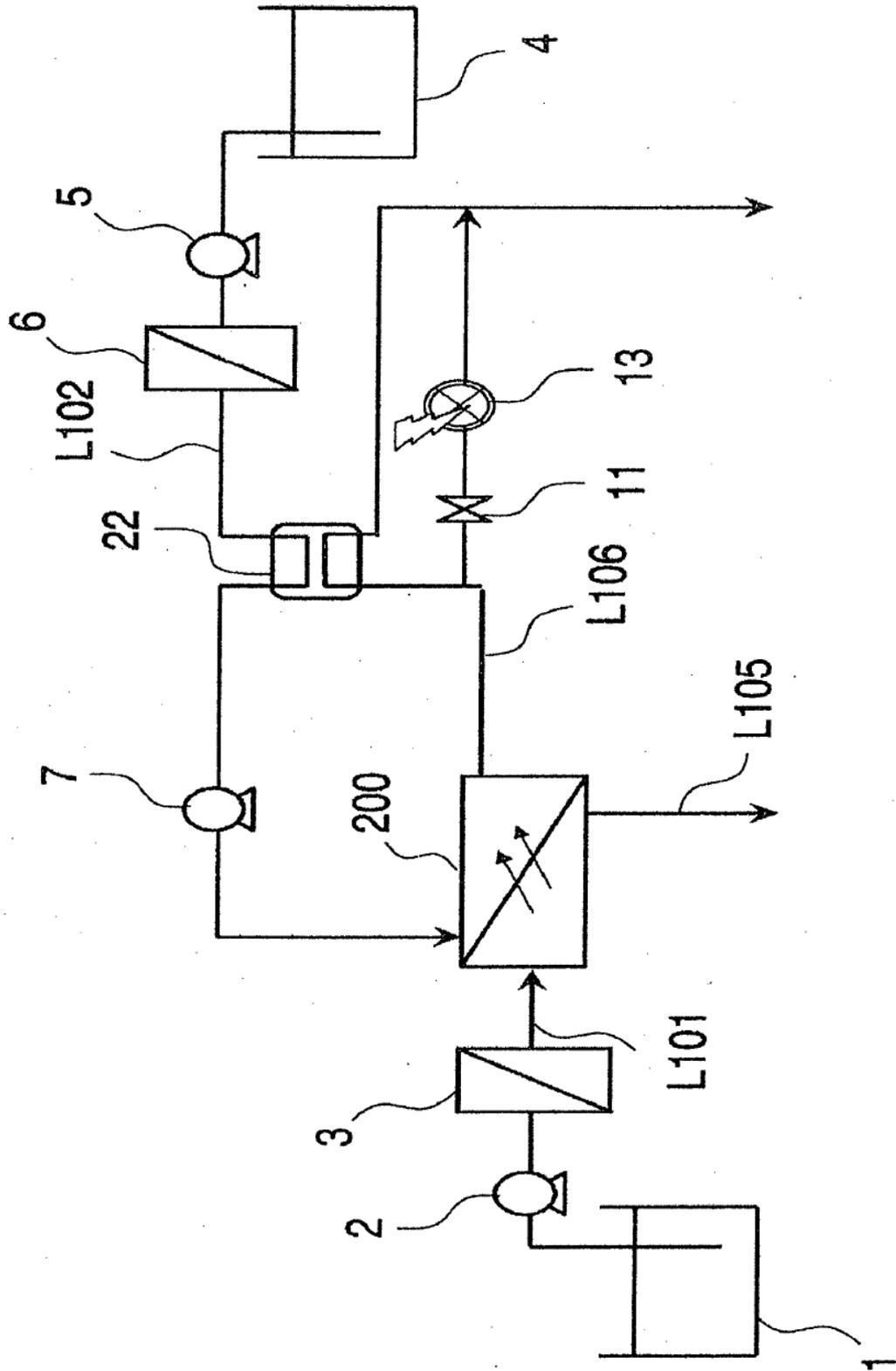


Fig. 25

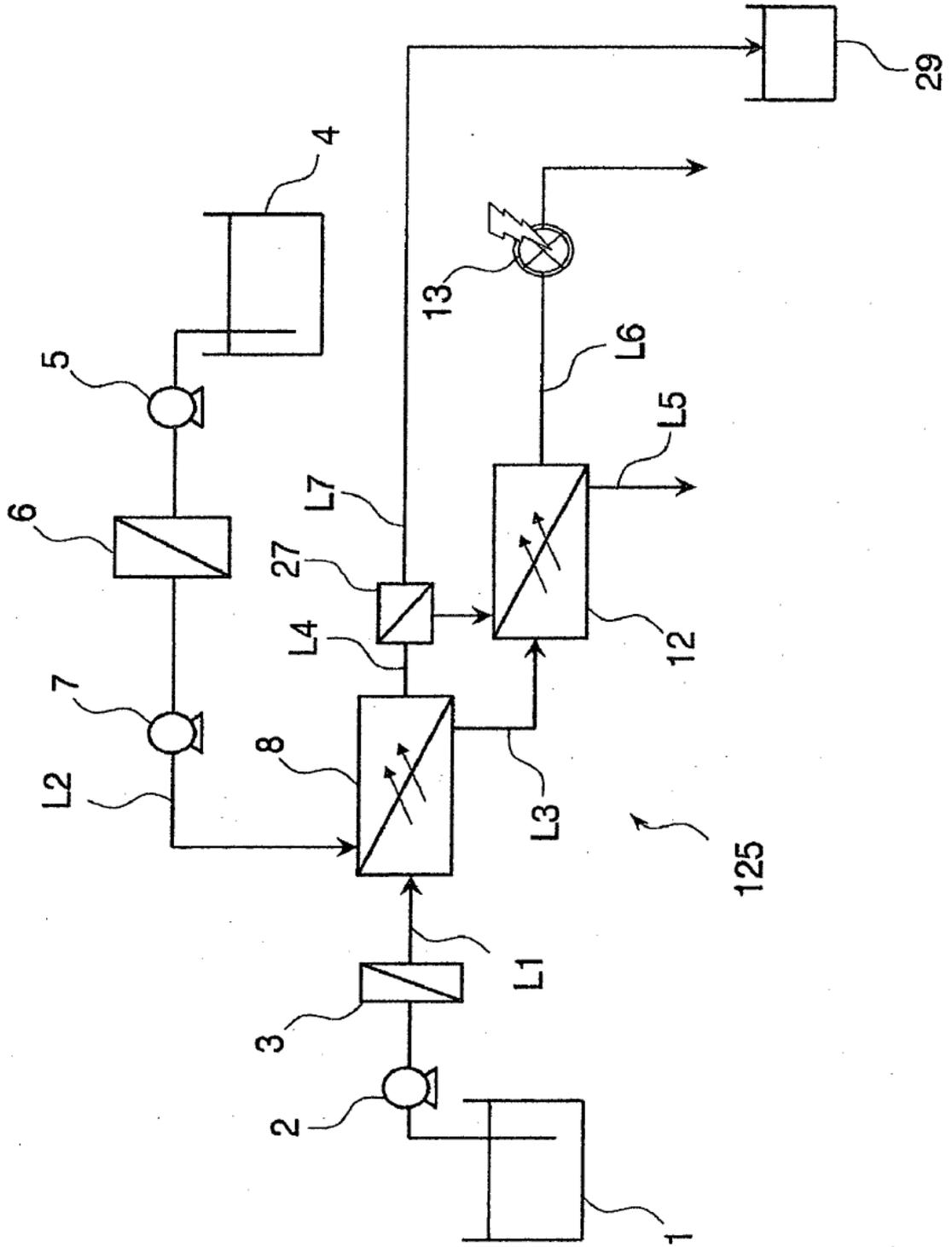


Fig. 26

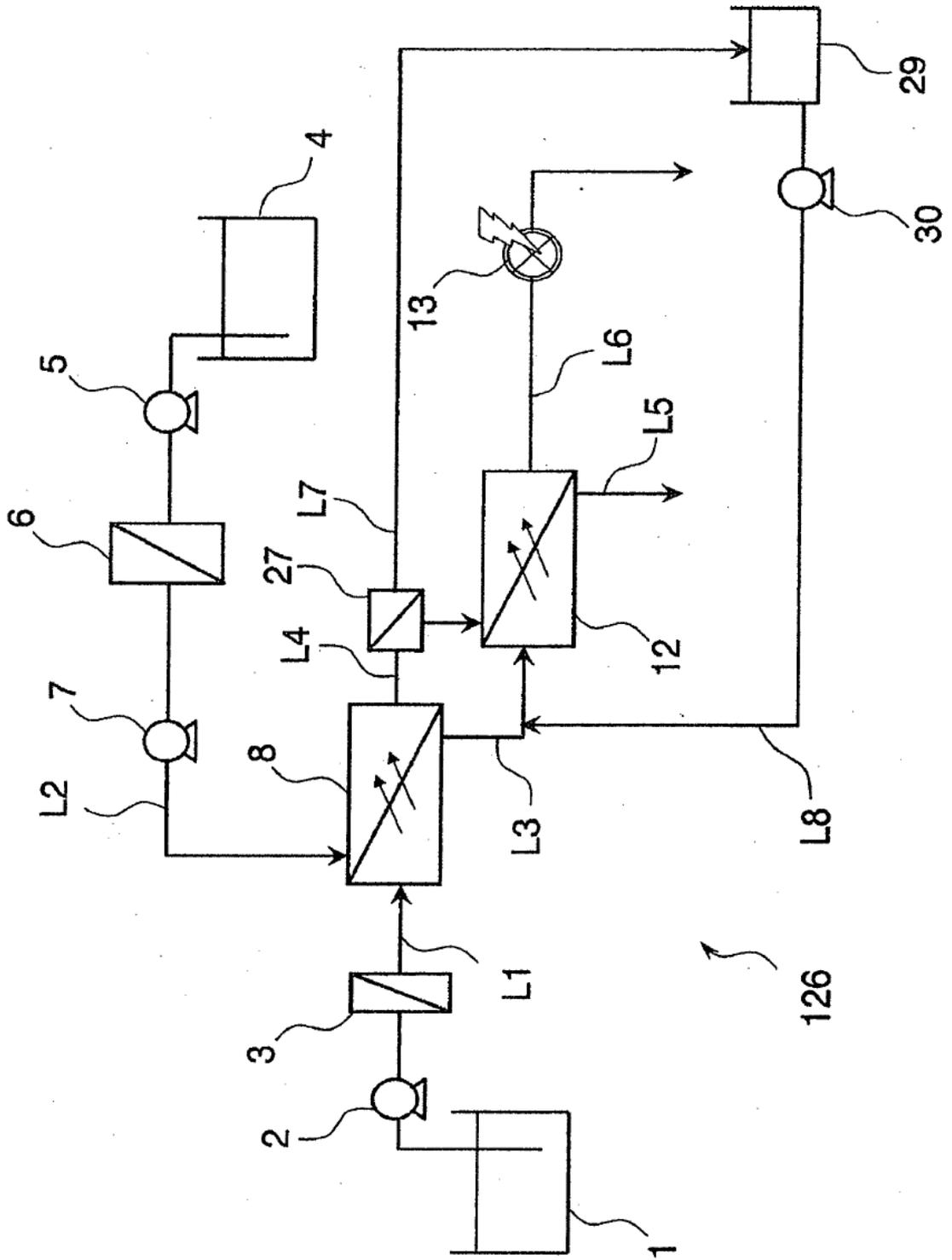


Fig. 27

